

# 机械设计手册

新版

1



MACHINE DESIGN HANDBOOK

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



## 权威

国内机械工业知名学者和机械设计专家研究并执笔编写，保证了本手册的高质量和权威性。

全面反映国内外机械设计的最新成果，所涉及的设计方法和理论与国际接轨，反映国内外设计水平。技术数据、产品数据准确可靠。

## 系统

从设计理念、设计方法到常用数据，系统地总结了机械设计各专业的技术内容，将新思维、新方法与设计实践融会贯通到机械设计的全过程中。

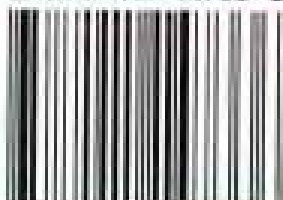
## 实用

为机械设计实践提供了全面的技术资料，包括机械、电器、液压、气动等专业，给出了机械设计基础资料、机械设计常用材料、机械设计方法、常用零部件的类型、规格、尺寸、设计要点、常用结构等具体内容。为各种机械产品的设计工作全面提供计算方法、主要技术参数、选型原则、典型结构和设计计算实例。全部采用2004年6月止的现行国际、国家及行业最新标准，实现了信息充分、数据全面、取材广泛、结构多样、产品新颖，并通过合理编排，力求便于查阅、使用方便。

## 先进

提供了当今国际、国内公认的先进设计理论、方法及数据资料，技术前瞻与国际设计水平同步。

ISBN 7-111-14733-2



9 787111 147336 >

地址：北京市西便门大街26号 邮编：100037  
联系电话：(010) 68317034 网址：http://www.cmpbook.com  
E-mail: cma@vip.sina.com

定价：108.00元



# 机械设计手册

新版

第1卷

机械设计手册编委会



机械工业出版社

本书是在前几版的基础上,吸收了近年来新的设计方法及最新国家标准,全面、系统地介绍了所有现代设计和常规设计方法、数据、图表、内容丰富,具有信息量大,标准新、取材广、规格全、常用结构多、并增加了许多国内外常用的新产品的结构、规格、选用范围,实用性强、查找方便等特点。

全书共分常用资料,机械零部件与传动设计(一)、(二),液压、气动、液力传动与控制,机械设计基础,现代设计方法及应用等6卷50篇。

本卷主要介绍机械设计时常用资料、数学公式、机械工程材料,以及零件结构设计工艺性和力学公式、实验应力分析常用公式及技术数据、零部件设计常用基础标准。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计手册.第1卷/机械设计手册编委会编著.—3版.—北京:机械工业出版社,2004.8

ISBN 7-111-14733-2

I. 机... II. 机... III. 机械设计—技术手册 IV. TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第068532号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:曲彩云 黄丽梅 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:施红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年8月第3版·第1次印刷

787mm×1092mm<sup>1/16</sup>·84.5印张·3插页·2963千字

0 001—6 000册

定价:108.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 机械设计手册编委会

主任：王文斌

副主任：林忠钦 严隽琪 李奇 谢里阳 汪恺 孙慧波

委员：鄂中凯 崔虹曼 方昆凡 周康年 吴宗泽 樊文萱 黄万吉

吴自通 徐秀彦 徐鹏 朱孝录 施永乐 王起龙 巩云鹏

李立行 程乃士 王德俊 李元科 卜炎 施高义 郑洪生

周恩涛 宗跃 唐恒龄 高敏 何德方 欧宗瑛 黄雨华

郭宝柱 张健民 史家顺 陈铭 蔡建国 王安麟 钟廷修

蒋寿伟 王石刚 邹慧君 金焯 谢友柏 蒋祖华 曲彩云

# 新版前言

《机械设计手册》自出版以来，在机械设计实践中发挥了重要的基础性作用，先后荣获全国优秀科技图书二等奖、机械电子工业部科技进步二等奖，是全国优秀科技畅销书，在社会上有较高的知名度，影响广泛，深得广大工程技术人员的厚爱。

机械设计是机械工业的基础技术。科技成果要转化为有竞争力的新产品，设计起着关键性作用。设计工作的质量和水平，直接关系到产品质量、性能和技术经济效益。特别是在产品创新和创造方面，工业发达国家都极为重视机械设计工作，不断地研制出适应市场需要的机电产品。近几年来，由于科学技术不断发展，加之我国加入世贸组织以后国际技术交流更直接、便捷，使我国在机械设计领域有了长足的进步，取得了丰硕的成果，发现了许多新材料、新的设计理念和设计方法，这些都需要我们及时归纳总结，全面准确地提供给广大读者。为使《机械设计手册》紧跟时代步伐，满足广大读者需要，我们组织了这次《机械设计手册》的新版修订工作。

这次修订，根据广大工程技术人员实际需要和阅读习惯，在保持手册先进性、系统性的前提下，我们调整了卷、篇、章的框架结构，重新编排，并补充了机械设计应用方面的内容。更加突出实用便查，让技术人员感到既有很多成熟使用的现代设计方法，又能更方便、快捷地查到所需内容。

这次修订取材仍根据基本、常用、关键、发展的原则，强调准确性。我们认真细致地对各种数据、图表等进行分析、核对和验证，对一些局部性的技术经验和测试结果，为了做到准确、可靠，作者亲自南下北上，取得第一手试验数据资料，以确定选取范围，做到了精益求精。对国外资料，以常用和新材料为主，主要从选用角度编写，重点介绍材料的技术参数、性能特点、适用范围和应用技术等，为如何正确选择和合理使用提供依据，以发挥其最佳性能和经济效果，这些都是作者经过长期生产实践积累的宝贵资料。本书数据、资料全部来自国家最新标准、规范和其他权威机构，设计方法、公式选择、参数选取原则均经过长期实践检验，典型结构设计、计算实例均来自工程实践。为了突出反映先进性，增加了许多适合我国国情的新材料、新方法、新技术、新工艺，广泛收集具有先进水平的新产品。

重点修订内容：

## (1) 更换补充新标准

书中所涉及的标准均采用现行国际、国家及行业最新标准，这对提高我国机械设计标准化水平，促进机械产品走向世界都将起到促进作用。同时，对一些新旧标准过渡有难点的内容做了详细指导，如渐开线圆柱齿轮部分引入最新国家标准 GB/T10095.1~2-2001 渐开线圆柱齿轮精度和 GB/Z18620.1~4-2002 圆柱齿轮检验实施规范；考虑到新旧标准应用的过渡期，保留了渐开线圆柱齿轮精度标准 GB/T10095-1988 的相关内容，给出了新旧标准精度对照表及旧标准向新标准的转化方法，同时给出了新旧标准标注的齿轮工作图示例，以方便读者使用。

锥齿轮强度计算采用最新颁布的国家标准 GB/T10062.1~3-2003，为便于采用新标准，增加了强度计算用到的锥齿轮的端面当量齿轮和法面当量齿轮参数计算公式，给出了用新标准计算的两个锥齿轮传动设计算例。把现有国内资料中关于锥齿轮几何设计中的“参考点”改为“基

准点”，以忠实原意。

在轴承中增加了2004年6月发布的滚动轴承代号方法的补充规定，以作为轴承标准的补充内容。

#### (2) 增加新材料、新结构

由于新材料、新结构不断出现，故在这次修订中，均适当纳入新内容，更换老内容，使手册更新、更适用。

如由于工程塑料和复合材料的力学性能有了很大的提高，又具有价廉、防腐、防锈蚀等一系列优点，故其应用发展很快，我们加强了这方面的介绍，书中还大量增加了新的结构类型和应用实例。

在轴承部分增加了带座外球面轴承、专用轴承、直线运动滚动支撑、关节轴承，以及国外轴承、钢球、钢种、润滑油等的代号和国内外对照表。

#### (3) 介绍新产品，删掉淘汰产品

机械设计中经常选用的一些基础产品发生了很大的变化，现在产品的分类、代号方法、设计计算等内容完全与国际接轨，与老产品相比完全不同。对于这些内容，我们必须加以修正，以适应我国机械产品进入国际市场的需要。因而，我们删掉了部分淘汰产品内容，并将国内主要厂家新开发推出的具有较大影响的新产品进行了补充，并适当增加了国内选用较多的国外产品，如为适应目前国内市场上进口液压、液力、气动元器件所占份额逐渐增大的现状，特增加了大篇幅的内容，主要推出世界著名的几大品牌应用较广泛的产品，以满足专业技术人员的需要。

近年来我国出现的新的减速器或形成了新标准的减速器，都在不断地向国外的新技术看齐，也收入本手册中供大家参考。此外，还及时引入了国外的产品，如SEW和PIV的产品，一则是为了向国际靠拢（接轨），二则是让设计人员方便选用国外知名公司的适用产品。

#### (4) 增加了反映现代科技的新内容

在“机械振动的控制”一章内，不仅填补了对冲击、对随机振动的隔离等国内外空白内容，还重点增加了利用振动信号的测量、分析、反馈及跟踪等先进技术，进行最优控制、自适应控制、预测控制、模糊控制等振动的主动控制的新内容。增加了“振动的利用”一章，使读者不仅能查到对有害振动进行控制的内容，还能查到振动的有益内容，包括振动利用的方法、步骤、设计与计算，利用振动原理工作的各类机械。

为适应现代机械设计的要求，增加了“模态分析与参数识别”一章。在机械设计中应用此章的内容，能对机械给定的动力特性，识别出机械应有的物理参数，或者已知机械的物理参数，识别出其动力特性。还能识别出很难准确计算和直接测量的机械动载荷，更能在机械运行时“在线”识别其动态特性。这些都将提高机械动态优化设计的功能与效率。

#### (5) 充实增加了现代设计方法的应用技术

近年来，机械设计的理论和方法在国内外取得了很大的发展，我国设计人员要在产品设计方面赶超国际水平，必须掌握先进的设计理论和方法。由于机械设计涉及面广，即使是经验丰富的设计师，也难以及时、全面地掌握这些理论与方法，所以本书重点介绍了当今发达工业国家流行的成熟的设计理论与方法，增强广大工程技术人员的创新意识和能力。如通过对有限元设计、创新设计、虚拟设计、优化设计、并行设计、智能设计、机电一体化设计及其相应工具软件等内容的详细阐述，使得工程技术人员在日常设计工作中融入现代设计的理论与方法，并注重相应流行

软件的应用,达到提高设计水平和设计效率的目的。如有限元设计部分,详细介绍将“有限元设计”如何应用于实际设计工作之中,以适应国际流行的针对重大机电产品(包括新产品)研发及销售过程中需配备有限元分析软件的需要。又如为加强环保,进行绿色设计,生产绿色产品,在各国均受到普遍欢迎,工业发达国家更是十分重视环保这方面的工作,所以本手册也介绍了如何实施机电产品的绿色设计。所有这些内容,都是现代设计工作者必不可少的最新的必备知识,而其他同类工具书却极少涉及这些内容。

可靠性、优化、疲劳强度、摩擦学等理论的新发展,可以为机械设计人员提供当代的先进资料,其中有些是最新的研究成果。设计人员可以较方便地找到自己需要的方法或解决问题的线索,并为进一步深入开展工作打下良好的基础。

本书作者都是具有丰富的设计知识和技能,具有出色的机械设计实践和研究经验的本学科知名学者和机械设计专家,他们统观全局、采实撷精、为本书修订奠定了可靠的保证。



# 第 1 版前言

《机械设计手册》是继《机械工程手册》之后出版的一部大型机械设计专业技术工具书。

机械工业担负着向国民经济各部门,包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、价格低廉、使用安全可靠的技术装备的任务,所以在现代化建设中是举足轻重的。市场竞争的生命力在于产品的水平。任何科技成果要转变为有竞争力的商品,设计起着关键性的作用。机械设计是机械产品研制的第一道工序,设计工作的质量和水平,直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。工业发达国家都十分重视产品设计:日本认为,工业发达是企业对产品设计高度重视的结果;美国认为,设计是一本万利的事,对产品设计投资 1 美元,带来的利润却是 1500 美元;英国认为,产品设计是英国工业的命脉,英国工业革新必须以设计为中心,始终应把产品设计作为企业的头等大事,应时常探索研究使产品设计尽善尽美;法国认为,设计是工业的生命,要培养超一流设计大师,要大胆启用有才华有实践工作经验的设计人员。

这里,有必要回顾一下机械和机械设计发展的历史。机械的发明和发展,是先由几种简单工具开始的。石器时代的石刀、石斧,只是为了能省力或便于用力。后来发展到利用杠杆原理制作灌溉或扬水用的桔槔,利用滑轮原理制作重物提升用的辘轳等简单机械。这些机械所需的原动力是直接出自人的本身。为了省力和扩大力,开始时利用牲畜力,后来利用风力和火力。待到 18 世纪 60 年代发明了蒸汽机,作为动力带动了纺织机、磨粉机、鼓风机、工作母机和铁路机车,促进了冶金、轮船和火车等工业的发展。到 19 世纪 60 年代,出现了第一台直流发电机,到 19 世纪 80 年代,研制成功了交流发电机和交流电动机,20 世纪初,电动机已在工业生产中取代了蒸汽机,成为驱动各种工作机械的基本动力。电气技术的应用,使机械工业得到了高速的发展。工业的发展,要求围绕机械设计制造的基础理论和设计方法,能适应当时机械工业的形势。到 18~19 世纪,材料科学、结构力学、弹性力学、流体力学、热力学、制图和公差等,都分别发展成为一门独立学科。但由于机械设计的复杂性,还需将这些学科在应用于设计时作某些简化假设,再加上设计人员的经验,逐渐形成了一整套机械设计方法。在这套设计方法中,要应用一些经验设计方法、经验设计公式和经验系数等,称之为常规设计或传统设计。

1946 年世界上第一台电子数字计算机诞生。经历了电子管、半导体、集成电路和大型集成电路的发展,电子计算机在机械设计中已广为采用。电子计算机的发展,使有限元法、优化设计和计算机辅助设计等成为可能。加上材料科学、计算力学、摩擦学和设计理论等的发展,逐渐形成了一套现代设计理论和方法。现代设计的特点为:(1)从静态设计到动态设计;(2)从单项设计指标到综合设计指标;(3)从常规设计到精确设计;(4)从手算设计到广泛应用计算机的设计。常规设计是不可缺少的,但对于培养具有更广阔视野的设计人员来说显得非常不够。近二、三十年,设计方法更为科学化、系统化、完善化和现代化了,虽然如此,常规设计仍然是重要基础。

由于机械产品品种繁多,除一些重要的机械产品(如机床等)有专业手册,加上综合性的《机械工程手册》外,编写一部能统贯整个机械设计领域,主要写机械设计共性内容,具有现代设计水平,实用性强,为机械设计学科领域的机械设计人员、科研和教学工作者查阅使用的《机械设计手册》,实属当务之急。为此,机械工业出版社于 1985 年冬着手组织全国专家、学者进行《机械设计手册》的编写工作。

本手册是在现代设计方法在我国经历了宣传普及阶段并在设计中初步取得成果、新的设计标准规范陆续制订公布的有利时机完成编写工作的。在制订编写提纲过程中，广泛听取了各方面的意见，将设计作为一个整体来考虑，不仅要考虑强度和润滑等常规设计注意的问题，还要考虑便于制造、技术经济指标合理和美观等方面，贯彻“四性”（实用性、整体性、科学性、先进性）精神，立足于80年代机械设计水平进行编写。手册中的计量单位一律采用国家法定计量单位，原有的数据单位，还没换成法定单位的，我们一律换算成法定单位。标准均为现行标准。

本手册共有42篇，分5卷出版。第1卷共7篇。第1篇机械设计总论，对机械设计的地位、设计遵循原则、设计的内容和设计方法作战略性的描述，使读者对机械设计有整体性理解。后面6篇是机械设计的基础理论和基本数据，各篇尽量用较小的篇幅写出覆盖面广的现代设计所需的实用内容。第2卷共10篇，是现代设计理论和设计方法，其中第8篇机构及机械系统设计，是机械设计的第一步骤，它是方案设计的主要内容。考虑到现代设计中的计算机应用，故以数值解法为主，代替了传统的图解法。第9篇造型设计和人机工程，介绍机械设计中如何考虑机器的形体和色彩，如何考虑操作者的人体尺寸、出力大小和视力范围等。第10篇价值工程，介绍机械设计中技术经济指标的计算以及评价和决策。下面几篇疲劳强度设计、蠕变设计、可靠性设计、优化设计、计算机辅助设计，都是一些现代设计方法。第16篇是计算机辅助设计所用的“数据库”，第15篇是与现代设计密切相关的“失效分析和故障诊断”。这些篇大多是现有手册中没有的，个别篇虽然少数手册中有类似的篇名，但本手册是从现代设计的要求出发进行编写，内容新而且深入。第3卷共8篇，第4卷共11篇，是机械零部件设计部分。虽然其中大部分篇名，在一些机械设计手册中也有，但本手册采用了最新的标准规范，尽量与现代设计相结合，所以各篇中都有一些内容，甚至整篇内容在一般手册中是没有的。一些重要的设计计算，另备有设计软件包。第5卷共6篇，是各种传动、机械自动化和工业机器人。其中工业机器人是机电仪一体化的典型产品，作为本手册的终篇，对贯彻本手册编写意图是有深刻含意的。为与本手册精神相一致，工业机器人也只写其共性部分。

《机械设计手册》是一部千万字的巨著，参加编写人员近200名，组织工作繁重。为了统一编写精神，经多次讨论确定了编写体例，按篇确定主编，由主编提出编写人员，召开编写会，审查各篇的编写提纲，按篇确定2~4位审稿人，初稿完成后送审，审稿意见与编写人见面，共同商量改稿意见，在此基础上，部分篇召开了审稿会。待到条件成熟，按卷召开定稿会。所以，本手册的出版，是在国内大专院校、科研院所和工厂的教授、研究人员和工程师的积极参加下完成的，并得到机械工业出版社、机械电子工业部科技司和东北工学院等单位的大力支持，这是本手册能够在较短的时间内从组织编写到出书的有力保证，在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本手册在修订时能有所改进。

徐 灏

1988年11月

## 第2版前言

《机械设计手册》自1990年出版至今已有10年,曾8次印刷,销售10万多套,得到了广大读者的关心、支持和好评,获第七届全国优秀科技图书二等奖,原机械电子工业部科技进步二等奖。

现在,《机械设计手册》(第2版)又与广大读者见面了!

2版修订是在1版的基础上,调整结构、更新内容、完善不足、更新标准、突出实用,让广大机械设计人员更方便快捷地查到所需内容。

### 一、修订的重点

1. 充实和更新技术内容。在重点反映国内外机械设计领域的新技术、新材料的同时,加强了自动化技术、计算机技术等在设计中的应用。现代设计方法和应用等都增设了新篇章。对于一些有发展前景的新设计方法,也作了相应介绍。2版新增设了电动机和常用低压电器、创新设计、绿色产品设计、并行设计、虚拟设计、快速响应变型设计和反求设计、机电一体化系统设计、现代设计主流软件、零部件设计常用基础标准、传动总论等10篇;重新编写了摩擦学设计、优化设计、计算机辅助设计、带传动和链传动、齿轮传动、滚动轴承、滑动轴承、气压传动与控制、液压传动与控制等9篇。其他各篇也作了较大程度的修改或更新。

2. 突出重点,务求实用。在总体结构和内容设置上作了一定调整,精简了基础理论部分内容,注意收集设计实践的经验和数据,使手册结构更趋合理,内容更切实际,更方便查阅。

3. 更换最新标准。根据到2000年6月为止颁发的国家或行业现行标准及技术规范,重新更换了旧的标准,体现了技术内容和数据的可靠性。

### 二、内容和结构

2版主要包括常用资料和设计基础、现代设计方法及应用、机械零部件设计、机械传动设计、流体传动与控制等部分,共44篇,分为5卷。

1. 常用资料和设计基础 机械设计总论、常用资料和数学公式、机械工程材料、机械设计力学基础、实验应力分析、机械振动和噪声、造型设计和人机工程、失效分析和故障诊断、电动机和常用低压电器。

2. 现代设计方法及应用 创新设计、绿色产品设计、并行设计、虚拟设计、快速响应变型设计和反求设计、可靠性设计、摩擦学设计、优化设计、计算机辅助设计、疲劳强度设计、蠕变设计、价值工程、机电一体化系统设计、附录 现代设计主流软件。

3. 机械零部件设计 零部件设计常用基础标准、零件结构工艺性、联接与紧固、弹簧、起重、搬运件、操作件、机架、箱体及导轨、密封件、管路附件。

4. 机械传动设计 传动总论、机构、带传动和链传动、摩擦轮及螺旋传动、齿轮传动、轮系、减速器和变速器、轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器、离合器与制动器。

5. 流体传动与控制 气压传动与控制、液压传动与控制、液力传动。

为了便于协调,提高质量,加快编写进度,参加编审的人员以东北大学有关院系为主,并组织邀请清华大学、北京理工大学、北京科技大学、上海交通大学、上海大学、天津大学、哈尔滨工业大学、重庆大学、浙江大学、昆明理工大学、大连理工大学、大连铁道学院、华中理工大学、北京、上海、合肥、天津、沈阳等地的专家学者参加。值此手册出版之际,谨向所有参加本版工作的全体编审人员及有关单 位表示诚挚的谢意。由于水平和时间有限,难免有一些不尽人意之处,殷切希望广大读者批评指正,提出宝贵意见,以便在今后的工作中改进。

# 目 录

## 第 1 篇 常用资料和数学公式

### 第 1 章 常用符号和数据

1 常用符号 .....	1-3
1.1 常用字母 .....	1-3
1.2 国内和国外部分标准代号 .....	1-4
1.3 数学符号 .....	1-5
1.4 化学元素符号 .....	1-9
2 常用数据表 .....	1-10
2.1 金属硬度与强度换算 .....	1-10
2.2 常用材料的物理性能 .....	1-21
2.3 常用材料及物体的摩擦系数 .....	1-23
2.4 机械传动效率的概略值 .....	1-25
2.5 常用物理量常数 .....	1-26

### 第 2 章 计量单位和单位换算

1 国际单位制(SI)单位 .....	1-27
2 可与国际单位制单位并用的 我国法定计量单位 .....	1-28
3 常用物理量符号及其法定单位 .....	1-29
4 计量单位换算 .....	1-31

### 第 3 章 常用数学公式

1 代数 .....	1-33
1.1 二项式公式、多项式公式和因式 分解 .....	1-33
1.1.1 二项式公式 .....	1-33
1.1.2 多项式公式 .....	1-33
1.1.3 因式分解 .....	1-33
1.2 指数和根式 .....	1-33
1.2.1 指数 .....	1-33
1.2.2 根式 .....	1-33
1.3 对数 .....	1-33
1.3.1 运算法则 .....	1-33
1.3.2 常用对数和自然对数 .....	1-34
1.4 不等式 .....	1-34

1.4.1 代数不等式 .....	1-34
1.4.2 三角不等式 .....	1-34
1.4.3 含有指数、对数的不等式 .....	1-34
1.5 代数方程 .....	1-34
1.5.1 一元方程的解 .....	1-34
1.5.2 一次方程组的解 .....	1-35
1.6 级数 .....	1-35
1.6.1 等差级数 .....	1-35
1.6.2 等比级数 .....	1-35
1.6.3 一些级数及其部分和 .....	1-35
1.6.4 一些特殊级数的和 .....	1-35
1.6.5 二项级数 .....	1-35
1.6.6 指数函数和对数函数的 幂级数展开式 .....	1-36
1.6.7 三角函数和反三角函数的 幂级数展开式 .....	1-36
1.6.8 双曲函数和反双曲函数的 幂级数展开式 .....	1-36
1.7 傅立叶级数 .....	1-36
1.8 行列式和矩阵 .....	1-37
1.8.1 行列式 .....	1-37
1.8.2 行列式的性质 .....	1-37
1.8.3 矩阵的运算 .....	1-38
1.8.4 分块矩阵 .....	1-40
2 三角函数与双曲函数 .....	1-40
2.1 三角函数 .....	1-40
2.1.1 三角函数间的关系 .....	1-40
2.1.2 和差角公式 .....	1-40
2.1.3 和差化积公式 .....	1-40
2.1.4 积化和差公式 .....	1-40
2.1.5 倍角公式 .....	1-41
2.1.6 半角公式 .....	1-41
2.1.7 正弦和余弦的幂 .....	1-41
2.1.8 三角形 .....	1-41
2.2 反三角函数间的关系 .....	1-42

2.3 双曲函数 .....	1-42	4.1 不定积分 .....	1-51
2.3.1 双曲函数间的关系 .....	1-42	4.1.1 不定积分法则 .....	1-51
2.3.2 反双曲函数的对数表达式 .....	1-42	4.1.2 常用换元积分法 .....	1-51
2.3.3 双曲函数和三角函数的关系 .....	1-42	4.1.3 基本积分公式 .....	1-51
3 微分 .....	1-42	4.1.4 有理函数的积分 .....	1-51
3.1 特殊极限值 .....	1-42	4.1.5 无理函数的积分 .....	1-52
3.2 导数 .....	1-43	4.1.6 超越函数的积分 .....	1-54
3.2.1 导数符号 .....	1-43	4.2 定积分 .....	1-55
3.2.2 求导法则 .....	1-43	4.2.1 定积分一般公式 .....	1-55
3.2.3 基本导数公式 .....	1-43	4.2.2 重要定积分公式 .....	1-56
3.2.4 简单函数的高阶导数公式 .....	1-44		
3.3 泰勒公式和马克劳林公式 .....	1-44		
3.4 曲线性状的导数特征 .....	1-44		
3.5 曲率和曲率中心 .....	1-46		
3.6 曲线的切线和法线 .....	1-46		
3.7 常用曲线 .....	1-46		
4 积分 .....	1-51		

**第 4 章 常用几何公式及截面的力学特性公式**

1 常用几何体公式 .....	1-58
2 截面几何及力学特性 .....	1-59
参考文献 .....	1-64

**第 2 篇 零件结构加工工艺性**

**第 1 章 概 述**

1 零件结构加工工艺性的概念 .....	2-3
2 影响零件结构加工工艺性的因素 .....	2-3
3 零件结构加工工艺性的基本要求 .....	2-3

**第 2 章 铸件结构加工工艺性**

1 常用铸造金属材料 and 铸造方法 .....	2-4
1.1 常用铸造金属材料的铸造性和结构特点 .....	2-4
1.2 常用铸造方法的特点和应用范围 .....	2-4
2 铸造工艺对铸件结构加工工艺性的要求 .....	2-6
3 合金铸造性能对铸件结构加工工艺性的要求 .....	2-13
3.1 合理设计铸件壁厚 .....	2-13
3.2 铸件的结构圆角与圆滑过渡 .....	2-14
3.3 合理的铸件结构形状 .....	2-18
4 铸造方法对铸件结构加工工艺性的要求 .....	2-20
4.1 压力铸件的结构特点 .....	2-21
4.2 熔模铸件的结构特点 .....	2-22

4.3 金属型铸件的结构特点 .....	2-24
5 铸造公差 .....	2-24
6 铸件缺陷与改进措施 .....	2-25

**第 3 章 锻件结构加工工艺性**

1 锻造方法与金属材料的可锻性 .....	2-33
1.1 各种锻造方法及其特点 .....	2-33
1.2 金属材料的可锻性 .....	2-35
2 锻造方法对锻件结构加工工艺性的要求 .....	2-35
2.1 自由锻件的结构加工工艺性 .....	2-35
2.2 模锻件的结构加工工艺性 .....	2-38
2.2.1 模锻件的结构要素 .....	2-39
2.2.2 锻件尺寸标注及其测量法 .....	2-42
3 模锻件结构设计的注意事项 .....	2-42

**第 4 章 冲压件结构加工工艺性**

1 冲压方法和冲压材料的选用 .....	2-45
1.1 冲压的基本工序 .....	2-45
1.2 冲压材料的选用 .....	2-46
2 冲压件结构设计的基本参数 .....	2-47

2.1 冲裁件 .....	2-47	3.2 金属热处理工艺分类及代号的表示方法 .....	2-84
2.2 弯曲件 .....	2-49	4 热处理零件结构设计的注意事项 .....	2-86
2.3 拉伸件 .....	2-52	4.1 防止热处理零件开裂的注意事项 .....	2-86
2.4 成型件 .....	2-53	4.2 防止热处理零件变形的注意事项 .....	2-89
3 冲压件结构设计的注意事项 .....	2-56	4.3 防止热处理零件硬度不均的注意事项 .....	2-92
4 冲压件的尺寸和角度公差、形状和位置未注公差、未注公差尺寸的极限偏差 .....	2-58		
<b>第5章 粉末冶金件结构设计工艺性</b>			
1 粉末冶金材料的分类和选用 .....	2-64	<b>第8章 橡胶件结构设计工艺性</b>	
1.1 粉末冶金减摩材料 .....	2-65	1 橡胶制品质量指标的含义 .....	2-94
1.2 粉末冶金摩擦材料 .....	2-65	2 橡胶件材料的选用 .....	2-94
1.3 粉末冶金过滤材料 .....	2-65	3 橡胶件结构设计的工艺性 .....	2-95
1.4 粉末冶金铁基结构材料 .....	2-65	3.1 脱模斜度 .....	2-95
2 粉末冶金零件结构设计的基本参数 .....	2-65	3.2 断面厚度与圆角 .....	2-95
3 粉末冶金零件结构设计的注意事项 .....	2-68	3.3 囊类零件的口径腹径比 .....	2-95
<b>第6章 工程塑料件结构设计工艺性</b>			
1 工程塑料的选用 .....	2-72	3.4 波纹管制品的峰谷直径比 .....	2-96
2 工程塑料零件的制造方法 .....	2-72	3.5 孔 .....	2-96
2.1 工程塑料的成型方法 .....	2-72	3.6 镶嵌件 .....	2-96
2.2 工程塑料的机械加工 .....	2-73	4 橡胶件的精度 .....	2-96
3 工程塑料零件设计的基本参数 .....	2-73	4.1 模压制品的尺寸公差 .....	2-96
4 工程塑料零件结构设计的注意事项 .....	2-76	4.2 压出制品的尺寸公差 .....	2-97
<b>第7章 热处理零件结构设计工艺性</b>			
1 零件热处理方法的选择 .....	2-78	4.2.1 无支撑压出制品的横截面尺寸公差 .....	2-98
1.1 退火及正火 .....	2-78	4.2.2 芯型支撑压出制品的尺寸公差 .....	2-98
1.1.1 钢的退火 .....	2-78	4.2.3 表面磨光压出制品尺寸公差 .....	2-98
1.1.2 钢的正火 .....	2-79	4.2.4 压出制品的切割长度公差 .....	2-99
1.2 淬火及回火 .....	2-79	4.2.5 压出制品的切割截面厚度公差 .....	2-99
1.2.1 钢的淬火 .....	2-79	4.3 胶辊尺寸公差 .....	2-99
1.2.2 钢的回火 .....	2-80	4.3.1 胶辊尺寸公差的等级 .....	2-99
1.3 表面淬火 .....	2-81	4.3.2 胶辊的直径公差 .....	2-99
1.4 钢的化学热处理 .....	2-81	4.3.3 胶辊包覆胶长度公差 .....	2-100
2 影响热处理零件结构设计工艺性的因素 .....	2-82	4.3.4 胶辊的圆跳动公差 .....	2-100
2.1 零件材料的热处理性能 .....	2-82	4.3.5 胶辊的圆柱度公差 .....	2-101
2.2 零件的几何形状和刚度 .....	2-84	4.3.6 胶辊的中高度公差 .....	2-101
2.3 零件的尺寸大小 .....	2-84	4.4 橡胶制品的尺寸测量 .....	2-102
2.4 零件的表面质量 .....	2-84		
3 对零件的热处理要求 .....	2-84	<b>第9章 焊接件结构设计工艺性</b>	
3.1 在工作图上应标明的热处理要求 .....	2-84	1 焊接方法及其应用 .....	2-103



1.1 焊接方法的分类、特点及应用 .....	2-103	2.5 砂轮越程槽 .....	2-129
1.2 常用金属材料的适用焊接方法 .....	2-103	2.6 刨切、插、珩磨越程槽 .....	2-130
2 焊接结构的设计原则 .....	2-105	2.7 退刀槽 .....	2-130
2.1 焊接性 .....	2-105	2.8 插齿、滚齿退刀槽 .....	2-132
2.1.1 钢的焊接性 .....	2-105	2.9 T形槽 .....	2-133
2.1.2 铸铁的焊接性 .....	2-106	2.10 燕尾槽 .....	2-134
2.1.3 有色金属的焊接性 .....	2-107	2.11 润滑槽 .....	2-135
2.1.4 异种金属间的焊接性 .....	2-107	2.12 锯缝尺寸 .....	2-136
2.2 结构刚度和减振能力 .....	2-107	2.13 弧形槽端部半径 .....	2-136
2.3 应力集中 .....	2-107	2.14 普通螺纹收尾、肩距、退刀槽和 倒角 .....	2-137
2.4 焊接残余应力和变形 .....	2-107	2.14.1 外螺纹收尾和肩距的型式与 尺寸 .....	2-137
2.5 焊接接头性能的不均匀性 .....	2-107	2.14.2 外螺纹退刀槽的型式与尺 寸 .....	2-137
2.6 应尽量减少和排除焊接缺陷 .....	2-107	2.14.3 外螺纹始端端面的倒角 .....	2-137
3 焊接接头的形式 .....	2-107	2.14.4 内螺纹收尾和肩距的型式与 尺寸 .....	2-137
3.1 焊接接头的特点 .....	2-107	2.14.5 内螺纹退刀槽型式与尺 寸 .....	2-138
3.2 接头形式及选用 .....	2-108	2.14.6 内螺纹入口端面的倒角 .....	2-138
4 焊缝坡口的基本形式与尺寸 .....	2-108	2.15 紧固件 沉孔 .....	2-138
4.1 坡口参数的确定 .....	2-108	2.15.1 紧固件 铆钉用通孔 .....	2-138
4.2 碳钢、低合金钢的手工电弧焊、 气焊及气体保护焊焊缝坡口的 基本形式与尺寸 .....	2-108	2.15.2 紧固件 沉头用沉孔 .....	2-139
4.3 碳钢、低合金钢埋弧焊焊缝坡口的 形式与尺寸 .....	2-113	2.15.3 紧固件 圆柱头用沉孔 .....	2-139
4.4 铝合金气体保护焊焊缝坡口形式 与尺寸 .....	2-117	2.15.4 紧固件 六角头螺栓和六角 螺母用沉孔 .....	2-140
4.5 纯铜几种焊法的焊缝坡口形式 与尺寸 .....	2-119	3 切削加工件的结构设计工艺性 .....	2-141
4.6 接头坡口的制作 .....	2-119	3.1 零件工作图的尺寸标注应适应加工 工艺要求 .....	2-141
5 焊接件结构设计应注意的问题 .....	2-120	3.2 零件应有安装和夹紧的基面 .....	2-142
6 焊接件的几何尺寸与形状公差 .....	2-122	3.3 减少装夹和走刀次数 .....	2-142
7 焊接质量检验 .....	2-123	3.4 减少加工面积,简化零件形状 .....	2-143
		3.5 尽可能避免内凹表面及内表面的 加工 .....	2-144
		3.6 保证零件加工时的必要的刚性 .....	2-144
		3.7 零件结构要适应刀具尺寸要求,并 尽可能采用标准刀具 .....	2-145
		4 自动化生产对零件结构设计工艺性 要求 .....	2-146

## 第 10 章 金属切削加工件 结构设计工艺性

1 金属材料的切削加工性 .....	2-124
2 金属切削加工件的一般标准 .....	2-126
2.1 中心孔 .....	2-126
2.1.1 60°中心孔 .....	2-126
2.1.2 75°中心孔 .....	2-126
2.1.3 90°中心孔 .....	2-127
2.2 球面半径 .....	2-127
2.3 滚花 .....	2-128
2.4 零件倒圆与倒角 .....	2-128

## 第 11 章 零部件的装配和维修工艺性

1 一般装配对零部件结构设计工艺性的
--------------------

要求 .....	2-148	1.7 选择合理的调整补偿环 .....	2-148
1.1 组成单独的部件或装配单元 .....	2-148	1.8 减少修整外观的工作量 .....	2-148
1.2 应具有合适的装配基面 .....	2-148	2 自动装配对零件结构设计工艺性的	
1.3 结合工艺特点考虑结构的合理性 .....	2-148	要求 .....	2-153
1.4 考虑装配的方便性 .....	2-148	3 吊运对零件结构设计工艺性的要求 .....	2-155
1.5 考虑拆卸的方便性 .....	2-148	4 零部件的维修工艺性 .....	2-155
1.6 考虑修配的方便性 .....	2-148	参考文献 .....	2-156

## 第 3 篇 机械工程材料

### 第 1 章 钢铁材料

1 概述 .....	3-3	3.1.10 一般用途耐热钢和合金铸件 .....	3-27
1.1 钢铁材料的分类 .....	3-3	3.1.11 承压钢铸钢 .....	3-29
1.2 钢铁材料牌号表示方法 .....	3-4	3.2 结构钢 .....	3-34
1.2.1 钢铁产品牌号表示方法 .....	3-4	3.2.1 碳素结构钢 .....	3-34
1.2.2 钢铁及合金牌号统一数字代号		3.2.2 优质碳素结构钢 .....	3-35
体系 .....	3-9	3.2.3 低合金高强度结构钢 .....	3-40
1.3 金属材料主要力学性能指标项目 .....	3-10	3.2.4 合金结构钢 .....	3-42
2 铸铁 .....	3-12	3.2.5 弹簧钢 .....	3-56
2.1 灰铸铁 .....	3-12	3.2.6 焊接结构用耐候钢 .....	3-58
2.2 可锻铸铁 .....	3-15	3.2.7 高耐候性结构钢 .....	3-58
2.3 球墨铸铁 .....	3-15	3.2.8 易切削结构钢 .....	3-60
2.4 蠕墨铸铁 .....	3-17	3.2.9 非调质机械结构钢 .....	3-61
2.5 耐热铸铁 .....	3-17	3.2.10 冷镦和冷挤压用钢 .....	3-62
2.6 高硅耐蚀铸铁 .....	3-18	3.3 工具钢 .....	3-67
2.7 中锰抗磨球墨铸铁 .....	3-19	3.3.1 碳素工具钢 .....	3-67
2.8 抗磨白口铸铁 .....	3-19	3.3.2 高速工具钢 .....	3-69
3 钢 .....	3-20	3.3.3 合金工具钢 .....	3-71
3.1 铸钢 .....	3-20	3.4 耐热钢和不锈钢 .....	3-77
3.1.1 一般工程用铸造碳钢 .....	3-20	3.4.1 耐热钢 .....	3-77
3.1.2 焊接结构用碳素钢铸件 .....	3-21	3.4.2 不锈钢 .....	3-90
3.1.3 一般工程与结构用低合金铸		3.5 轴承钢 .....	3-99
钢件 .....	3-21	3.5.1 渗碳轴承钢 .....	3-99
3.1.4 高锰钢铸件 .....	3-22	3.5.2 高碳铬轴承钢 .....	3-100
3.1.5 铸造锚链钢 .....	3-22	3.5.3 高碳铬不锈钢轴承钢 .....	3-103
3.1.6 大型铸件用低合金铸钢 .....	3-22	3.6 锻件用结构钢 .....	3-103
3.1.7 一般用途耐蚀钢铸件 .....	3-24	4 钢铁材料国内外牌号对照 .....	3-110
3.1.8 工程结构用中、高强度不锈钢		4.1 铸铁国内外牌号对照 .....	3-110
铸件 .....	3-26	4.1.1 灰铸铁国内外牌号对照 .....	3-110
3.1.9 大型铸件用不锈钢铸钢 .....	3-26	4.1.2 球墨铸铁国内外牌号对照 .....	3-111
		4.1.3 可锻铸铁国内外牌号对照 .....	3-111
		4.1.4 抗磨铸铁国内外牌号对照 .....	3-112

4.2 铸钢国内外牌号对照 .....	3-112	5.1.12 锻制扁钢 .....	3-145
4.2.1 工程与结构用碳素铸钢国内外 牌号对照 .....	3-112	5.1.13 冷拉圆钢、方钢和六角钢 .....	3-146
4.2.2 合金铸钢国内外牌号对照 .....	3-112	5.1.14 优质结构钢冷拉钢材 .....	3-148
4.2.3 不锈钢耐蚀铸钢国内外牌号 对照 .....	3-112	5.1.15 通用冷弯开口型钢 .....	3-149
4.2.4 耐热铸钢国内外牌号对照 .....	3-113	5.1.16 结构用冷弯空心型钢 .....	3-156
4.2.5 高锰铸钢国内外牌号对照 .....	3-113	5.2 钢板和钢带 .....	3-164
4.2.6 承压铸钢国内外牌号对照 .....	3-113	5.2.1 冷轧钢板和钢带 .....	3-164
4.3 变形钢国内外牌号对照 .....	3-114	5.2.2 热轧钢板 .....	3-165
4.3.1 碳素结构钢和工程用钢国内外 牌号对照 .....	3-114	5.2.3 碳素结构钢冷轧钢带 .....	3-166
4.3.2 优质碳素结构钢国内外牌号 对照 .....	3-114	5.2.4 优质碳素结构钢冷轧薄钢板和 钢带 .....	3-167
4.3.3 建筑用钢筋国内外牌号对照 .....	3-115	5.2.5 低碳钢冷轧钢带 .....	3-167
4.3.4 合金结构钢国内外牌号对照 .....	3-116	5.2.6 弹簧钢、工具钢冷轧钢带 .....	3-168
4.3.5 易切削结构钢国内外牌号 对照 .....	3-117	5.2.7 热镀锌合金冷轧碳素钢薄 钢板 .....	3-169
4.3.6 冷锻钢国内外牌号对照 .....	3-117	5.2.8 单张热镀锌薄钢板 .....	3-170
4.3.7 弹簧钢国内外牌号对照 .....	3-118	5.2.9 热处理弹簧钢带 .....	3-170
4.3.8 轴承钢国内外牌号对照 .....	3-119	5.2.10 冷轧电镀锡薄钢板 .....	3-173
4.3.9 阀门用钢国内外牌号对照 .....	3-119	5.2.11 合金结构钢薄钢板 .....	3-173
4.3.10 不锈钢国内外牌号对照 .....	3-119	5.2.12 不锈钢冷轧钢板 .....	3-174
4.3.11 耐热钢国内外牌号对照 .....	3-123	5.2.13 耐热钢板 .....	3-176
4.3.12 碳素工具钢国内外牌号 对照 .....	3-126	5.2.14 不锈钢热轧钢板 .....	3-177
4.3.13 高速工具钢国内外牌号 对照 .....	3-126	5.2.15 花纹钢板 .....	3-178
4.3.14 合金工具钢国内外牌号 对照 .....	3-126	5.2.16 压力容器用钢板 .....	3-179
5 钢材 .....	3-127	5.2.17 高强度结构钢热处理和控 轧钢板和钢带 .....	3-181
5.1 型材 .....	3-127	5.3 钢管 .....	3-181
5.1.1 热轧圆钢和方钢 .....	3-127	5.3.1 直缝电焊钢管 .....	3-181
5.1.2 热轧六角钢和八角钢 .....	3-127	5.3.2 流体输送用不锈钢焊接钢管 .....	3-184
5.1.3 热轧扁钢 .....	3-128	5.3.3 机械结构用不锈钢焊接钢管 .....	3-187
5.1.4 弹簧钢热轧平面扁钢 .....	3-130	5.3.4 低压流体输送用焊接钢管 .....	3-190
5.1.5 热轧等边角钢 .....	3-130	5.3.5 传动轴用电焊钢管 .....	3-191
5.1.6 热轧不等边角钢 .....	3-133	5.3.6 无缝钢管尺寸 .....	3-192
5.1.7 不锈钢热轧等边角钢 .....	3-136	5.3.7 流体输送用不锈钢无缝钢管 .....	3-209
5.1.8 热轧普通工字钢 .....	3-138	5.3.8 低温管道用无缝钢管 .....	3-210
5.1.9 热轧普通槽钢 .....	3-139	5.3.9 液压和气动缸筒用精密内径 无缝钢管 .....	3-212
5.1.10 热轧H型钢和剖分T型钢 .....	3-140	5.3.10 冷拔或冷轧精密无缝钢管 .....	3-213
5.1.11 锻制圆钢和方钢 .....	3-145	5.3.11 冷拔无缝异型钢管 .....	3-216
		5.3.12 P3型镀锌金属软管 .....	3-234
		5.3.13 S型钎焊不锈钢金属软管 .....	3-234
		5.4 钢丝 .....	3-235
		5.4.1 冷拉圆钢丝、方钢丝和六角	

钢丝 .....	3-235	2.1.2 加工铜及铜合金的力学性能 ...	3-270
5.4.2 一般用途低碳钢丝 .....	3-237	2.1.3 加工铜及铜合金的特性和	
5.4.3 重要用途低碳钢丝 .....	3-237	应用 .....	3-273
5.4.4 油淬火-回火弹簧钢丝 .....	3-238	2.2 铸造铜合金 .....	3-279
5.4.5 重要用途碳素弹簧钢丝 .....	3-244	2.3 压铸铜合金 .....	3-283
5.4.6 碳素工具钢丝 .....	3-242	3 锌合金 .....	3-284
5.4.7 合金弹簧钢丝 .....	3-242	3.1 铸造锌合金 .....	3-284
5.4.8 合金结构钢丝 .....	3-243	3.2 压铸锌合金 .....	3-285
5.4.9 不锈钢丝 .....	3-244	4 铝及铝合金 .....	3-285
5.4.10 合金工具钢丝 .....	3-245	4.1 变形铝及铝合金 .....	3-285
5.4.11 高速工具钢丝 .....	3-246	4.1.1 变形铝及铝合金牌号及化学	
6 粉末冶金材料 .....	3-246	成分 .....	3-285
6.1 粉末冶金结构材料 .....	3-246	4.1.2 变形铝及铝合金产品状态	
6.1.1 粉末冶金铁基结构材料 .....	3-246	代号 .....	3-290
6.1.2 热处理状态粉末冶金铁基结构		4.1.3 变形铝及铝合金产品特性及	
材料 .....	3-248	应用 .....	3-291
6.1.3 烧结奥氏体不锈钢结构零件		4.2 铸造铝合金 .....	3-295
材料 .....	3-248	4.3 压铸铝合金 .....	3-302
6.1.4 烧结锡青铜结构材料 .....	3-249	5 钛及钛合金 .....	3-302
6.2 粉末冶金摩擦材料 .....	3-249	5.1 变形钛及钛合金 .....	3-303
6.2.1 铁基干式摩擦材料 .....	3-249	5.2 铸造钛及钛合金 .....	3-306
6.2.2 铜基干式摩擦材料 .....	3-250	6 铸造轴承合金 .....	3-307
6.2.3 铜基湿式摩擦材料 .....	3-250	7 有色金属及其合金国内外牌号对照 .....	3-309
6.3 粉末冶金减摩材料 .....	3-251	7.1 铜及铜合金国内外牌号对照 .....	3-309
6.4 粉末冶金过滤材料 .....	3-251	7.2 铝及铝合金国内外牌号对照 .....	3-313
6.4.1 烧结不锈钢过滤元件 .....	3-251	7.3 钛及钛合金国内外牌号对照 .....	3-314
6.4.2 烧结钛过滤元件及材料 .....	3-253	7.4 镁及镁合金国内外牌号对照 .....	3-314
6.4.3 烧结镍过滤元件 .....	3-255	7.5 镍及镍合金国内外牌号对照 .....	3-315
6.4.4 烧结镍铜合金过滤元件 .....	3-258	8 有色金属型材 .....	3-315
6.4.5 烧结锡青铜过滤元件 .....	3-260	8.1 棒材 .....	3-315
		8.1.1 铜及铜合金拉制棒 .....	3-315
		8.1.2 铜及铜合金挤制棒 .....	3-317
		8.1.3 铜及铜合金矩形棒 .....	3-319
		8.1.4 黄铜磨光棒 .....	3-320
		8.1.5 铝及铝合金挤压棒材 .....	3-320
		8.1.6 钛及钛合金棒材 .....	3-322
		8.1.7 钛及钛合金饼和环 .....	3-324
		8.2 管材 .....	3-324
		8.2.1 一般用途加工铜及铜合金无缝	
		圆管尺寸规格 .....	3-324
		8.2.2 铜及铜合金拉制管 .....	3-327
		8.2.3 铜及铜合金挤制管 .....	3-328
		8.2.4 热交换器用铜合金无缝管 .....	3-329
<b>第 2 章 有色金属材料</b>			
1 有色金属及合金产品牌号表示			
方法 .....	3-261		
1.1 有色金属冶炼产品牌号表示方法 ...	3-261		
1.2 有色金属及其合金加工产品牌号			
表示方法 .....	3-261		
1.3 有色金属及合金铸造产品牌号表示			
方法 .....	3-262		
2 铜及铜合金 .....	3-262		
2.1 加工铜及铜合金 .....	3-262		
2.1.1 加工铜及铜合金的牌号、化学			
成分和产品形状 .....	3-263		

8.2.5 铜及铜合金散热扁管 .....	3-330	1.2 橡胶板 .....	3-389
8.2.6 无缝铜水管和铜气管 .....	3-331	1.2.1 工业用橡胶板 .....	3-389
8.2.7 铜及铜合金毛细管 .....	3-333	1.2.2 设备防腐衬里用橡胶板 .....	3-390
8.2.8 铝及铝合金管材尺寸规格 .....	3-334	1.3 橡胶管 .....	3-390
8.2.9 铝及铝合金拉(轧)制无缝管 .....	3-340	1.3.1 输水通用橡胶管 .....	3-390
8.2.10 铝及铝合金热挤压无缝 圆管 .....	3-342	1.3.2 蒸汽橡胶软管 .....	3-391
8.2.11 铝及铝合金焊接管 .....	3-343	1.3.3 压缩空气用橡胶软管 .....	3-392
8.2.12 钛及钛合金管 .....	3-345	1.3.4 氧气橡胶软管 .....	3-393
8.3 板材 .....	3-346	1.3.5 乙炔橡胶软管 .....	3-393
8.3.1 铜及铜合金板材 .....	3-346	1.3.6 岸上排吸油橡胶软管 .....	3-393
8.3.2 铜及黄铜板、带、箔的理论 重量 .....	3-350	1.3.7 计量分配燃油用橡胶 软管 .....	3-394
8.3.3 铅及铅铋合金板 .....	3-350	1.3.8 耐稀酸碱橡胶软管 .....	3-395
8.3.4 铝及铝合金板带材 .....	3-351	1.3.9 织物增强液压橡胶软管 .....	3-396
8.3.5 铝及铝合金轧制板材 .....	3-355	1.3.10 钢丝缠绕增强外覆橡胶的液压 橡胶软管和软管组合件 .....	3-397
8.3.6 铝及铝合金花纹板 .....	3-363	1.3.11 输送无水氨用橡胶软管及软管 组合件 .....	3-398
8.3.7 钛及钛合金板材 .....	3-365	2 工程塑料及其制品 .....	3-399
8.4 带材 .....	3-367	2.1 常用工程塑料性能及应用 .....	3-399
8.4.1 铜及铜合金带材 .....	3-367	2.2 工程塑料板材和薄膜 .....	3-406
8.4.2 铝及铝合金热轧带材 .....	3-371	2.2.1 聚四氟乙烯板 .....	3-406
8.4.3 铝及铝合金冷轧带材 .....	3-372	2.2.2 硬聚氯乙烯挤出板 .....	3-406
8.5 箔材 .....	3-376	2.2.3 硬质聚氯乙烯层压板 .....	3-407
8.5.1 纯铜箔 .....	3-376	2.2.4 聚乙烯板 .....	3-408
8.5.2 黄铜箔 .....	3-376	2.2.5 酚醛层压纸板 .....	3-408
8.5.3 青铜箔 .....	3-377	2.2.6 酚醛层压布板 .....	3-410
8.5.4 镍及白铜箔 .....	3-377	2.2.7 酚醛层压玻璃布板 .....	3-411
8.5.5 锡、铅及其合金箔和锌箔 .....	3-377	2.2.8 环氧层压纸板 .....	3-412
8.5.6 精制铝箔 .....	3-378	2.2.9 环氧层压玻璃布板 .....	3-413
8.5.7 铝合金箔 .....	3-378	2.2.10 工业有机玻璃板 .....	3-414
8.5.8 电解电容器用铝箔 .....	3-379	2.2.11 软聚氯乙烯压延薄膜和 片材 .....	3-415
8.6 线材 .....	3-379	2.3 工程塑料管材 .....	3-416
8.6.1 纯铜线 .....	3-379	2.3.1 聚四氟乙烯管 .....	3-416
8.6.2 铜及铜合金扁线 .....	3-379	2.3.2 工业用氯化聚氯乙烯(PVC-C) 管材及管件 .....	3-416
8.6.3 黄铜线 .....	3-380	2.3.3 冷热水用氯化聚氯乙烯(PVC-C) 管材及管件 .....	3-420
8.6.4 青铜线 .....	3-382	2.3.4 化工用硬聚氯乙烯(PVC-U) 管材 .....	3-423
8.6.5 白铜线 .....	3-383	2.3.5 流体输送用软聚氯乙烯管材 .....	3-425
8.6.6 铅及铅铋合金线 .....	3-383	2.3.6 给水用聚乙烯(PE)管材 .....	3-425
8.6.7 导电用铝线 .....	3-384		
<b>第3章 非金属材料</b>			
1 橡胶及橡胶制品 .....	3-385		
1.1 常用橡胶性能及应用 .....	3-385		

2.3.7 酚醛层压纸管 .....	3-427	5.5 防火玻璃 .....	3-459
2.3.8 尼龙管材 .....	3-428	5.6 石英玻璃 .....	3-460
2.3.9 浇铸型工业有机玻璃管材 .....	3-428	5.6.1 石英玻璃性能 .....	3-460
2.4 工程塑料棒材 .....	3-429	5.6.2 液位计透明石英玻璃管 .....	3-461
2.4.1 聚四氟乙烯棒材 .....	3-429	5.6.3 不透明石英玻璃制品 .....	3-462
2.4.2 尼龙棒材 .....	3-430	6 水泥品种 .....	3-463
2.4.3 热固性树脂层压棒 .....	3-430	6.1 硅酸盐水泥 .....	3-463
2.4.4 浇铸型工业有机玻璃棒材 .....	3-431	6.2 掺混合料的硅酸盐水泥 .....	3-463
3 涂料 .....	3-431	6.3 磷渣硅酸盐水泥 .....	3-464
3.1 涂料产品分类和基本名称代号 .....	3-431	6.4 无收缩快硬硅酸盐水泥 .....	3-464
3.2 常用涂料的性能及应用 .....	3-432	6.5 低热微膨胀水泥 .....	3-465
3.3 常用涂料品种 .....	3-439	6.6 抗硫酸盐硅酸盐水泥 .....	3-465
4 陶瓷 .....	3-444	6.7 快硬硫铝酸盐水泥 .....	3-465
4.1 分类 .....	3-444	6.8 特快硬调凝铝酸盐水泥 .....	3-466
4.2 耐酸陶瓷 .....	3-444	6.9 膨胀硫铝酸盐水泥 .....	3-466
4.2.1 耐酸陶瓷种类、性能及 应用 .....	3-444	7 石棉制品 .....	3-466
4.2.2 耐酸砖 .....	3-446	7.1 常用石棉性能及应用 .....	3-466
4.2.3 化工陶瓷管 .....	3-447	7.2 温石棉产品 .....	3-466
4.3 过滤陶瓷 .....	3-450	7.3 石棉板 .....	3-468
4.3.1 过滤陶瓷种类、特性及应用 .....	3-450	7.4 石棉橡胶板 .....	3-468
4.3.2 过滤陶瓷性能 .....	3-450	7.5 耐酸石棉橡胶板 .....	3-469
4.3.3 刚玉质过滤陶瓷产品 .....	3-451	7.6 耐油石棉橡胶板 .....	3-469
4.4 结构陶瓷 .....	3-451	7.7 工业机械用石棉摩擦片 .....	3-470
4.4.1 常用结构陶瓷种类、特性及 应用 .....	3-451	7.8 石棉布 .....	3-471
4.4.2 氧化铝陶瓷 .....	3-453	7.9 电绝缘石棉纸 .....	3-472
4.4.3 氧化锆陶瓷 .....	3-454	7.10 石棉绳 .....	3-472
4.4.4 氧化铍陶瓷 .....	3-454	7.11 常用盘根 .....	3-473
4.4.5 二氧化硅陶瓷 .....	3-455	8 木材及其制品 .....	3-474
4.4.6 莫来石陶瓷 .....	3-455	8.1 常用木材品种及性能 .....	3-474
4.4.7 氮化硅陶瓷 .....	3-455	8.2 针叶树锯材和阔叶树锯材 .....	3-476
4.4.8 氮化铝陶瓷 .....	3-455	8.3 普通胶合板 .....	3-476
4.4.9 赛隆陶瓷 .....	3-456	8.4 刨花板 .....	3-476
4.4.10 碳化物陶瓷 .....	3-456	8.5 硬质纤维板 .....	3-478
4.4.11 硼化物陶瓷 .....	3-456	8.6 难燃中密度纤维板 .....	3-478
4.4.12 硅化物陶瓷 .....	3-457	9 纸制品 .....	3-479
4.4.13 透明氧化铝陶瓷 .....	3-457	9.1 硬钢纸板 .....	3-479
5 玻璃制品 .....	3-457	9.2 软钢纸板 .....	3-480
5.1 普通平板玻璃 .....	3-457	9.3 瓦楞纸板 .....	3-481
5.2 浮法玻璃 .....	3-458	9.4 电绝缘纸板 .....	3-481
5.3 钢化玻璃 .....	3-459	9.5 钢纸管 .....	3-483
5.4 中空玻璃 .....	3-459	10 石墨材料 .....	3-483
		10.1 碳、石墨制品的分类、特性及 应用 .....	3-483



10.2	高纯石墨 .....	3-485	2.1.2	玻璃纤维增强热塑性塑料 .....	3-506
10.3	玻璃态碳材料 .....	3-485	2.2	石棉纤维增强塑料 .....	3-509
10.4	阀门用柔性石墨填料 .....	3-486	2.3	碳纤维增强塑料 .....	3-509
10.5	机械密封用碳石墨密封环 .....	3-486	2.3.1	碳纤维增强热固性塑料 .....	3-509
10.6	柔性石墨板 .....	3-488	2.3.2	碳纤维增强热塑性塑料 .....	3-510
10.7	柔性石墨编织填料 .....	3-488	2.4	混杂纤维增强塑料 .....	3-511
10.8	柔性石墨复合增强(板)垫 .....	3-488	3	金属基复合材料 .....	3-512
10.9	柔性石墨金属缠绕垫片 .....	3-489	3.1	层压金属复合材料 .....	3-512
10.10	碳(化)纤维浸渍聚四氟乙烯编织 填料及模压成型填料 .....	3-490	3.1.1	钛-钢复合板 .....	3-512
10.11	机械用碳材料及其制品 .....	3-490	3.1.2	钛-不锈钢复合板 .....	3-513
10.12	碳、石墨耐磨材料 .....	3-492	3.1.3	铝锡 20 铜-钢双金属板 .....	3-514
10.13	不透性石墨 .....	3-492	3.1.4	铜-钢复合板 .....	3-515
11	隔热材料 .....	3-494	3.1.5	镍-钢复合板 .....	3-515
11.1	绝热用硅酸铝棉及其制品 .....	3-494	3.1.6	不锈钢复合钢板和钢带 .....	3-516
11.2	硅酸钙绝热制品 .....	3-495	3.1.7	不锈复合钢冷轧薄钢板和钢 带 .....	3-517
11.3	膨胀珍珠岩及其制品 .....	3-496	3.1.8	不锈钢复合管 .....	3-519
11.4	膨胀蛭石及其制品 .....	3-497	3.2	纤维增强金属基复合材料 .....	3-521
11.5	泡沫石棉绝热制品 .....	3-497	3.2.1	碳(石墨)纤维增强铝复合 材料 .....	3-521
11.6	泡沫玻璃绝热制品 .....	3-498	3.2.2	碳纤维增强铝复合材料 .....	3-521
11.7	玻璃棉及其制品 .....	3-498	3.2.3	碳纤维增强铜复合材料 .....	3-521
11.8	岩棉、矿渣棉及其制品 .....	3-500	3.2.4	颗粒增强金属复合材料 .....	3-522
12	工业用毛毡 .....	3-500	4	塑料-金属基复合材料 .....	3-522
<b>第 4 章 复合材料</b>					
1	复合材料分类 .....	3-504	4.1	塑料-金属基多层复合材料 .....	3-522
2	塑料基复合材料 .....	3-504	4.2	铝塑复合压力管 .....	3-523
2.1	玻璃纤维增强塑料 .....	3-504	4.2.1	铝管搭接焊式铝塑管 .....	3-523
2.1.1	玻璃纤维增强热固性塑料 .....	3-504	4.2.2	铝管对接焊式铝塑管 .....	3-525
<b>参考文献 .....</b>					
3-526					

## 第 4 篇 力学公式、实验应力分析常用公式及技术数据

### 第 1 章 力学公式

1	静力学 .....	4-3	5	杆件的强度和刚度 .....	4-28
1.1	力的合成与分解 .....	4-3	6	杆系结构的内力、应力和位移计算 .....	4-52
1.2	力矩和力偶矩的计算公式 .....	4-4	7	薄板 .....	4-55
2	运动学 .....	4-5	8	薄壳 .....	4-63
3	动力学 .....	4-9	9	厚壳 .....	4-71
4	点的应力、应变状态分析和强度理论 .....	4-17	10	旋转圆筒和旋转圆盘 .....	4-72
			11	接触应力 .....	4-74
			12	构件的稳定性 .....	4-78

**第 2 章 实验应力分析常用公式和  
技术数据**

1 电阻应变测量 ..... 4-88  
 1.1 电阻应变计类型、特点和选择 ..... 4 88  
 1.2 静态应变测量计算公式 ..... 4-91

2 光弹性法测量 ..... 4-95  
 2.1 光弹性材料的性能、配比及模型  
 固化工艺 ..... 4-95  
 2.2 光弹性法测量平面应力的基本  
 计算公式 ..... 4 97  
 参考文献 ..... 4-97

**第 5 篇 零部件设计常用基础标准**

**第 1 章 制图及图形符号**

1 技术制图通用规定 ..... 5-3  
 1.1 图纸幅面和格式 ..... 5-3  
 1.1.1 图纸幅面 ..... 5-3  
 1.1.2 图纸边框格式及尺寸 ..... 5-4  
 1.1.3 图幅分区及对中符号、方向  
 符号 ..... 5-4  
 1.2 标题栏、明细栏及复制图的折叠 ..... 5-5  
 1.2.1 标题栏的放置位置、格式和  
 尺寸 ..... 5-5  
 1.2.2 明细栏的格式 ..... 5-6  
 1.2.3 复制图的折叠方法 ..... 5-7  
 1.3 比例 ..... 5-13  
 1.3.1 术语和定义 ..... 5-13  
 1.3.2 比例系列 ..... 5-13  
 1.3.3 比例的标注方法 ..... 5-13  
 1.4 字体及其在 CAD 制图的规定 ..... 5-13  
 1.4.1 字体的基本要求 ..... 5-13  
 1.4.2 字体示例 ..... 5-14  
 1.4.3 CAD 制图中字体的要求 ..... 5-14  
 1.5 图线画法及其在 CAD 制图中的  
 规定 ..... 5-17  
 1.5.1 图线的术语和定义 ..... 5-17  
 1.5.2 图线的宽度、型式和应用 ..... 5-17  
 1.5.3 图线画法 ..... 5-22  
 1.5.4 CAD 制图中图线的结构 ..... 5-22  
 1.5.5 指引线和基准线的基本规定 ..... 5-22  
 1.6 剖面区域表示法 ..... 5-26  
 1.6.1 通用剖面线的表示法 ..... 5-26  
 1.6.2 特定材料的表示 ..... 5-26  
 2 图样画法 ..... 5-26

2.1 第一角投影法和第三角投影法 ..... 5-26  
 2.2 视图 ..... 5-29  
 2.2.1 视图选择 ..... 5-29  
 2.2.2 视图分类和画法 ..... 5-29  
 2.2.3 视图的其他表示法 ..... 5-30  
 2.3 剖视图和断面图 ..... 5-34  
 2.3.1 剖视图 ..... 5-34  
 2.3.2 断面图 ..... 5-39  
 2.4 简化画法和规定画法 ..... 5-41  
 2.4.1 简化画法 ..... 5-41  
 2.4.2 规定画法 ..... 5-41  
 2.5 尺寸注法 ..... 5-46  
 2.5.1 基本规则 ..... 5-46  
 2.5.2 尺寸注法的一般规定 ..... 5-47  
 2.5.3 简化注法 ..... 5-52  
 2.6 轴测图 ..... 5-56  
 2.6.1 轴测投影基本概念 ..... 5-56  
 2.6.2 绘制轴测图的基本方法 ..... 5-57  
 2.7 尺寸公差与配合注法 ..... 5-59  
 2.7.1 公差与配合的一般标注 ..... 5-59  
 2.7.2 配制配合的标注 ..... 5-61  
 2.8 装配图中零、部件序号及其编排  
 方法 ..... 5-62  
 2.8.1 基本要求 ..... 5-62  
 2.8.2 序号及编排方法 ..... 5-62  
 2.9 常见结构(螺纹、花键、中心孔)  
 表示法 ..... 5-63  
 2.9.1 螺纹表示法 ..... 5-63  
 2.9.2 花键表示法 ..... 5-63  
 2.9.3 中心孔表示法 ..... 5-63  
 2.10 常用件(螺纹紧固件、齿轮、弹簧、  
 滚动轴承、动密封圈)表示法 ..... 5-70

2.10.1 带螺纹的紧固件的表示法 ..... 5-70

2.10.2 齿轮表示法 ..... 5-73

2.10.3 弹簧表示法 ..... 5-77

2.10.4 滚动轴承表示法 ..... 5-80

2.10.5 动密封圈表示法 ..... 5-86

3 技术产品图样常用图形符号——

用于投影图 ..... 5-91

3.1 金属结构件表示法 ..... 5-91

3.1.1 孔、螺栓及铆钉的表示法 ..... 5-91

3.1.2 条钢、型钢及板钢的标记 ..... 5-91

3.1.3 金属结构件尺寸注法及标记 ..... 5-91

3.1.4 金属结构件的简图表示法 ..... 5-91

3.2 焊缝符号、坡口尺寸及焊接方法  
代号 ..... 5-95

3.2.1 焊缝符号 ..... 5-95

3.2.2 坡口的基本形式与尺寸 ..... 5-111

3.2.3 金属焊接及钎焊方法在图样上  
的表示代号 ..... 5-118

3.3 机械加工定位、夹紧符号 ..... 5-119

3.3.1 定位、夹紧辅助支承符号及  
装置符号 ..... 5-119

3.3.2 符号画法 ..... 5-121

3.3.3 应用示例 ..... 5-121

4 技术产品图样常用图形符号——用于  
非投影图 ..... 5-127

4.1 管道系统的图形符号 ..... 5-127

4.1.1 基本原则 ..... 5-127

4.1.2 管道的图形符号和标注 ..... 5-127

4.1.3 管件的图形符号 ..... 5-127

4.1.4 阀门和控制元件图形符号 ..... 5-129

4.1.5 管道系统图形符号的轴测  
画法 ..... 5-131

4.1.6 示例 ..... 5-131

4.2 液压、气动图形符号 ..... 5-133

4.2.1 定义 ..... 5-133

4.2.2 符号构成 ..... 5-133

4.2.3 符号示例 ..... 5-134

4.2.4 常用液压、气动元件图形  
符号 ..... 5-137

4.2.5 绘制规则 ..... 5-137

4.2.6 典型液压、气动系统回路图 ..... 5-146

4.3 机构运动简图符号 ..... 5-147

4.3.1 机构构件的运动符号 ..... 5-147

4.3.2 构件及其组成部分的联结 ..... 5-148

4.3.3 运动副 ..... 5-148

4.3.4 多杆机构及构件 ..... 5-148

4.3.5 摩擦机构与齿轮机构 ..... 5-148

4.3.6 凸轮机构、槽轮机构和棘轮  
机构 ..... 5-152

4.3.7 联轴器、离合器及制动器 ..... 5-152

4.3.8 其他机构及组件 ..... 5-152

4.3.9 应用示例 ..... 5-152

## 第 2 章 公差与配合

1 极限与配合 ..... 5-157

1.1 极限与配合标准的主要内容 ..... 5-157

1.1.1 术语和定义 ..... 5-157

1.1.2 标准公差 ..... 5-160

1.1.3 基本偏差 ..... 5-160

1.1.4 公差带 ..... 5-166

1.1.5 配合 ..... 5-166

1.1.6 公差带和配合的选择 ..... 5-166

1.2 标准公差与配合的选用 ..... 5-216

1.2.1 标准公差的选用 ..... 5-216

1.2.2 配合的选用 ..... 5-217

2 统计尺寸公差 ..... 5-222

2.1 统计尺寸公差标准的主要内容 ..... 5-222

2.1.1 术语和定义 ..... 5-222

2.1.2 规定实际尺寸概率分布特性的  
方案 ..... 5-222

2.1.3 统计尺寸公差在图样上的  
标注 ..... 5-223

2.2 统计尺寸公差的应用 ..... 5-223

3 未注公差的线性尺寸的公差 ..... 5-224

3.1 未注公差的线性尺寸的公差标准的  
主要内容 ..... 5-224

3.2 未注公差的线性和角度尺寸的公差  
标准(线性尺寸部分)的应用  
和有关说明 ..... 5-224

4 过盈配合的计算和选用 ..... 5-225

4.1 公差与配合过盈配合的计算和选  
用标准的主要内容 ..... 5-225

4.1.1 术语和定义 ..... 5-225

4.1.2 符号 ..... 5-226

4.1.3 计算和选用 ..... 5-226

4.2 过盈配合计算示例 ..... 5-229

4.3 过盈配合图算法 .....	5-229	10.2.3 计量器具的选择说明 .....	5-250
5 棱体的角度与斜度系列 .....	5-234	<b>第3章 形状和位置公差</b>	
5.1 棱体的角度与斜度系列标准		1 概述 .....	5-251
的主要内容 .....	5-234	1.1 零件的几何特性 .....	5-251
5.1.1 术语和定义 .....	5-234	1.2 形位公差的标准 .....	5-251
5.1.2 系列 .....	5-234	1.3 形位误差的形成 .....	5-252
5.2 应用说明 .....	5-235	1.3.1 形状误差的形成 .....	5-252
6 圆锥的锥度与锥角系列 .....	5-236	1.3.2 位置误差的形成 .....	5-252
6.1 圆锥的锥度与锥角系列标准		1.4 形位公差和公差带 .....	5-253
的主要内容 .....	5-236	1.4.1 形位公差的提出 .....	5-253
6.1.1 术语和定义 .....	5-236	1.4.2 常见的公差带形式 .....	5-254
6.1.2 系列 .....	5-236	1.4.3 确定公差带的四个因素 .....	5-254
6.2 应用说明 .....	5-236	1.4.4 评定形位误差的基本原则——	
7 圆锥公差 .....	5-237	最小条件 .....	5-256
7.1 圆锥公差标准的主要内容 .....	5-237	2 术语及定义 .....	5-256
7.1.1 术语和定义 .....	5-237	2.1 要素类术语 .....	5-256
7.1.2 圆锥公差的项目和给定方法 .....	5-239	2.2 形位公差类术语 .....	5-258
7.1.3 圆锥公差数值 .....	5-239	2.3 公差原则与相关要求类术语 .....	5-258
7.2 应用说明 .....	5-239	3 形位公差符号与标注 .....	5-260
8 圆锥配合 .....	5-242	3.1 形位公差的标注原则 .....	5-260
8.1 圆锥配合标准的主要内容 .....	5-242	3.2 形位公差的分类及符号 .....	5-260
8.1.1 圆锥配合的形成 .....	5-242	3.2.1 形位公差的分类及基本符号 .....	5-260
8.1.2 术语和定义 .....	5-242	3.2.2 形位公差的附加符号 .....	5-260
8.1.3 圆锥配合的一般规定 .....	5-243	3.2.3 形位误差的限定符号 .....	5-260
8.2 应用说明 .....	5-243	3.3 形位公差的框格标注 .....	5-261
9 未注公差的角度尺寸的公差 .....	5-248	3.3.1 框格标注的基本符号 .....	5-261
9.1 未注公差的角度尺寸的公差标准的		3.3.2 被测要素的标注 .....	5-261
主要内容 .....	5-248	3.3.3 基准要素的标注 .....	5-261
9.2 未注公差的线性和角度尺寸的公差		3.4 公差带的标注 .....	5-264
标准(角度尺寸部分)的应用和有		3.4.1 公差带形状的确定 .....	5-265
关说明 .....	5-248	3.4.2 公差带大小——公差值的	
10 光滑工件尺寸的检验 .....	5-248	确定 .....	5-265
10.1 光滑工件尺寸的检验标准		3.4.3 公差带方向的确定 .....	5-267
的主要内容 .....	5-248	3.4.4 公差带位置的确定 .....	5-267
10.1.1 验收原则 .....	5-248	3.5 形位公差标注的特殊规定 .....	5-268
10.1.2 验收方法的基础 .....	5-248	3.6 简化标注 .....	5-269
10.1.3 标准温度 .....	5-248	3.7 避免采用的标注形式 .....	5-270
10.1.4 验收极限 .....	5-248	4 形位公差带定义及标注 .....	5-270
10.1.5 计量器具的选择 .....	5-250	4.1 形状公差带定义及标注 .....	5-270
10.1.6 仲裁 .....	5-250	4.2 轮廓度公差带定义及标注 .....	5-270
10.2 应用说明 .....	5-250	4.3 定向公差带定义及标注 .....	5-274
10.2.1 适用范围 .....	5-250	4.4 定位公差带定义及标注 .....	5-274
10.2.2 验收原则和验收极限 .....	5-250		

4.5 跳动公差带定义及标注 .....	5-274	7.2.2 注出公差值系数表 .....	5-314
4.6 延伸公差带的含义及标注 .....	5-284	7.2.3 常用的加工方法可达到的形位公差等级表 .....	5-317
4.7 非刚性零件的定义及标注 .....	5-286	7.2.4 圆度、圆柱度占尺寸公差的百分比 .....	5-317
5 位置度公差 .....	5-287	8 圆锥尺寸和公差注法 .....	5-318
5.1 位置度注法的特点 .....	5-287	8.1 术语及定义 .....	5-319
5.2 位置度公差的图样表示法 .....	5-287	8.2 圆锥尺寸注法 .....	5-321
5.3 位置度的应用 .....	5-291	8.3 圆锥锥度的表示 .....	5-321
6 公差原则——独立原则与相关要求 .....	5-293	8.4 圆锥角与锥度系列值 .....	5-322
6.1 独立原则 .....	5-294	8.5 圆锥的公差注法 .....	5-323
6.1.1 独立原则的解释 .....	5-294	8.5.1 面轮廓度法 .....	5-323
6.1.2 独立原则的优点 .....	5-294	8.5.2 基本锥度法 .....	5-327
6.1.3 独立原则的应用场合 .....	5-295	8.5.3 公差锥度法 .....	5-327
6.2 包容要求 .....	5-296	9 综合示例 .....	5-329
6.2.1 包容要求的解释 .....	5-296	<b>第4章 表面结构</b>	
6.2.2 包容要求的应用要点 .....	5-296	1 概述 .....	5-336
6.2.3 包容要求的应用示例 .....	5-297	1.1 基本概念 .....	5-336
6.3 最大实体要求 .....	5-297	1.2 标准化一览表 .....	5-336
6.3.1 最大实体要求的术语及定义 .....	5-297	2 表面粗糙度 .....	5-337
6.3.2 最大实体要求的应用要点 .....	5-297	2.1 表面粗糙度对机械零件及设备功能的影响 .....	5-337
6.3.3 最大实体要求的应用示例 .....	5-297	2.1.1 对零件功能的影响 .....	5-337
6.4 最小实体要求 .....	5-302	2.1.2 对机械设备的影晌 .....	5-338
6.4.1 最小实体要求的术语及定义 .....	5-302	2.2 术语及定义 .....	5-338
6.4.2 最小实体要求的应用要点 .....	5-304	2.2.1 表面结构术语及定义 .....	5-338
6.4.3 最小实体要求的应用示例 .....	5-304	2.2.2 新、老标准对比 .....	5-344
6.5 可逆要求 .....	5-306	2.3 表面粗糙度数值及其选用原则 .....	5-345
6.5.1 可逆要求的应用要点 .....	5-306	2.3.1 参数值及取样长度 .....	5-345
6.5.2 可逆要求的应用示例 .....	5-307	2.3.2 参数及参数值的选用原则 .....	5-346
6.5.3 采用可逆要求与零形位公差要求的对比 .....	5-308	2.3.3 实际加工中有关参数的经验图表 .....	5-348
6.5.4 独立原则与相关要求的综合归纳 .....	5-309	2.3.4 参数值应用举例 .....	5-348
7 形位公差的公差值 .....	5-310	2.4 表面粗糙度符号、代号及其标注 .....	5-354
7.1 未注公差值 .....	5-310	2.4.1 标注的基本原则 .....	5-354
7.1.1 未注公差值的基本概念 .....	5-310	2.4.2 符号与代号 .....	5-354
7.1.2 采用未注公差值的优点 .....	5-310	2.4.3 各参数的表示方法 .....	5-355
7.1.3 未注公差值的规定 .....	5-310	2.4.4 表面加工纹理方向、加工余量、加工方法、镀(涂)覆层的符号及标注 .....	5-356
7.1.4 未注公差在图样上的表示方法 .....	5-311	2.4.5 表面粗糙度代号在图样上标注的	
7.1.5 未注公差值的测量 .....	5-311		
7.1.6 未注公差值的应用要点 .....	5-312		
7.1.7 综合示例 .....	5-312		
7.2 形位公差注出公差值 .....	5-313		
7.2.1 注出公差值的选用原则 .....	5-314		

规定 .....	5-357	6.4.2 样块的参数及参数值 .....	5-377
2.5 木制件表面粗糙度及其数值 .....	5-361	6.4.3 样块的加工纹理 .....	5-377
2.5.1 评定参数及其数值 .....	5-361	6.4.4 样块的结构尺寸及标志 .....	5-377
2.5.2 选用木制件表面粗糙度的一般 规则 .....	5-361	6.5 抛(喷)丸、喷砂加工表面比较 样块 .....	5-377
3 表面波纹度 .....	5-363	6.5.1 样块的定义及表面特征 .....	5-377
3.1 表面波纹度术语、词汇及定义 .....	5-363	6.5.2 样块的分类及表面粗糙度 参数 .....	5-377
3.1.1 表面与轮廓 .....	5-363	6.5.3 样块的结构尺寸及标志 .....	5-377
3.1.2 参数 .....	5-365	6.6 木制件表面粗糙度比较样块 .....	5-378
3.2 表面波纹度参数值 .....	5-367	6.6.1 样块的定义及表面特征 .....	5-378
3.3 不同加工方法可能达到的表面波纹度 波幅值范围 .....	5-367	6.6.2 样块的分类及参数值 .....	5-378
4 表面缺陷 .....	5-369	6.6.3 样块的结构尺寸及标注 .....	5-378
4.1 一般术语与定义 .....	5-369	6.6.4 几种常用树种的木材管孔直径 范围 .....	5-378
4.2 表面缺陷的特征和参数 .....	5-370		
4.3 表面缺陷类型的术语及定义 .....	5-370	<b>第 5 章 螺 纹</b>	
4.3.1 凹缺陷 .....	5-370	1 概述 .....	5-379
4.3.2 凸缺陷 .....	5-371	1.1 螺纹的用途和特征 .....	5-379
4.3.3 混合缺陷 .....	5-371	1.2 螺纹标准 .....	5-379
4.3.4 区域缺陷和外观缺陷 .....	5-372	1.3 英制螺纹 .....	5-381
5 轮廓法评定表面结构的规则和 方法 .....	5-372	2 螺纹术语 .....	5-381
5.1 参数评定 .....	5-372	2.1 螺纹术语中几个定义的更新 .....	5-381
5.2 粗糙度轮廓参数的测量 .....	5-373	2.2 术语应用中的注意事项 .....	5-389
6 表面粗糙度比较样块 .....	5-373	3 普通螺纹 .....	5-391
6.1 铸造表面比较样块 .....	5-374	3.1 普通螺纹的基本牙型 .....	5-391
6.1.1 样块的分类及参数值 .....	5-374	3.1.1 普通螺纹基本牙型的规定 .....	5-391
6.1.2 样块的表面特征 .....	5-374	3.1.2 普通螺纹基本牙型的尺寸 .....	5-391
6.1.3 样块粗糙度的评定方法 .....	5-374	3.2 普通螺纹的尺寸 .....	5-392
6.1.4 样块的结构尺寸 .....	5-375	3.2.1 普通螺纹的直径与螺距 系列 .....	5-392
6.1.5 样块的标志 .....	5-375	3.2.2 普通螺纹的基本尺寸 .....	5-394
6.2 机械加工——磨、车、镗、铣、插及 刨加工表面的比较样块 .....	5-375	3.3 普通螺纹公差 .....	5-397
6.2.1 样块的定义及表面特征 .....	5-375	3.3.1 适用范围和代号 .....	5-397
6.2.2 分类及参数值 .....	5-375	3.3.2 公差带 .....	5-398
6.2.3 样块的加工纹理 .....	5-375	3.3.3 旋合长度及其分组 .....	5-400
6.2.4 样块的结构尺寸及标志 .....	5-376	3.3.4 公差精度及推荐公差带的 应用 .....	5-401
6.3 电火花加工表面比较样块 .....	5-376	3.3.5 关于牙底形状的规定 .....	5-401
6.3.1 样块的定义及表面特征 .....	5-376	3.3.6 螺纹标记 .....	5-402
6.3.2 样块的参数及数值 .....	5-376	3.3.7 标准中的公式 .....	5-403
6.3.3 样块的结构尺寸及标志 .....	5-376	3.4 普通螺纹极限尺寸 .....	5-404
6.4 抛光加工表面比较样块 .....	5-376	3.4.1 普通螺纹极限尺寸的计算 .....	5-404
6.4.1 样块的定义及表面特征 .....	5-377		



3.4.2 普通螺纹常用极限尺寸标准	5-404	6.3.5 MJ 螺纹极限尺寸的计算	5-426
4 过渡配合螺纹	5-407	7 小螺纹	5-427
4.1 过渡配合螺纹的性质和用途	5-407	7.1 小螺纹的牙型特点	5-427
4.2 过渡配合螺纹的牙型和尺寸	5-407	7.2 小螺纹的尺寸	5-428
4.3 过渡配合螺纹的公差带	5-408	7.3 小螺纹的公差制	5-428
4.4 公差带的组合及适用场合	5-409	7.3.1 公差带的位置和大小	5-428
4.5 过渡配合螺纹的标记	5-409	7.3.2 公差带的组成和选用	5-429
4.6 过渡配合螺纹与辅助锁紧结构	5-409	7.4 小螺纹的标记	5-430
4.7 使用中的几点注意事项	5-410	7.5 小螺纹的极限尺寸	5-430
5 过盈配合螺纹	5-410	7.6 关于使用小螺纹的几点说明	5-430
5.1 过盈配合螺纹的性质和用途	5-410	8 梯形螺纹及梯形螺纹丝杠	5-431
5.2 过盈配合螺纹标准的制定原则	5-410	8.1 梯形螺纹的牙型	5-431
5.3 过盈配合螺纹标准的主要内容	5-410	8.1.1 梯形螺纹的基本牙型	5-431
5.3.1 过盈配合螺纹的牙型和尺寸	5-410	8.1.2 梯形螺纹的最大实体牙型	5-431
5.3.2 过盈配合螺纹的公差	5-410	8.2 梯形螺纹的尺寸	5-432
5.3.3 过盈配合螺纹的旋合长度	5-412	8.2.1 梯形螺纹的直径与螺距系列	5-432
5.3.4 螺纹零件的其他技术要求	5-412	8.2.2 梯形螺纹的基本尺寸	5-434
5.3.5 装配质量要求	5-412	8.3 梯形螺纹的公差制	5-435
5.3.6 过盈配合螺纹的标记	5-413	8.3.1 梯形螺纹公差带的位置及其 应用	5-436
5.4 过盈配合螺纹标准的各项附录	5-413	8.3.2 梯形螺纹的公差等级	5-436
5.4.1 用于有色金属螺柱的过盈配合 螺纹(附录 A)	5-413	8.3.3 梯形螺纹的旋合长度及其 分组	5-439
5.4.2 公差计算式(附录 B)	5-413	8.3.4 梯形螺纹精度的划分和公差带 的选择	5-439
5.4.3 装配扭矩计算式(附录 C)	5-413	8.4 梯形螺纹的标记	5-439
6 以普通螺纹为基础的其他螺纹	5-414	8.5 梯形螺纹极限尺寸的计算	5-440
6.1 光学仪器特种细牙螺纹	5-414	8.6 梯形螺纹的计算式	5-440
6.1.1 光学仪器特种细牙螺纹的 尺寸	5-414	8.7 机床梯形螺纹丝杠、螺母技术 条件	5-440
6.1.2 光学仪器特种细牙螺纹的 公差	5-415	8.7.1 梯形螺纹丝杠螺母的精度等 级及精度检验项目	5-440
6.1.3 特种细牙螺纹的极限偏差	5-416	8.7.2 机床丝杠、螺母产品的标志	5-442
6.1.4 光学仪器特种细牙螺纹的 标记	5-417	9 短牙梯形螺纹	5-443
6.2 短牙螺纹	5-417	9.1 短牙梯形螺纹的牙型	5-443
6.2.1 短牙螺纹的基本牙型	5-417	9.2 短牙梯形螺纹的尺寸	5-444
6.2.2 短牙螺纹的尺寸	5-418	9.3 短牙梯形螺纹的精度及公差带的 选择	5-444
6.2.3 短牙螺纹的公差与配合	5-418	9.4 短牙梯形螺纹的标记	5-444
6.2.4 短牙螺纹的标记方法	5-419	10 锯齿形螺纹	5-445
6.3 MJ 螺纹	5-420	10.1 锯齿形(3°、30°)螺纹的牙型	5-445
6.3.1 MJ 螺纹的基本牙型	5-420	10.2 锯齿形螺纹的尺寸	5-445
6.3.2 MJ 螺纹的尺寸	5-421		
6.3.3 MJ 螺纹的公差	5-422		
6.3.4 MJ 螺纹的标记	5-426		

10.3 锯齿形螺纹的公差制 .....	5-447	11.3.3 米制锥螺纹的标记 .....	5-461
10.3.1 公差带 .....	5-447	11.3.4 公差与检验 .....	5-461
10.3.2 旋合长度 .....	5-450	11.4 干密封管螺纹 .....	5-462
10.3.3 精度和选用公差带 .....	5-450	11.4.1 干密封管螺纹的种类和 代号 .....	5-462
10.4 锯齿形螺纹的标记 .....	5-450	11.4.2 干密封管螺纹的牙型 .....	5-462
10.5 锯齿形螺纹的大径定心 .....	5-450	11.4.3 NPTF 螺纹 .....	5-463
11 管螺纹 .....	5-451	11.4.4 PTF—SAE SHORT(短) 螺纹 .....	5-464
11.1 牙型角为 55°的惠氏管螺纹 .....	5-451	11.4.5 NPSF 螺纹 .....	5-466
11.1.1 关于新标准的修订情况 .....	5-451	11.4.6 NPSI 螺纹 .....	5-466
11.1.2 圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的 配合 .....	5-451	11.4.7 装配规则与旋合长度 .....	5-466
11.1.3 圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的 配合 .....	5-453	11.4.8 特殊类型的干密封管螺纹 .....	5-466
11.1.4 圆柱内螺纹与圆柱外螺纹的 配合 .....	5-455	11.5 气瓶专用螺纹 .....	5-469
11.2 牙型角为 60°的密封管螺纹 .....	5-456	11.5.1 术语和符号 .....	5-469
11.2.1 术语和代号 .....	5-456	11.5.2 圆锥螺纹的基本牙型和 尺寸 .....	5-469
11.2.2 牙型 .....	5-457	11.5.3 圆锥螺纹的中径偏差 .....	5-469
11.2.3 圆锥管螺纹的尺寸和公差 .....	5-457	11.5.4 圆锥螺纹牙顶和牙底至螺纹 中径线距离的偏差 .....	5-470
11.2.4 圆柱内螺纹的尺寸和公差 .....	5-457	11.5.5 圆锥螺纹各单项要素的 偏差 .....	5-470
11.2.5 有效螺纹长度 .....	5-458	11.5.6 气瓶专用圆柱管螺纹 .....	5-470
11.2.6 倒角与基准平面的理论 位置 .....	5-459	11.6 普通螺纹管路系列 .....	5-471
11.2.7 标记 .....	5-459	12 普通螺纹的工艺尺寸 .....	5-471
11.2.8 附录 .....	5-459	12.1 普通螺纹收尾、肩距、退刀槽和 倒角 .....	5-471
11.2.9 美国一般用途管螺纹的用途和 代号 .....	5-460	12.1.1 外螺纹 .....	5-471
11.3 米制锥螺纹标准 .....	5-460	12.1.2 内螺纹 .....	5-472
11.3.1 米制锥螺纹的主题内容及适用 场合 .....	5-460	12.2 搓、滚制普通螺纹前的毛坯尺寸 .....	5-473
11.3.2 关于牙型和尺寸的规定 .....	5-460		

# 第 1 篇 常用资料和数学公式

主 编 鄂中凯  
编写人 鄂中凯  
          李建华  
          王运达  
          林 菁  
审稿人 潘德惠  
          崔 巍

# 第 1 章 常用符号和数据

## 1 常用符号

### 1.1 常用字母 (见表 1.1-1~3)

表 1.1-1 汉语拼音字母

大写	小写	名称		大写	小写	名称		大写	小写	名称	
		拼音	汉字注音			拼音	汉字注音			拼音	汉字注音
A	a	a	阿	J	j	jié	街	S	s	ès	埃思
B	b	bé	玻谈	K	k	ké	科谈	T	t	tē	特谈
C	c	cē	雌谈	L	l	èl	诶勒	U	u	u	乌
D	d	dē	得谈	M	m	ém	谈摸	V	v	vé	物谈
E	e	e	鹅	N	n	ne	讷谈	W	w	wa	蛙
F	f	éf	谈佛	O	o	o	喔	X	x	xi	希
G	g	gé	哥谈	P	p	pé	坡谈	Y	y	ya	呀
H	h	ha	哈	Q	q	qu	邱	Z	z	zé	资谈
I	i	i	衣	R	r	ar	阿儿				

注:1. 名称栏内的汉字注音是按普通话的近似音,二字以上的要连续读。

2. “V”只用来拼写外来语,少数民族语言和方言。

表 1.1-2 拉丁字母

正 体		斜 体		名 称 (国际音 标注音)	正 体		斜 体		名 称 (国际音 标注音)
大 写	小 写	大 写	小 写		大 写	小 写	大 写	小 写	
A	a	A	a	[ei]	N	n	N	n	[en]
B	b	B	b	[hi:]	O	o	O	o	[ou]
C	c	C	c	[su:]	P	p	P	p	[pi:]
D	d	D	d	[di:]	Q	q	Q	q	[kju:]
E	e	E	e	[i:]	R	r	R	r	[a:]
F	f	F	f	[ef]	S	s	S	s	[es]
G	g	G	g	[dʒi:]	T	t	T	t	[ti:]
H	h	H	h	[eitʃ]	U	u	U	u	[ju:]
I	i	I	i	[ai]	V	v	V	v	[vi:]
J	j	J	j	[dʒei]	W	w	W	w	[ˈdʌblju:]
K	k	K	k	[kei]	X	x	X	x	[eks]
L	l	L	l	[el]	Y	y	Y	y	[wai]
M	m	M	m	[em]	Z	z	Z	z	[zed]

表 1.1-3 希腊字母

正 体		斜 体		英文名称 (国际音标注音)	正 体		斜 体		英文名称 (国际音标注音)
大 写	小 写	大 写	小 写		大 写	小 写	大 写	小 写	
A	$\alpha$	<i>A</i>	<i><math>\alpha</math></i>	alpha['ælfə]	N	$\nu$	<i>N</i>	<i><math>\nu</math></i>	nu[nju:]
B	$\beta$	<i>B</i>	<i><math>\beta</math></i>	beta['bi:tə]	Ξ	$\xi$	<i>Ξ</i>	<i><math>\xi</math></i>	xi['ksai]
Γ	$\gamma$	<i>Γ</i>	<i><math>\gamma</math></i>	gamma['gæmə]	Ο	$\omicron$	<i>Ο</i>	<i><math>\omicron</math></i>	omicron['ou'maikrən]
Δ	$\delta$	<i>Δ</i>	<i><math>\delta</math></i>	delta['delta]	Π	$\pi$	<i>Π</i>	<i><math>\pi</math></i>	pi[paɪ]
E	$\epsilon, \varepsilon$	<i>E</i>	<i><math>\epsilon</math></i>	epsilon['epsilon]	Ρ	$\rho$	<i>Ρ</i>	<i><math>\rho</math></i>	rho[rou]
Z	$\zeta$	<i>Z</i>	<i><math>\zeta</math></i>	zeta['zi:tə]	Σ	$\sigma$	<i>Σ</i>	<i><math>\sigma</math></i>	sigma['sigma]
H	$\eta$	<i>H</i>	<i><math>\eta</math></i>	eta['i:tə]	Τ	$\tau$	<i>Τ</i>	<i><math>\tau</math></i>	tau[tau]
Θ	$\theta, \vartheta$	<i>Θ</i>	<i><math>\theta, \vartheta</math></i>	theta['θi:tə]	Υ	$\upsilon$	<i>Υ</i>	<i><math>\upsilon</math></i>	upsilon['ju:psilon]
I	$\iota$	<i>I</i>	<i><math>\iota</math></i>	jota['ai'outə]	Φ	$\phi, \varphi$	<i>Φ</i>	<i><math>\phi, \varphi</math></i>	phi[faɪ]
K	$\kappa, \kappa$	<i>K</i>	<i><math>\kappa</math></i>	kappa['kæpə]	Χ	$\chi$	<i>Χ</i>	<i><math>\chi</math></i>	chi[kai]
Λ	$\lambda$	<i>Λ</i>	<i><math>\lambda</math></i>	lambda['læmdə]	Ψ	$\psi$	<i>Ψ</i>	<i><math>\psi</math></i>	psi[psi:]
M	$\mu$	<i>M</i>	<i><math>\mu</math></i>	mu[mju:]	Ω	$\omega$	<i>Ω</i>	<i><math>\omega</math></i>	omega['oumige]

## 1.2 国内和国外部分标准代号(见表 1.1 4、5)

表 1.1-4 国内部分标准代号

名 称	代 号	名 称	代 号	名 称	代 号
国家标准	GB	机械行业标准:	JB	煤炭行业标准	MT
国家内部标准	GB <sub>n</sub>	重型机械企业标准	JB/ZQ	石油化工行业标准	SH
国家工程建设标准	GBJ	金属切削机床标准	GC	化学行业标准	HG
国家军用标准	GJB	仪器、仪表标准	Y、ZBY	地质矿产行业标准	DZ
国家专业标准	ZB	农业机械标准	NJ	水力行业标准	SD
中国科学院标准	KY	工程机械标准	GJ	石油行业标准	SY
国家计量局标准	JJC	电子行业标准	SJ	纺织行业标准	FJ
国家建材局标准	JC	黑色冶金行业标准	YB	轻工行业标准	QB、SG

注:在代号后加“/Z”为指导性技术文件,如“YB/Z”为冶金部指导性技术文件;加“/T”为推荐性标准。

表 1.1-5 国外部分标准代号

名 称	代 号	名 称	代 号
国际标准化组织标准	ISO <sup>①</sup>	美国国家标准	ANSI
国际标准化协会标准	ISA	美国汽车协会标准	SAE
国际电工委员会标准	IEC	美国国家标准局标准	NBS
联合国工业发展组织标准	IDO	美国标准协会标准	ASA
法国标准协会标准	AFNOR	美国钢铁学会标准	AISI
法国国家标准	NF	美国齿轮制造者协会标准	AGMA
日本工业标准	JIS	美国机械工程师学会标准	ASME
日本工业产品标准统一调查会标准	JES	美国材料试验标准	ASTM
日本机械学会标准	JSME	美国航空材料的技术规格	AMS
日本齿轮工业协会标准	JGMA	俄罗斯国家标准	ГОСТ
英国标准	BS	捷克斯洛伐克国家标准	ČSN
德国工业标准	DIN	意大利国家标准	UNI
德国工程师协会标准	VDI	瑞典国家标准	SIS
加拿大标准协会标准	CSA		

① ISO的前身为ISA。

1.3 数学符号(见表 1.1-6)

表 1.1-6 数学符号(摘自 GB3102.11 1993)

杂类符号			运算符号	
符号	应用	意义或读法	符号,应用	意义或读法
=	$a=b$	$a$ 等于 $b$	$ab, a \cdot b, a \times b$	$a$ 乘以 $b$
$\neq$	$a \neq b$	$a$ 不等于 $b$	$\frac{a}{b}, a/b, ab^{-1}$	$a$ 除以 $b$ 或 $a$ 被 $b$ 除
<u>def</u>	$a \stackrel{\text{def}}{=} b$	按定义 $a$ 等于 $b$ 或 $a$ 以 $b$ 为定义		
$\triangleq$	$a \triangleq b$	$a$ 相当于 $b$	$\sum_{i=1}^n a_i$	$a_1 + a_2 + \dots + a_n$
$\approx$	$a \approx b$	$a$ 约等于 $b$		
$\propto$	$a \propto b$	$a$ 与 $b$ 成正比	$\prod_{i=1}^n a_i$	$a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n$
:	$a:b$	$a$ 比 $b$		
<	$a < b$	$a$ 小于 $b$	$a^p$	$a$ 的 $p$ 次方或 $a$ 的 $p$ 次幂
>	$b > a$	$b$ 大于 $a$	$a^{1/2}, a^{\frac{1}{2}}$ $\sqrt{a}, \sqrt{a}$	$a$ 的 $\frac{1}{2}$ 次方, $a$ 的平方根
$\leq$	$a \leq b$	$a$ 小于或等于 $b$		
$\geq$	$b \geq a$	$b$ 大于或等于 $a$	$a^{1/n}, a^{\frac{1}{n}}$ $\sqrt[n]{a}, \sqrt[n]{a}$	$a$ 的 $\frac{1}{n}$ 次方, $a$ 的 $n$ 次方根
$\ll$	$a \ll b$	$a$ 远小于 $b$		
$\gg$	$b \gg a$	$b$ 远大于 $a$	$ a $	$a$ 的绝对值, $a$ 的模
$\infty$		无穷[大]或无限[大]	$\text{sgn} a$	$a$ 的符号函数
$\sim$	$a \sim b$	数字范围	$\bar{a}, \langle a \rangle$	$a$ 的平均值
.	13.59	小数点	$n!$	$n$ 的阶乘
$\cdot\cdot$	3.123 82	循环小数	$\binom{n}{p}, C_n^p$	二项式系数; 组合数
%	5%~10%	百分率		
( )		圆括号	$\text{enta}, E(a)$	小于或等于 $a$ 的最大整数; 示性 $a$
[ ]		方括号	几何符号	
{ }		花括号	$\overline{AB}, AB$	[直]线段 $AB$
$\langle \rangle$		角括号	$\sphericalangle$	[平面]角
$\pm$		正或负	$\widehat{AB}$	弧 $AB$
$\mp$		负或正	$\pi$	圆周率
max		最大	$\triangle$	三角形
min		最小	$\square$	平行四边形
运算符号			$\odot$	圆
符号,应用		意义或读法	$\perp$	垂直
$a+b$		$a$ 加 $b$	$\parallel, \parallel$	平行
$a-b$		$a$ 减 $b$	$\perp\!\!\!\perp$	平行且相等
$a \pm b$		$a$ 加或减 $b$	$\sim$	相似
$a \mp b$		$a$ 减或加 $b$	$\cong$	全等

(续)

函数符号		函数符号	
符号,应用	意义或读法	符号,应用	意义或读法
$f$	函数 $f$	$\int f(x)dx$	函数 $f$ 的不定积分
$f(x)$ $f(x, y, \dots)$	函数 $f$ 在 $x$ 或在 $(x, y, \dots)$ 的值	$\int_a^b f(x)dx$	函数 $f$ 由 $a$ 至 $b$ 的定积分
$f(x) \uparrow, [f(x)] \downarrow$	$f(b) - f(a)$	$\int_a^x f(x)dx$	
$g \circ f$	$f$ 与 $g$ 的合成函数或复合函数	$\iint_A f(x, y)dA$	函数 $f(x, y)$ 在集合 $A$ 上的二重积分
$x \rightarrow a$	$x$ 趋于 $a$	$\delta_{ik}$	克罗内克 $\delta$ 符号
$\lim_{x \rightarrow a} f(x)$	$x$ 趋于 $a$ 时 $f(x)$ 的极限	$\epsilon_{ijk}$	勒维-契维塔符号
$\lim_{x \rightarrow a} f(x)$		$\delta(x)$	狄拉克 $\delta$ 分布(函数)
$\overline{\lim}$	上极限	$\epsilon(x)$	单位阶跃函数,海维赛函数
$\underline{\lim}$	下极限	$f * g$	$f$ 与 $g$ 的卷积
sup	上确界	三角函数和双曲函数符号	
inf	下确界	符号,表达式	意义或读法
$\simeq$	渐近等于	$\sin x$	$x$ 的正弦
$O(g(x))$	$f(x) = O(g(x))$ 的含义为   $f(x) \cdot g(x)$   在行文所述的极限中 有上界	$\cos x$	$x$ 的余弦
$o(g(x))$	$f(x) = o(g(x))$ 表示在行文所述 的极限中 $f(x)/g(x) \rightarrow 0$	$\tan x$	$x$ 的正切;也可用 $\operatorname{tg} x$
$\Delta x$	$x$ 的[有限]增量	$\cot x$	$x$ 的余切
$\frac{df}{dx}$ $df/dx$ $f'$	单变量函数 $f$ 的导[函]数或微商	$\sec x$	$x$ 的正割
$\left(\frac{df}{dx}\right)_{x=a}$ $(df/dx)_{x=a}$ $f'(a)$	函数 $f$ 的导[函]数在 $a$ 的值	$\csc x$	$x$ 的余割;也可用 $\operatorname{cosec} x$
$\frac{d^n f}{dx^n}$ $d^n f/dx^n$ $f^{(n)}$	单变量函数 $f$ 的 $n$ 阶导函数	$\sin^m x$	$\sin x$ 的 $m$ 次方
$\frac{\partial f}{\partial x}$ $\partial f/\partial x$ $\partial_x f$	多变量 $x, y, \dots$ 的函数 $f$ 对于 $x$ 的 偏微商或偏导数	$\arcsin x$	$x$ 的反正弦
$\frac{\partial^{m+n} f}{\partial x^m \partial y^n}$	函数 $f$ 先对 $y$ 求 $m$ 次偏微商,再对 $x$ 求 $n$ 次偏微商;混合偏导数	$\arccos x$	$x$ 的反余弦
$\frac{\partial(u, v, w)}{\partial(x, y, z)}$	$u, v, w$ 对 $x, y, z$ 的函数行列式	$\arctan x$	$x$ 的反正切;也可用 $\operatorname{arctg} x$
$df$	函数 $f$ 的全微分	$\operatorname{arccot} x$	$x$ 的反余切
$\delta f$	函数 $f$ 的(无穷小)变分	$\operatorname{arcsec} x$	$x$ 的反正割
		$\operatorname{arccsc} x$	$x$ 的反余割;也可用 $\operatorname{arcosec} x$
		$\sinh x$	$x$ 的双曲正弦;也可用 $\operatorname{sh} x$
		$\cosh x$	$x$ 的双曲余弦;也可用 $\operatorname{ch} x$
		$\tanh x$	$x$ 的双曲正切;也可用 $\operatorname{th} x$
		$\coth x$	$x$ 的双曲余切
		$\operatorname{sech} x$	$x$ 的双曲正割
		$\operatorname{csch} x$	$x$ 的双曲余割;也可用 $\operatorname{cosech} x$
		$\operatorname{arsinh} x$	$x$ 的反双曲正弦;也可用 $\operatorname{arsh} x$
		$\operatorname{arcosh} x$	$x$ 的反双曲余弦;也可用 $\operatorname{arch} x$
		$\operatorname{artanh} x$	$x$ 的反双曲正切;也可有 $\operatorname{arth} x$
		$\operatorname{arcoth} x$	$x$ 的反双曲余切
		$\operatorname{arsech} x$	$x$ 的反双曲正割
		$\operatorname{arsch} x$	$x$ 的反双曲余割;也可用 $\operatorname{arcosech} x$

(续)

指数函数和对数函数符号		矢量和张量符号			
符号, 表达式	意义或读法	符号, 表达式	意义或读法		
$a^x$	$x$ 的指数函数(以 $a$ 为底)	$\underline{a}$	矢量或向量 $a$		
$e$	自然对数的底	$ a $	矢量 $a$ 的模或长度, 也可用 $\ a\ $		
$e^x, \exp x$	$x$ 的指数函数(以 $e$ 为底)	$e_a$	$a$ 方向的单位矢量		
$\log_a x$	以 $a$ 为底的 $x$ 的对数	$e_x, e_y, e_z$	在笛卡儿坐标轴方向的单位矢量		
$\ln x, \log_e x$	$x$ 的自然对数	$i, j, k$			
$\lg x, \log_{10} x$	$x$ 的常用对数	$e_i$			
$\text{lb} x, \log_2 x$	$x$ 的以 2 为底的对数	$a_x, a_y, a_z$	矢量 $a$ 的笛卡儿分量		
复数符号		$a \cdot b$	$a$ 与 $b$ 的标量积或数量积; 在特殊场合, 也可用 $(a, b)$		
$i, j$	虚数单位, $i^2 = -1$	$a \times b$	$a$ 与 $b$ 的矢量积或向量积		
$\text{Re } z$	$z$ 的实部	$\nabla$	那勃勒算子或算符; 也可用 $\frac{\partial}{\partial r}$		
$\text{Im } z$	$z$ 的虚部	$\nabla \phi, \text{grad} \phi$	$\phi$ 的梯度; 也可用 $\text{grad} \phi$		
$ z $	$z$ 的绝对值; $z$ 的模	$\text{div } a, \nabla \cdot a$	$a$ 的散度		
$\arg z$	$z$ 的辐角; $z$ 的相	$\nabla \times a, \text{rota}, \text{curl } a$	$a$ 的旋度; 也可用 $\text{rota}, \text{curl } a$		
$z^*$	$z$ 的[复]共轭	$\nabla^2, \Delta$	拉普拉斯算子		
$\text{sgn } z$	$z$ 的单位模函数	$\square$	达朗贝尔算子		
矩阵符号		$T$	二阶张量 $T$ ; 也用 $\overset{\pm}{T}$		
$A$	$m \times n$ 型的矩阵 $A$	$T_{xx}, T_{xy}, \dots$	张量 $T$ 的笛卡儿分量		
$\begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{m1} & \dots & A_{mn} \end{bmatrix}$		$T_{xz}$ $T_{ij}$			
$AB$	矩阵 $A$ 与 $B$ 的积	$ab, a \otimes b$	两矢量 $a$ 与 $b$ 的并矢积或张量积		
$E, I$	单位矩阵	$T \otimes S$	两个二阶张量 $T$ 与 $S$ 的张量积		
$A^{-1}$	方阵 $A$ 的逆	$T \cdot S$	两个二阶张量 $T$ 与 $S$ 的内积		
$A^T, \tilde{A}$	$A$ 的转置矩阵	$T \cdot a$	二阶张量 $T$ 与矢量 $a$ 的内积		
$A^*$	$A$ 的复共轭矩阵	$T : S$	两个二阶张量 $T$ 与 $S$ 的标量积		
$A^H, A^T$	$A$ 的厄米特共轭矩阵	数理逻辑符号			
$\det A$	方阵 $A$ 的行列式	符号	应用	符号名称	意义、读法及备注
$\begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{n1} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix}$		$\wedge$	$p \wedge q$	合取	$p$ 和 $q$
$\text{tr } A$	方阵 $A$ 的迹	$\vee$	$p \vee q$	析取	$p$ 或 $q$
$\ A\ $	矩阵 $A$ 的范数	$\neg$	$\neg p$	否定	$p$ 的否定; 不是 $p$ ; 非 $p$
		$\Rightarrow$	$p \Rightarrow q$	推断	若 $p$ 则 $q$ ; $p$ 蕴含 $q$ ; 也可写为 $q < p$ ; 有时也用 $\rightarrow$
		$\Leftrightarrow$	$p \Leftrightarrow q$	等价	$p \Rightarrow q$ 且 $q \Rightarrow p$ $p$ 等价于 $q$ 有时也用 $\leftrightarrow$
		$\forall$	$\forall x \in A, p(x)$ $(\forall x \in A)p(x)$	全称量词	命题 $p(x)$ 对于每一个属于 $A$ 的 $x$ 为真
		$\exists$	$\exists x \in A, p(x)$ $(\exists x \in A)p(x)$	存在量词	存在 $A$ 中的元 $x$ 使 $p(x)$ 为真



(续)

集合论符号			坐标系符号 <sup>①</sup>	
符号	应用	意义或读法	坐标	名称或意义
$\in$	$x \in A$	$x$ 属于 $A$ ; $x$ 是集合 $A$ 的一个元[素]	$x, y, z$	笛卡儿坐标 $e_x, e_y$ 与 $e_z$ 组成一标准正交右手系
$\notin$	$y \notin A$	$y$ 不属于 $A$ ; $y$ 不是集合 $A$ 的一个元[素] 也可用 $\notin$ 或 $\bar{\in}$	$\rho, \varphi, z$	圆柱坐标 $e_\rho, e_\varphi$ 与 $e_z$ 组成一标准正交右手系
$\ni$	$A \ni x$	集 $A$ 包含[元] $x$	$\gamma, \theta, \varphi$	球坐标 $e_\gamma, e_\theta$ 与 $e_\varphi$ 组成一标准正交右手系
$\not\ni$	$A \not\ni y$	集 $A$ 不包含[元] $y$ 也可用 $\not\ni$ 或 $\bar{\ni}$	特殊函数符号 <sup>②</sup>	
$\{, \dots, \}$	$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$	诸元素 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 构成的集		
$\{ \}$	$\{x \in A \mid p(x)\}$	使命题 $p(x)$ 为真的 $A$ 中诸元[素]之集	$J_i(\tau)$	[第一类]柱贝塞尔函数
card	card( $A$ )	$A$ 中诸元素的数目; $A$ 的势(或基数)	$N_i(x)$	柱诺依曼函数, 第二类柱贝塞尔函数
$\emptyset$		空集	$H_i^{(1)}(x)$ $H_i^{(2)}(x)$	柱汉开尔函数, 第二类柱贝塞尔函数
$\mathbf{N}, \mathbf{N}$		非负整数集; 自然数集	$I_i(x)$ $K_i(x)$	修正的柱贝塞尔函数
$\mathbf{Z}, \mathbf{Z}$		整数集		
$\mathbf{Q}, \mathbf{Q}$		有理数集	$J_i(x)$	[第一类]球贝塞尔函数
$\mathbf{R}, \mathbf{R}$		实数集		
$\mathbf{C}, \mathbf{C}$		复数集	$n_i(x)$	球诺依曼函数, 第二类球贝塞尔函数
$[, ]$	$[a, b]$	$\mathbf{R}$ 中由 $a$ 到 $b$ 的闭区间	$h_i^{(1)}(x)$ $h_i^{(2)}(x)$	球汉开尔函数, 第三类球贝塞尔函数
$], [$ $(, )$	$]a, b[$ $(a, b)$	$\mathbf{R}$ 中由 $a$ 到 $b$ (含于内) 的左半开区间	$P_i(x)$	勒让德多项式
$[, [$ $], ]$	$[a, b[$ $]a, b)$	$\mathbf{R}$ 中由 $a$ (含于内) 到 $b$ 的右半开区间	$P_i^m(x)$	关联勒让德函数
$]a, b[$ $(a, b)$		$\mathbf{R}$ 中由 $a$ 到 $b$ 的开区间	$Y_l^m(\vartheta, \varphi)$	球面调和函数, 球谐函数
$\subseteq$	$B \subseteq A$	$B$ 含于 $A$ ; $B$ 是 $A$ 的子集	$H_n(x)$	厄米特多项式
$\subsetneq$	$B \subsetneq A$	$B$ 真包含于 $A$ ; $B$ 是 $A$ 的真子集	$L_n(x)$	拉盖尔多项式
$\not\subseteq$	$C \not\subseteq A$	$C$ 不包含于 $A$ ; $C$ 不是 $A$ 的子集 也可用 $\bar{\subseteq}$	$L_n^m(x)$	关联拉盖尔多项式
$\supseteq$	$A \supseteq B$	$A$ 包含 $B$ [作为子集]	$F(a, b; c; x)$	超几何函数
$\not\supseteq$	$A \not\supseteq B$	$A$ 不包含 $B$ [作为子集] 也可用 $\bar{\supseteq}$	$F(a; c; x)$	合流超几何函数
$\cup$	$A \cup B$	$A$ 与 $B$ 的并集	$F(k, \varphi)$	第一类[不完全]椭圆积分
$\bigcup$	$\bigcup_{i=1}^n A_i$	诸集 $A_1, \dots, A_n$ 的并集	$E(k, \varphi)$	第二类[不完全]椭圆积分
$\cap$	$A \cap B$	$A$ 与 $B$ 的交集	$\Pi(k, n, \varphi)$	第三类[不完全]椭圆积分
$\bigcap$	$\bigcap_{i=1}^n A_i$	诸集 $A_1, \dots, A_n$ 的交集	$\Gamma(x)$	$\Gamma$ (伽马)函数
$\setminus$	$A \setminus B$	$A$ 与 $B$ 之差; $A$ 减 $B$	$B(x, y)$	$B$ (贝塔)函数
$\bar{\cap}$	$\bar{\cap}_A B$	$A$ 中子集 $B$ 的补集或余集	$Eix$	指数积分
$(, )$	$(a, b)$	有序偶 $a, b$ ; 偶 $a, b$	erf $x$	误差函数
$(, \dots, )$	$(a_1, a_2, \dots, a_n)$	有序 $n$ 元组	$\zeta(z)$	黎曼(泽塔)函数
$\times$	$A \times B$	$A$ 与 $B$ 的笛卡儿积	① 如果为了某些目的, 例外地使用左手坐标系时, 必须明确地说出, 以免引起符号错误 ② 行文中方括号内的文字表示可以略去或不读	
$\Delta$	$\Delta_n$	$A \times A$ 中点对 $(x, x)$ 的集, 其中 $x \in A$ ; $A \times A$ 的对角集		



2 常用数据表

2.1 金属硬度与强度换算(见表 1.1-8~13)

表 1.1-8 黑色金属硬度及强度换算之一(GB/T1172 1999)

硬 度								抗拉强度 $\sigma_b/N \cdot mm^{-2}$								
洛氏		表面洛氏			维氏	布氏( $F; D^2=30$ )		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	铬锰钨钢	超高强度钢	不锈钢
HRC	HRA	HR 15N	HR 30N	HR 45N	HV	HBS	HBW									
20.0	60.2	68.8	40.7	19.2	226	225		774	742	736	782	747		781		740
20.5	60.4	69.0	41.2	19.8	228	227		784	751	744	787	753		788		749
21.0	60.7	69.3	41.7	20.4	230	229		793	760	753	792	760		794		758
21.5	61.0	69.5	42.2	21.0	233	232		803	769	761	797	767		801		757
22.0	61.2	69.8	42.6	21.5	235	234		813	779	770	803	774		809		777
22.5	61.5	70.0	43.1	22.1	238	237		823	788	779	809	781		816		786
23.0	61.7	70.3	43.6	22.7	241	240		833	798	788	815	789		824		796
23.5	62.0	70.6	44.0	23.3	244	242		843	808	797	822	797		832		806
24.0	62.2	70.8	44.5	23.9	247	245		845	818	807	829	805		840		816
24.5	62.5	71.1	45.0	24.5	250	248		864	828	816	836	813		848		826
25.0	62.8	71.4	45.5	25.1	253	251		875	838	826	843	822		856		837
25.5	63.0	71.6	45.9	25.7	256	254		886	848	837	851	831	850	865		847
26.0	63.3	71.9	46.4	26.3	259	257		897	859	847	859	840	859	874		858
26.5	63.5	72.2	46.9	26.9	262	260		908	870	858	867	850	869	883		868
27.0	63.8	72.4	47.3	27.5	266	263		919	880	869	876	860	879	893		879
27.5	64.0	72.7	47.8	28.1	269	266		930	891	880	885	870	890	902		890
28.0	64.3	73.0	48.3	28.7	273	269		942	902	892	894	880	901	912		901
28.5	64.6	73.3	48.7	29.3	276	273		954	914	903	904	891	912	922		913
29.0	64.8	73.5	49.2	29.9	280	276		965	925	915	914	902	923	933		921
29.5	65.1	73.8	49.7	30.5	284	280		977	937	928	924	913	935	943		936
30.0	65.3	74.1	50.2	31.1	288	283		989	948	940	935	924	947	954		947
30.5	65.6	74.4	50.6	31.7	292	287		1002	960	953	946	936	959	965		959
31.0	65.8	74.7	51.1	32.3	296	291		1014	972	966	957	948	972	977		971
31.5	66.1	74.9	51.6	32.9	300	294		1027	984	980	969	961	985	989		983
32.0	66.4	75.2	52.0	33.5	304	298		1039	996	993	981	974	999	1001		996
32.5	66.6	75.5	52.5	34.1	308	302		1052	1009	1007	994	987	1012	1013		1008
33.0	66.9	75.8	53.0	34.7	313	306		1065	1022	1022	1007	1001	1027	1026		1021
33.5	67.1	76.1	53.4	35.3	317	310		1078	1034	1036	1020	1015	1041	1039		1034
34.0	67.4	76.4	53.9	35.9	321	314		1092	1048	1051	1034	1029	1056	1052		1047
34.5	67.7	76.7	54.4	36.5	326	318		1105	1061	1067	1048	1043	1071	1066		1060
35.0	67.9	77.0	54.8	37.0	331	323		1119	1074	1082	1063	1058	1087	1079		1074
35.5	68.2	77.2	55.3	37.6	335	327		1133	1088	1098	1078	1074	1103	1094		1087
36.0	68.4	77.5	55.8	38.2	340	332		1147	1102	1114	1093	1090	1119	1108		1101
36.5	68.7	77.8	56.2	38.8	345	336		1162	1116	1131	1109	1106	1136	1123		1116
37.0	69.0	78.1	56.7	39.4	350	341		1177	1131	1148	1125	1122	1153	1139		1130
37.5	69.2	78.4	57.2	40.0	355	345		1192	1146	1165	1142	1139	1171	1155		1145
38.0	69.5	78.7	57.6	40.6	360	350		1207	1161	1183	1159	1157	1189	1171		1161
38.5	69.7	79.0	58.1	41.2	365	355		1222	1176	1201	1177	1174	1207	1187	1170	1176
39.0	70.0	79.3	58.6	41.8	371	360		1238	1192	1219	1195	1192	1226	1204	1195	1193
39.5	70.3	79.6	59.0	42.4	376	365		1254	1208	1238	1214	1211	1245	1222	1219	1209
40.0	70.5	79.9	59.5	43.0	381	370	370	1271	1225	1257	1233	1230	1265	1240	1243	1226
40.5	70.8	80.2	60.0	43.6	387	375	375	1288	1242	1276	1252	1249	1285	1258	1267	1244
41.0	71.1	80.5	60.4	44.2	393	380	381	1305	1260	1296	1273	1269	1306	1277	1290	1262
41.5	71.3	80.8	60.9	44.8	398	385	386	1322	1278	1317	1293	1289	1327	1296	1313	1280
42.0	71.6	81.1	61.3	45.4	404	391	392	1340	1296	1337	1314	1310	1348	1316	1336	1299
42.5	71.8	81.4	61.8	45.9	410	396	397	1359	1315	1358	1336	1331	1370	1336	1359	1319
43.0	72.1	81.7	62.3	46.5	416	401	403	1378	1335	1380	1358	1353	1392	1357	1381	1339
43.5	72.4	82.0	62.7	47.1	422	407	409	1397	1355	1401	1380	1375	1415	1378	1404	1361
44.0	72.6	82.3	63.2	47.7	428	413	415	1417	1376	1424	1404	1397	1439	1400	1427	1383
44.5	72.9	82.6	63.6	48.3	435	418	422	1438	1398	1446	1427	1420	1462	1422	1450	1405
45.0	73.2	82.9	64.1	48.9	441	424	428	1459	1420	1469	1451	1444	1487	1445	1473	1429

(续)

硬 度								抗拉强度 $\sigma_b / N \cdot mm^{-2}$								
洛氏		表面洛氏			维氏	布氏( $F/D^2=30$ )		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钨钢	铬镍钨钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HBS	HBW									
45.5	73.4	83.2	64.6	49.5	448	430	435	1481	1444	1493	1476	1468	1512	1469	1496	1453
46.0	73.7	83.5	65.0	50.1	454	436	441	1503	1168	1517	1502	1492	1537	1493	1520	1479
46.5	73.9	83.7	65.5	50.7	461	442	448	1526	1493	1541	1527	1517	1563	1517	1544	1505
47.0	74.2	84.0	65.9	51.2	468	449	455	1550	1519	1566	1554	1542	1589	1543	1569	1533
47.5	74.5	84.3	66.4	51.8	475		463	1575	1546	1591	1581	1568	1616	1569	1594	1562
48.0	74.7	84.6	66.8	52.4	482		470	1600	1574	1617	1608	1595	1643	1595	1620	1592
48.5	75.0	84.9	67.3	53.0	489		478	1626	1603	1643	1636	1622	1671	1623	1646	1623
49.0	75.3	85.2	67.7	53.6	497		486	1653	1633	1670	1665	1649	1699	1651	1674	1655
49.5	75.5	85.5	68.2	54.2	504		494	1681	1666	1697	1695	1677	1728	1679	1702	1689
50.0	75.8	85.7	68.6	54.7	512		502	1710	1698	1724	1724	1706	1758	1709	1731	1725
50.5	76.1	86.0	69.1	55.3	520		510		1732	1752	1755	1735	1788	1739	1761	
51.0	76.3	86.3	69.5	55.9	527		518		1768	1780	1786	1764	1819	1770	1792	
51.5	76.6	86.6	70.0	56.5	535		527		1806	1809	1818	1794	1850	1801	1824	
52.0	76.9	86.8	70.4	57.1	544		535		1845	1839	1850	1825	1881	1834	1857	
52.5	77.1	87.1	70.9	57.6	552		544			1869	1883	1856	1914	1867	1892	
53.0	77.4	87.4	71.3	58.2	561		552			1899	1917	1888	1947	1901	1929	
53.5	77.7	87.6	71.8	58.8	569		561			1930	1951			1936	1966	
54.0	77.9	87.9	72.2	59.4	578		569			1961	1986			1971	2006	
54.5	78.2	88.1	72.6	59.9	587		577			1993	2022			2008	2047	
55.0	78.5	88.4	73.1	60.5	596		585			2026	2058			2045	2090	
55.5	78.7	88.6	73.5	61.1	606		593								2135	
56.0	79.0	88.9	73.9	61.7	615		601								2181	
56.5	79.3	89.1	74.4	62.2	625		608								2230	
57.0	79.5	89.4	74.8	62.8	635		616								2281	
57.5	79.8	89.6	75.2	63.4	645		622								2334	
58.0	80.1	89.8	75.6	63.9	655		628								2390	
58.5	80.3	90.0	76.1	64.5	666		634								2448	
59.0	80.6	90.2	76.5	65.1	676		639								2509	
59.5	80.9	90.4	76.9	65.6	687		643								2572	
60.0	81.2	90.6	77.3	66.2	698		647								2639	
60.5	81.4	90.8	77.7	66.8	710		650									
61.0	81.7	91.0	78.1	67.3	721											
61.5	82.0	91.2	78.6	67.9	733											
62.0	82.2	91.4	79.0	68.4	745											
62.5	82.5	91.5	79.4	69.0	757											
63.0	82.8	91.7	79.8	69.5	770											
63.5	83.1	91.8	80.2	70.1	782											
64.0	83.3	91.9	80.6	70.6	795											
64.5	83.6	92.1	81.0	71.2	809											
65.0	83.9	92.2	81.3	71.7	822											
65.5	84.1				836											
66.0	84.4				850											
66.5	84.7				865											
67.0	85.0				879											
67.5	85.2				894											
68.0	85.5				909											

注:1. 本表所列各种钢的换算值,对含碳量由低到高的钢种基本适用,但只有当试件组织均匀一致时,才能得到较精确的结果。

2. 表中洛氏硬度 17.0~19HRC 和 68~70.0HRC 区间,以及布氏硬度 450~501HB 区间的换算,分别超出金属洛氏硬度试验法和金属布氏硬度试验法所规定的范围,仅供参考。

3. “不分钢种”栏所列的强度值,适用于换算精度要求不高的一般钢种。

4. 表中  $d_{10}$ ——钢球为 10mm 时的压痕直径; $d_5$ ——钢球为 5mm 时的压痕直径; $d_{2.5}$ ——钢球为 2.5mm 时的压痕直径。

5. 本表不包括低碳钢。

表 1.1-9 黑色金属硬度及强度换算之二(GB/T1172-1999)

硬 度							抗拉 强度 $\sigma_b/N \cdot mm^{-2}$	硬 度							抗拉 强度 $\sigma_b/N \cdot mm^{-2}$
洛氏 HRB	表面洛氏			维氏 HV	布氏 HBS			洛氏 HRB	表面洛氏			维氏 HV	布氏 HBS		
	HR 15T	HR 30T	HR 45T		$F/D^2$ =10	$F/D^2$ =30			HR 15T	HR 30T	HR 45T		$F/D^2$ =10	$F/D^2$ =30	
	60.0	80.4	56.1		30.4	105			102	375	80.5		86.1	69.2	
60.5	80.5	56.4	30.9	105	102	377	81.0	86.2	69.5	52.1	149	136	508		
61.0	80.7	56.7	31.4	106	103	379	81.5	86.3	69.8	52.6	151	137	513		
61.5	80.8	57.1	31.9	107	103	381	82.0	86.5	70.2	53.1	152	138	518		
62.0	80.9	57.4	32.4	108	104	382	82.5	86.6	70.5	53.6	154	140	523		
62.5	81.1	57.7	32.9	108	104	384	83.0	86.8	70.8	54.1	156		529		
63.0	81.2	58.0	33.5	109	105	386	83.5	86.9	71.1	54.7	157	152	534		
63.5	81.4	58.3	34.0	110	105	388	84.0	87.0	71.4	55.2	159	153	540		
64.0	81.5	58.7	34.5	110	106	390	84.5	87.2	71.8	55.7	161	156	546		
64.5	81.6	59.0	35.0	111	106	393	85.0	87.3	72.1	56.2	163	158	551		
65.0	81.8	59.3	35.5	112	107	395	85.5	87.5	72.4	56.7	165	159	557		
65.5	81.9	59.6	36.1	113	107	397	86.0	87.6	72.7	57.2	166	161	563		
66.0	82.1	59.9	36.6	114	108	399	86.5	87.7	73.0	57.8	168	163	570		
66.5	82.2	60.3	37.1	115	108	402	87.0	87.9	73.4	58.3	170	164	576		
67.0	82.3	60.6	37.6	115	109	404	87.5	88.0	73.7	58.8	172	166	582		
67.5	82.5	60.9	38.1	116	110	407	88.0	88.1	74.0	59.3	174	168	589		
68.0	82.6	61.2	38.6	117	110	409	88.5	88.3	74.3	59.8	176	170	596		
68.5	82.7	61.5	39.2	118	111	412	89.0	88.4	74.6	60.3	178	172	603		
69.0	82.9	61.9	39.7	119	112	415	89.5	88.6	75.0	60.9	180	174	609		
69.5	83.0	62.2	40.2	120	112	418	90.0	88.7	75.3	61.4	183	176	617		
70.0	83.2	62.5	40.7	121	113	421	90.5	88.8	75.6	61.9	185	178	624		
70.5	83.3	62.8	41.2	122	114	424	91.0	89.0	75.9	62.4	187	180	631		
71.0	83.4	63.1	41.7	123	115	427	91.5	89.1	76.2	62.9	189	182	639		
71.5	83.6	63.5	42.3	124	115	430	92.0	89.3	76.6	63.4	191	184	646		
72.0	83.7	63.8	42.8	125	116	433	92.5	89.4	76.9	64.0	194	187	654		
72.5	83.9	64.1	43.3	126	117	437	93.0	89.5	77.2	64.5	196	189	662		
73.0	84.0	64.4	43.8	128	118	440	93.5	89.7	77.5	65.0	199	192	670		
73.5	84.1	64.7	44.3	129	119	444	94.0	89.8	77.8	65.5	201	195	678		
74.0	84.3	65.1	44.8	130	120	447	94.5	89.9	78.2	66.0	203	197	686		
74.5	84.4	65.4	45.4	131	121	451	95.0	90.1	78.5	66.5	206	200	695		
75.0	84.5	65.7	45.9	132	122	455	95.5	90.2	78.8	67.1	208	203	703		
75.5	84.7	66.0	46.4	134	123	459	96.0	90.4	79.1	67.6	211	206	712		
76.0	84.8	66.3	46.9	135	124	463	96.5	90.5	79.4	68.1	214	209	721		
76.5	85.0	66.6	47.4	136	125	467	97.0	90.6	79.8	68.6	216	212	730		
77.0	85.1	67.0	47.9	138	126	471	97.5	90.8	80.1	69.1	219	215	739		
77.5	85.2	67.3	48.5	139	127	475	98.0	90.9	80.4	69.6	222	218	749		
78.0	85.4	67.6	49.0	140	128	480	98.5	91.1	80.7	70.2	225	222	758		
78.5	85.5	67.9	49.5	142	129	484	99.0	91.2	81.0	70.7	227	226	768		
79.0	85.7	68.2	50.0	143	130	489	99.5	91.3	81.4	71.2	230	229	778		
79.5	85.8	68.6	50.5	145	132	493	100.0	91.5	81.7	71.7	233	232	788		
80.0	85.9	68.9	51.0	146	133	498									

注:1. 本表适用于低碳钢。  
2. 表中  $d_s, d_5$  及  $d_{10}$  意义见前表。

表 1.1-10 钢铁洛氏与肖氏硬度对照

肖氏 HRS	96.6	95.6	94.6	93.5	92.6	91.5	90.5	89.4	88.4	87.6	86.5	85.7		
洛氏 HRC	68	67.5	67	66.5	66	65.5	65	64.5	64	63.5	63	62.5		
肖氏 HS	74.9	74.2	73.5	72.6	71.9	71.2	70.5	69.8	69.1	68.5	67.7	67.0		
洛氏 HRC	56	55.5	55	54.5	54	53.5	53	52.5	52	51.5	51	50.5		
肖氏 HS	51.1	50.0	48.8	47.8	46.6	45.6	44.5	43.5	42.5	41.6	40.6	39.7		
洛氏 HRC	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27		
肖氏 HS	84.8	84.0	83.1	82.2	81.4	80.6	79.7	78.9	78.1	77.2	76.5	75.6		
洛氏 HRC	62	61.5	61	60.5	60	59.5	59	58.5	58	57.5	57	56.5		
肖氏 HS	66.3	65.0	63.7	62.3	61.0	59.7	58.4	57.1	55.9	54.7	53.5	52.3		
洛氏 HRC	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39		
肖氏 HS	38.8	37.9	37.0	36.3	35.5	34.7	34.0	33.2	32.5	31.9	31.4	30.7	30.1	29.6
洛氏 HRC	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13

表 1.1-11 铜合金硬度与强度换算值 (摘自 GB/T3771—1983)

布氏		维氏		洛氏		硬 度				抗 拉 强 度 /MPa												
						氏		面		洛 氏		黄 铜		铁 青		铜 棒 材						
HB30D <sup>2</sup>	$\frac{d_{10}, 2d_2}{4d_{0.1}}, \text{mm}$	HV	HRA	HRB	HRC	HRA	HRB	HRE	HR15N	HR30N	HR45N	HR15T	HR30T	HR45T	$\sigma_b$	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	$\sigma_L$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	
90.0	6.159	90.5	—	53.7	—	—	87.1	—	—	—	—	77.2	50.8	26.7	—	—	—	—	—	—	—	—
92.0	6.100	92.6	—	54.2	—	—	87.4	—	—	—	—	77.4	51.2	27.2	—	—	—	—	—	—	—	—
94.0	6.042	94.7	—	54.8	—	—	87.7	—	—	—	—	77.6	51.6	27.7	—	—	—	—	—	—	—	—
96.0	5.986	96.8	—	55.5	—	—	88.1	—	—	—	—	77.8	52.0	28.4	—	—	—	—	—	—	—	—
98.0	5.931	98.9	—	56.2	—	—	88.5	—	—	—	—	78.0	52.5	29.1	—	—	—	—	—	—	—	—
100.0	5.878	101.0	—	57.1	—	—	89.1	—	—	—	—	78.3	53.2	30.1	—	—	—	—	—	—	—	—
102.0	5.826	103.1	—	58.0	—	—	89.6	—	—	—	—	78.6	53.8	31.0	—	—	—	—	—	—	—	—
104.0	5.775	105.1	—	58.9	—	—	90.1	—	—	—	—	78.9	54.4	31.9	—	—	—	—	—	—	—	—
106.0	5.726	107.2	—	60.0	—	—	90.7	—	—	—	—	79.2	55.1	32.9	—	—	—	—	—	—	—	—
108.0	5.678	109.3	—	61.0	—	—	91.3	—	—	—	—	79.6	55.8	33.9	—	—	—	—	—	—	—	—
110.0	5.631	111.4	—	62.1	—	—	91.9	—	—	—	—	79.9	56.5	35.0	379	—	—	—	—	—	—	—
112.0	5.585	113.5	—	63.2	—	—	92.6	—	—	—	—	80.3	57.1	36.2	382	—	—	—	—	—	—	—
114.0	5.541	115.6	—	64.3	—	—	93.2	—	—	—	—	80.6	58.1	37.2	386	—	—	—	—	—	—	—
116.0	5.497	117.7	—	65.4	—	—	93.8	—	—	—	—	81.0	58.8	38.2	390	—	—	—	—	—	—	—
118.0	5.454	119.8	—	66.6	—	—	94.5	—	—	—	—	81.4	59.6	39.4	394	—	—	—	—	—	—	—
120.0	5.413	121.9	—	67.7	—	—	95.1	—	—	—	—	81.7	60.3	40.5	398	—	—	—	—	—	—	—
122.0	5.372	124.0	—	68.8	—	—	95.8	—	—	—	—	82.1	61.2	41.7	402	—	—	—	—	—	—	—
124.0	5.332	126.1	—	69.9	—	—	96.4	—	—	—	—	82.5	61.9	42.7	407	—	—	—	—	—	—	—
126.0	5.293	128.2	—	71.0	—	—	97.0	—	—	—	—	82.8	62.6	43.7	412	—	—	—	—	—	—	—
128.0	5.255	130.3	—	72.1	—	—	97.7	—	—	—	—	83.2	63.4	44.9	417	—	—	—	—	—	—	—
130.0	5.218	132.4	—	73.1	—	—	98.2	—	—	—	—	83.5	64.0	45.8	422	—	—	—	—	—	—	—
132.0	5.181	134.5	—	74.1	—	—	98.8	—	—	—	—	83.8	64.7	46.8	428	—	—	—	—	—	—	—
134.0	5.145	136.6	—	75.1	—	—	99.4	—	—	—	—	84.1	65.5	47.9	434	—	—	—	—	—	—	—
136.0	5.110	138.6	—	76.1	—	—	100.0	—	—	—	—	84.5	66.2	48.9	440	—	—	—	—	—	—	—
138.0	5.076	140.7	—	77.0	—	—	100.5	—	—	—	—	84.8	66.8	49.8	446	—	—	—	—	—	—	—
140.0	5.042	142.8	—	77.9	—	—	101.0	—	—	—	—	85.0	67.4	50.6	453	—	—	—	—	—	—	—
142.0	5.009	144.9	—	78.8	—	—	101.5	—	—	—	—	85.3	67.9	51.5	460	—	—	—	—	—	—	—
144.0	4.977	147.0	—	79.7	—	—	102.0	—	—	—	—	85.6	68.5	52.3	467	—	—	—	—	—	—	—
146.0	4.945	149.1	—	80.5	—	—	102.5	—	—	—	—	85.8	69.1	53.2	474	—	—	—	—	—	—	—
148.0	4.914	151.2	—	81.2	—	—	102.9	—	—	—	—	86.1	69.6	53.9	482	—	—	—	—	—	—	—
150.0	4.883	153.3	—	82.0	—	—	103.3	—	—	—	—	86.3	70.1	54.6	489	—	—	—	—	—	—	—
152.0	4.853	155.4	—	82.7	—	—	103.7	—	—	—	—	86.6	70.6	55.3	498	—	—	—	—	—	—	—
154.0	4.823	157.5	—	83.3	—	—	104.1	—	—	—	—	86.8	71.0	56.0	506	—	—	—	—	—	—	—



(续)

布氏		硬度										抗拉强度 /MPa								
		维氏		洛氏		氏		表面		洛氏		黄铜		青铜		铜				
		$d_{10}, 2d_5, 4d_2, 5/mm$	IIV	HRC	HRA	HRB	H11RF	HRI5N	HR30N	HR45N	HR15T	HR30T	HR45T	$\sigma_b$	$\sigma_b$	$\sigma_{b,2}$	$\sigma_{b,0.01}$	$\sigma_b$	$\sigma_{b,2}$	$\sigma_{b,0.01}$
HB30D <sup>2</sup>																				
222.0	4.058	228.7	60.2	—	—	69.0	40.7	19.6	—	—	—	—	734	652	457	814	582	441		
224.0	4.040	230.8	60.3	—	—	69.2	40.9	19.9	—	—	—	—	741	658	462	820	590	447		
226.0	4.023	232.9	60.5	—	—	69.4	41.3	20.4	—	—	—	—	748	665	467	827	598	452		
228.0	4.006	235.0	60.7	—	—	69.6	41.6	20.7	—	—	—	—	755	672	471	833	606	458		
230.0	3.990	237.0	60.9	—	—	69.8	42.0	21.2	—	—	—	—	762	679	476	840	613	464		
232.0	3.973	239.1	61.1	—	—	70.0	42.4	21.6	—	—	—	—	769	686	481	847	621	470		
234.0	3.957	241.2	61.3	—	—	70.2	42.6	22.0	—	—	—	—	776	692	486	853	629	475		
236.0	3.941	243.3	61.5	—	—	70.4	43.0	22.5	—	—	—	—	783	699	491	860	637	481		
238.0	3.925	245.4	61.6	—	—	70.6	43.3	22.8	—	—	—	—	790	706	495	867	645	487		
240.0	3.909	247.5	61.8	—	—	70.8	43.6	23.2	—	—	—	—	797	713	500	874	653	493		
242.0	3.894	249.6	62.0	—	—	71.0	44.0	23.7	—	—	—	—	804	719	505	880	661	498		
244.0	3.878	251.7	62.1	—	—	71.1	44.3	24.0	—	—	—	—	812	726	510	887	669	504		
246.0	3.863	253.8	62.3	—	—	71.3	44.6	24.4	—	—	—	—	819	733	515	894	677	510		
248.0	3.848	255.9	62.5	—	—	71.5	44.9	24.8	—	—	—	—	826	740	519	901	685	516		
250.0	3.833	258.0	62.6	—	—	71.7	45.2	25.1	—	—	—	—	833	747	524	908	693	521		
252.0	3.819	260.1	62.8	—	—	71.9	45.6	25.6	—	—	—	—	840	753	529	915	701	527		
254.0	3.804	262.2	63.0	—	—	72.1	45.9	26.0	—	—	—	—	848	760	534	922	709	533		
256.0	3.790	264.3	63.1	—	—	72.3	46.2	26.3	—	—	—	—	855	767	539	929	717	539		
258.0	3.775	266.4	63.3	—	—	72.4	46.4	26.7	—	—	—	—	862	774	543	936	725	544		
260.0	3.762	268.5	63.5	—	—	72.6	46.8	27.1	—	—	—	—	869	780	548	943	733	550		
262.0	3.748	270.5	63.6	—	—	72.8	47.1	27.4	—	—	—	—	877	787	553	951	741	556		
264.0	3.734	272.6	63.8	—	—	73.0	47.4	27.8	—	—	—	—	884	794	558	958	749	562		
266.0	3.721	274.7	64.0	—	—	73.2	47.7	28.2	—	—	—	—	891	801	562	965	757	567		
268.0	3.707	276.8	64.1	—	—	73.3	48.0	28.6	—	—	—	—	899	808	567	972	765	573		
270.0	3.694	278.9	64.3	—	—	73.5	48.2	28.9	—	—	—	—	906	814	572	980	773	579		
272.0	3.681	281.0	64.4	—	—	73.7	48.5	29.2	—	—	—	—	913	821	577	987	781	585		
274.0	3.668	283.1	64.6	—	—	73.9	48.9	29.6	—	—	—	—	921	828	582	994	789	591		
276.0	3.655	285.2	64.8	—	—	74.1	49.2	30.0	—	—	—	—	928	835	586	1002	797	596		
278.0	3.643	287.3	64.9	—	—	74.2	49.5	30.3	—	—	—	—	936	841	591	1009	805	602		
280.0	3.630	289.4	65.1	—	—	74.4	49.8	30.7	—	—	—	—	943	848	596	1017	813	608		
282.0	3.618	291.5	65.2	—	—	74.6	50.0	31.1	—	—	—	—	950	855	601	1024	821	614		
284.0	3.605	293.6	65.4	—	—	74.7	50.3	31.4	—	—	—	—	958	862	606	1032	829	619		
286.0	3.593	295.7	65.5	—	—	74.9	50.6	31.8	—	—	—	—	965	868	610	1039	837	625		



(续)

布氏	维氏	度										抗拉强度 /MPa						
		洛氏			氏			表面				黄铜		铸钢				
		HRA	HRB	HRF	HR15N	HR30N	HR45N	HR15T	HR30T	HR45T	$\sigma_b$	$\sigma_{b.2}$	$\sigma_{u.1}$	$\sigma_b$	$\sigma_{b.2}$			
HB30D <sup>2</sup>	$d_{10}, 2d_{5}, 4d_{2.5}/mm$	HV	HRC	HRA	HRB	HRF	HR15N	HR30N	HR45N	HR15T	HR30T	HR45T	$\sigma_b$	$\sigma_{b.2}$	$\sigma_{u.1}$	$\sigma_b$	$\sigma_{b.2}$	$\sigma_{u.1}$
288.0	3.581	297.8	30.7	65.7	-	-	75.1	50.9	32.1	-	-	-	973	875	615	1047	845	631
290.0	3.569	299.9	31.0	65.8	-	-	75.2	51.2	32.5	-	-	-	980	882	620	1054	852	637
292.0	3.557	301.9	31.2	65.9	-	-	75.4	51.4	32.7	-	-	-	988	889	625	1062	860	642
294.0	3.545	304.0	31.5	66.1	-	-	75.5	51.7	33.1	-	-	-	995	896	630	1070	868	648
296.0	3.534	306.1	31.8	66.2	-	-	75.7	51.9	33.4	-	-	-	1003	902	634	1077	876	654
298.0	3.522	308.2	32.1	66.4	-	-	75.9	52.2	33.8	-	-	-	1010	909	639	1085	881	660
300.0	3.511	310.3	32.4	66.5	-	-	76.0	52.5	34.1	-	-	-	1018	916	644	1093	892	665
302.0	3.500	312.4	32.7	66.7	-	-	76.2	52.8	34.4	-	-	-	1026	923	649	1100	900	671
304.0	3.489	314.5	33.0	66.9	-	-	76.4	53.1	34.8	-	-	-	1033	929	654	1108	908	677
306.0	3.478	316.6	33.2	67.0	-	-	76.5	53.3	35.0	-	-	-	1041	936	658	1116	916	683
308.0	3.467	318.7	33.5	67.1	-	-	76.7	53.6	35.4	-	-	-	1048	943	663	1124	924	688
310.0	3.456	320.8	33.8	67.3	-	-	76.8	53.8	35.7	-	-	-	1056	950	668	1131	932	694
312.0	3.445	322.9	34.1	67.4	-	-	77.0	54.1	36.1	-	-	-	1064	957	673	1139	940	700
314.0	3.434	325.0	34.3	67.5	-	-	77.1	54.3	36.3	-	-	-	1071	963	677	1147	948	706
316.0	3.424	327.1	34.6	67.7	-	-	77.3	54.6	36.7	-	-	-	1079	970	682	1155	956	711
318.0	3.413	329.2	34.9	67.8	-	-	77.4	54.9	37.0	-	-	-	1087	977	687	1163	964	717
320.0	3.403	331.3	35.2	68.0	-	-	77.6	55.2	37.4	-	-	-	1094	984	692	1171	972	723
322.0	3.393	333.4	35.4	68.1	-	-	77.7	55.4	37.6	-	-	-	1102	990	697	1179	980	729
324.0	3.383	335.4	35.7	68.2	-	-	77.9	55.6	38.0	-	-	-	1110	997	701	1187	988	734
326.0	3.372	337.5	36.0	68.4	-	-	78.1	55.9	38.3	-	-	-	1117	1004	706	1195	996	740
328.0	3.366	339.6	36.2	68.5	-	-	78.2	56.1	38.5	-	-	-	1125	1011	711	1203	1004	746
330.0	3.353	341.7	36.5	68.6	-	-	78.3	56.4	38.9	-	-	-	1133	1018	716	1210	1012	752
332.0	3.343	343.8	36.7	68.7	-	-	78.5	56.6	39.1	-	-	-	1141	1024	721	1218	1020	757
334.0	3.333	345.9	37.0	68.9	-	-	78.6	56.9	39.5	-	-	-	1149	1031	725	1227	1028	763
336.0	3.323	348.0	37.3	69.0	-	-	78.8	57.1	39.8	-	-	-	1156	1038	730	1235	1036	769
338.0	3.314	350.1	37.5	69.1	-	-	78.9	57.3	40.1	-	-	-	1164	1045	735	1243	1044	775
340.0	3.304	352.2	37.8	69.3	-	-	79.1	57.6	40.4	-	-	-	1172	1051	740	1251	1052	780
342.0	3.295	354.3	38.0	69.4	-	-	79.2	57.8	40.6	-	-	-	1180	1058	745	1259	1060	786
344.0	3.286	356.4	38.3	69.5	-	-	79.3	58.1	41.0	-	-	-	1188	1065	749	1267	1068	792
346.0	3.276	358.5	38.5	69.7	-	-	79.5	58.3	41.2	-	-	-	1196	1072	754	1275	1076	798
348.0	3.267	360.6	38.8	69.8	-	-	79.6	58.6	41.6	-	-	-	1204	1079	759	1283	1084	803
350.0	3.258	362.7	39.0	69.9	-	-	79.8	58.8	41.8	-	-	-	1211	1085	764	1291	1091	809
352.0	3.249	364.8	39.3	70.1	-	-	79.9	59.0	42.2	-	-	-	1219	1092	769	1299	1099	815

(续)

布氏		硬度										抗拉强度 / MPa							
		维氏			洛氏			氏				表面		黄铜		镀锌		铜	
		$d_{10}, 2d_f, 4d_{2.5}, \text{mm}$	HV	IIRC	IIRA	HRB	HRF	HR15N	HR30N	HR45N	HR15T	HR30T	HR45T	$\sigma_b$	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$
354.0	366.9	39.5	70.2	—	—	80.1	59.2	42.4	—	—	—	1227	1699	773	1307	1107	821	—	—
356.0	368.9	39.9	70.4	—	—	80.2	59.6	42.9	—	—	—	1235	1706	778	1316	1115	826	—	—
378.0	371.0	40.2	70.5	—	—	80.4	59.9	43.2	—	—	—	1243	1712	783	1324	1123	832	—	—
360.0	373.1	40.4	70.6	—	—	80.5	60.1	43.4	—	—	—	1251	1719	788	1332	1131	838	—	—
362.0	375.2	40.6	70.7	—	—	80.7	60.3	43.7	—	—	—	1259	1726	792	1340	1139	844	—	—
364.0	377.3	40.9	70.9	—	—	80.8	60.6	44.0	—	—	—	1267	1733	797	1348	1147	849	—	—
366.0	379.4	41.1	71.0	—	—	80.9	60.8	44.2	—	—	—	1275	1739	802	1356	1155	855	—	—
368.0	381.5	41.3	71.1	—	—	81.0	60.9	44.5	—	—	—	1283	1746	807	1365	1163	861	—	—
370.0	383.6	41.5	71.2	—	—	81.1	61.1	44.7	—	—	—	1291	1753	812	1373	1171	867	—	—
372.0	385.7	41.7	71.3	—	—	81.3	61.3	44.9	—	—	—	1299	1760	816	1381	1179	872	—	—
374.0	387.8	42.0	71.4	—	—	81.4	61.6	45.3	—	—	—	1307	1767	821	1389	1187	878	—	—
376.0	389.9	42.2	71.5	—	—	81.5	61.8	45.5	—	—	—	1315	1773	826	1397	1195	884	—	—
378.0	392.0	42.4	71.6	—	—	81.7	62.0	45.8	—	—	—	1324	1780	831	1406	1203	890	—	—
380.0	394.1	42.7	71.8	—	—	81.8	62.3	46.1	—	—	—	1332	1787	836	1414	1211	895	—	—
382.0	395.2	42.9	71.9	—	—	81.9	62.5	46.3	—	—	—	1340	1794	840	1422	—	—	—	—
384.0	398.3	43.2	72.0	—	—	82.1	62.7	46.7	—	—	—	1348	1800	845	1430	—	—	—	—
386.0	400.3	43.4	72.1	—	—	82.2	62.9	46.9	—	—	—	1356	1807	850	1438	—	—	—	—
388.0	402.4	43.6	72.2	—	—	82.3	63.1	47.2	—	—	—	1364	1814	855	1447	—	—	—	—
390.0	404.5	43.9	72.4	—	—	82.5	63.4	47.5	—	—	—	1372	1821	860	1455	—	—	—	—
392.0	406.6	44.1	72.5	—	—	82.6	63.6	47.7	—	—	—	1381	1828	864	1463	—	—	—	—
394.0	408.7	44.3	72.6	—	—	82.7	63.8	48.0	—	—	—	1389	1834	869	1471	—	—	—	—
396.0	410.8	44.6	72.8	—	—	82.9	64.1	48.3	—	—	—	1397	1841	874	1480	—	—	—	—
398.0	412.9	44.8	72.9	—	—	83.0	64.3	48.5	—	—	—	1405	1848	879	1488	—	—	—	—
400.0	415.0	45.0	73.0	—	—	83.1	64.4	48.3	—	—	—	1413	1855	881	1496	—	—	—	—
402.0	417.1	45.3	73.1	—	—	83.3	64.7	49.1	—	—	—	1422	—	—	1504	—	—	—	—
404.0	419.2	45.5	73.2	—	—	83.4	64.9	49.4	—	—	—	1430	—	—	1512	—	—	—	—
406.0	421.3	45.7	73.3	—	—	83.5	65.1	49.6	—	—	—	1438	—	—	1521	—	—	—	—
408.0	423.4	45.9	73.4	—	—	83.6	65.3	49.8	—	—	—	1447	—	—	1529	—	—	—	—
410.0	425.5	46.2	73.6	—	—	83.8	65.6	50.2	—	—	—	1455	—	—	1537	—	—	—	—
412.0	427.6	46.4	73.7	—	—	83.9	65.8	50.4	—	—	—	1463	—	—	1545	—	—	—	—
414.0	429.7	46.6	73.8	—	—	84.0	66.0	50.7	—	—	—	1472	—	—	1553	—	—	—	—
416.0	431.8	46.8	73.9	—	—	84.1	66.2	50.9	—	—	—	1480	—	—	1562	—	—	—	—
418.0	433.8	47.0	74.0	—	—	84.3	66.4	51.1	—	—	—	1488	—	—	1570	—	—	—	—
420.0	435.9	47.3	74.1	—	—	84.4	66.6	51.5	—	—	—	1497	—	—	1578	—	—	—	—

表 1.1-12 铝合金硬度与强度换算值之一

硬 度								抗 拉 强 度 $\sigma_b$ /MPa						变 形 铝 合 金
布 氏		维 氏	洛 氏		表 面 洛 氏			退 火、淬 火 人 工 时 效				淬 火 自 然 时 效		
$P=10D^2$		HV	HRB	HRF	HR15T	HR30T	HR45T	2A11	7A04	2A50	2A14	2A11	2A50	
HB	$d_{10}, 2d_5, 4d_{7.5}/\text{mm}$							2A12				2A12	2A14	
55.0	4.670	56.1	--	52.5	62.3	17.6	--	197	207	208	207	--	--	215
56.0	4.631	57.1	--	53.7	62.9	18.8	--	201	209	209	209	--	--	218
57.0	4.592	58.2	--	55.0	63.5	20.2	--	204	212	211	211	--	--	221
58.0	4.555	59.8	--	56.2	64.1	21.5	--	208	216	215	215	--	--	224
59.0	4.518	60.4	--	57.4	64.7	22.8	--	211	220	219	219	--	--	227
60.0	4.483	61.5	--	58.6	65.3	24.1	--	215	225	223	223	--	--	230
61.0	4.448	62.6	--	59.7	65.9	25.2	--	218	230	228	229	--	--	233
62.0	4.414	63.6	--	60.9	66.4	26.5	--	222	235	233	234	--	--	235
63.0	4.381	64.7	--	62.0	67.0	27.7	--	225	240	239	240	--	--	238
64.0	4.348	65.8	--	63.1	67.5	28.9	--	229	246	245	246	--	--	241
65.0	4.316	66.9	6.9	64.2	68.1	30.0	--	232	252	251	252	--	--	244
66.0	4.285	68.0	8.8	65.2	68.6	31.5	--	236	257	257	258	--	--	247
67.0	4.254	69.1	10.8	66.3	69.1	32.3	--	239	263	263	263	--	--	250
68.0	4.225	70.1	12.7	67.3	69.6	33.1	--	243	269	269	269	--	--	253
69.0	4.195	71.2	14.6	68.3	70.1	34.4	--	246	274	274	275	--	--	256
70.0	4.167	72.3	16.5	69.3	70.6	35.5	--	250	279	280	280	--	--	259
71.0	4.139	73.4	18.2	70.2	71.0	36.5	0.8	253	284	285	285	--	--	263
72.0	4.111	74.5	20.0	71.1	71.5	37.1	2.3	257	289	291	290	--	--	266
73.0	4.084	75.6	21.9	72.1	72.0	38.5	3.9	260	294	295	295	--	--	269
74.0	4.058	76.7	23.4	72.9	72.3	39.3	5.2	264	298	300	299	--	--	272
75.0	4.032	77.7	25.1	73.8	72.8	40.3	6.7	267	302	305	303	--	--	275
76.0	4.006	78.8	26.8	74.7	73.2	41.3	8.2	271	306	309	307	--	--	278
77.0	3.981	79.9	28.3	75.5	73.6	42.1	9.5	274	310	312	310	--	--	281
78.0	3.957	81.0	29.8	76.3	74.0	43.0	10.8	278	313	316	314	--	--	285
79.0	3.933	82.1	31.3	77.1	74.4	43.8	12.1	281	316	319	317	--	--	288
80.0	3.909	83.2	32.9	77.9	74.8	44.7	13.4	285	319	322	319	--	--	291
81.0	3.886	84.2	34.2	78.6	75.2	45.4	14.6	288	322	325	322	--	--	294
82.0	3.863	85.3	35.5	79.3	75.5	46.2	15.7	292	325	327	324	--	--	298
83.0	3.841	86.4	36.9	80.0	75.8	46.9	16.9	295	327	329	326	--	--	301
84.0	3.819	87.5	38.2	80.7	76.2	47.7	18.0	299	330	331	328	--	--	304
85.0	3.797	88.6	39.5	81.4	76.5	48.4	19.2	302	332	333	330	--	--	307
86.0	3.776	89.7	40.8	82.1	76.9	49.2	20.3	306	334	334	332	--	--	311
87.0	3.755	90.7	42.0	82.7	77.2	49.8	21.3	309	336	336	334	--	--	314
88.0	3.734	91.8	43.1	83.3	77.5	50.4	22.3	313	337	337	335	--	--	317
89.0	3.714	92.9	44.3	83.9	77.8	51.1	23.3	316	339	338	337	--	--	321
90.0	3.694	94.0	45.4	84.5	78.1	51.7	24.2	320	341	339	338	351	414	324
91.0	3.675	95.1	46.5	85.1	78.3	52.4	25.2	323	342	340	340	357	417	328

(续)

硬 度								抗 拉 强 度 $\sigma_b$ /MPa						变 形 铝合金
布 氏		维 氏	洛 氏		表 面 洛 氏			退 火、淬 火 人 工 时 效				淬 火 自 然 时 效		
$P-10D^2$		HV	HRB	HRC	HRR5T	HR30T	HR45T	2A11	7A04	2A50	2A14	2A11	2A50	
HB	$d_{10}, 2d_2,$ $4d_{2.5}/mm$							2A12				2A12	2A14	
92.0	3.655	96.2	47.7	85.7	78.6	53.0	26.2	327	344	341	341	363	421	331
93.0	3.636	97.2	48.6	86.2	78.9	53.5	27.0	330	346	342	343	368	425	335
94.0	3.618	98.3	49.6	86.7	79.1	54.1	27.9	334	347	343	345	374	429	338
95.0	3.599	99.4	50.7	87.3	79.4	54.7	28.8	337	349	345	346	379	433	341
96.0	3.581	100.5	51.7	87.8	79.7	55.2	29.7	341	350	346	348	385	436	345
97.0	3.563	101.6	52.6	88.3	79.9	55.8	30.5	344	352	347	350	390	440	349
98.0	3.545	102.7	53.4	88.7	80.1	56.2	31.1	348	354	349	352	396	444	352
99.0	3.528	103.7	54.3	89.2	80.4	56.7	32.0	351	356	351	354	402	448	356
100.0	3.511	104.8	55.3	89.7	80.5	57.3	32.8	355	358	353	357	407	451	359
101.0	3.494	105.9	56.0	90.1	80.8	57.7	33.4	358	360	355	359	413	455	363
102.0	3.478	107.0	57.0	90.6	81.1	58.2	34.3	362	362	357	362	418	459	366
103.0	3.461	108.1	57.7	91.0	81.2	58.6	34.9	365	365	360	364	424	463	370
104.0	3.445	109.2	58.5	91.4	81.4	59.1	35.6	369	367	363	367	429	466	374
105.0	3.429	110.2	59.3	91.8	81.6	59.5	36.2	372	370	366	370	435	470	377
106.0	3.413	111.1	60.0	92.2	81.8	59.9	36.9	376	372	370	373	441	474	381
107.0	3.398	112.4	60.8	92.6	82.0	60.4	37.5	379	375	373	376	446	479	385
108.0	3.383	113.5	61.5	93.0	82.2	60.8	38.2	383	378	377	379	452	482	388
109.0	3.367	114.6	62.3	93.4	82.4	61.2	38.8	386	381	382	383	457	485	392
110.0	3.353	115.7	63.1	93.8	82.6	61.6	39.5	390	385	386	386	463	489	396
111.0	3.338	116.7	63.6	94.1	82.8	62.0	40.0	393	388	391	390	468	493	400
112.0	3.323	117.8	64.4	94.5	83.0	62.4	40.7	397	391	396	394	474	497	403
113.0	3.309	118.9	65.0	94.8	83.1	62.7	41.1	400	395	402	397	480	500	407
114.0	3.295	120.0	65.7	95.2	83.3	63.1	41.8	404	399	407	401	485	504	411
115.0	3.281	121.1	66.3	95.5	83.5	63.5	42.3	407	403	413	405	491	508	415
116.0	3.267	122.2	67.0	95.9	83.7	63.9	43.0	411	407	419	409	496	512	419
117.0	3.254	123.2	67.6	96.2	83.8	64.2	43.4	414	411	425	413	502	516	422
118.0	3.240	124.3	68.2	96.5	84.0	64.5	43.9	418	415	432	417	507	519	426
119.0	3.227	125.4	68.8	96.8	84.1	64.8	44.4	421	419	438	421	513	523	430
120.0	3.214	126.5	69.3	97.1	84.2	65.2	44.9	425	423	444	425	519	527	434
121.0	3.201	127.6	69.9	97.4	84.4	65.5	45.4	428	427	451	429	524	531	438
122.0	3.188	128.7	70.6	97.8	84.6	65.9	46.1	432	431	457	432	530	534	442
123.0	3.175	129.7	71.2	98.1	84.7	66.2	46.4	435	435	464	436	535	538	446
124.0	3.163	130.8	71.6	98.3	84.8	66.4	46.9	439	440	470	440	540	542	450
125.0	3.151	131.9	72.2	98.6	85.0	66.8	47.4	442	441	476	444	546	546	454
126.0	3.138	133.0	72.7	98.9	85.1	67.1	47.9	446	448	482	448	552	550	458
127.0	3.126	134.1	73.3	99.2	85.3	67.4	48.4	449	452	488	452	558	553	462
128.0	3.114	135.2	73.9	99.5	85.4	67.7	48.9	453	457	493	455	563	557	466

(续)

硬 度								抗 拉 强 度 $\sigma_s$ /MPa						变 形 铝合金
布 氏		维 氏	洛 氏	表 面 洛 氏			退火、淬火人工时效				淬火自然时效			
$P=10D^2$		HV	HRB	HRF	HR15F	HR30T	HR15T	2A11	2A94	2A50	2A14	2A11	2A50	
HB	$d_{10}, 2d_2, 4d_2, 5/\text{mm}$							2A12				2A12	2A14	
129.0	3.103	136.2	74.4	99.8	85.6	68.0	49.3	456	461	498	459	569	561	470
130.0	3.091	137.3	74.8	100.0	85.7	68.3	49.7	460	465	503	463	574	565	474
131.0	3.079	138.4	75.4	100.3	85.8	68.6	50.2	463	469	507	467	580	—	478
132.0	3.068	139.5	76.0	100.6	86.0	68.9	50.7	467	473	511	471	585	—	482
133.0	3.057	140.6	76.3	100.8	86.1	69.1	51.0	470	477	514	474	591	—	486
134.0	3.046	141.7	76.9	101.1	86.2	69.4	51.5	474	480	517	478	597	—	491
135.0	3.035	142.7	77.3	101.3	86.3	69.6	51.8	477	481	519	483	602	—	495
136.0	3.024	143.8	77.9	101.6	86.5	70.0	52.3	481	488	521	487	608	—	499
137.0	3.013	144.9	78.2	101.8	86.6	70.2	52.6	484	491	522	491	613	—	503
138.0	3.002	146.0	78.8	102.1	86.7	70.5	53.1	488	495	523	496	619	—	507
139.0	2.992	147.1	79.2	102.3	86.8	70.7	53.5	491	498	—	501	—	—	512
140.0	2.981	148.2	79.8	102.6	87.0	71.0	53.9	495	502	—	506	—	—	516
141.0	2.971	149.2	80.1	102.8	87.1	71.2	54.3	498	505	—	511	—	—	520
142.0	2.961	150.3	80.5	103.0	87.2	71.5	54.6	502	509	—	517	—	—	524
143.0	2.951	151.4	81.1	103.3	87.3	71.8	55.1	505	512	—	524	—	—	529
144.0	2.940	152.5	81.5	103.6	87.4	72.0	55.4	509	515	—	530	—	—	533
145.0	2.931	153.6	81.9	103.7	87.5	72.2	55.7	512	519	—	538	—	—	537
146.0	2.921	154.7	82.2	103.9	87.6	72.4	56.1	516	522	—	546	—	—	542
147.0	2.911	155.7	82.6	104.1	87.7	72.6	56.4	519	526	—	555	—	—	546
148.0	2.901	156.8	83.0	104.3	87.8	72.8	56.7	523	529	—	564	—	—	550
149.0	2.892	157.9	83.4	104.5	87.9	73.1	57.1	526	533	—	575	—	—	555
150.0	2.882	159.0	83.9	104.8	88.0	73.4	57.6	530	537	—	586	—	—	559
151.0	2.873	160.1	84.3	105.0	88.1	73.6	57.9	533	541	—	—	—	—	—
152.0	2.864	161.2	84.7	105.2	88.2	73.8	58.2	537	545	—	—	—	—	—
153.0	2.855	162.2	85.1	105.4	88.3	74.0	58.5	540	550	—	—	—	—	—
154.0	2.846	163.3	85.5	105.6	88.4	74.2	58.9	544	554	—	—	—	—	—
155.0	2.837	164.4	85.8	105.8	88.5	74.4	59.2	547	559	—	—	—	—	—
156.0	2.828	165.5	86.2	106.0	88.6	74.7	59.5	551	564	—	—	—	—	—
157.0	2.819	166.6	86.6	106.2	88.7	74.9	59.9	554	570	—	—	—	—	—
158.0	2.810	167.7	86.8	106.3	88.8	75.0	60.0	558	576	—	—	—	—	—
159.0	2.801	168.7	87.2	106.5	88.9	75.2	60.3	561	582	—	—	—	—	—
160.0	2.793	169.8	87.5	106.7	89.0	75.4	60.7	565	588	—	—	—	—	—
161.0	2.784	170.9	87.9	106.9	89.1	75.6	61.0	—	595	—	—	—	—	—
162.0	2.776	172.0	88.3	107.1	89.2	75.8	61.3	—	602	—	—	—	—	—
163.0	2.767	173.1	88.7	107.3	89.3	76.0	61.7	—	610	—	—	—	—	—
164.0	2.759	174.2	89.3	107.6	89.4	76.4	62.1	—	617	—	—	—	—	—
165.0	4.670	169.7	87.5	106.7	89.0	75.4	60.7	587	—	—	—	—	—	—

(续)

硬 度								抗 拉 强 度 $\sigma_b$ /MPa				
布 氏		维 氏	洛 氏		表 面 洛 氏			退火, 淬火人工时效			淬火自然时效	
$P=10D^2$		HV	HRB	HRF	HR15T	HR30T	HR45T	7A04	2A50	2A14	2A11	2A50
HB	$d_{10}, 2d_5, 4d_{2.5}/\text{mm}$										2A12	2A14
166.0	4.657	170.8	87.9	106.9	89.1	75.6	61.0	594	-	-	-	-
167.0	4.644	171.9	88.3	107.1	89.2	75.8	61.3	601	-	-	-	-
168.0	4.631	172.9	88.7	107.3	89.3	76.0	61.7	608	-	-	-	-
169.0	4.618	173.9	89.1	107.5	89.4	76.3	62.0	616	-	-	-	-
170.0	4.605	175.0	89.4	107.7	89.5	76.5	62.3	624	-	-	-	-
171.0	4.592	176.0	89.8	107.9	89.6	76.7	62.6	631	-	-	-	-
172.0	4.580	177.1	90.2	108.1	89.7	76.9	63.0	640	-	-	-	-
173.0	4.567	178.2	90.8	108.4	89.8	77.2	63.5	649	-	-	-	-
174.0	4.555	179.3	91.2	108.6	89.9	77.4	63.8	658	-	-	-	-
175.0	4.543	180.2	91.5	108.8	90.0	77.6	64.1	666	-	-	-	-

表 1.1-13 常用材料极限强度的近似关系

材料名称	极 限 强 度					
	对 称 应 力 疲 劳 极 限			脉 动 应 力 疲 劳 极 限		
	拉伸疲劳极限 $\sigma_{-1}$	弯曲疲劳极限 $\sigma_{-1}$	扭转疲劳极限 $\tau_{-1}$	拉伸脉动疲劳极限 $\sigma_0$	弯曲脉动疲劳极限 $\sigma_0$	扭转脉动疲劳极限 $\tau_0$
结构钢	$\approx 0.3\sigma_b$	$\approx 0.43\sigma_b$	$\approx 0.25\sigma_b$	$\approx 1.42\sigma_{-1}$	$\approx 1.33\sigma_{-1}$	$\approx 1.5\tau_{-1}$
铸 铁	$\approx 0.225\sigma_b$	$\approx 0.45\sigma_b$	$\approx 0.36\sigma_b$	$\approx 1.42\sigma_{-1}$	$\approx 1.35\sigma_{-1}$	$\approx 1.35\tau_{-1}$
铝合金	$\approx \frac{\sigma_b}{6} - 73.5$	$\approx \frac{\sigma_b}{6} + 73.5$	$\approx (0.55 \sim 0.58)\sigma_{-1}$	$\approx 1.5\sigma_{-1}$		

2.2 常用材料的物理性能(见表 1.1-14~18)

表 1.1-14 常用材料弹性模量及泊松比

名 称	弹性模量 $E$ /GPa	切变模量 $G$ /GPa	泊松比 $\mu$	名 称	弹性模量 $E$ /GPa	切变模量 $G$ /GPa	泊松比 $\mu$
灰铸铁	118~125	44.3	0.3	轧制锌	82	31.4	0.27
球墨铸铁	173		0.3	铅	16	6.8	0.42
碳钢、镍铬钢、合金钢	206	79.4	0.3	玻璃	55	1.96	0.25
铸钢	202		0.3	有机玻璃	2.35~29.42		
轧制纯铜	108	39.2	0.31~0.34	橡胶	0.0078		0.47
冷拔纯铜	127	48.0		电木	1.96~2.94	0.69~2.06	0.35~0.38
轧制磷青铜	113	41.2	0.32~0.35	灰布酚醛塑料	3.92~8.83		
冷拔黄铜	89~97	34.3~36.3	0.32~0.42	赛璐珞	1.71~1.89	0.69~0.98	0.4
轧制锰青铜	108	39.2	0.35	尼龙 1010	1.07		
轧制铝	68	25.5~26.5	0.32~0.36	硬聚氯乙烯	3.14~3.92		0.34~0.35
拔制铝线	69			聚四氟乙烯	1.14~1.42		
铸铝青铜	103	41.1	0.3	低压聚乙烯	0.54~0.75		
铸锡青铜	103		0.3	高压聚乙烯	0.147~0.245		
硬铝合金	70	26.5	0.3	混凝土	13.73~39.2	4.9~15.69	0.1~0.18

表 1.1-15 常用材料线膨胀系数 $\alpha$  ( $\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

材 料	温 度 范 围 / $^\circ\text{C}$								
	20	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700	20~900	70~1000
工程用铜		16.6~17.1	17.1~17.2	17.6	18~18.1	18.6			
黄铜		17.8	18.8	20.9					
青铜		17.6	17.9	18.2					
铸铝合金	18.41~24.5								
铝合金		22.0~24.0	23.4~24.8	24.0~25.9					
碳钢		10.6~12.2	11.3~13	12.1~13.5	12.9~13.9	13.5~14.3	14.7~15		
铬钢		11.2	11.8	12.4	13	13.6			
3Cr13		10.2	11.1	11.6	11.9	12.3	12.8		
1Cr18Ni9Ti		16.6	17	17.2	17.5	17.9	18.6	19.3	
铸铁		8.7~11.1	8.5~11.6	10.1~12.1	11.5~12.7	12.9~13.2			
镍铬合金		14.5							17.6
砖	9.5								
水泥、混凝土	10~14								
胶木、硬橡皮	64~77								
玻璃		4~11.5							
赛璐珞		100							
有机玻璃		130							

表 1.1-16 常用材料熔点热导率及比热容

名 称	熔 点 / $^\circ\text{C}$	热导率 $\lambda$ / $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	比热容 $c$ / $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	名 称	熔 点 / $^\circ\text{C}$	热导率 $\lambda$ / $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	比热容 $c$ / $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$
灰铸铁	1200	58	0.532	铝	658	204	0.879
碳钢	1460	47~58	0.49	锌	419	110~113	0.38
不锈钢	1450	14	0.51	锡	232	64	0.24
硬质合金	2000	81	0.80	铅	327.4	34.7	0.130
铜	1083	384	0.394	铋	1452	59	0.64
黄铜	950	104.7	0.384	聚氯乙烯		0.16	
青铜	910	64	0.37	聚酰胺		0.31	

注:表中的热导率及比热容数值指 0~100 $^\circ\text{C}$  范围内。

表 1.1-17 常用材料的密度

材料名称	密 度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}(\text{t}/\text{m}^3)$	材料名称	密 度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}(\text{t}/\text{m}^3)$	材料名称	密 度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}(\text{t}/\text{m}^3)$
碳钢	7.3~7.85	铅	11.37	酚醛层压板	1.3~1.45
铸钢	7.8	锡	7.29	尼龙 6	1.13~1.14
高速钢(含钨 9%)	8.3	金	19.32	尼龙 66	1.14~1.15
高速钢(含钨 18%)	8.7	银	10.5	尼龙 1010	1.04~1.06
合金钢	7.9	汞	13.55	橡胶夹布传动带	0.3~1.2
镍铬钢	7.9	镁合金	1.74	木材	0.4~0.75
灰铸铁	7.0	硅钢片	7.55~7.8	石灰石	2.4~2.6
白口铸铁	7.55	锡基轴承合金	7.34~7.75	花岗石	2.6~3.0
可锻铸铁	7.3	铅基轴承合金	9.33~10.67	砌砖	1.9~2.3
纯铜	8.9	硬质合金(钨钴)	14.4~14.9	混凝土	1.8~2.45
黄铜	8.4~8.85	硬质合金(钨钴钛)	9.5~12.4	生石灰	1.1
铸造黄铜	8.62	胶木板、纤维板	1.3~1.4	熟石灰、水泥	1.2
锡青铜	8.7~8.9	纯橡胶	0.93	粘土耐火砖	2.10
无锡青铜	7.5~8.2	皮革	0.4~1.2	硅质耐火砖	1.8~1.9
轧制磷青铜、冷拉青铜	8.8	聚氯乙烯	1.35~1.40	镁质耐火砖	2.6
工业用铝、铝镁合金	2.7	聚苯乙烯	0.91	镍铬质耐火砖	2.8
可铸铝合金	2.7	有机玻璃	1.18~1.19	高铬质耐火砖	2.2~2.5
镍	8.9	无填料的电木	1.2	碳化硅	3.10
轧锌	7.1	赛璐珞	1.4		

表 1.1-18 松散物料的堆密度和安息角

物料名称	堆密度 /t·m <sup>-3</sup>	安息角		物料名称	堆密度 /t·m <sup>-3</sup>	安息角	
		运 动	静 止			运 动	静 止
无烟煤(干,小)	0.7~1.0	27~30°	27~45°	锌烟尘	0.7~1.5		
烟煤	0.8	30°	35°~45°	黄铁矿烧渣	1.7~1.8		
褐煤	0.6~0.8	35°	35°~50°	铅锌团矿	1.3~1.8		
泥煤	0.29~0.5	40°	45°	黄铁矿球团矿	1.2~1.4		
泥煤(湿)	0.55~0.65	40°	45°	平炉渣(粗)	1.6~1.85		45°~50°
焦炭	0.36~0.53	35°	50°	高炉渣	0.6~1.0	35°	50°
木炭	0.2~0.4			铅锌水碎渣(湿)	1.5~1.6		42°
无烟煤粉	0.84~0.89		37°~45°	干煤灰	0.64~0.72		35°~45°
烟煤粉	0.4~0.7		37°~45°	煤灰	0.70		15°~20°
粉状石墨	0.45		40°~45°	粗砂(干)	1.4~1.9		50°
磁铁矿	2.5~3.5	30°~35°	40°~45°	细砂(干)	1.4~1.65	30°	
赤铁矿	2.0~2.8	30°~35°	40°~45°	细砂(湿)	1.9~2.1		30°~35°
褐铁矿	1.2~2.1	30°~35°	40°~45°	造型砂	0.8~1.3	30°	45°
锰矿	1.7~1.9		35°~45°	石灰石(大块)	1.5~2.0	30°~35°	40°~45°
镁砂(块)	2.2~2.5		40°~42°	石灰石(中块)	1.2~1.5	30°~35°	40°~45°
粉状镁砂	2.1~2.2		15°~50°	生石灰	1.7~1.8	25°	45°~50°
铜矿	1.7~2.1		35°~45°	碎石	1.32~2.0	35°	45°
铜精矿	1.3~1.8		40°	白云石(块)	1.2~2.0	35°	
铅精矿	1.9~2.4		40°	碎白云石	1.8~1.9	35°	
锌精矿	1.3~1.7		40°	砾石	1.5~1.9	30°	30°~15°
铅锌精矿	1.3~2.4		40°	粘土(小块)	0.7~1.5	40°	50°
铁烧结块	1.7~2.0		45°~50°	粘土(湿)	1.7		27°~45°
碎烧结块	1.4~1.6	35°		水泥	0.9~1.7	35°	40°~45°
铅烧结块	1.8~2.2			熟石灰(粉)	0.5		
铅锌烧结块	1.6~2.0			熟石灰(块)	2.0		

2.3 常用材料及物体的摩擦系数(见表 1.1-19~21)

表 1.1-19 材料的滑动摩擦系数

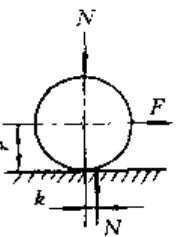
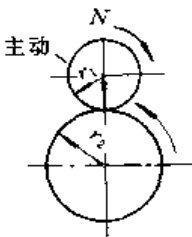
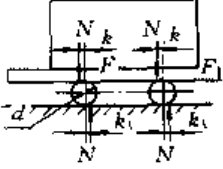
材料名称	摩擦系数 $f$				材料名称	摩擦系数 $f$			
	静 摩 擦		滑 动 摩 擦			静 摩 擦		滑 动 摩 擦	
	无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂		无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢-钢	0.15	0.1~0.12	0.15	0.03~0.1	软钢-榆木			0.25	
钢-软钢			0.2	0.1~0.2	铸铁-榉木	0.65		0.3~0.5	0.2
钢-铸铁	0.3		0.18	0.05~0.15	铸铁-榆、杨木			0.4	0.1
钢-青铜	0.15	0.1~0.15	0.15	0.1~0.15	青铜-榉木	0.6		0.3	
软钢-铸铁	0.2		0.18	0.05~0.15	木材-木材	0.4~0.6	0.1	0.2~0.5	0.07~0.15
软钢-青铜	0.2		0.18	0.07~0.15	皮革(外)-榉木	0.6		0.3~0.5	
铸铁-铸铁	0.2	0.18	0.15	0.07~0.12	皮革(内)-榉木	0.4		0.3~0.4	
铸铁-青铜	0.28	0.16	0.15~0.2	0.07~0.15	皮革-铸铁	0.3~0.5	0.15	0.6	0.15
青铜-青铜		0.1	0.2	0.04~0.1	橡皮-铸铁			0.8	0.5
软钢-榉木	0.6	0.12	0.4~0.6	0.1	麻绳-榉木	0.8		0.5	



表 1.1-20 物体的摩擦系数

名 称		摩擦系数 /	名 称		摩擦系数 /		
滚 动 轴 承	深沟球轴承	径向载荷	0.002	滑 动 轴 承	液体摩擦	0.001~0.008	
		轴向载荷	0.004		半液体摩擦	0.008~0.08	
	角接触球轴承	径向载荷	0.003		干摩擦	0.1~0.5	
		轴向载荷	0.005		滚动轴承	0.002~0.005	
	圆锥滚子轴承	径向载荷	0.008		轧	层压胶木轴瓦	0.004~0.006
		轴向载荷	0.02		辊	青铜轴瓦(用于热轧辊)	0.07~0.1
	调心球轴承		0.0015		轴	青铜轴瓦(用于冷轧辊)	0.04~0.08
	圆柱滚子轴承		0.002		承	特殊密封全液体摩擦轴承	0.003~0.005
	长圆柱或螺旋滚子轴承		0.006			特殊密封半液体摩擦轴承	0.005~0.01
	滚针轴承		0.008		密封软填料盒中填料与轴的摩擦		0.2
推力球轴承		0.003	热钢在辊道上摩擦		0.3		
调心滚子轴承		0.004	冷钢在辊道上摩擦		0.15~0.18		
加 热 炉 内	金属在管子或金属条上		0.4~0.6	制动器普通石棉制动带(无润滑) $p=0.2\sim0.6\text{ MPa}$		0.35~0.48	
	金属在炉底砖上		0.6~1	离合器装有黄铜丝的压制石棉带 $p=0.2\sim1.2\text{ MPa}$		0.43~0.4	

表 1.1-21 滚动摩擦力臂(人约值)

<p>圆柱沿平面滚。滚动阻力矩为： <math>M=Nk=Fr</math> <math>k</math> 为滚动摩擦力臂</p> 		<p>两个具有固定轴线的圆柱,其中主动圆柱以 <math>N</math> 力压另一圆柱,两个圆柱相对滚动。主动圆柱上遇到的滚动阻力矩为： <math>M=Nk\left(1-\frac{r_1}{r_2}\right)</math> <math>k</math> 为滚动摩擦力臂</p> 		 <p>重物压在圆辊支承的平台上移动,每个圆辊承受的载重为 <math>N</math>。克服一个辊子上摩擦阻力所需的牵引力 <math>F</math></p> $F = \frac{N}{d}(k+k_1)$ <p><math>k</math> 和 <math>k_1</math> 依次是平台与圆辊之间和圆辊与固定支持物之间的滚动摩擦力臂</p>	
摩擦材料	滚动摩擦力臂 $k$ /mm	摩擦材料	滚动摩擦力臂 $k$ /mm		
软钢与软钢	0.5	表面淬火车轮与钢轨	0.8~1 0.5~0.7		
铸铁与铸铁	0.5	圆锥形车轮			
木材与钢	0.3~0.4	圆柱形车轮			
木材与木材	0.5~0.3	钢轮与木面	1.5~2.5		
铜板间的滚子(梁之活动支座)	0.2~0.7	橡胶轮胎对沥青路面	2.5		
铸铁轮或钢轮与钢轨	0.5	橡胶轮胎对土路面	10~15		

## 2.4 机械传动效率的概略值(见表 1.1-22)

表 1.1 22 机械传动效率的概略数值

类别	传动型式	效率 $\eta$	类别	传动型式	效率 $\eta$	
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.98~0.995	滚动轴承	滚珠轴承(稀油润滑)	0.99	
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.97		滚柱轴承(稀油润滑)	0.98	
	9 级精度的齿轮传动(稀油润滑)	0.96	摩擦轮传动	平摩擦轮传动	0.85~0.96	
	加工齿的开式齿轮传动(稀油润滑)	0.94~0.96		槽摩擦轮传动	0.98~0.99	
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93		卷绳轮	0.95	
圆锥齿轮传动	很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.97~0.98	联轴器	浮动联轴器	0.97~0.99	
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.94~0.97		齿式联轴器	0.99	
	加工齿的开式齿轮传动(稀油润滑)	0.92~0.95		弹性联轴器	0.99~0.995	
	铸造齿开式齿轮传动	0.88~0.92		万向联轴器( $\alpha \leq 3^\circ$ )	0.97~0.98	
				万向联轴器( $\alpha > 3^\circ$ )	0.95~0.97	
蜗杆传动	自锁蜗杆	0.40~0.45	复合轮组	滑动轴承( $r=2\sim6$ )	0.98~0.99	
	单头蜗杆	0.70~0.75		滚动轴承( $r=2\sim6$ )	0.99~0.995	
	双头蜗杆	0.75~0.82	运输滚筒		0.96	
	三头和四头蜗杆	0.82~0.92		减(变)速器 <sup>①</sup>	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
	环面蜗杆传动	0.85~0.95			双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
		单级行星圆柱齿轮减速器(NCW 类型负号机构)	0.95~0.98			
带传动	平带无压紧轮的开式传动	0.98	单级行星摆线针轮减速器		0.90~0.97	
	平带有压紧轮的开式传动	0.97	单级圆锥齿轮减速器		0.95~0.96	
	$\Psi$ 带交叉传动	0.90	双级圆锥-圆柱齿轮减速器	0.94~0.95		
	V带传动	0.95	无级变速器	0.92~0.95		
	同步带传动	0.96~0.98	轧机人字齿轮座(滑动轴承)	0.93~0.95		
链传动	焊接链	0.93	轧机人字齿轮座(滚动轴承)	0.94~0.96		
	片式关节链	0.95	轧机主减速器(包括主接手和电机接手)	0.93~0.96		
	滚子链	0.96	丝杠传动	滑动丝杠	0.30~0.60	
	齿形链	0.98		滚动丝杠	0.85~0.9	
滑动轴承	润滑不良	0.94				
	润滑正常	0.97				
	润滑特好(压力润滑)	0.98				
	液体摩擦	0.99				

① 滚动轴承的损耗考虑在内。

## 2.5 常用物理量常数(见表 1.1-23)

表 1.1-23 常用物理量常数

名 称	符 号	数 值 及 单 位
冰点的热力学温度	$T$	273.15 K
纯水三相点的热力学温度	$T$	273.16 K
标准大气压	atm	101.325 kPa
元电荷	$e$	$1.60217733 \times 10^{-19}$ C
摩尔气体常数	$R$	8.314510 J/(mol·K)
4℃时水的密度		0.99973 g/cm <sup>3</sup>
0℃时水银的密度		13.5951 g/cm <sup>3</sup>
在标准条件下干燥空气的密度		0.001293 g/cm <sup>3</sup>
标准条件下空气中的声速	$c$	331.4 m/s
真空中的光速	$c_0$	$2.99792 \times 10^{10}$ cm/s
标准重力加速度	$g_0$	980.665 cm/s <sup>2</sup>
真空介电常数	$\epsilon_0$	$8.854187818 \times 10^{-12}$ F/m
电子[静]质量	$m_e$	$9.1093897 \times 10^{-28}$ g
质子[静]质量	$m_p$	$1.6726231 \times 10^{-24}$ g
中子[静]质量	$m_n$	$1.6749286 \times 10^{-24}$ g
真空磁导率	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m

## 第 2 章 计量单位和单位换算

### 1 国际单位制(SI)单位(见表 1.2-1~4)(摘自 GB3100 1993)

国际单位制的构成如下:

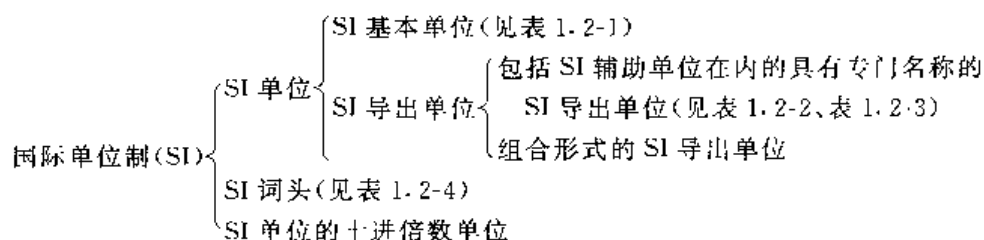


表 1.2-1 SI 基本单位

量的名称	单位名称	单位符号	量的名称	单位名称	单位符号
长 度	米	m	热力学温度	开[尔文]	K
质 量	千克(公斤)	kg	物质的量	摩[尔]	mol
时 间	秒	s	发光强度	坎[德拉]	cd
电 流	安[培]	A			

注:1. 圆括号中的名称,是它前面的名称的同义词,下同。

2. 方括号中的字,在不致引起混淆、误解的情况下,可以省略。去掉方括号中的字即为其简称。无方括号的单位名称、简称与全称同,下同。

3. 本标准所称的符号,除特殊指明者外,均指我国法定计量单位中所规定的符号,下同。

4. 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。

表 1.2-2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符 号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧 度	rad	1 rad = 1 m/m = 1
立体角	球 面度	sr	1 sr = 1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> = 1
频率	赫[兹]	Hz	1 Hz = 1 s <sup>-1</sup>
力	牛[顿]	N	1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
能[量],功,热量	焦[耳]	J	1 J = 1 N · m
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	1 W = 1 J/s
电荷[量]	库[仑]	C	1 C = 1 A · s
电压,电动势,电位,(电势)	伏[特]	V	1 V = 1 W/A
电容	法[拉]	F	1 F = 1 C/V
电阻	欧[姆]	Ω	1 Ω = 1 V/A
电导	西[门子]	S	1 S = 1 Ω <sup>-1</sup>
磁通[量]	韦[伯]	Wb	1 Wb = 1 V · s
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup>
电感	亨[利]	H	1 H = 1 Wb/A
摄氏温度	摄氏度	°C	1°C = 1 K <sup>①</sup>
光通量	流[明]	lm	1 lm = 1 cd · sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup>

① 只表示两个单位°C 与 K 间的关系,并不表示摄氏温度与热力学温度之间的关系。

表 1.2-3 由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	1 Bq = 1 s <sup>-1</sup>
吸收剂量 比授[予]能 比释动能	戈[瑞]	Gy	1 Gy = 1 J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	1 Sv = 1 J/kg

表 1.2-4 SI 词头

因数	词头名称		符号	因数	词头名称		符号
	英文	中文			英文	中文	
10 <sup>24</sup>	yotta	尧[它]	Y	10 <sup>-1</sup>	deci	分	d
10 <sup>21</sup>	zetta	泽[它]	Z	10 <sup>-2</sup>	centi	厘	c
10 <sup>18</sup>	exa	艾[可萨]	E	10 <sup>-3</sup>	milli	毫	m
10 <sup>15</sup>	peta	拍[它]	P	10 <sup>-4</sup>	micro	微	μ
10 <sup>12</sup>	tera	太[拉]	T	10 <sup>-5</sup>	nano	纳[诺]	n
10 <sup>9</sup>	giga	吉[咖]	G	10 <sup>-6</sup>	pico	皮[可]	p
10 <sup>6</sup>	mega	兆	M	10 <sup>-7</sup>	femto	飞[母托]	f
10 <sup>3</sup>	kilo	千	k	10 <sup>-8</sup>	atto	阿[托]	a
10 <sup>2</sup>	hecto	百	h	10 <sup>-9</sup>	zepto	仄[普托]	z
10 <sup>1</sup>	deca	十	da	10 <sup>-10</sup>	yocto	幺[科托]	y

## 2 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位(见表 1.2-5)

表 1.2-5 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	1 min = 60 s
	(小)时	h	1 h = 60 min = 3600 s
	日,(天)	d	1 d = 24 h = 86400 s
[平面]角	度	°	1° = (π/180) rad
	[角]分	'	1' = (1/60)° = (π/10800) rad
	[角]秒	"	1" = (1/60)' = (π/648000) rad
体积,容积	升	L,(l)	1 L = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
质量	吨	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
	原子质量单位	u	1 u ≈ 1.66054055 × 10 <sup>-27</sup> kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60) s <sup>-1</sup>
长度	海里	n mile	1 n mile = 1852 m(只用于航程)
速度	节	kn	1 kn = 1 n mile/h = (1852/3600) m/s (只用于航行)
能	电子伏	eV	1 eV ≈ 1.602 177 × 10 <sup>-19</sup> J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex = 10 <sup>-6</sup> kg/m
面积	公顷	hm <sup>2</sup>	1 hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>

注:1. 平面角单位度、分、秒的符号,在组合单位中应采用(°)、(')、(")的形式。例如,不用°/s 而用(°)/s。

2. 升的两个符号属同等地位,可任意选用。

3. 公顷的国际通用符号为 ha。

3 常用物理量符号及其法定单位(见表 1.2-6)

表 1.2-6 常用物理量符号及其法定单位(摘自 GB/T3102.1~GB/T3102.7---1993)

量的名称及符号		单位名称及符号		量的名称及符号		单位名称及符号	
<b>空间和时间</b>				<b>体积质量、(质量)密度</b>			
[平面]角 $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$	弧度	rad		千克每立方米	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	
	度	°		吨每立方米		t/m <sup>3</sup>	
	[角]分	'		千克每升		kg/L	
	[角]秒	"		相对体积质量, 相对(质量)密度 $d$		1	
立体角	$\Omega$	球面度	sr	质量体积, 比体积 $v$		m <sup>3</sup> /kg	
长度	$l, L$	米	m	线质量, 线密度 $\rho_l$		千克每米	kg/m
		海里	n mile	面质量, 面密度 $\rho_A, (\rho_s)$		千克每平方米	kg/m <sup>2</sup>
宽度	$b$	米	m	动量 $p$		千克米每秒	kg·m/s
高度	$h$	米	m	动量矩, 角动量 $L$		千克二次方米每秒	kg·m <sup>2</sup> /s
厚度	$\delta, d$	米	m	转动惯量, (惯性矩) $J, (I)$		千克二次方米	kg·m <sup>2</sup>
半径	$r, R$	米	m	力 $F$		牛[顿]	N
直径	$d, D$	米	m	重量 $W, (P, G)$		牛[顿]	N
程长	$s$	米	m	力矩 $M$		牛[顿]米	N·m
距离	$d, r$	米	m	转矩, 力偶矩 $M, T$		牛[顿]米	N·m
笛卡尔坐标	$x, y, z$	米	m	压力, 压强 $p$		帕[斯卡]	Pa
曲率半径	$\rho$	米	m	正应力 $\sigma$		帕[斯卡]	Pa
曲率	$\kappa$	每米	m <sup>-1</sup>	切应力 $\tau$		帕[斯卡]	Pa
面积	$A, (S)$	平方米	m <sup>2</sup>	线应变, (相对变形) $\epsilon, e$		1	
体积, 容积	$V$	立方米	m <sup>3</sup>	切应变 $\gamma$		1	
		升	L, l	体应变 $\theta$		1	
时间, 时间间隔	$t$	秒	s	泊松比, 泊松数 $\mu, \nu$		1	
持续时间		分	min	弹性模量 $E$		帕[斯卡]	Pa
		[小]时	h	切变模量, 刚量模量 $G$		帕[斯卡]	Pa
		日, (天)	d	体积模量, 压缩模量 $K$		帕[斯卡]	Pa
角速度	$\omega$	弧度每秒	rad/s	(体积)压缩率 $\kappa$		每帕[斯卡]	Pa <sup>-1</sup>
角加速度	$\alpha$	弧度每二次方秒	rad/s <sup>2</sup>	截面二次矩(惯性矩) $I_x, I$		四次方米	m <sup>4</sup>
速度	$v, u, w, c$	米每秒	m/s	截面二次极矩(极惯性矩) $I_p$		四次方米	m <sup>4</sup>
		千米每小时	km/h	截面系数 $W, Z$		三次方米	m <sup>3</sup>
		节	kn	静摩擦因数 $\mu_s, (f_s)$		1	
加速度	$a$	米每二次方秒	m/s <sup>2</sup>	动摩擦因数 $\mu, (f)$		1	
自由落体加速度	$g$	米每二次方秒	m/s <sup>2</sup>	[动力]粘度 $\eta, (\mu)$		帕[斯卡]秒	Pa·s
重力加速度	$g_n$	米每二次方秒	m/s <sup>2</sup>	运动粘度 $\nu$		二次方米每秒	m <sup>2</sup> /s
<b>周期及有关现象</b>				<b>热 学</b>			
周期	$T$	秒	s	表面张力 $\gamma, \sigma$		牛[顿]每米	N/m
时间常数	$\tau$	秒	s	功 $W, (A)$		焦[耳]	J
频率	$f, \nu$	赫[兹]	Hz	电子伏		eV	
旋转频率	$n$	每秒	s <sup>-1</sup>	能[量] $E$		同功的单位	
旋转速度, 转速		转每分	r/min	势能, 位能 $E_p, (V)$		同功的单位	
角频率, 圆频率	$\omega$	弧度每秒	rad/s	动能 $E_k, (T)$		同功的单位	
波长	$\lambda$	米	m	功率 $P$		瓦[特]	W
波数	$\sigma$	每米	m <sup>-1</sup>	质量流量 $q_m$		千克每秒	kg/s
角波数	$k$	弧度每米	rad/m	体积流量 $q_v$		立方米每秒	m <sup>3</sup> /s
阻尼系数	$\delta$	每秒	s <sup>-1</sup>				
衰减系数	$\alpha$	每米	m <sup>-1</sup>	热力学温度 $T, (Θ)$		开[尔文]	K
相位系数	$\beta$	每米	m <sup>-1</sup>	摄氏温度 $t, \theta$		摄氏温度	°C
传播系数	$\gamma$	每米	m <sup>-1</sup>	线[膨]胀系数 $\alpha_l$		每开[尔文]	K <sup>-1</sup>
<b>力 学</b>							
质量	$m$	千克, (公斤)	kg	体[膨]胀系数 $\alpha_v, (\alpha, \gamma)$		每开[尔文]	K <sup>-1</sup>
		吨	t				

(续)

量的名称及符号		单位名称及符号		量的名称及符号		单位名称及符号	
热,热量	Q	焦[耳]	J	互感	M, L <sub>12</sub>	亨[利]	H
热流量	Φ	瓦[特]	W	耦合因数,(耦合系数) k, (κ)	-	-	1
面积热流量,热流[量]密度	q, φ	瓦[特]每平方米	W/m <sup>2</sup>	漏磁因数,(漏磁系数)	σ	-	1
热导率,(导热系数)	λ, (κ)	瓦[特]每米开[尔文]	W/(m·K)	绕组的匝数	N	-	1
表面传热系数	h, (α)	瓦[特]每平方米开[尔文]	W/(m <sup>2</sup> ·K)	相数	m	-	1
传热系数	K, (k)	瓦[特]每平方米开[尔文]	W/(m <sup>2</sup> ·K)	极对数	P	-	1
热扩散率	a	平方米每秒	m <sup>2</sup> /s	[交流]电阻	R	欧[姆]	Ω
热容	C	焦[耳]每开[尔文]	J/K	品质因数	Q	-	1
质量热容,比热容	c	焦[耳]每[克]开[尔文]	J/(kg·K)	相[位]差,相[位]移	φ	弧度	rad
质量热容比,比热[容]比	γ	-	1	功率	P	瓦[特]	W
嫡	S	焦[耳]每开[尔文]	J/K	[有功]功率	P	瓦[特]	W
质量嫡,比嫡	s	焦[耳]每[克]开[尔文]	J/(kg·K)	视在功率,(表观功率) S, P <sub>s</sub>	-	瓦[特]	W
能[量]	E	焦[耳]	J	无功功率	Q, P <sub>Q</sub>	瓦[特]	W
焓	H, (I)	焦[耳]	J	功率因数	λ	-	1
亥姆霍兹自由能	A, F	焦[耳]	J	[有功]电能[量]	W	焦[尔]	J
吉布斯自由能	G	焦[耳]	J	磁场强度	H	安[培]每米	A/m
比内能	u	焦[耳]每千克	J/kg	磁通势,磁动势	F, F <sub>m</sub>	安[培]	A
质量焓,比焓	h, (i)	焦[耳]每千克	J/kg	磁位差,(磁势差)	U <sub>m</sub>	安[培]	A
<b>电学和磁学</b>				磁通[量]密度,磁感应		特[斯拉]	T
电流	I	安[培]	A	强度	B	1	1
电荷[量]	Q	库[仑]	C	磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb
体积电荷,电荷[体]密度 ρ, (γ)		库[仑]每立方米	C/m <sup>3</sup>	磁矢位,(磁矢势)	A	韦[伯]每米	Wb/m
面积电荷,电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m <sup>2</sup>	坡印廷矢量	S	瓦[特]每平方米	W/m <sup>2</sup>
电场强度	E	伏[特]每米	V/m	磁导率	μ	亨[利]每米	H/m
电位,(电势)	V, φ	伏[特]	V	相对磁导率	μ <sub>r</sub>	-	1
电位差,(电势差),电压	U, (V)	伏[特]	V	磁化率	k, (χ <sub>m</sub> , χ)	-	1
电动势	E	伏[特]	V	[面]磁矩	m	安[培]平方米	A·m <sup>2</sup>
电通[量]密度	D	库[仑]每平方米	C/m <sup>2</sup>	磁化强度	M, (H)	安[培]每米	A/m
电通[量]	Ψ	库[仑]	C	磁极化强度	J, (B <sub>j</sub> )	特[斯拉]	T
电容	C	法[拉]	F	磁阻	R <sub>m</sub>	每亨[利]	H <sup>-1</sup>
介电常数,(电容率)	ε	法[拉]每米	F/m	磁导	Δ, (P)	亨[利]	H
相对介电常数,(相对电		-	1	<b>光及有关电磁辐射</b>			
容率)	ε <sub>r</sub>	-	1	辐[射]能	Q, W, (U, Q <sub>e</sub> )	焦[耳]	J
电极化率	χ, χ <sub>e</sub>	-	1	辐[射]功率,辐[射]能		瓦[特]	W
电极化强度	P	库[仑]每平方米	C/m <sup>2</sup>	通量	P, Φ, (Φ <sub>e</sub> )	1	1
电偶极矩	p, (p <sub>e</sub> )	库[仑]米	C·m	辐[射]强度	I, (I <sub>e</sub> )	瓦[特]每球面度	W/sr
面积电流,电流密度	J, (S)	安[培]每平方米	A/m <sup>2</sup>	辐[射]亮度,辐射度 L, (L <sub>e</sub> )		瓦[特]每球面度平方米	W/(sr·m <sup>2</sup> )
线电流,电流线密度	A, (a)	安[培]每米	A/m	辐[射]出[射]度	M, (M <sub>e</sub> )	瓦[特]每平方米	W/m <sup>2</sup>
[直流]电阻	R	欧[姆]	Ω	辐[射]照度	E, (E <sub>e</sub> )	瓦[特]每平方米	W/m <sup>2</sup>
电抗	X	欧[姆]	Ω	发射率	ε	-	1
阻抗,(复[数]阻抗)	Z	欧[姆]	Ω	光通量	Φ, (Φ <sub>e</sub> )	流[明]	lm
[直流]电导,(交流)电导	G	西[门子]	S	光量	Q, (Q <sub>e</sub> )	流[明]秒	lm·s
电纳	B	西[门子]	S	发光强度	I, (I <sub>e</sub> )	坎[德拉]	cd
导纳,(复[数]导纳)	Y	西[门子]	S	[光]亮度	L, (L <sub>e</sub> )	坎[德拉]每平方米	cd/m <sup>2</sup>
电阻率	ρ	欧[姆]米	Ω·m	光出射度	M, (M <sub>e</sub> )	流[明]每平方米	lm/m <sup>2</sup>
电导率	γ, σ	西[门子]每米	S/m	[光]照度	E, (E <sub>e</sub> )	勒[克斯]	lx
自感	L	亨[利]	H	曝光量	H	勒[克斯]秒	lx·s
				光视效能	K	流[明]每瓦[特]	lm/W
				光谱光视效能	K(λ)	流[明]每瓦[特]	lm/W
				最大光谱光视效能	K <sub>m</sub>	流[明]每瓦[特]	lm/W

(续)

量的名称及符号	单位名称及符号	量的名称及符号	单位名称及符号
光谱光视效率, $V(\lambda)$	—	(瞬时)[声]质点速度 $u, v$	米每秒 $m/s$
视见函数	—	声速,(相速) $c$	米每秒 $m/s$
光谱吸收比, $a(\lambda)$	—	(瞬时)体积流量	—
光谱吸收因数	—	(体积速度) $U, Q, (Q_v)$	立方米每秒 $m^3/s$
光谱反射比, $\rho(\lambda)$	—	声能密度 $w, (e), (D)$	焦[耳]每立方米 $J \cdot m^{-3}$
光谱反射因数	—	声强[度] $I, J$	瓦[特]每平方米 $W/m^2$
光谱透射比, $\tau(\lambda)$	—	声阻抗 $Z_a$	帕[斯卡]秒每三次方米 $Pa \cdot s/m^3$
光谱透射因数	—	方阻抗 $Z_u$	牛[顿]秒每米 $N \cdot s/m$
线性吸收系数 $\alpha$	每米 $m^{-1}$	声功率级 $L_w$	贝[尔] $B$
线性衰减系数, 线性消光系数 $\mu, \mu'$	每米 $m^{-1}$	声压级 $L_p$	贝[尔] $B$
摩尔吸收系数 $\kappa$	平方米每摩[尔] $m^2/mol$	声强级 $L_I$	贝[尔] $B$
折射率 $n$	—	阻尼系数 $\delta$	每秒 $s^{-1}$
<b>声 学</b>			
静压 $p_s, (P_0)$	帕[斯卡]	反射因数,(反射系数) $(\rho)$	—
[瞬时]声压 $p$	帕[斯卡]	透射因数,(透射系数) $\tau$	—
		吸收因数,(吸收系数) $\alpha$	—
		隔声量 $R$	贝[尔] $B$
		混响时间 $T, (T_{60})$	秒 $s$

4 计量单位换算(见表 1.2-7)

表 1.2-7 常用计量单位换算表

单位名称及符号	单位换算	单位名称及符号	单位换算
<b>长 度</b>			
· 米 $m$	—	· [角]分 $(')$	$(\pi/10800) rad$
· 海里 $n\ mile$	1852 m	· [角]秒 $('' )$	$(\pi/648000) rad$
英里 $mile$	1609.344 m	<b>时 间</b>	
英尺 $ft$	0.3048 m	· 秒 $s$	—
英寸 $in$	0.0254 m	· 分 $min$	60 s
码 $yd$	0.9144 m	· [小]时 $h$	3600 s
密耳 $mi$	$25.4 \times 10^{-6} m$	· 天,(日) $d$	86400 s
埃 $\text{Å}$	$10^{-10} m$	<b>速 度</b>	
费密	$10^{-15} m$	· 米每秒 $m/s$	—
<b>面 积</b>		· 节 $kn$	0.514444 m/s
· 平方米 $m^2$	—	· 千米每小时 $km/h$	0.277778 m/s
公顷 $ha$	10000 m <sup>2</sup>	· 米每分 $m/min$	0.0166667 m/s
公亩 $a$	100 m <sup>2</sup>	英里每小时 $mile/h$	0.44704 m/s
平方英尺 $ft^2$	0.0929030 m <sup>2</sup>	英尺每秒 $ft/s$	0.3048 m/s
平方英寸 $in^2$	$6.4516 \times 10^{-4} m^2$	英寸每秒 $in/s$	0.0254 m/s
<b>体积,容积</b>		<b>加 速 度</b>	
· 立方米 $m^3$	—	· 米每二次方秒 $m/s^2$	—
· 升 $L, (l)$	$10^{-3} m^3$	英尺每二次方秒 $ft/s^2$	—
立方英尺 $ft^3$	0.0283168 m <sup>3</sup>	伽 $Gal$	$10^{-2} m/s^2$
立方英寸 $in^3$	$1.63871 \times 10^{-5} m^3$	<b>角 速 度</b>	
英加仑 $UKgal$	4.54609 dm <sup>3</sup>	· 弧度每秒 $rad/s$	—
美加仑 $USgal$	3.78541 m <sup>3</sup>	· 转每分 $r/min$	$(\pi/30) rad/s$
<b>平面角</b>		度每分 $(')/min$	0.00029 rad/s
· 弧度 $rad$	—	度每秒 $(^\circ)/s$	0.01745 rad/s
· 度 $(^\circ)$	$(\pi/180) rad$	<b>质 量</b>	
		· 千克,(公斤) $kg$	—
		· 吨 $t$	1000 kg



(续)

单位名称及符号		单位换算	单位名称及符号		单位换算
· 原子质量单位	u	$1.6605655 \times 10^{-27} \text{ kg}$	磅二次方英尺	$\text{lb} \cdot \text{ft}^2$	$0.0421401 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
英吨	ton	$1016.05 \text{ kg}$	磅二次方英寸	$\text{lb} \cdot \text{in}^2$	$2.92640 \times 10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
英担	cwt	$50.8023 \text{ kg}$	<b>能量; 功; 热</b>		
磅	lb	$0.45359237 \text{ kg}$	· 焦[耳]	J	
夸特	qr, qtr	$12.7006 \text{ kg}$	· 电子伏	eV	$1.60210892 \times 10^{-19} \text{ J}$
盎司	oz	$28.3495 \text{ g}$	· 千瓦小时	$\text{kW} \cdot \text{h}$	$3.6 \times 10^6 \text{ J}$
格令	gr, gn	$0.06479891 \text{ g}$	千克力米	$\text{kgf} \cdot \text{m}$	$9.80665 \text{ J}$
<b>线密度, 纤度</b>			卡	cal	$4.1868 \text{ J}$
· 千克每米	$\text{kg/m}$		尔格	erg	$10^{-7} \text{ J}$
· 特[克斯]	tex	$10^{-6} \text{ kg/m}$	英热单位	Btu	$1055.06 \text{ J}$
旦尼尔		$0.111112 \times 10^{-6} \text{ kg/m}$	<b>功率; 辐射通量</b>		
磅每英尺	$\text{lb/ft}$	$1.48816 \text{ kg/m}$	· 瓦[特]	W	
磅每英寸	$\text{lb/in}$	$17.8580 \text{ kg/m}$	乏	var	$1 \text{ W}$
<b>密 度</b>			伏安	VA	$1 \text{ W}$
· 千克每立方米	$\text{kg/m}^3$		马力	PS	$735.499 \text{ W}$
· 吨每立方米	$\text{t/m}^3$	$1000 \text{ kg/m}^3$	英马力	hp	$745.7 \text{ W}$
· 千克每升	$\text{kg/l}$	$1000 \text{ kg/m}^3$	电工马力		$746 \text{ W}$
磅每立方英尺	$\text{lb/ft}^3$	$16.0185 \text{ kg/m}^3$	卡每秒	$\text{cal/s}$	$4.1868 \text{ W}$
磅每立方英寸	$\text{lb/in}^3$	$27679.9 \text{ kg/m}^3$	千卡每小时	$\text{kcal/h}$	$1.163 \text{ W}$
<b>质量体积, 比体积</b>			<b>质量流量</b>		
· 立方米每千克	$\text{m}^3/\text{kg}$		· 千克每秒	$\text{kg/s}$	
立方英尺每磅	$\text{ft}^3/\text{lb}$	$0.0624280 \text{ m}^3/\text{kg}$	磅每秒	$\text{lb/s}$	$0.453592 \text{ kg/s}$
立方英寸每磅	$\text{in}^3/\text{lb}$	$3.61273 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$	磅每小时	$\text{lb/h}$	$1.25998 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
<b>力; 重力</b>			<b>体积流量</b>		
· 牛[顿]	N		· 立方米每秒	$\text{m}^3/\text{s}$	
千克力	$\text{kgf}$	$9.80665 \text{ N}$	立方英尺每秒	$\text{ft}^3/\text{s}$	$0.0283168 \text{ m}^3/\text{s}$
磅力	$\text{lbf}$	$4.44822 \text{ N}$	立方英寸每小时	$\text{in}^3/\text{h}$	$4.55196 \times 10^{-6} \text{ L/s}$
达因	dyn	$10^{-5} \text{ N}$	<b>动力粘度</b>		
吨力	tf	$9.80665 \times 10^3 \text{ N}$	· 帕[斯卡]秒	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	
<b>压力, 压强; 应力</b>			泊	P, Po	$0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
· 帕[斯卡]	Pa		厘泊	cP	$10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
巴	bar	$10^5 \text{ Pa}$	千克力秒每平方米		$9.80665 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
托	Torr	$133.322 \text{ Pa}$		$\text{kgf} \cdot \text{s/m}^2$	
毫米汞柱	mmHg	$133.322 \text{ Pa}$	磅力秒每平方英尺		$47.8803 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
毫米水柱	$\text{mmH}_2\text{O}$	$9.80665 \text{ Pa}$		$\text{lbf} \cdot \text{s/ft}^2$	
工程大气压	at	$98066.5 \text{ Pa}$	磅力秒每平方英寸		$6894.76 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
标准大气压	atm	$101325 \text{ Pa}$		$\text{lbf} \cdot \text{s/in}^2$	
<b>力矩; 转矩; 力偶矩</b>			<b>运动粘度</b>		
· 牛[顿]米	$\text{N} \cdot \text{m}$		· 二次方米每秒	$\text{m}^2/\text{s}$	
公斤力米	$\text{kgf} \cdot \text{m}$	$9.80665 \text{ N} \cdot \text{m}$	斯托克斯	St	$10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
克力厘米	$\text{gf} \cdot \text{cm}$	$9.80665 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}$	厘斯托克斯	cSt	$10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
达因厘米	$\text{dyn} \cdot \text{cm}$	$10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}$	二次方英尺每秒	$\text{ft}^2/\text{s}$	$9.29030 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
磅力英尺	$\text{lbf} \cdot \text{ft}$	$1.35582 \text{ N} \cdot \text{m}$	二次方英寸每秒	$\text{in}^2/\text{s}$	$6.4516 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
<b>转动惯量</b>					
· 千克二次方米	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$				

注: 1. 表中前面加点的词为法定计量单位的名称。

2. 单位名称中带方括号的字可省略。

3. 圆括号中的字为前者的同义语。

## 第 3 章 常用数学公式

### 1 代数

#### 1.1 二项式公式、多项式公式和因式分解

##### 1.1.1 二项式公式

$$(a+b)^n = C_n^0 a^n + C_n^1 a^{n-1} b + \dots + C_n^k a^{n-k} b^k + \dots + C_n^n b^n$$

$$(a-b)^n = C_n^0 a^n - C_n^1 a^{n-1} b + \dots + (-1)^k C_n^k a^{n-k} b^k + \dots + (-1)^n C_n^n b^n$$

式中  $n$ ——正整数；

$$C_n^k \text{——二项系数, } C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! k!},$$

特别有：

$$1) (a \pm b)^1 = a \pm b$$

$$2) (a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$3) (a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$4) (a \pm b)^4 = a^4 \pm 4a^3b + 6a^2b^2 \pm 4ab^3 + b^4$$

$$5) (a \pm b)^5 = a^5 \pm 5a^4b + 10a^3b^2 \pm 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$$

##### 1.1.2 多项式公式

$$(a-b+\dots-h)^n = \sum_{p+q+\dots+s=n} \frac{n!}{p! q! \dots s!} a^p b^q \dots h^s$$

其中  $\Sigma$  表示对所有满足  $p+q+\dots+s=n$  的非负整数  $p, q, \dots, s$  形成的数组求和。

特别有：

$$1) (a-b+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2bc + 2ac$$

$$2) (a+b+c)^3 = a^3 + b^3 + c^3 + 3a^2b + 3ab^2 + 3a^2c + 3ac^2 + 3b^2c + 3bc^2 + 6abc$$

##### 1.1.3 因式分解

$$1) a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

$$2) a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$$

$$3) a^4 - b^4 = (a+b)(a-b)(a^2 + b^2)$$

$$4) a^n - b^n = (a-b)(a^{n-1} + a^{n-2}b + \dots + ab^{n-2} + b^{n-1}), n \text{ 为正整数}$$

$$5) a^n - b^n = (a-b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + \dots + ab^{n-2} - b^{n-1}), n \text{ 为正偶数}$$

$$6) a^n + b^n = (a+b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + \dots - ab^{n-2} + b^{n-1}), n \text{ 为正奇数}$$

$$7) a^3 + b^3 + c^3 - 3abc = (a+b+c)(a^2 + b^2 + c^2 -$$

$$ab - bc - ac)$$

### 1.2 指数和根式

#### 1.2.1 指数

$$1) \text{正整数指数 } a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_n$$

$$2) \text{分数指数 } a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m, (a \geq 0)$$

$$3) \text{零指数 } a^0 = 1, (a \neq 0)$$

$$4) \text{负指数 } a^{-n} = \frac{1}{a^n}, (a > 0)$$

$$5) \text{同底幂的积 } a^x \cdot a^y = a^{x+y}$$

$$6) \text{同底幂的商 } a^x \div a^y = a^{x-y}$$

$$7) \text{幂的幂 } (a^x)^y = a^{xy}$$

$$8) \text{积的幂 } (ab)^x = a^x b^x$$

$$9) \text{商的幂 } \left(\frac{a}{b}\right)^x = \frac{a^x}{b^x}$$

5)~9) 式中  $a > 0, b > 0, x, y$  为任意实数。

#### 1.2.2 根式

$$1) \text{乘积的方根 } \sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}, (a \geq 0, b \geq 0)$$

0)

$$2) \text{商的方根 } \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}, (a \geq 0, b > 0)$$

$$3) \text{根式化简 } \sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}, (a \geq 0)$$

$$4) \sqrt{a} + \sqrt{b} = \sqrt{a+b \pm 2\sqrt{ab}}, (a > b)$$

$$5) \frac{1}{\sqrt{a} \pm \sqrt{b}} = \frac{\sqrt{a} \mp \sqrt{b}}{a-b}$$

$$6) \frac{1}{\sqrt[n]{a} \pm \sqrt[n]{b}} = \frac{\sqrt[n]{a^2} \mp \sqrt[n]{ab} + \sqrt[n]{b^2}}{a \pm b}$$

### 1.3 对数

#### 1.3.1 运算法则 (设 $a > 0$ )

$$1) \log_a 1 = 0$$

$$2) \log_a a = 1$$

$$3) \log_a(xy) = \log_a x + \log_a y$$

$$4) \log_a \left(\frac{x}{y}\right) = \log_a x - \log_a y$$

$$5) \log_a(x^b) = b \log_a x$$

$$6) a^{\lg_a x} = x$$

$$7) \text{换底公式 } \log_a x = \frac{\log_b x}{\log_b a}, (b > 0)$$

$$8) \log_a b \cdot \log_b a = 1, (b > 0)$$

### 1.3.2 常用对数和自然对数

以 10 为底的对数称常用对数, 记为  $\lg x$ 。以  $e = 2.71828 \dots$  为底的对数称自然对数, 记为  $\ln x$ 。

$$1) \lg x = M \ln x, M = \lg e = 0.43429 \dots$$

$$2) \ln x = \frac{1}{M} \lg x, \frac{1}{M} = \ln 10 = 2.30258 \dots$$

## 1.4 不等式

### 1.4.1 代数不等式

设  $n$  为正整数

$$1) 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{n}} > 2 \sqrt{n+1} - 2$$

$$2) \frac{1}{2} < 1 + \frac{1}{2} - \dots + \frac{1}{n} - \ln n < 1 \quad (n > 1)$$

$$3) \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot \dots \cdot 2n} < \frac{1}{\sqrt{2n-1}}$$

$$4) \sqrt[n]{n} \leq \sqrt[n]{n!} \leq \frac{n+1}{2}$$

$$5) \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \geq \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n}, (a_i \geq 0, i = 1, 2,$$

$3, \dots, n)$

$$6) \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2} \leq |a_1| + |a_2| + \dots + |a_n|$$

$$7) (a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2)(b_1^2 + \dots + b_n^2) \geq (a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n)^2$$

$$8) \left| \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} \right|^k \leq \frac{a_1^k + \dots + a_n^k}{n}, (a_i > 0, i = 1, 2,$$

$\dots, n, k$  正整数)

$$9) \sqrt{(a_1 + b_1)(a_2 + b_2) \dots (a_n + b_n)} \geq \sqrt{a_1 \dots a_n} + \sqrt{b_1 \dots b_n}$$

$$10) (a_1 + a_2 + \dots + a_n) \left| \frac{1}{a} + \dots + \frac{1}{a_n} \right| \geq n^2, (a_i > 0, i = 1, 2, \dots, n)$$

### 1.4.2 三角不等式

$$1) \sin x < x < \tan x, \left( 0 < x < \frac{\pi}{2} \right)$$

$$2) \frac{\sin x}{x} > \frac{2}{\pi}, \left( -\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2} \right)$$

$$3) \sin x > x - \frac{1}{6} x^3, (x > 0)$$

$$4) \cos x > 1 - \frac{1}{2} x^2, (x \neq 0)$$

$$5) \tan x > x + \frac{1}{3} x^3, \left( 0 < x < \frac{\pi}{2} \right)$$

### 1.4.3 含有指数、对数的不等式

$$1) e^x > 1 + x, (x \neq 0)$$

$$2) e^x < \frac{1}{1-x}, (x < 1, x \neq 0)$$

$$3) e^{-x} < 1 - \frac{x}{1+x}, (x > -1, x \neq 0)$$

$$4) \frac{x}{1+x} < \ln(1+x) < x, (x > -1, x \neq 0)$$

$$5) \ln x \leq x - 1, (x > 0)$$

$$6) \ln x \leq n(x^{\frac{1}{n}} - 1), (n > 0, x > 0)$$

$$7) (1+x)^a > 1+x^a, (a > 1, x > 0)$$

## 1.5 代数方程

### 1.5.1 一元方程的解

1) 一元一次方程  $ax + b = 0$ , 当  $a \neq 0$  时解为  $x = -\frac{b}{a}$

2) 一元二次方程  $ax^2 + bx + c = 0$  的解为

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, x_2 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

且有  $x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}, x_1 x_2 = \frac{c}{a}$

3) 一元三次方程  $x^3 - 1 = 0$  的解为

$$x_1 = 1, x_2 = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i, x_3 = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i, (i^2 = -1)$$

4) 一元三次方程  $x^3 + px + q = 0$  的解为

$$\begin{aligned} x_1 &= \sqrt[3]{t-s} + \sqrt[3]{t+s} \\ x_2 &= \omega \sqrt[3]{t+s} + \bar{\omega} \sqrt[3]{t-s} \\ x_3 &= \bar{\omega} \sqrt[3]{t+s} + \omega \sqrt[3]{t-s} \end{aligned}$$

式中  $t = -\frac{1}{2}q, s = \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}, \omega = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i, \bar{\omega} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$ 。且有  $x_1 + x_2 + x_3 = 0, \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} = -\frac{p}{q}, x_1 x_2 x_3 = -q$

5) 一元三次方程  $x^3 + mx^2 + nx + l = 0$  可经变换  $x = y - \frac{1}{3}m$  化为  $y^3 + py + q = 0$ , 求得解  $y_1, y_2, y_3$  后得

$$x_1 = y_1 - \frac{1}{3}m, x_2 = y_2 - \frac{1}{3}m, x_3 = y_3 - \frac{1}{3}m$$

6) 一元  $n$  次方程  $a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n = 0$  的解  $x_1, x_2, \dots, x_n$  与系数的关系是

$$x_1 + x_2 + \cdots + x_n = -\frac{a_1}{a_0}$$

$$x_1 x_2 + x_1 x_3 + \cdots + x_{n-1} x_n = \frac{a_2}{a_0}$$

$$x_1 x_2 x_3 + \cdots + x_{n-2} x_{n-1} x_n = -\frac{a_3}{a_0}$$

⋮

$$x_1 x_2 \cdots x_n = (-1)^n \frac{a_n}{a_0}$$

### 1.5.2 一次方程组的解

1) 二元一次方程组  $\begin{cases} a_1 x + b_1 y = c_1 \\ a_2 x + b_2 y = c_2 \end{cases}$  的解

当  $\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 b_2 - a_2 b_1 \neq 0$  时为

$$x_1 = \frac{\begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$$

$$x_2 = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$$

2) 三元一次方程组  $\begin{cases} a_1 x + b_1 y + c_1 z = d_1 \\ a_2 x + b_2 y + c_2 z = d_2 \\ a_3 x + b_3 y + c_3 z = d_3 \end{cases}$  的解

当  $D \neq 0$  时为

$$x = \frac{D_1}{D}, y = \frac{D_2}{D}, z = \frac{D_3}{D}$$

$$\text{式中 } D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}, \quad D_1 = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix},$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix}, \quad D_3 = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix}$$

## 1.6 级数

### 1.6.1 等差级数

$$a + (a+d) + (a+2d) + (a+3d) + \cdots + [a + (n-1)d] + \cdots$$

1) 通项公式  $a_n = a + (n-1)d$

2) 部分和  $S_n = na + \frac{n(n-1)}{2}d$

### 1.6.2 等比级数

$$a + aq + aq^2 + \cdots + aq^{n-1} + \cdots$$

1) 通项公式  $a_n = aq^{n-1}$

2) 部分和  $S_n = \frac{a(1-q^n)}{1-q}$

### 1.6.3 一些级数及其部分和

1)  $1+2+3+\cdots+n = (1/2)n(n+1)$

2)  $1^2+2^2+3^2+\cdots+n^2 = (1/6)n(n+1)(2n+1)$

3)  $1^4-2^4+3^4+\cdots+n^4 = [(1/2)n(n+1)]^2$

4)  $1^4+2^4+3^4+\cdots+n^4 = \frac{n^5}{5} + \frac{n^4}{2} + \frac{n^3}{3} - \frac{n}{30}$

5)  $1 \cdot 3 + 5 + \cdots + (2n-1) = n^2$

6)  $1^2+3^2+5^2+\cdots+(2n-1)^2 = (1/3)n(2n-1) \times (2n+1)$

7)  $1^4+3^4+\cdots+(2n-1)^4 = n^2(2n^2-1)$

8)  $\frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4} + \cdots + \frac{1}{n(n+1)(n+2)} =$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{(n+1)(n+2)} \right)$$

9)  $1 \cdot 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 \cdot 4 + \cdots + n(n+1)(n+2) = (1/4)n(n+1)(n+2)(n+3)$

### 1.6.4 一些特殊级数的和

1)  $1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \cdots = \frac{\pi}{4}$

2)  $1 - \frac{1}{5} + \frac{1}{7} - \frac{1}{11} + \frac{1}{13} - \cdots = \frac{\pi}{2\sqrt{3}}$

3)  $\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \cdots + \frac{1}{n^2} + \cdots = \frac{\pi^2}{6}$

4)  $\frac{1}{1^4} - \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} - \frac{1}{4^4} + \cdots = \frac{\pi^4}{96}$

5)  $\frac{1}{1 \cdot 3} + \frac{1}{3 \cdot 5} + \frac{1}{5 \cdot 7} + \cdots = \frac{1}{2}$

6)  $1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \cdots + \frac{1}{n!} + \cdots = e$

### 1.6.5 二项级数

$$(1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!}x^2 + \cdots + \frac{n(n-1)\cdots(n-k+1)}{k!}x^k + \cdots, |x| < 1$$

称为二项级数, 其中  $n$  为任意实数. 此式在  $x=1, n > -1$  及  $x=-1, n > 0$  的情况也成立.

1)  $\frac{1}{1 \pm x} = 1 \mp x + x^2 \mp x^3 + x^4 \mp x^5 + \cdots$

2)  $\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \frac{1}{16}x^3 - \frac{5}{128}x^4 +$

$$\frac{7}{256}x^5 - \frac{21}{1024}x^6 + \cdots$$

3)  $\frac{1}{\sqrt{1+x}} = 1 - \frac{1}{2}x + \frac{3}{8}x^2 - \frac{5}{16}x^3 + \frac{35}{128}x^4 -$

$$\frac{63}{256}x^5 + \frac{231}{1024}x^6 - \cdots$$

## 1.6.6 指数函数和对数函数的幂级数展开式

$$1) e^x = 1 + \frac{1}{1!}x + \frac{1}{2!}x^2 + \frac{1}{3!}x^3 + \dots, |x| < \infty$$

$$2) a^x = 1 + \frac{\ln a}{1!}x + \frac{(\ln a)^2}{2!}x^2 + \frac{(\ln a)^3}{3!}x^3 + \dots, |x| < \infty$$

$$3) \ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots, -1 < x \leq 1$$

$$4) \ln(1-x) = -x - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} - \dots, -1 \leq x < 1$$

$$5) \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right) = 2\left(x + \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} + \frac{x^7}{7} + \dots\right), |x| < 1$$

$$6) \frac{x}{e^x - 1} = 1 - \frac{x}{2} + \frac{1}{12}x^2 - \frac{1}{720}x^4 + \frac{1}{30240}x^6 - \dots + (-1)^{n-1} \frac{B_n}{(2n)!}x^{2n} + \dots$$

$|x| < 2\pi$ , 式中  $B_n$  为伯努利数,  $B_4 = \frac{1}{30}, B_6 =$

$$\frac{5}{66}, B_8 = \frac{691}{2730}, B_{10} = \frac{7}{6}, B_{12} = \frac{3617}{510}, B_{14} = \frac{43867}{798}, \dots$$

$$7) e^{ax} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{3x^4}{4!} - \frac{8x^5}{5!} - \frac{3x^6}{6!} + \frac{56x^7}{7!} + \dots, |x| < \infty$$

$$8) e^{\cos x} = e\left(1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{4x^4}{4!} - \frac{31x^6}{6!} + \dots\right), |x| < \infty$$

## 1.6.7 三角函数和反三角函数的幂级数展开式

$$1) \sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots + (-1)^{n-1} \frac{x^{2n-1}}{(2n-1)!} + \dots, |x| < \infty$$

$$2) \cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots + (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!} + \dots, |x| < \infty$$

$$3) \tan x = x + \frac{1}{3}x^3 + \frac{2}{15}x^5 + \frac{17}{315}x^7 + \dots + \frac{2^{2n}(2^{2n}-1)B_n}{(2n)!}x^{2n-1} + \dots, |x| < \frac{\pi}{2}$$

$$4) \cot x = \frac{1}{x} - \frac{1}{3}x - \frac{1}{45}x^3 - \frac{2}{945}x^5 - \dots - \frac{2^{2n}B_n}{(2n)!}x^{2n-1} - \dots, 0 < |x| < \pi,$$

式中  $B_n$  为伯努利数

$$5) \arcsin x = x + \frac{x^3}{2 \cdot 3} + \frac{1 \cdot 3x^5}{2 \cdot 4 \cdot 5} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5x^7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7} + \dots, |x| \leq 1$$

$$6) \arctan x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \frac{x^9}{9} - \dots, |x| \leq 1$$

## 1.6.8 双曲函数和反双曲函数的幂级数展开式

$$1) \operatorname{sh} x = x + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + \dots, |x| < \infty$$

$$2) \operatorname{ch} x = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \dots, |x| < \infty$$

$$3) \operatorname{th} x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2x^5}{15} - \dots + (-1)^{n-1} \times \frac{2^{2n}(2^{2n}-1)B_n}{(2n)!}x^{2n-1}, |x| < \frac{\pi}{2}$$

$$4) \operatorname{arsh} x = x - \frac{x^3}{2 \cdot 3} + \frac{1 \cdot 3x^5}{2 \cdot 4 \cdot 5} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5x^7}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7} + \dots, |x| < 1$$

$$5) \operatorname{arth} x = x + \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} + \dots, |x| < 1$$

## 1.7 傅立叶级数

$$1) \frac{\pi}{4} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(2k-1)x}{2k-1}, 0 < x < \pi$$

$$2) x = -\frac{\pi}{2} + \frac{4}{\pi} \left( \cos x + \frac{1}{3^2} \cos 3x + \frac{1}{5^2} \cos 5x + \dots \right), 0 < x < \pi$$

$$3) x = \frac{\pi}{2} - 2 \left( \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 4x}{4} + \frac{\sin 6x}{6} + \dots \right), 0 < x < \pi$$

$$4) x = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} \sin nx, -\pi < x < \pi$$

$$5) x^2 = \frac{\pi^2}{3} + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \cos nx, -\pi < x < \pi$$

$$6) x^2 = \left( 2\pi - \frac{8}{\pi} \right) \sin x - \pi \sin 2x + \left( \frac{2\pi}{3} - \frac{8}{3^3\pi} \right) \times \sin 3x - \frac{\pi}{2} \sin 4x + \dots, 0 \leq x < \pi$$

$$7) e^{ax} = \frac{e^{a\pi} - 1}{a\pi} + \frac{2a}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n e^{ax} - 1}{a^2 + n^2} \cos nx, 0 \leq x \leq \pi$$

$$8) e^{ax} = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left( 1 - (-1)^n e^{ax} \right) \frac{n}{a^2 + n^2} \sin nx, 0 < x < \pi$$

$$9) e^{ax} = \frac{2}{\pi} \operatorname{sh} a\pi \left\{ \frac{1}{2a} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{a^2 + n^2} \times [a \cos nx - n \sin nx] \right\}, -\pi < x < \pi, a \neq 0$$

$$10) \sin ax = \frac{2 \sin a\pi}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} n \sin nx}{n^2 - a^2}, -\pi < x < \pi, a \text{ 不是整数}$$

$$11) \cos ax = \frac{2}{\pi} \sin a\pi \left( \frac{1}{2a} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a \cos nx}{a^2 - n^2} \right),$$

$-\pi \leq x \leq \pi, a$  不是整数

$$12) \operatorname{sh} ax = \frac{2}{\pi} \operatorname{sh} a\pi \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{n}{a^2+n^2} \sin nx,$$

$-\pi < x < \pi$

$$13) \operatorname{ch} ax = \frac{2}{\pi} \operatorname{sh} a\pi \left( \frac{1}{2a} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \frac{a}{a^2+n^2} \cos nx \right), -\pi \leq x \leq \pi$$

## 1.8 行列式和矩阵

### 1.8.1 行列式

1)  $n$  阶行列式记为

$$D_n = |A| = \det A = \det (a_{ij}) = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

式中  $A$  为  $n$  阶方阵

$$2) \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = \sum_{j_1 j_2 \cdots j_n} (-1)^{\tau(j_1 j_2 \cdots j_n)} a_{1j_1} \times$$

$a_{2j_2} \cdots a_{nj_n}$

式中  $\tau(j_1 j_2 \cdots j_n)$  为排列  $j_1 j_2 \cdots j_n$  的逆序数,  $\sum_{j_1 j_2 \cdots j_n}$  表示

对  $n$  个元素的所有排列求和

3) 二阶行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$$

4) 三阶行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} -$$

$a_{13}a_{23}a_{31} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{11}a_{22}a_{33}$

5) 对角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} \cdots a_{nn}$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & \cdots & a_{1n} \\ 0 & 0 & a_{2,n-1} & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n2} & 0 & \cdots & 0 \end{vmatrix}$$

$$= (-1)^{\frac{n(n-1)}{2}} a_{1n}a_{2,n-1} \cdots a_{n2}$$

6) 上(下)三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1,n-1} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2,n-1} & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & a_{1n} \\ 0 & 0 & \cdots & a_{2,n-1} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{n,n-1} & a_{nn} \end{vmatrix}$$

$$= (-1)^{\frac{n(n-1)}{2}} a_{1n}a_{2,n-1} \cdots a_{n2}$$

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \\ a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} \cdots a_{nn}$$

7) 行列式按行(列)展开式

$$\det A = a_{11}A_{11} + a_{12}A_{12} + \cdots + a_{1n}A_{1n} = \sum_{k=1}^n a_{1k}A_{1k},$$

$(i = 1, 2, \cdots, n)$

$$\det A = a_{21}A_{21} + a_{22}A_{22} + \cdots + a_{2n}A_{2n} = \sum_{k=1}^n a_{2k}A_{2k},$$

$(j = 1, 2, \cdots, n)$

式中  $A_{ij}$  为  $a_{ij}$  的代数余子式

### 1.8.2 行列式的性质

1)  $\det A = \det A^T$ , 式中  $A^T$  表示  $A$  的转置

2)  $\det (A_1 A_2 \cdots A_n) = \det A_1 \det A_2 \cdots \det A_n$ , 式中  $A_1, A_2, A_n$  均为  $n$  阶方阵

3)  $\det (kA) = k^n \det A$ , 式中  $A$  为  $n$  阶方阵,  $k$  为任意复数

4) 互换行列式任意两行(列), 行列式变号。例如

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1k} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nk} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1k} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nk} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

5) 行列式的某一行(列)的所有元素都可以表示为两项之和时, 该行列式可用两个同阶行列式之和表示。

例如

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & (a_{1j} + a_{1j'}) & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & (a_{nj} + a_{nj'}) & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

$$- \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j'} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj'} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j''} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj''} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

6) 以数  $a$  乘行列式的某行(列), 等于将此行列式乘以数  $a$ 。例如

$$= a \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & aa_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & aa_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & aa_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

7) 如果行列式中有 一行(列)元素全为零, 则行列

式等于零

8) 如果行列式中有两行(列)对应元素相同或成比例, 则行列式等于零

9) 如果行列式中某行(列)元素是其他某些行(列)对应元素的线性组合, 则行列式等于零

10) 把行列式的某行(列)元素乘以数  $k$  后加到另一行(列)对应元素上, 行列式的值不变。例如

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} + ka_{1j} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2j} + ka_{2j} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} + ka_{nj} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

1.8.3 矩阵的运算(见表 1.3-1)

表 1.3-1 矩阵的运算及运算法则

运 算 式	法则及说明
<p>[相等] 两个 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A = (a_{ij}), B = (b_{ij})</math> 相等</p> $\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix}$ <p>当且仅当 <math>a_{ij} = b_{ij}, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)</math></p>	<p>相等的矩阵行数、列数分别相等, 对应元素相等, 记为 <math>A=B</math></p>
<p>[加减法] 两个 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A = (a_{ij}), B = (b_{ij})</math> 相加减仍为 <math>m \times n</math> 矩阵</p> $\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \pm \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ c_{m1} & \cdots & c_{mn} \end{bmatrix}$ <p>其中 <math>c_{ij} = a_{ij} \pm b_{ij}, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)</math></p>	<p>对应元素相加减  <math>A-B = B-A</math> (交换律)  <math>(A+B)+C = A+(B+C)</math> (结合律)</p>
<p>[乘数] 数 <math>k</math> 与 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A = (a_{ij})</math> 相乘仍为 <math>m \times n</math> 矩阵</p> $k \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ka_{11} & ka_{12} & \cdots & ka_{1n} \\ ka_{21} & ka_{22} & \cdots & ka_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ ka_{m1} & ka_{m2} & \cdots & ka_{mn} \end{bmatrix}$ <p>记为 <math>kA</math>, 或 <math>Ak</math></p>	<p>把 <math>k</math> 乘到 <math>A</math> 的每一个元素之上  <math>k(A+B) = kA+kB</math>  <math>(k+l)A = kA+lA</math>  <math>k(lA) = (kl)A</math>  <math>(k, l \text{ 为任意数})</math></p>
<p>[乘法] <math>m \times s</math> 矩阵 <math>A = (a_{ij})</math> 和 <math>s \times n</math> 矩阵 <math>B = (b_{ij})</math> 相乘为 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>C = (c_{ij})</math>, 记为 <math>AB=C</math>, 其中 <math>c_{ij} = \sum_{k=1}^s a_{ik}b_{kj}, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)</math></p>	<p>第一个矩阵的列数与第二个矩阵的行数相等时才可相乘  <math>(AB)C = A(BC)</math> (结合律)  <math>(A+B)C = AC+BC</math>  <math>C(A+B) = CA+CB</math> (分配律)  <math>k(AB) = (kA)B = A(kB)</math> (<math>k</math> 为任意数)          但 <math>AB</math> 与 <math>BA</math> 即使在都有意义时, 一般也不相等</p>

(续)

运 算 式	法则及说明
<p>〔转置〕 将 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A = (a_{ij})</math> 的行列互换而得的 <math>n \times m</math> 矩阵称为 <math>A</math> 的转置, 记为 <math>A'</math> 或 <math>A^T</math></p> $A' = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \cdots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22} & \cdots & a_{m2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1n} & a_{2n} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$	$(A+B)' = A' + B'$ $(kA)' = kA'$ ( $k$ 为任意数) $(AB)' = B'A'$ $(A')' = A$
<p>〔方阵的幂〕 <math>n</math> 阶方阵 <math>A</math> 的 <math>k</math> 次幂为 <math>k</math> 个 <math>A</math> 连乘 (<math>k</math> 为正整数), 记为 <math>A^k</math></p>	$A^k A^l = A^{k+l}$ $(A^k)' = A'^k$ $(A^k)^l = (A^l)^k$ $(k, l \text{ 为 } \mathbb{Z} \text{ 整数})$
<p>〔共轭〕 将 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A = (a_{ij})</math> 的所有元素换成其共轭复数所得矩阵 <math>(\bar{a}_{ij})</math>, 记为 <math>\bar{A}</math></p>	$\overline{(A+B)} = \bar{A} + \bar{B}$ $\overline{(kA)} = k\bar{A}$ $\overline{AB} = \bar{A}\bar{B}$ $\overline{(A')} = (\bar{A})'$ $(k \text{ 为任意复数})$
<p>〔导数〕 若 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A</math> 的元素 <math>a_{ij}</math> 均为 <math>x</math> 的函数, 则 <math>A</math> 的导数 <math>\frac{dA}{dx}</math> 仍为 <math>m \times n</math> 矩阵</p> $\frac{dA}{dx} = \begin{bmatrix} \frac{da_{11}}{dx} & \frac{da_{12}}{dx} & \cdots & \frac{da_{1n}}{dx} \\ \frac{da_{21}}{dx} & \frac{da_{22}}{dx} & \cdots & \frac{da_{2n}}{dx} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{da_{m1}}{dx} & \frac{da_{m2}}{dx} & \cdots & \frac{da_{mn}}{dx} \end{bmatrix}$	<p>可类似定义高阶导数</p> $\frac{d}{dx}(A+B) = \frac{dA}{dx} + \frac{dB}{dx}$ $\frac{d}{dx}(kA) = k \frac{dA}{dx}$ $\frac{d}{dx}(AB) = \frac{dA}{dx}B + A \frac{dB}{dx}$
<p>〔积分〕 若 <math>m \times n</math> 矩阵 <math>A</math> 的元素 <math>a_{ij}</math> 均为 <math>x</math> 的函数, 则 <math>A</math> 的积分 <math>\int A dx</math> 仍为 <math>m \times n</math> 矩阵</p> $\int A dx = \begin{bmatrix} \int a_{11} dx & \int a_{12} dx & \cdots & \int a_{1n} dx \\ \int a_{21} dx & \int a_{22} dx & \cdots & \int a_{2n} dx \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \int a_{m1} dx & \int a_{m2} dx & \cdots & \int a_{mn} dx \end{bmatrix}$	<p>可类似定义重积分</p>
<p>〔伴随矩阵〕 <math>n</math> 阶方阵 <math>A</math> 的伴随矩阵是由 <math>A</math> 的元素 <math>a_{ij}</math> 的代数余子式 <math>A_{ji}</math> 构成的 <math>n</math> 阶方阵, 记为 <math>A^*</math> 或 <math>\text{adj}A</math></p> $A^* = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}$	<p><math>A</math> 的第 <math>i</math> 行第 <math>j</math> 列元素的代数余子式在 <math>A^*</math> 中位于第 <math>j</math> 行第 <math>i</math> 列</p> $AA^* =  A I = A^*A$ $(AB)^* = B^*A^*$ $ A^*  =  A ^{n-1}$
<p>〔方阵的行列式〕 <math>n</math> 阶方阵 <math>A</math> 的行列式是由 <math>A</math> 的 <math>n^2</math> 个元素形成的 <math>n</math> 阶行列式 (元素的相对位置不变), 记为 <math> A </math> 或 <math>\det A</math></p>	$ AB  =  A  B $ $ A^m  =  A ^m$ $ kA  = k^n  A $ $(A, B \text{ 为 } n \text{ 阶方阵, } m \text{ 为正整数, } k \text{ 为常数})$
<p>〔逆矩阵〕 设 <math>n</math> 阶方阵 <math>A</math> 的行列式 <math> A  \neq 0</math>, 则 <math>A</math> 的逆矩阵 (记为 <math>A^{-1}</math>) 为</p> $A^{-1} = \frac{1}{ A } A^*$	$(A^{-1})^{-1} = A$ $(kA)^{-1} = \frac{1}{k} A^{-1}$ $(A')^{-1} = (A^{-1})'$ $(AB)^{-1} = B^{-1}A^{-1}$ $AA^{-1} = I$ $(A, B \text{ 为 } n \text{ 阶可逆方阵, } k \text{ 为非零常数})$



## 1.8.4 分块矩阵

1) 用与行、列平行的直线把矩阵  $A$  分成若干个小矩阵(记为  $A_{ij}$ , 称为子块), 以这些小矩阵做元素的矩阵称为分块矩阵

2) 设  $A = (a_{ij}), B = (b_{ij})$  均为  $m \times n$  矩阵且分块方式相同,  $k$  为任意常数, 则(以  $2 \times 2$  的分块矩阵为例)

$$A+B = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} A_{11}+B_{11} & A_{12}+B_{12} \\ A_{21}+B_{21} & A_{22}+B_{22} \end{pmatrix}$$

$$kA = k \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} kA_{11} & kA_{12} \\ kA_{21} & kA_{22} \end{pmatrix}$$

3) 设  $A$  为  $m \times s$  矩阵,  $B$  为  $s \times n$  矩阵。分块后,  $A$  为  $k \times l$  分块矩阵,  $B$  为  $l \times h$  分块矩阵, 且  $A$  的第  $i$  行各子块的列数与  $B$  的第  $j$  列各对应子块的行数相同, 则(以  $2 \times 2$  的分块矩阵为例)

$$AB = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} A_{11}B_{11}+A_{12}B_{21} & A_{11}B_{12}+A_{12}B_{22} \\ A_{21}B_{11}+A_{22}B_{21} & A_{21}B_{12}+A_{22}B_{22} \end{pmatrix}$$

4) 分块对角阵的逆矩阵 设  $A$  为  $n$  阶方阵且  $A^{-1}$  存在, 若  $A$  经分块成为

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & A_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & A_{kk} \end{pmatrix},$$

其中主对角线上的子块  $A_{ii}$  均为方阵, 其余子块均为零矩阵, 则  $A$  为分块对角阵,  $A$  的逆矩阵为

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} A_{11}^{-1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & A_{22}^{-1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & A_{kk}^{-1} \end{pmatrix}$$

$A$  的行列式为

$$|A| = |A_{11}| \cdot |A_{22}| \cdot \cdots \cdot |A_{kk}|$$

## 2 三角函数与双曲函数

## 2.1 三角函数

## 2.1.1 三角函数间的关系

$$1) \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$2) \sec^2 \alpha - \tan^2 \alpha = 1$$

$$3) \csc^2 \alpha - \cot^2 \alpha = 1$$

$$4) \tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$5) \cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$6) \tan \alpha = \frac{1}{\cot \alpha}$$

$$7) \sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$8) \csc \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$$

## 2.1.2 和差角公式

$$1) \sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta$$

$$2) \cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$3) \tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$$

$$4) \cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cot \beta \mp 1}{\cot \alpha \pm \cot \beta}$$

## 2.1.3 和差化积公式

$$1) \sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$2) \sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$3) \cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$4) \cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$5) \tan \alpha \pm \tan \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}$$

$$6) \cot \alpha \pm \cot \beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \sin \beta}$$

$$7) \sin^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha = \sin(\alpha + \beta) \sin(\alpha - \beta)$$

$$8) \cos^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha = \cos(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta)$$

$$9) \sin \alpha \pm \cos \alpha = \pm \sqrt{1 \pm \sin 2\alpha} = \sqrt{2} \sin \left( \alpha \pm \frac{\pi}{4} \right)$$

设  $a > 0, b > 0, c = \sqrt{a^2 + b^2}, A, B$  为正锐角,  $\tan A = \frac{a}{b}, \tan B = \frac{b}{a}$ , 则有

$$10) a \cos \alpha + b \sin \alpha = c \sin(A + \alpha) = c \cos(B - \alpha)$$

$$11) a \cos \alpha - b \sin \alpha = c \sin(A - \alpha) = c \cos(B + \alpha)$$

## 2.1.4 积化和差公式

$$1) \sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)$$

$$2) \cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)$$

$$3) \sin \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \sin(\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \sin(\alpha - \beta)$$

$$4) \tan \alpha \tan \beta = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{\cot \alpha + \cot \beta} = -\frac{\tan \alpha - \tan \beta}{\cot \alpha - \cot \beta}$$

$$5) \cot \alpha \cot \beta = \frac{\cot \alpha + \cot \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} = -\frac{\cot \alpha - \cot \beta}{\tan \alpha - \tan \beta}$$

## 2.1.5 倍角公式

$$1) \sin 2\theta = 2\sin\theta \cos\theta$$

$$2) \sin 3\theta = \sin\theta(3 - 4\sin^2\theta)$$

$$3) \sin 4\theta = \sin\theta \cos\theta(4 - 8\sin^2\theta)$$

$$4) \sin 5\theta = \sin\theta(5 - 20\sin^2\theta + 16\sin^4\theta)$$

$$5) \sin 6\theta = \sin\theta \cos\theta(6 - 32\sin^2\theta + 32\sin^4\theta)$$

$$6) \sin 7\theta = \sin\theta(7 - 56\sin^2\theta + 112\sin^4\theta - 64\sin^6\theta)$$

$$7) \cos 2\theta = 2\cos^2\theta - 1$$

$$8) \cos 3\theta = \cos\theta(4\cos^2\theta - 3)$$

$$9) \cos 4\theta = 8\cos^4\theta - 8\cos^2\theta + 1$$

$$10) \cos 5\theta = \cos\theta(16\cos^4\theta - 20\cos^2\theta + 5)$$

$$11) \cos 6\theta = 32\cos^6\theta - 48\cos^4\theta - 18\cos^2\theta - 1$$

$$12) \cos 7\theta = \cos\theta(64\cos^6\theta - 112\cos^4\theta + 56\cos^2\theta - 7)$$

$$13) \tan 2\theta = \frac{2\tan\theta}{1 - \tan^2\theta}$$

$$14) \tan 3\theta = \frac{3\tan\theta - \tan^3\theta}{1 - 3\tan^2\theta}$$

## 2.1.6 半角公式

$$1) \sin \frac{1}{2}\alpha = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{2}}$$

$$= \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 + \sin\alpha} \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 - \sin\alpha}$$

$$2) \cos \frac{1}{2}\alpha = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos\alpha}{2}}$$

$$= \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 + \sin\alpha} \mp \frac{1}{2} \sqrt{1 - \sin\alpha}$$

$$3) \tan \frac{1}{2}\alpha = \frac{\sin\alpha}{1 + \cos\alpha} = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{1 + \cos\alpha}}$$

$$4) \cot \frac{1}{2}\alpha = \frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha} = \frac{1 + \cos\alpha}{\sin\alpha} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos\alpha}{1 - \cos\alpha}}$$

$$5) \sec \frac{1}{2}\alpha = \pm \sqrt{\frac{2\sec\alpha}{\sec\alpha - 1}}$$

$$6) \csc \frac{1}{2}\alpha = \pm \sqrt{\frac{2\sec\alpha}{\sec\alpha - 1}}$$

## 2.1.7 正弦和余弦的幂

$$1) 2\sin^2\theta = 1 - \cos 2\theta$$

$$2) 4\sin^3\theta = 3\sin\theta - \sin 3\theta$$

$$3) 8\sin^4\theta = 3 - 4\cos 2\theta + \cos 4\theta$$

$$4) 16\sin^5\theta = 10\sin\theta - 5\sin 3\theta + \sin 5\theta$$

$$5) 32\sin^6\theta = 10 - 15\cos 2\theta + 6\cos 4\theta - \cos 6\theta$$

$$6) 64\sin^7\theta = 35\sin\theta - 21\sin 3\theta + 7\sin 5\theta - \sin 7\theta$$

$$7) 2\cos^2\theta = \cos 2\theta + 1$$

$$8) 4\cos^3\theta = \cos 3\theta + 3\cos\theta$$

$$9) 8\cos^4\theta = \cos 4\theta - 4\cos 2\theta + 3$$

$$10) 16\cos^5\theta = \cos 5\theta + 5\cos 3\theta + 10\cos\theta$$

$$11) 32\cos^6\theta = \cos 6\theta + 6\cos 4\theta + 15\cos 2\theta + 10$$

$$12) 64\cos^7\theta = \cos 7\theta + 7\cos 5\theta + 21\cos 3\theta + 35\cos\theta$$

## 2.1.8 三角形(见图 1.3-1)

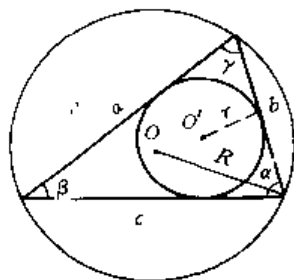


图 1.3-1 平面三角形计算简图

$$a - b + c = 2s$$

$$1) \text{内角和 } \alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

$$2) \text{正弦定理 } \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = 2R$$

$$3) \text{第一余弦定理}$$

$$a = c\cos\beta + b\cos\gamma$$

$$b = a\cos\gamma + c\cos\alpha$$

$$c = b\cos\alpha + a\cos\beta$$

$$4) \text{第二余弦定理}$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\alpha$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca\cos\beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$

$$5) \text{正切定理}$$

$$\frac{a-b}{a+b} = \frac{\tan \frac{1}{2}(\alpha-\beta)}{\tan \frac{1}{2}(\alpha+\beta)} = \frac{\sin\alpha - \sin\beta}{\sin\alpha + \sin\beta}$$

$$6) \text{半角公式}$$

$$\sin \frac{1}{2}\alpha = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$$

$$\cos \frac{1}{2}\alpha = \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}}$$

$$\tan \frac{1}{2}\alpha = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}}$$

$$7) \text{面积公式}$$

$$S = \frac{1}{2}bc\sin\alpha = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$8) \text{内切圆半径}$$

$$r = \frac{S}{s} = s \tan \frac{\alpha}{2} \tan \frac{\beta}{2} \tan \frac{\gamma}{2}$$

$$= \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}}$$

$$9) \text{外接圆半径}$$

$$R = \frac{abc}{4S} = \frac{abc}{4\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}}$$

## 2.2 反三角函数间的关系

$$1) \arcsin x + \arccos x = \frac{1}{2}\pi$$

$$2) \arctan x + \operatorname{arccot} x = \frac{1}{2}\pi$$

$$3) \arcsin x = \pm \arccos \sqrt{1-x^2} = \arctan(x/\sqrt{1-x^2})$$

正负与  $x$  相同

$$4) \arccos x = \arcsin \sqrt{1-x^2} = \arctan(\sqrt{1-x^2}/x), (x > 0)$$

$$5) \arccos x = \pi - \arcsin \sqrt{1-x^2}, (x < 0)$$

$$6) \arccos x = \pi + \arctan(\sqrt{1-x^2}/x), (x < 0)$$

$$7) \arctan x = \arcsin(x/\sqrt{1+x^2}) = \pm \arccos(1/\sqrt{1+x^2}) \text{ 正负与 } x \text{ 相同}$$

$$8) \arctan x = \operatorname{arccot}(1/x), (x > 0)$$

$$9) \arctan x = \operatorname{arccot}(1/x) - \pi, (x < 0)$$

$$10) \arcsin x \pm \arcsin y = \arcsin(x\sqrt{1-y^2} \pm y\sqrt{1-x^2})$$

$$11) -\frac{1}{2}\pi \leq \arcsin x \pm \arcsin y \leq \frac{1}{2}\pi$$

$$12) \arccos x \pm \arccos y = \arccos(xy \pm \sqrt{1-x^2}\sqrt{1-y^2})$$

$$13) 0 \leq \arccos x \pm \arccos y \leq \pi$$

$$14) \arctan x \pm \arctan y = \arctan \frac{x \pm y}{1 \mp xy}$$

$$15) -\frac{\pi}{2} < \arctan x \pm \arctan y < \frac{\pi}{2}$$

$$16) \arcsin(-x) = -\arcsin x$$

$$17) \arccos(-x) = \pi - \arccos x$$

$$18) \arctan(-x) = -\arctan x$$

$$19) \operatorname{arccot}(-x) = \pi - \operatorname{arccot} x$$

## 2.3 双曲函数

### 2.3.1 双曲函数间的关系

$$1) \operatorname{ch}^2 x - \operatorname{sh}^2 x = 1$$

$$2) \operatorname{ch} x + \operatorname{sh} x = e^x$$

$$3) \operatorname{ch} x - \operatorname{sh} x = e^{-x}$$

$$4) \operatorname{sh}(-x) = -\operatorname{sh} x$$

$$5) \operatorname{ch}(-x) = \operatorname{ch} x$$

$$6) \operatorname{th}(-x) = -\operatorname{th} x$$

$$7) \operatorname{sh}(x \pm y) = \operatorname{sh} x \operatorname{ch} y \pm \operatorname{ch} x \operatorname{sh} y$$

$$8) \operatorname{ch}(x \pm y) = \operatorname{ch} x \operatorname{ch} y \pm \operatorname{sh} x \operatorname{sh} y$$

$$9) \operatorname{th}(x \pm y) = \frac{\operatorname{th} x \pm \operatorname{th} y}{1 \pm \operatorname{th} x \operatorname{th} y}$$

### 2.3.2 反双曲函数的对数表达式

$$1) \operatorname{arsh} x = \ln(x + \sqrt{x^2 + 1})$$

$$2) \operatorname{arch} x = \pm \ln(x + \sqrt{x^2 - 1}), x \geq 1$$

$$3) \operatorname{arth} x = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x}, |x| < 1$$

### 2.3.3 双曲函数和三角函数的关系

$$1) \sin ix = i \operatorname{sh} x$$

$$2) \operatorname{sh} ix = i \sin x$$

$$3) \cos ix = \operatorname{ch} x$$

$$4) \operatorname{ch} ix = \cos x$$

$$5) \tan ix = i \operatorname{th} x$$

$$6) \operatorname{th} ix = -\tan x$$

$$7) \sin(x \pm iy) = \sin x \operatorname{ch} y \pm i \cos x \operatorname{sh} y$$

$$8) \cos(x \pm iy) = \cos x \operatorname{ch} y \mp i \sin x \operatorname{sh} y$$

$$9) \tan(x \pm iy) = \frac{\sin 2x \pm i \operatorname{sh} 2y}{\cos 2x + \operatorname{ch} 2y}$$

以上各式中  $i = \sqrt{-1}$

## 3 微分

### 3.1 特殊极限值

设  $n$  为正整数,  $x, y$  为任意实数。

$$1) \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a} = 1, (a > 0)$$

$$2) \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{n} = 1$$

$$3) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

$$4) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan x}{x} = 1$$

$$5) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = e, (e = 2.718\ 281\ 828\ 459 \dots)$$

$$6) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{n}\right)^n = e^x$$

$$7) \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$$

$$8) \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{y}{x}\right)^x = e^y$$

$$9) \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} - \ln n\right) = \gamma, (\gamma = 0.577\ 215\ 664\ 9 \dots)$$

$$10) \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n!}{n^n e^{-n} \sqrt{n}} = \sqrt{2\pi} \quad (\text{斯特林公式})$$

$$11) \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ \frac{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot \dots \cdot (2n)}{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-1)} \right\}^2 \frac{1}{2n+1} = \frac{\pi}{2}$$

(瓦利斯基公式)

### 3.2 导数

#### 3.2.1 导数符号

1)  $y=f(x)$ 的导数

$$y' = f'(x) = \frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

2)  $y=f(x)$ 的  $n$  阶导数

$$y^{(n)} = f^{(n)}(x) = \frac{d^n y}{dx^n} = \frac{d}{dx} \left( \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} \right), (n=2, 3, \dots)$$

3)  $z=f(x, y)$ 的偏导数

$$\frac{\partial z}{\partial x} = f_x(x, y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x, y) - f(x, y)}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = f_y(x, y) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{f(x, y+\Delta y) - f(x, y)}{\Delta y}$$

4)  $z=f(x, y)$ 的二阶偏导数

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right) = f_{xx}(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right) = f_{yy}(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y \partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial z}{\partial x} \right) = f_{yx}(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right) = f_{xy}(x, y)$$

#### 3.2.2 求导法则

设  $u, v, w, \dots$  为  $x$  的函数,  $a$  为常数

1)  $\frac{d}{dx}(u+v) = \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dx}$

2)  $\frac{d}{dx}(au) = a \frac{du}{dx}$

3)  $\frac{d}{dx}(uv) = \frac{du}{dx}v + u \frac{dv}{dx}$

4)  $\frac{d}{dx}(uvw \dots) = (uvw \dots) \times \left( \frac{1}{u} \frac{du}{dx} + \frac{1}{v} \frac{dv}{dx} + \frac{1}{w} \frac{dw}{dx} + \dots \right)$

5)  $\frac{d}{dx} \left( \frac{u}{v} \right) = \frac{v \frac{du}{dx} - u \frac{dv}{dx}}{v^2}$

6) 幂指函数的导数

$$\frac{d}{dx} u^v = u^v \left( \ln u \frac{dv}{dx} + \frac{v}{u} \frac{du}{dx} \right)$$

7) 乘积的高阶导数

$$\frac{d^n (uv)}{dx^n} = \frac{d^n u}{dx^n} v + C_n^1 \frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}} \frac{dv}{dx} + C_n^2 \frac{d^{n-2} u}{dx^{n-2}} \frac{d^2 v}{dx^2} + \dots +$$

$u \frac{d^n v}{dx^n}$ , 式中  $C_n^r$  为组合数

8) 复合函数的导数 当  $y=f(z), z=g(x)$  时, 则

有  $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dz} \frac{dz}{dx} = f'(z) g'(x)$

9) 反函数的导数 当  $y=f(x), x=\phi(y)$  时, 则有

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{dx/dy} \cdot f'(x) = \frac{1}{\phi'(y)}$$

10) 参数方程确定的函数的导数 当  $x=\phi(t), y$

$=\psi(t)$  时, 则有  $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dt} \cdot \frac{dt}{dx} = \frac{\psi'(t)}{\phi'(t)}$

#### 3.2.3 基本导数公式(见表 1.3-2)

表 1.3-2 基本导数公式

$f(x)$	$f'(x)$	$f(x)$	$f'(x)$	$f(x)$	$f'(x)$
$C$	0	$\cos x$	$-\sin x$	$\operatorname{arsh} x$	$\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$
$x^m$	$m x^{m-1}$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$	$\operatorname{arch} x$	$\frac{1}{\sqrt{x^2-1}}$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$	$\tan x$	$\sec^2 x$
$\sqrt{x}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$	$\arctan x$	$\frac{1}{1+x^2}$	$\cot x$	$-\operatorname{csc}^2 x$
$a^x$	$a^x \ln a$	$\operatorname{arccot} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$	$\sec x$	$\sec x \tan x$
$e^x$	$e^x$	$\operatorname{arcsec} x$	$\frac{1}{x \sqrt{x^2-1}}$	$\csc x$	$-\operatorname{csc} x \cot x$
$\log_a x$	$\frac{1}{x \ln a}$	$\operatorname{arccsc} x$	$\frac{1}{x \sqrt{x^2-1}}$	$\operatorname{arth} x$	$\frac{1}{1-x^2}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$	$\ln(\sin x)$	$\cot x$
$\lg x$	$\frac{1}{x} \lg e$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{sh} x$	$\ln(\cos x)$	$-\tan x$
$\sin x$	$\cos x$	$\operatorname{th} x$	$\frac{1}{\operatorname{ch}^2 x}$	$\ln(\tan x)$	$2 \operatorname{csc} 2x$

3.2.4 简单函数的高阶导数公式(见表 1.3-3)

表 1.3-3 简单函数的高阶导数公式

$f(x)$	$f^{(n)}(x)$	$f(x)$	$f^{(n)}(x)$
$x^\mu$	$\mu(\mu-1)(\mu-2)\cdots(\mu-n+1)x^{\mu-n}, \mu$ 为实数	$\sin x$	$\sin\left(x + \frac{n\pi}{2}\right)$
$x^m$	$m(m-1)(m-2)\cdots(m-n+1)x^{m-n}, m$ 为整数	$\cos x$	$\cos\left(x + \frac{n\pi}{2}\right)$
	$\forall n > m$ 时, $f^{(n)}(x) = 0$	$\sin mx$	$m^n \sin\left(mx + \frac{n\pi}{2}\right)$
$e^x$	$e^x$	$\cos mx$	$m^n \cos\left(mx + \frac{n\pi}{2}\right)$
$e^{mx}$	$m^n e^{mx}$	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{sh} x (n$ 为偶数), $\operatorname{ch} x (n$ 为奇数)
$a^x$	$a^x (\ln a)^n (a > 0)$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{ch} x (n$ 为偶数), $\operatorname{sh} x (n$ 为奇数)
$\ln x$	$(-1)^{n-1} (n-1)! \frac{1}{x^n}$		

3.3 泰勒公式和马克劳林公式

1) 泰勒公式

如果  $f(x)$  在包含  $a$  的开区间  $I$  内有直到  $n+1$  阶导数, 则对任意的  $x \in I$ , 有

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{1}{2!} f''(a)(x-a)^2 + \cdots + \frac{1}{n!} f^{(n)}(a)(x-a)^n + R_n(x)$$

式中  $R_n(x) = \frac{1}{(n+1)!} f^{(n+1)}[a + \theta(x-a)](x-a)^{n+1},$

$(0 < \theta < 1)$

2) 马克劳林公式

在泰勒公式中, 取  $a=0$  有

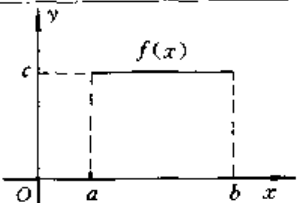
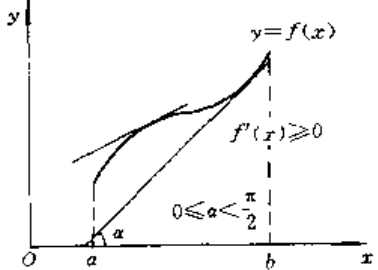
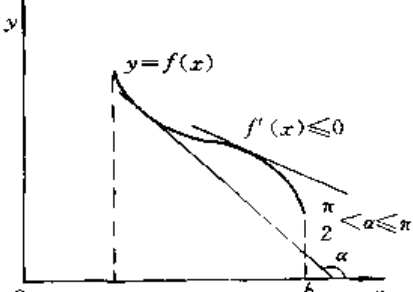
$$f(x) = f(0) + f'(0)x + \frac{1}{2!} f''(0)x^2 + \cdots +$$

$$\frac{1}{n!} f^{(n)}(0)x^n + R_n(x),$$

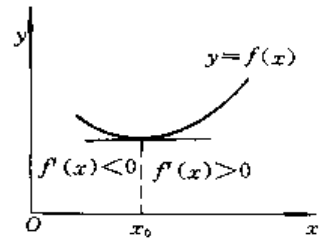
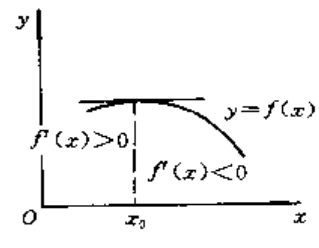
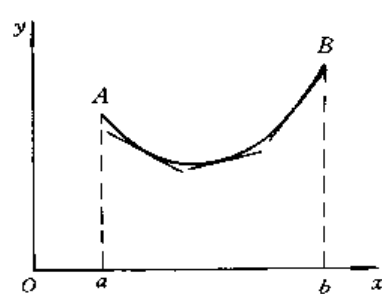
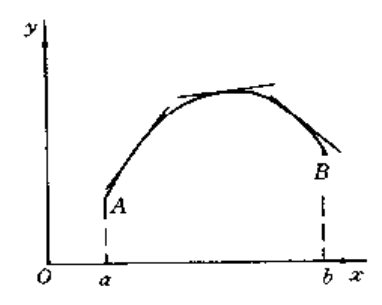
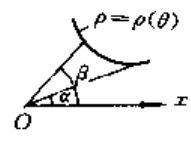
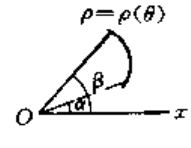
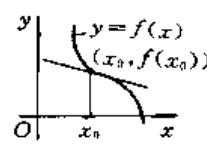
式中  $R_n(x) = \frac{1}{(n+1)!} f^{(n+1)}(\theta x)x^{n+1}, (0 < \theta < 1)$

3.4 曲线性状的导数特征(见表 1.3-4)

表 1.3-4 曲线性状的导数特征

性 状	图 形	导数特征
$y=f(x)$ 在 $[a, b]$ 上为常数		$f'(x) = 0,$ $x \in [a, b]$
$y=f(x)$ 在 $[a, b]$ 上单调增加		$f'(x) \geq 0$ $x \in (a, b)$
$y=f(x)$ 在 $[a, b]$ 上单调减少		$f'(x) \leq 0,$ $x \in (a, b)$

(续)

性 状	图 形	导数特征
$y=f(x)$ 在 $x=x_0$ 处有极小值		$f'(x_0)=0$ (或不存在) (1)当 $x$ 渐增地通过 $x_0$ 时, $f'(x)$ 由负变正 或(2) $f''(x_0)>0$
$y=f(x)$ 在 $x=x_0$ 处有极大值		$f'(x_0)=0$ (或不存在) (1)当 $x$ 渐增地通过 $x_0$ 时, $f'(x)$ 由正变负 或(2) $f''(x_0)<0$
曲线 $y=f(x)$ 在 $[a, b]$ 上向上凹		$f''(x)>0$ $x \in (a, b)$
曲线 $y=f(x)$ 在 $[a, b]$ 上向上凸		$f''(x)<0$ , $x \in (a, b)$
曲线 $\rho=\rho(\theta)$ 在 $(\alpha, \beta)$ 上向外凹		$\rho^2-2\rho'^2-\rho\rho''<0$ , $\theta \in (\alpha, \beta)$
曲线 $\rho=\rho(\theta)$ 在 $(\alpha, \beta)$ 上向外凸		$\rho^2+2\rho'^2-\rho\rho''>0$ , $\theta \in (\alpha, \beta)$
$(x_0, f(x_0))$ 为曲线 $y=f(x)$ 的拐点		$f''(x_0)=0$ (或不存在), 当 $x$ 渐增地通过 $x_0$ 时, $f''(x)$ 变号

3.5 曲率和曲率中心

设  $k$  为曲线的曲率,  $(x_0, y_0)$  为曲率中心,  $R = \frac{1}{k}$

为曲率半径。则有

1) 曲线方程为  $y = f(x)$  时,  $k = \frac{y''}{(1+y'^2)^{3/2}}$ ,

$$x_0 = x - \frac{y'(1+y'^2)}{y''}, y_0 = y - \frac{1+y'^2}{y''}$$

2) 曲线方程为  $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases}$  时,  $k = \frac{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}$ ,

$$x_0 = x - \frac{\dot{y}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)}{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}, y_0 = y + \frac{\dot{x}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)}{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}$$

3) 曲线方程为  $\rho = \rho(\theta)$  时,  $k = \frac{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''}{(\rho^2 \pm \rho'^2)^{3/2}}$ ,

$$x_0 = \rho \cos \theta - \frac{(\rho^2 + \rho'^2)(\rho \cos \theta + \rho' \sin \theta)}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''}, y_0 = \rho \sin \theta - \frac{(\rho^2 + \rho'^2)(\rho \sin \theta - \rho' \cos \theta)}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''}$$

3.6 曲线的切线和法线(见表 1.3-5)

表 1.3-5 切线和法线方程

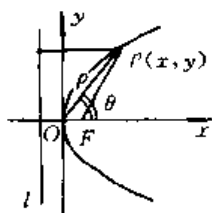
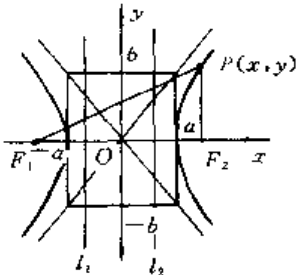
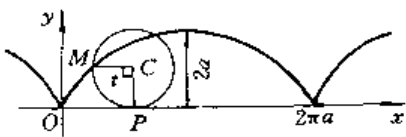
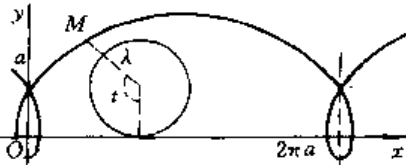
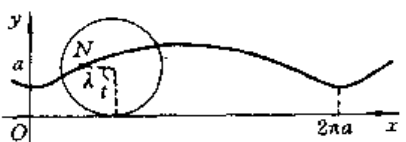
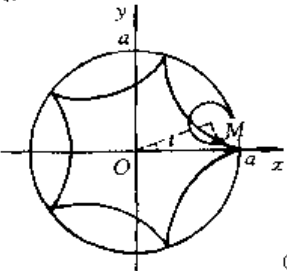
曲线方程	切点	切线和法线方程
$y = f(x)$	$(x_0, f(x_0))$	$y - f(x_0) = f'(x_0)(x - x_0)$ (切线) $y \cdot f(x_0) = -\frac{1}{f'(x_0)}(x - x_0)$ (法线)
$\begin{cases} x = \varphi(t) \\ y = \psi(t) \end{cases}$	$(x_0, y_0)$ 其中, $x_0 = \varphi(t_0)$ , $y_0 = \psi(t_0)$	$\frac{x - x_0}{\varphi'(t_0)} = \frac{y - y_0}{\psi'(t_0)}$ (切线) $\varphi'(t_0)(x - x_0) + \psi'(t_0)(y - y_0) = 0$ (法线)
$F(x, y) = 0$	$(x_0, y_0)$ $F(x_0, y_0) = 0$	$F'_x(x_0, y_0)(x - x_0) - F'_y(x_0, y_0)(y - y_0) = 0$ (切线) $F'_y(x_0, y_0)(x - x_0) - F'_x(x_0, y_0)(y - y_0) = 0$ (法线)
$\rho = \rho(\theta)$	$(\rho_0, \theta_0)$	$\rho = \frac{\rho_0^2}{\rho_0 \cos(\theta - \theta_0) - \rho'(\theta_0) \sin(\theta - \theta_0)}$ (切线) $\rho = \frac{\rho_0 \rho'(\theta_0)}{\rho'(\theta_0) \cos(\theta - \theta_0) + \rho_0 \sin(\theta - \theta_0)}$ (法线)

3.7 常用曲线(见表 1.3-6)

表 1.3-6 常用曲线

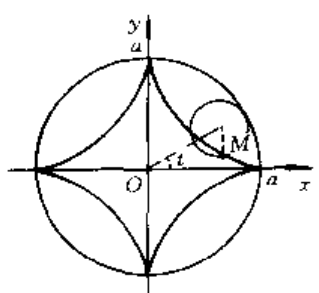
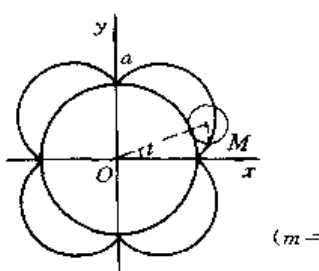
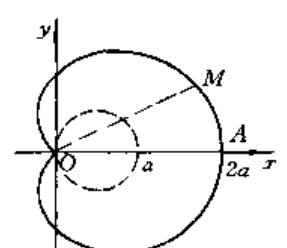
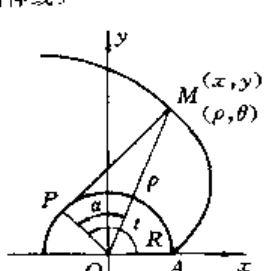
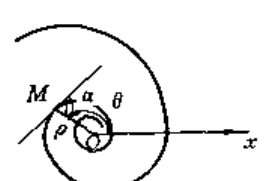
曲线名称和图形	曲线方程	说 明
<p>[圆]</p>	<p>直角坐标方程</p> $(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = a + R \cos t \\ y = b + R \sin t \end{cases} \quad (0 \leq t < 2\pi)$ <p>极坐标方程</p> $\rho^2 - 2\rho\rho_0 \cos(\theta - \theta_0) + \rho_0^2 = R^2$	<p>是与定点 <math>(a, b)</math> 的距离等于定长 <math>R</math> 的点的轨迹</p> <p>圆心 <math>(a, b)</math>, <math>(\rho_0, \theta_0)</math>, 半径 <math>R</math>, 曲率半径 <math>R</math></p>
<p>[椭圆]</p>	<p>直角坐标方程</p> $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = a \cos t \\ y = b \sin t \end{cases} \quad (0 \leq t < 2\pi)$ <p>极坐标方程</p> $\rho^2 = \frac{b^2}{1 - e^2 \cos^2 \theta}$	<p>是与定点 <math>F_1(-c, 0), F_2(c, 0)</math> 的距离之和等于常数 <math>2a</math> 的点的轨迹, <math>F_1, F_2</math> 称为焦点</p> <p>长轴 <math>2a</math>, 短轴 <math>2b</math>, 焦距 <math>2c</math>,</p> <p>离心率 <math>e = \frac{c}{a} &lt; 1</math>,</p> <p>准线 <math>x = -\frac{a}{e}, x = \frac{a}{e}</math>,</p> <p>曲率半径 <math>a^2 b^2 \left( \frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{3/2}</math></p>

(续)

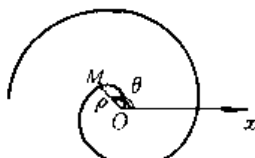
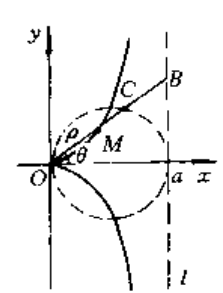
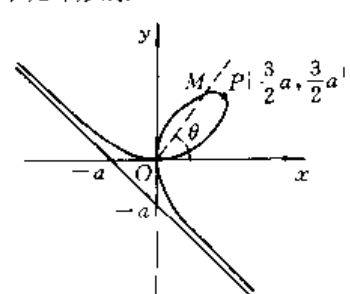
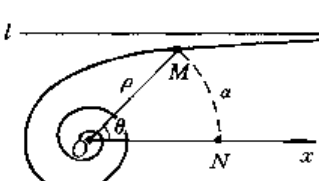
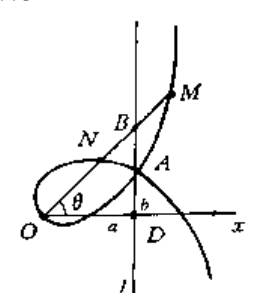
曲线名称和图形	曲线方程	说明
<p>[抛物线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $y^2 = 2px, (p > 0)$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = 2pt^2 \\ y = 2pt \end{cases} \quad (-\infty < t < +\infty)$ <p>极坐标方程</p> $\rho = \frac{2pcos\theta}{1 - cos^2\theta}$	<p>是与定点 <math>F(\frac{p}{2}, 0)</math>, 定直线 <math>l: x = -\frac{p}{2}</math> 距离相等的点的轨迹, <math>F</math> 称为焦点, <math>l</math> 称为准线, <math>p</math> 称为焦参数, 曲率半径 <math>\frac{1}{\sqrt{p}}(p - 2x)^{\frac{3}{2}}</math></p>
<p>[双曲线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = a \cosh t \\ y = b \sinh t \end{cases} \quad (-\infty < t < +\infty)$ <p>极坐标方程</p> $\rho^2 = \frac{-b^2}{1 - e^2 \cos^2 \theta}$	<p>是到定点 <math>F_1(-c, 0), F_2(c, 0)</math> 距离之差为常数 <math>2a</math> 的点的轨迹, <math>F_1, F_2</math> 称为焦点                      实轴 <math>2a</math>, 虚轴 <math>2b</math>, 焦距 <math>2c</math>, 离心率 <math>e = \frac{c}{a} &gt; 1</math>, 准线 <math>x = -\frac{a}{e}, x = \frac{a}{e}</math>, 曲率半径 <math>a^2 b^2 \left( \frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{\frac{3}{2}}</math></p>
<p>[摆线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $r + \sqrt{y(2a - y)} = a \operatorname{Arccos} \left( 1 - \frac{y}{a} \right)$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = a(t - \sin t) \\ y = a(1 - \cos t) \end{cases} \quad (-\infty < t < +\infty)$	<p>是半径为 <math>a</math> 的圆沿直线滚动时, 圆周上一点的轨迹                      周期 <math>2\pi a</math>, 一拱长 <math>8a</math>, 一拱与直线所围面积 <math>3\pi a^2</math>, 曲率半径 <math>4a \sin \frac{t}{2}</math></p>
<p>[长幅摆线]</p> 	<p>参数方程</p> $\begin{cases} x = at - \lambda \sin t \\ y = a - \lambda \cos t \end{cases}, (\lambda > a) \quad (-\infty < t < +\infty)$	<p>是半径为 <math>a</math> 的圆沿直线滚动时, 圆外一点(距圆心 <math>\lambda</math>)的轨迹                      周期 <math>2\pi a</math>, 曲率半径 <math>\frac{(a^2 + \lambda^2 - 2a\lambda \cos t)^{\frac{3}{2}}}{\lambda(a \cos t - \lambda)}</math></p>
<p>[短幅摆线]</p> 	<p>参数方程</p> $\begin{cases} x = at - \lambda \sin t \\ y = a - \lambda \cos t \end{cases}, (\lambda < a) \quad (-\infty < t < +\infty)$	<p>是半径为 <math>a</math> 的圆沿直线滚动时, 圆内一点(距圆心 <math>\lambda</math>)的轨迹                      周期 <math>2\pi a</math>, 曲率半径 <math>\frac{(a^2 - \lambda^2 - 2a\lambda \cos t)^{\frac{3}{2}}}{\lambda(a \cos t - \lambda)}</math></p>
<p>[内摆线]</p>  <p style="text-align: right;">(<math>m=5</math>)</p>	<p>参数方程</p> $\begin{cases} x = (a-b)\cos t + b \cos \left( \frac{a}{b} - 1 \right) t \\ y = (a-b)\sin t - b \sin \left( \frac{a}{b} - 1 \right) t \end{cases}$	<p>是半径为 <math>b</math> 的圆在半径为 <math>a</math> 的圆内滚动时, 动圆圆周上一点的轨迹, (<math>b &lt; a</math>), 曲线形状由 <math>m = \frac{a}{b}</math> 的值确定                      曲率半径 <math>\frac{4b(a-b)}{a-2b} \sin \frac{a\theta}{2b}</math>, (<math>\theta</math> 为曲线上的点与原点连线和 <math>x</math> 轴的夹角)</p>



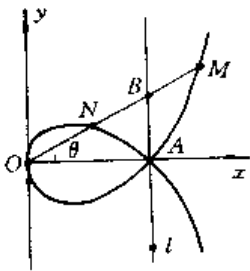
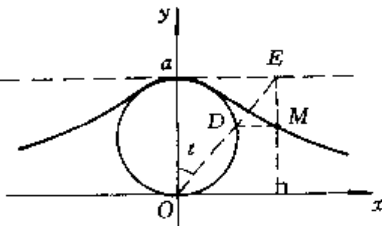
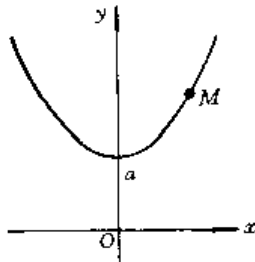
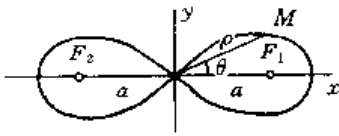
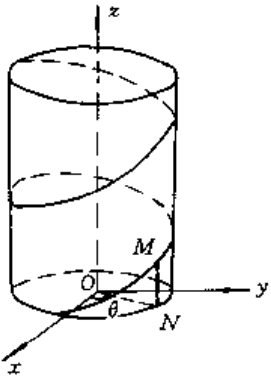
(续)

曲线名称和图形	曲线方程	说 明
<p>[星形线]</p> 	<p>直角坐标方程  <math>x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}}</math></p> <p>参数方程  <math display="block">\begin{cases} x = a \cos^3 t \\ y = a \sin^3 t \end{cases} \quad (0 \leq t &lt; 2\pi)</math></p>	<p>是 <math>m = \frac{a}{b} = 4</math> 时的内摆线, 全长 <math>6a</math>,                      面积 <math>\frac{3}{8} \pi a^2</math></p>
<p>[外摆线]</p>  <p>(<math>m=4</math>)</p>	<p>参数方程  <math display="block">\begin{cases} x = (a+b)\cos t - b\cos\left(\frac{a}{b}+1\right)t \\ y = (a-b)\sin t - b\sin\left(\frac{a}{b}+1\right)t \end{cases}</math></p>	<p>是半径为 <math>b</math> 的圆在半径为 <math>a</math> 的圆外滚动时, 动圆圆周上一点的轨迹, 曲线形状由 <math>m = \frac{a}{b}</math> 的值确定                      曲率半径 <math>\frac{4b(a+b)}{a+2b} \sin \frac{a\theta}{2b}</math>, (<math>\theta</math> 为曲线上的点与原点连线和 <math>x</math> 轴的夹角)</p>
<p>[心形线]</p> 	<p>直角坐标方程  <math>(x^2 + y^2)^2 - 2ax(x^2 + y^2) = a^2 y^2</math></p> <p>参数方程  <math display="block">\begin{cases} x = a \cos t (1 + \cos t) \\ y = a \sin t (1 + \cos t) \end{cases} \quad (0 \leq t &lt; 2\pi)</math></p> <p>极坐标方程  <math>\rho = a(1 + \cos \theta)</math></p>	<p>是 <math>m = \frac{a}{b} = 1</math> 时的外摆线, 全长 <math>8a</math>,                      面积 <math>\frac{3}{2} \pi a^2</math></p>
<p>[圆的渐伸线]</p> 	<p>参数方程  <math display="block">\begin{cases} x = R(\cos t - t \sin t) \\ y = R(\sin t + t \cos t) \end{cases}</math></p> <p>极坐标方程  <math display="block">\begin{cases} \rho = \frac{R}{\cos \alpha} \\ \theta = \tan \alpha - \alpha \end{cases}</math></p>	<p>是缠绕在半径为 <math>R</math> 的圆(基圆)上的无伸缩的细线解开时, 细线端点的轨迹, 细线称为发生线                      参数 <math>t = \alpha + \theta</math>, 渐伸线上任一点的法线是基圆的切线                      曲率半径 <math>Rt</math></p>
<p>[对数螺线]</p> 	<p>极坐标方程  <math>\rho = ae^{k\theta}</math></p>	<p>曲线上任一点处的切线与该点极半径夹角为常数 <math>\arctan \frac{1}{k}</math>                      过极点的任一射线被曲线分成的各线段的长成等比数列, 公比为 <math>e^{2k\pi}</math>, 曲率半径 <math>\sqrt{1+k^2} \rho</math>, 曲线上任意两点间的弧长为  <math display="block">\frac{\sqrt{1+k^2}}{k} (\rho_2 - \rho_1)</math></p>

(续)

曲线名称和图形	曲线方程	说 明
<p>[阿基米德螺线]</p> 	<p>极坐标方程</p> $\rho = a\theta \quad \left( a = \frac{r}{\omega} \right)$	<p>是一绕极点以常角速度 <math>\omega</math> 转动的射线上以常速 <math>v</math> 运动的点的轨迹, 过极点的射线被曲线分成的各线段之长相等等: <math>2\pi a</math></p> <p>曲率半径 <math>\frac{a(\theta^2 + 1)^{\frac{3}{2}}}{\theta^2 + 2}</math></p> <p>极点到曲线上任一点的弧长为</p> $\frac{a}{2} (\theta \sqrt{\theta^2 + 1} + \operatorname{arsh} \theta)$
<p>[蔓叶线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $y^2 = \frac{x^3}{a-x}$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = \frac{at^2}{1+t^2} \\ y = \frac{at^3}{1+t^2} \end{cases}$ <p>极坐标方程</p> $\rho = \frac{a \sin^2 \theta}{\cos \theta}$	<p>过 O 作射线交切线 <math>l</math> 于 B, 交圆于 C, 在射线上截取 <math>OM = CB</math>, 则 M 的轨迹即为该曲线</p> <p>渐近线 <math>x = a</math>, 曲线与渐近线之间的面积为 <math>\frac{3}{4}\pi a^2</math>, 参数 <math>t = \tan \theta</math></p>
<p>[笛卡儿叶形线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $x^3 - y^3 = 3axy$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x = \frac{3at}{1+t^3} \\ y = \frac{3at^2}{1+t^3} \end{cases} \quad (t = \tan \theta)$	<p>是圆锥曲线束 <math>x^2 + \lambda y^2 = 3ay</math> 和直线束 <math>y = \lambda x</math> 对于同一 <math>\lambda</math> 值的圆锥曲线和直线交点的轨迹</p> <p>顶点坐标 <math>\left( \frac{3a}{2}, \frac{3a}{2} \right)</math>, 渐近线 <math>x - y + a = 0</math>, 曲线与渐近线之间的面积 <math>\frac{3a^2}{2}</math>, 圈套面积 <math>\frac{3a^2}{2}</math></p>
<p>[双曲螺线]</p> 	<p>极坐标方程</p> $\rho = \frac{a}{\theta}$	<p>曲线上任一点 <math>M(\rho, \theta)</math> 绕极点旋转 <math>\theta</math> 角所经过的弧长均等于常数 <math>a</math></p> <p>渐近线 <math>y = a</math>, 曲率半径 <math>\frac{a}{\theta}</math></p> $\left( \frac{\sqrt{1 + \theta^2}}{\theta} \right)^2$ , 曲线由关于 $y$ 轴对称的两支组成
<p>[斜环索线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $(x^2 - y^2)(x - 2a) - (a^2 - b^2)x + 2aby = 0$ <p>极坐标方程</p> $\rho = \frac{a}{\cos \theta} + a \tan \theta - b$	<p>设 <math>l</math> 为定直线, <math>A</math> 为其上定点, <math>O</math> 为其外的定点, 过 <math>O</math> 的射线与 <math>l</math> 交于 <math>B</math>, 在 <math>OB</math> 上 <math>B</math> 的两侧各取点 <math>M, N</math>, 使 <math>BM = BN = BA</math>, 这样的点 <math>M, N</math> 的轨迹</p> <p><math>a = OD,  b  = AD</math> (<math>A</math> 在极轴上方, <math>b &gt; 0</math>, 在极轴下方 <math>b &lt; 0</math>, 在极轴上 <math>b = 0</math>)</p>

(续)

曲线名称和图形	曲线方程	说 明
<p>[环索线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $(x^2+y^2)(x-a)^2=a^2y^2 \quad (\text{以 } O \text{ 为原点})$ $y^2=x^2 \frac{a+x}{a-x} \quad (\text{以 } A \text{ 为原点})$ <p>极坐标方程</p> $\rho=a \frac{1+\sin\theta}{\cos\theta} \quad (\text{以 } O \text{ 为极点})$	<p>是 OA 垂直于定直线 l 时的斜环索线, 渐近线 <math>x=2a</math> (以 O 为原点)</p> <p>曲线与渐近线之间的面积 <math>2a^2 + \frac{1}{2}\pi a^2</math>, 圈套面积 <math>2a^2 - \frac{1}{2}\pi a^2</math></p>
<p>[箕舌线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $y=\frac{a^4}{x^2+a^2}$ <p>参数方程</p> $\begin{cases} x=atant \\ y=a\cos^2t \end{cases} \quad \left( \frac{\pi}{2} < t < \frac{\pi}{2} \right)$	<p>从原点 O 作射线交圆 <math>x^2+y^2-ay</math> 于 D, 交直线 <math>y=a</math> 于 E, 过 D 作 x 轴平行线, 过 E 作 y 轴平行线, 二平行线交点 M 的轨迹</p> <p>渐近线 <math>y=0</math>, 曲线与渐近线之间的面积 <math>\pi a^2</math></p>
<p>[悬链线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $y=a\cosh \frac{x}{a}$	<p>柔软、不能伸长的绳子悬挂于两点的形状</p> <p>曲率半径 <math>a\cosh^2 \frac{x}{a}</math>, 顶点 <math>(0, a)</math> 到曲线上一点 <math>M(x, y)</math> 的弧长 <math>a\sinh \frac{x}{a}</math></p>
<p>[双纽线]</p> 	<p>直角坐标方程</p> $(x^2-y^2)^2=2a^2(x^2-y^2)$ <p>极坐标方程</p> $\rho^2=2a^2\cos 2\theta$	<p>是到定点 <math>F_1(a, 0), F_2(-a, 0)</math> 距离之积为定值 <math>a^2</math> 的点 M 的轨迹</p> <p>曲率半径 <math>\frac{2a^2}{3\rho}</math>, 双纽面积 <math>2a^2</math></p>
<p>[圆柱螺线]</p> 	<p>参数方程</p> $\begin{cases} x=a\cos\theta \\ y=a\sin\theta \\ z=\frac{h\theta}{2\pi} \end{cases} \quad (h: \text{螺距})$	<p>是绕一直线等速转动, 且沿该直线方向作等速运动的点 M 的轨迹</p> <p>曲率 <math>\frac{4\pi^2 a}{4\pi^2 a^2 + h^2}</math>,</p> <p>挠率 <math>\frac{2\pi h}{4\pi^2 a^2 + h^2}</math></p>

## 4 积分

## 4.1 不定积分

## 4.1.1 不定积分法则

1) 设  $F'(x) = f(x)$ , 则

$$\int f(x) dx = F(x) + C, \text{ 式中 } C \text{ 为任意常数}$$

$$2) \int f'(x) dx = f(x) + C$$

$$3) \int kf(x) dx = k \int f(x) dx, \text{ 式中 } k \text{ 为常数}$$

$$4) \int [f(x) \pm g(x)] dx = \int f(x) dx \pm \int g(x) dx$$

$$5) \int f(u) du = \int f[\varphi(x)] d\varphi(x) = \int f[\varphi(x)] \times \varphi'(x) dx, u = \varphi(x)$$

$$6) \int u(x)v'(x) dx = u(x)v(x) - \int v(x)u'(x) dx$$

## 4.1.2 常用换元积分法

1) 被积函数含  $\sqrt{a^2 - x^2}$  的, 设  $x = a \sin t$ 2) 被积函数含  $\sqrt{a^2 + x^2}$  的, 设  $x = a \tan t$ 3) 被积函数含  $\sqrt{x^2 - a^2}$  的, 设  $x = a \sec t$ 4)  $\int R(\cos x, \sin x) dx$ ,  $R$  表示有理函数, 设  $\tan \frac{x}{2} = t$ , 则  $\sin x = \frac{2t}{1+t^2}$ ,  $\cos x = \frac{1-t^2}{1+t^2}$ ,  $dx = \frac{2}{1+t^2} dt$ 

$$= t, \text{ 则 } \sin x = \frac{2t}{1+t^2}, \cos x = \frac{1-t^2}{1+t^2}, dx = \frac{2}{1+t^2} dt$$

5)  $\int R(\cos^2 x, \sin^2 x) dx$ , 设  $\tan x = t$ , 则  $\sin^2 x = \frac{t^2}{1+t^2}$ ,  $\cos^2 x = \frac{1}{1+t^2}$ ,  $dx = \frac{1}{1+t^2} dt$ 

$$\frac{t^2}{1+t^2}, \cos^2 x = \frac{1}{1+t^2}, dx = \frac{1}{1+t^2} dt$$

6)  $\int R(x, \sqrt[2n]{ax+b}, \sqrt[2n]{ax+b}) dx$ , 设  $\sqrt[2n]{ax+b} = t$ ,  $n$  是  $p, q$  的最小公倍数
$$= t, n \text{ 是 } p, q \text{ 的最小公倍数}$$

## 4.1.3 基本积分公式

$$1) \int a dx = ax + C, a \text{ 为常数}$$

$$2) \int x^a dx = \frac{1}{a+1} x^{a+1} + C, (a \neq -1)$$

$$3) \int \frac{dx}{x} = \ln x + C$$

$$4) \int e^x dx = e^x + C$$

$$5) \int a^x dx = \frac{1}{\ln a} a^x + C$$

$$6) \int \sin x dx = -\cos x + C$$

$$7) \int \cos x dx = \sin x + C$$

$$8) \int \tan x dx = -\ln |\cos x| + C$$

$$9) \int \cot x dx = \ln |\sin x| + C$$

$$10) \int \sec x dx = \ln |\sec x + \tan x| + C \\ = \ln \tan \left( \frac{x}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + C$$

$$11) \int \csc x dx = \ln |\csc x - \cot x| + C \\ = \ln \tan \frac{x}{2} + C$$

$$12) \int \sec^2 x dx = \tan x + C$$

$$13) \int \csc^2 x dx = -\cot x + C$$

$$14) \int \sec x \tan x dx = \sec x + C$$

$$15) \int \csc x \cot x dx = -\csc x + C$$

$$16) \int \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx = \arcsin x + C$$

$$17) \int \frac{1}{1+x^2} dx = \arctan x + C$$

$$18) \int \operatorname{sh} x dx = \operatorname{ch} x + C$$

$$19) \int \operatorname{ch} x dx = \operatorname{sh} x + C$$

## 4.1.4 有理函数的积分

$$1) \int (ax+b)^a dx = \begin{cases} \frac{1}{a(a+1)} (ax+b)^{a+1} + C & (a \neq -1) \\ \frac{1}{a} \ln |ax+b| + C & (a = -1) \end{cases}$$

$$2) \int \frac{x dx}{ax+b} = \frac{x}{a} - \frac{b}{a^2} \ln |ax+b| + C$$

$$3) \int \frac{x^2 dx}{ax+b} = \frac{1}{a^3} \left[ \frac{1}{2} (ax+b)^2 - 2b(ax+b) + b^2 \ln |ax+b| \right] + C$$

$$4) \int \frac{x dx}{(ax+b)^2} = \frac{1}{a^2} \left[ \frac{b}{ax+b} + \ln |ax+b| \right] + C$$

$$5) \int \frac{x^2 dx}{(ax+b)^2} = \frac{1}{a^3} \left[ ax+b - \frac{b^2}{ax+b} - 2b \ln |ax+b| \right] + C$$

$$6) \int \frac{dx}{x(ax+b)} = \frac{1}{b} \ln \left| \frac{x}{ax+b} \right| + C$$

$$7) \int \frac{dx}{x^2(ax+b)} = -\frac{1}{bx} + \frac{a}{b^2} \ln \left| \frac{ax+b}{x} \right| + C$$

$$8) \int \frac{dx}{x(ax+b)^2} = \frac{1}{b(ax-b)} - \frac{1}{b^2} \ln \left| \frac{ax+b}{x} \right| + C$$

$$9) \int \frac{dx}{x^2(ax-b)^2} = \frac{-1}{b^2} \left( \frac{a}{ax-b} + \frac{1}{x} \right) + \frac{2a}{b^3} \ln \left| \frac{ax-b}{x} \right| + C$$

$$10) \int \frac{dx}{a+bx^2} = \frac{1}{\sqrt{ab}} \arctan \sqrt{\frac{b}{a}} x + C$$

( $a > 0, b > 0$ )

$$11) \int \frac{dx}{a-bx^2} = \frac{1}{2\sqrt{ab}} \ln \left| \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}x}{\sqrt{a} - \sqrt{b}x} \right| + C$$

( $a > 0, b > 0$ )

$$12) \int x(a+bx^2)^n dx = \frac{1}{2(n+1)b} (a+bx^2)^{n+1} + C$$

( $n \neq -1$ )

$$13) \int \frac{x dx}{a-bx^2} = \frac{1}{2b} \ln(a+bx^2) + C$$

$$14) \int \frac{dx}{(a+bx^2)^n} = \frac{1}{2(n-1)a} \left[ \frac{x}{(a+bx^2)^{n-1}} + (2n-3) \int \frac{dx}{(a+bx^2)^{n-1}} \right]$$

$$15) \int \frac{dx}{x(a+bx^2)} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{x^2}{a+bx^2} \right| + C$$

$$16) \int \frac{x^2 dx}{(a+bx^2)^2} = \frac{-x}{2b(a+bx^2)} + \frac{1}{2b} \frac{1}{\sqrt{ab}} \times \arctan \sqrt{\frac{b}{a}} x + C$$

$$17) \int \frac{dx}{x^2(a+bx^2)} = -\frac{1}{ax} - \frac{b}{a} \int \frac{dx}{a+bx^2}$$

$$18) \int \frac{dx}{a+bx+cx^2} = -\frac{2}{b+2cx} + C$$

( $b^2 - 4ac = 0$ )

$$19) \int \frac{dx}{a-bx-cx^2} = \frac{2}{\sqrt{-D}} \arctan \frac{b+2cx}{\sqrt{-D}} + C$$

( $D = b^2 - 4ac < 0$ )

$$20) \int \frac{dx}{a-bx+cx^2} = \frac{1}{\sqrt{D}} \ln \frac{b-2cx-\sqrt{D}}{b+2cx-\sqrt{D}} + C$$

( $D = b^2 - 4ac > 0$ )

$$21) \int \frac{(A+Bx)dx}{a+bx+cx^2} = \frac{B}{2c} \ln(a+bx+cx^2) + \frac{2Ac-Bb}{2c} \int \frac{dx}{a+bx+cx^2} + C$$

$$22) \int \frac{dx}{(a+bx+cx^2)^p} = \frac{1}{(p-1)(4ac-b^2)} \times \frac{b-2cx}{(a+bx+cx^2)^{p-1}} + \frac{2c(2p-3)}{(p-1)(4ac-b^2)} \int \frac{dx}{(a+bx+cx^2)^p}$$

$$23) \int \frac{(A+Bx)dx}{(a+bx+cx^2)^p} = -\frac{B}{2c(p-1)} \times$$

$$\frac{1}{(a+bx+cx^2)^{p-1}} +$$

$$\frac{2Ac-Bb}{2c} \int \frac{dx}{(a+bx+cx^2)^p}$$

$$24) \int x^p(a-bx)^q dx = \frac{x^p(a+bx)^{q+1}}{(p-q+1)b} - \frac{pa}{(p-q+1)b} \int x^{p-1}(a+bx)^q dx$$

$$= \frac{x^{p+1}(a+bx)^q}{p+q-1} + \frac{qa}{p+q-1} \int x^p(a+bx)^{q-1} dx$$

$$25) \int \frac{dx}{a+bx^3} = \frac{k}{3a} \left\{ \frac{1}{2} \ln \frac{(k-x)^2}{k^2-kx+x^2} - \sqrt{3} \arctan \frac{2x-k}{k\sqrt{3}} \right\} + C$$

( $k^3 = \frac{a}{b}$ )

$$26) \int \frac{x dx}{a-bx^3} = \frac{1}{3bk} \left\{ -\frac{1}{2} \ln \frac{(k+x)^2}{k^2-kx+x^2} + \sqrt{3} \arctan \frac{2x+k}{k\sqrt{3}} \right\} + C$$

( $k^3 = \frac{a}{b}$ )

#### 4.1.5 无理函数的积分

$$1) \int \sqrt{ax+b} dx = \frac{2}{3a} (ax+b)^{3/2} + C$$

$$2) \int x \sqrt{ax+b} dx = \frac{6ax-4b}{15a^2} (ax+b)^{3/2} + C$$

$$3) \int x^2 \sqrt{ax+b} dx = \frac{2}{105a^3} (15a^2x^2 - 12abx + 8b^2) (ax+b)^{3/2} + C$$

$$4) \int \frac{dx}{\sqrt{ax+b}} = \frac{2}{a} (ax+b)^{1/2} + C$$

$$5) \int \frac{x dx}{\sqrt{ax+b}} = \frac{2}{3a^2} (ax-2b) (ax+b)^{1/2} + C$$

$$6) \int \frac{x^2 dx}{\sqrt{ax+b}} = \frac{2}{15a^3} (3a^2x^2 - 4abx + 8b^2) \times (ax+b)^{1/2} + C$$

$$7) \int \frac{dx}{x \sqrt{ax-b}} =$$

$$\begin{cases} \frac{1}{\sqrt{b}} \ln \left| \frac{\sqrt{ax+b} - \sqrt{b}}{\sqrt{ax+b} + \sqrt{b}} \right| + C & (b > 0) \\ \frac{2}{\sqrt{-b}} \arctan \sqrt{\frac{ax+b}{-b}} + C & (b < 0) \end{cases}$$

$$8) \int \frac{dx}{x^2 \sqrt{ax+b}} = \frac{-\sqrt{ax+b}}{bx} - \frac{a}{2b} \int \frac{dx}{x \sqrt{ax+b}}$$

$$9) \int \frac{\sqrt{ax+b}}{x} dx = 2\sqrt{ax+b} + b \int \frac{dx}{\sqrt{ax+b}}$$

$$10) \int \sqrt{a^2-x^2} dx = \frac{x}{2} \sqrt{a^2-x^2} + \frac{a^2}{2} \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$11) \int x \sqrt{a^2-x^2} dx = -\frac{1}{3} (a^2-x^2)^{3/2} + C$$

$$12) \int x^2 \sqrt{a^2-x^2} dx = \frac{x}{8} (2x^2-a^2) \sqrt{a^2-x^2} + \frac{a^4}{8} \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$13) \int x^3 \sqrt{a^2-x^2} dx = \frac{-1}{15} (\sqrt{a^2-x^2})^3 \times (3x^2+2a^2) + C$$

$$14) \int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$15) \int -\frac{xdx}{\sqrt{a^2-x^2}} = -\sqrt{a^2-x^2} + C$$

$$16) \int \frac{x^2 dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = -\frac{x}{2} \sqrt{a^2-x^2} + \frac{a^2}{2} \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$17) \int \frac{dx}{x \sqrt{a^2-x^2}} = \frac{-1}{a} \ln \left| \frac{a + \sqrt{a^2-x^2}}{x} \right| + C$$

$$18) \int \frac{dx}{x^2 \sqrt{a^2-x^2}} = -\frac{\sqrt{a^2-x^2}}{a^2 x} + C$$

$$19) \int -\frac{\sqrt{a^2-x^2}}{x} dx = \sqrt{a^2-x^2} - a \ln \left| \frac{a + \sqrt{a^2-x^2}}{x} \right| + C$$

$$20) \int (a^2-x^2)^{3/2} dx = \frac{x}{8} (5a^2-2x^2) \sqrt{a^2-x^2} + \frac{3a^4}{8} \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$21) \int \frac{xdx}{(a^2-x^2)^{3/2}} = \frac{1}{\sqrt{a^2-x^2}} + C$$

$$22) \int (a^2-x^2)^{-3/2} dx = \frac{x}{a^2 \sqrt{a^2-x^2}} + C$$

$$23) \int \frac{x^2 dx}{(a^2-x^2)^{3/2}} = \frac{x}{\sqrt{a^2-x^2}} - \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$24) \int \sqrt{x^2+a^2} dx = \frac{x}{2} \sqrt{x^2+a^2} \pm a^2 \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$$

$$25) \int x \sqrt{x^2+a^2} dx = \frac{1}{3} (x^2+a^2)^{3/2} + C$$

$$26) \int x^2 \sqrt{x^2+a^2} dx = \frac{x}{8} (2x^2+a^2) \sqrt{x^2+a^2} - \frac{a^4}{8} \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$$

$$27) \int x^3 \sqrt{x^2+a^2} dx = \frac{3x^2 \mp 2a^2}{15} \times (\sqrt{x^2+a^2})^3 + C$$

$$28) \int \frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$$

$$29) \int \frac{xdx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \sqrt{x^2+a^2} + C$$

$$30) \int \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \frac{x}{2} \sqrt{x^2+a^2} \mp \frac{a^2}{2} \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$$

$$31) \int \frac{dx}{x \sqrt{x^2+a^2}} = \frac{1}{a} \ln \left| \frac{x}{a + \sqrt{x^2+a^2}} \right| + C$$

$$32) \int \frac{dx}{x \sqrt{x^2-a^2}} = \frac{1}{a} \arccos \frac{a}{x} + C$$

$$33) \int \frac{dx}{x^2 \sqrt{x^2+a^2}} = \mp \frac{\sqrt{x^2+a^2}}{a^2 x} + C$$

$$34) \int \frac{\sqrt{x^2+a^2}}{x} dx = \sqrt{x^2+a^2} - a \ln \frac{a + \sqrt{x^2+a^2}}{x} + C$$

$$35) \int \frac{\sqrt{x^2-a^2}}{x} dx = \sqrt{x^2-a^2} - a \arccos \frac{a}{x} + C$$

$$36) \int (x^2+a^2)^{3/2} dx = \frac{x}{8} (2x^2+5a^2) \sqrt{x^2+a^2} + \frac{3a^4}{8} \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$$

$$37) \int x(x^2+a^2)^{3/2} dx = \frac{1}{5} (x^2+a^2)^{5/2} + C$$

$$38) \int \frac{dx}{(x^2-a^2)^{1/2}} = \pm \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2+a^2}} + C$$

$$39) \int \frac{xdx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{-1}{\sqrt{x^2+a^2}} + C$$

$$40) \int \frac{x^2 dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{-x}{\sqrt{x^2+a^2}} + \ln(x + \sqrt{x^2+a^2}) + C$$

$$41) \int \frac{dx}{x(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{1}{a^2 \sqrt{x^2+a^2}} + \frac{1}{a^2} \int \frac{dx}{x \sqrt{x^2+a^2}}$$

$$42) \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2+bx+c}} = \frac{1}{\sqrt{a}} \ln(2ax+b+2 \times \sqrt{a(ax^2+bx+c)}) + C (a > 0)$$

$$43) \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2+bx+c}} = \frac{-1}{\sqrt{-a}} \times$$

$$\arcsin \frac{2ax + b}{\sqrt{b^2 - 4ac}} + C (a < 0, b^2 - 4ac > 0)$$

$$44) \int \sqrt{ax^2 + bx + c} dx \\ = \frac{2ax + b}{4a} \sqrt{ax^2 + bx + c} - \\ \frac{4ac - b^2}{8a} \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2 + bx + c}}$$

$$45) \int \frac{x dx}{\sqrt{ax^2 + bx + c}} = \frac{1}{a} \sqrt{ax^2 + bx + c} - \\ \frac{b}{2a} \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2 + bx + c}}$$

## 4.1.6 超越函数的积分

$$1) \int \sin(ax + b) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax + b) + C$$

$$2) \int \cos(ax + b) dx = \frac{1}{a} \sin(ax + b) + C$$

$$3) \int \tan(ax + b) dx = -\frac{1}{a} \ln |\cos(ax + b)| + C$$

$$4) \int \cot(ax + b) dx = \frac{1}{a} \ln |\sin(ax + b)| + C$$

$$5) \int \sec ax dx = \frac{1}{a} \ln |\sec ax + \tan ax| + C$$

$$6) \int \csc ax dx = -\frac{1}{a} \ln |\csc ax + \cot ax| + C$$

$$7) \int \sin^2 ax dx = \frac{1}{2a} (ax - \sin ax \cos ax) + C$$

$$8) \int \cos^2 ax dx = \frac{1}{2a} (ax + \sin ax \cos ax) + C$$

$$9) \int \sin^n ax dx = -\frac{1}{na} \sin^{n-1} ax \cos ax + \\ \frac{n-1}{n} \int \sin^{n-2} ax dx$$

$$10) \int \cos^n ax dx = \frac{1}{na} \cos^{n-1} ax \sin ax + \\ \frac{n-1}{n} \int \cos^{n-2} ax dx$$

$$11) \int \tan^n ax dx = \frac{1}{(n-1)a} \tan^{n-1} ax - \\ \int \tan^{n-2} ax dx$$

$$12) \int \cot^n ax dx = \frac{1}{(n-1)a} \cot^{n-1} ax - \\ \int \cot^{n-2} ax dx$$

$$13) \int \sec^n ax dx = \int \frac{dx}{\cos^n ax} = \frac{1}{(n-1)a} \cdot \frac{\sin ax}{\cos^{n-1} ax} \\ + \frac{n-2}{n-1} \int \frac{dx}{\cos^{n-2} ax}$$

$$14) \int \csc^n ax dx = \int \frac{dx}{\sin^n ax} = \frac{-1}{(n-1)a} \cdot \frac{\cos ax}{\sin^{n-1} ax} +$$

$$\frac{n-2}{n-1} \int \frac{dx}{\sin^{n-2} ax}$$

$$15) \int \sin ax \sin bx dx = -\frac{\sin(a+b)x}{2(a+b)} + \\ \frac{\sin(a-b)x}{2(a-b)} + C \quad (a \neq b)$$

$$16) \int \sin ax \cos bx dx = -\frac{\cos(a-b)x}{2(a+b)} + \\ \frac{\cos(a-b)x}{2(a-b)} + C \quad (a \neq b)$$

$$17) \int \cos ax \cosh bx dx = \frac{\sin(a+b)x}{2(a+b)} + \\ \frac{\sin(a-b)x}{2(a-b)} + C \quad (a \neq b)$$

$$18) \int \sin^m x \cos^n x dx = \frac{\sin^{m+1} x \cos^n x}{m+1} + \frac{n-1}{m+1} \\ \int \sin^m x \cos^{n-2} x dx$$

$$19) \int \frac{dx}{\sin^m x \cos^n x} = \frac{1}{n-1} \cdot \frac{1}{\sin^{m-1} x \cos^{n-1} x} + \\ \frac{m+n-2}{n-1} \int \frac{dx}{\sin^m x \cos^{n-2} x} \\ = -\frac{1}{m-1} \cdot \frac{1}{\sin^{m-1} x \cos^{n-1} x} + \\ \frac{m+n-2}{m-1} \int \frac{dx}{\sin^{m-2} x \cos^n x}$$

$$20) \int \frac{dx}{1 \pm \sin x} = \tan x \mp \sec x + C$$

$$21) \int \frac{dx}{a + b \sin x} = \frac{1}{\sqrt{b^2 - a^2}} \times \\ \ln \left[ \frac{a \tan \frac{x}{2} + b - \sqrt{b^2 - a^2}}{a \tan \frac{x}{2} + b + \sqrt{b^2 - a^2}} \right] + C (b^2 > a^2)$$

$$22) \int \frac{dx}{a + b \sin x} = \frac{2}{\sqrt{a^2 - b^2}} \arctan \frac{a \tan \frac{x}{2} + b}{\sqrt{a^2 - b^2}} + \\ C \quad (b^2 < a^2)$$

$$23) \int \frac{dx}{1 + \cos x} = \tan \frac{x}{2} + C$$

$$24) \int \frac{dx}{1 - \cos x} = -\cot \frac{x}{2} + C$$

$$25) \int \frac{dx}{a + b \cos x} = \frac{1}{\sqrt{b^2 - a^2}} \times \\ \ln \left[ \frac{\sqrt{b^2 - a^2} \tan \frac{x}{2} + b + a}{\sqrt{b^2 - a^2} \tan \frac{x}{2} - b - a} \right] + C (b^2 > a^2)$$

$$26) \int \frac{dx}{a + b \cos x} = \frac{2}{\sqrt{a^2 - b^2}} \arctan \times \\ \left( \frac{\sqrt{a^2 - b^2} \tan \frac{x}{2}}{a + b} \right) + C (b^2 < a^2)$$

$$27) \int \frac{dx}{a^2 \cos^2 x + b^2 \sin^2 x} = \frac{1}{ab} \arctan \left( \frac{b}{a} \tan x \right) + C$$

$$28) \int \frac{dx}{a^2 \cos^2 x - b^2 \sin^2 x} = \frac{1}{2ab} \ln \left( \frac{b \tan x + a}{b \tan x - a} \right) + C$$

$$29) \int x \sin ax dx = \frac{1}{a^2} \sin ax - \frac{1}{a} x \cos ax + C$$

$$30) \int x \cos ax dx = \frac{1}{a^2} \cos ax + \frac{1}{a} x \sin ax + C$$

$$31) \int x^n \sin ax dx = \frac{x^{n-1}}{a^2} (n \sin ax - a x \cos ax) - \frac{n(n-1)}{a^2} \int x^{n-2} \sin ax dx$$

$$32) \int x^n \cos ax dx = \frac{x^{n-1}}{a^2} (n \cos ax + a x \sin ax) - \frac{n(n-1)}{a^2} \int x^{n-2} \cos ax dx$$

$$33) \int \arcsin \frac{x}{a} dx = x \arcsin \frac{x}{a} + \sqrt{a^2 - x^2} + C$$

$$34) \int \arccos \frac{x}{a} dx = x \arccos \frac{x}{a} - \sqrt{a^2 - x^2} + C$$

$$35) \int \arctan \frac{x}{a} dx = x \arctan \frac{x}{a} - \frac{a}{2} \ln(a^2 + x^2) + C$$

$$36) \int \operatorname{arccot} \frac{x}{a} dx = x \operatorname{arccot} \frac{x}{a} - \frac{a}{2} \ln(a^2 - x^2) + C$$

$$37) \int x^n \arcsin x dx = \frac{1}{n+1} \left( x^{n+1} \arcsin x - \int \frac{x^{n+1}}{\sqrt{1-x^2}} dx \right)$$

$$38) \int x^n \arccos x dx = \frac{1}{n+1} \left( x^{n+1} \arccos x + \int \frac{x^{n+1}}{\sqrt{1-x^2}} dx \right)$$

$$39) \int x^n \arctan x dx = \frac{1}{n+1} \left( x^{n+1} \arctan x - \int \frac{x^{n+1}}{1+x^2} dx \right)$$

$$40) \int x^n \operatorname{arccot} x dx = \frac{1}{n+1} \left( x^{n+1} \operatorname{arccot} x + \int \frac{x^{n+1}}{1+x^2} dx \right)$$

$$41) \int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$$

$$42) \int b^{ax} dx = \frac{b^{ax}}{a \ln b} + C$$

$$43) \int x^n e^{ax} dx = \frac{1}{a} x^n e^{ax} - \frac{n}{a} \int x^{n-1} e^{ax} dx$$

$$44) \int x^n b^{ax} dx = \frac{1}{a \ln b} x^n b^{ax} - \frac{n}{a \ln b} \int x^{n-1} b^{ax} dx$$

$$45) \int e^{ax} \sin bx dx = \frac{e^{ax}}{a^2 - b^2} (a \sin bx - b \cos bx) + C$$

$$46) \int e^{ax} \cos bx dx = \frac{e^{ax}}{a^2 + b^2} (b \sin bx + a \cos bx) + C$$

$$47) \int \ln x dx = x \ln x - x + C$$

$$48) \int x^a \ln x dx = \frac{x^{a+1}}{a+1} \left( \ln x - \frac{1}{a+1} \right) + C \quad (a \neq -1)$$

$$49) \int \frac{\ln x}{x} dx = \frac{1}{2} (\ln x)^2 + C$$

$$50) \int \frac{dx}{x \ln x} = \ln(\ln x) + C$$

$$51) \int (\ln x)^n dx = x (\ln x)^n - n \int (\ln x)^{n-1} dx$$

$$52) \int \sin(\ln x) dx = \frac{x}{2} (\sin \ln x - \cos \ln x) + C$$

$$53) \int \cos(\ln x) dx = \frac{x}{2} (\sin \ln x + \cos \ln x) + C$$

$$54) \int \operatorname{th} x dx = \ln \operatorname{ch} x + C$$

$$55) \int \operatorname{cth} x dx = \ln \operatorname{sh} x + C$$

$$56) \int \operatorname{sh}^2 x dx = -\frac{x}{2} + \frac{1}{4} \operatorname{sh} 2x + C$$

$$57) \int \operatorname{ch}^2 x dx = \frac{x}{2} + \frac{1}{4} \operatorname{sh} 2x + C$$

$$58) \int \operatorname{th}^2 x dx = x - \operatorname{th} x + C$$

$$59) \int \operatorname{cth}^2 x dx = x - \operatorname{cth} x + C$$

$$60) \int x \operatorname{sh} x dx = x \operatorname{ch} x - \operatorname{sh} x + C$$

$$61) \int x \operatorname{ch} x dx = x \operatorname{sh} x - \operatorname{ch} x + C$$

$$62) \int \operatorname{arsh} x dx = x \operatorname{arsh} x - \sqrt{1+x^2} + C$$

$$63) \int \operatorname{arch} x dx = x \operatorname{arch} x - \sqrt{x^2-1} + C$$

$$64) \int \operatorname{arth} x dx = x \operatorname{arth} x + \frac{1}{2} \ln(1-x^2) + C$$

$$65) \int \operatorname{arcch} x dx = x \operatorname{arcch} x + \frac{1}{2} \ln(1-x^2) + C$$

## 4.2 定积分

### 4.2.1 定积分一般公式

1) 牛顿·莱布尼兹公式

$\int_a^b f(x) dx = F(x) \Big|_a^b = F(b) - F(a)$ ,  $F(x)$  是  $f(x)$  的一个原函数

2)  $\int_a^b k f(x) dx = k \int_a^b f(x) dx$ ,  $k$  为常数



$$3) \int_a^b [f(x) \pm g(x)] dx = \int_a^b f(x) dx \pm \int_a^b g(x) dx$$

$$4) \int_a^b uv' dx = uv \Big|_a^b - \int_a^b vu' dx$$

$$5) \int_a^b f(x) dx = \int_{\psi^{-1}(a)}^{\psi^{-1}(b)} f[\psi(t)] \psi'(t) dt \quad (x = \psi(t), \\ t = \psi^{-1}(x))$$

$$6) \int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx \\ (a < c < b)$$

$$7) \int_{-a}^a f(x) dx = 2 \int_0^a f(x) dx, f(x) \text{ 为偶函数}$$

$$8) \int_{-a}^a f(x) dx = 0, f(x) \text{ 为奇函数}$$

$$9) \int_a^a f(x) dx = 0$$

$$10) \int_b^a f(x) dx = - \int_a^b f(x) dx$$

$$11) \frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$12) \frac{d}{d\lambda} \int_{a(\lambda)}^{b(\lambda)} f(x, \lambda) dx = \int_{a(\lambda)}^{b(\lambda)} \frac{\partial f(x, \lambda)}{\partial \lambda} dx + \\ f(b(\lambda), \lambda) \frac{db(\lambda)}{d\lambda} - f(a(\lambda), \lambda) \frac{da(\lambda)}{d\lambda}$$

13) 若  $g(x) \leq f(x)$ , 则

$$\int_a^b g(x) dx \leq \int_a^b f(x) dx$$

14) 若  $m \leq f(x) \leq M$ , 则

$$m(b-a) \leq \int_a^b f(x) dx \leq M(b-a)$$

$$15) \left| \int_a^b f(x) dx \right| \leq \int_a^b |f(x)| dx$$

#### 4.2.2 重要定积分公式

$$1) \int_{-\pi}^{\pi} \cos nx dx = \int_{-\pi}^{\pi} \sin nx dx = 0$$

$$2) \int_{-\pi}^{\pi} \cos mx \sin nx dx = 0$$

$$3) \int_{-\pi}^{\pi} \cos mx \cos nx dx = \int_{-\pi}^{\pi} \sin mx \sin nx dx \\ = \begin{cases} 0 & \text{当 } m \neq n \text{ 时} \\ \pi & \text{当 } m = n \text{ 时} \end{cases}$$

$$4) \int_0^{\pi} \cos mx \cos nx dx = \int_0^{\pi} \sin mx \sin nx dx \\ = \begin{cases} 0 & \text{当 } m \neq n \text{ 时} \\ \frac{\pi}{2} & \text{当 } m = n \text{ 时} \end{cases}$$

$$5) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^n x dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^n x dx = I_n, \text{ 式中 } I_n =$$

$$\frac{n-1}{n} I_{n-2}, I_1 = 1, I_0 = \frac{\pi}{2},$$

即  $I_n =$

$$\begin{cases} \frac{n-1}{n} \cdot \frac{n-3}{n-2} \cdots \frac{4}{5} \cdot \frac{2}{3} (n \text{ 为正奇数}) \\ \frac{n-1}{n} \cdot \frac{n-3}{n-2} \cdots \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{2} (n \text{ 为正偶数}) \end{cases}$$

当  $n$  为大于  $-1$  的实数时,  $I_n = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \times$

$$\frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}+1\right)}, \text{ 其中 } \Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{x-1} dt.$$

$$6) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2m+1} x \cos^n x dx =$$

$$\frac{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdots \cdot 2m}{(n+1)(n+3) \cdots (n+2m+1)}$$

$$7) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{2m} x \cos^{2n} x dx =$$

$$\frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots \cdot (2m-1) \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots \cdot (2n-1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8 \cdots \cdot (2m+2n)}$$

$$\times \frac{\pi}{2}$$

$$8) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^m x \cos^n x dx = \frac{1}{2} \int_0^1 x^{\frac{m-1}{2}} (1-x)^{\frac{n-1}{2}} dx =$$

$$\frac{\Gamma\left(\frac{m+1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{2\Gamma\left(\frac{m+n+2}{2}\right)}$$

$$9) \int_0^{\pi} \ln \sin x dx = \int_0^{\pi} \ln \cos x dx = -\pi \ln 2$$

$$10) \int_0^a \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \frac{\pi}{2}$$

$$11) \int_0^{\pi} \ln(1 \pm 2p \cos x + p^2) dx$$

$$= \begin{cases} 0 & (0 < p < 1) \\ 2\pi \ln p & (p > 1) \end{cases}$$

$$12) \int_0^{\pi} \frac{dx}{a+b \cos x} = \frac{\pi}{\sqrt{a^2-b^2}} (a > b \geq 0)$$

$$13) \int_0^{2\pi} \frac{dx}{1+a \cos x} = \frac{2\pi}{\sqrt{1-a^2}} (a^2 < 1)$$

$$14) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{a^2 \sin^2 x + b^2 \cos^2 x} = \frac{\pi}{2ab}$$

$$15) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{(a^2 \sin^2 x + b^2 \cos^2 x)^2} = \frac{\pi(a^2+b^2)}{4a^3b^3} (a, b > 0)$$

$$16) \int_0^{\infty} \frac{ax dx}{a^2+x^2} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & (a > 0) \\ -\frac{\pi}{2} & (a < 0) \end{cases}$$

$$17) \int_0^{\infty} \frac{x^{a-1}}{1+x} dx = \frac{\pi}{\sin a\pi} (0 < a < 1)$$

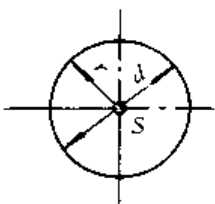
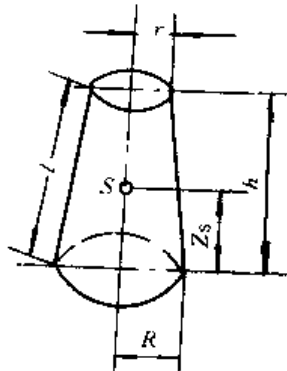
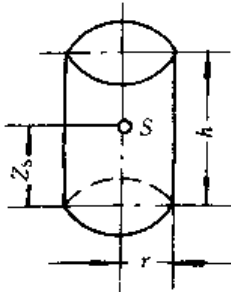
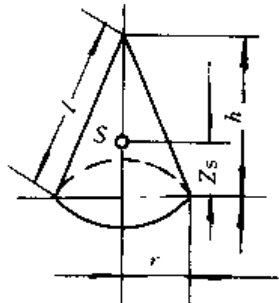
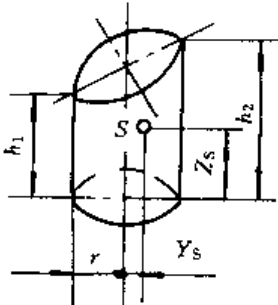
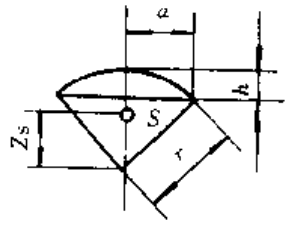
- $$18) \int_0^{\pi} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx = \frac{\pi}{2}$$
- $$19) \int_0^{\pi} \frac{\sin ax}{x} dx = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & (a > 0) \\ -\frac{\pi}{2} & (a < 0) \end{cases}$$
- $$20) \int_0^{\infty} \frac{\sin ax \sin bx}{x} dx = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{a+b}{a-b} \right|$$
- $$21) \int_0^{\infty} \frac{\sin ax \cosh bx}{x} dx = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & (0 < b < a) \\ 0 & (0 < b < a) \\ \frac{\pi}{4} & (0 < a = b) \end{cases}$$
- $$22) \int_0^{\infty} \frac{\tan x}{x} dx = \frac{\pi}{2}$$
- $$23) \int_0^{\infty} \sin(x^2) dx = \int_0^{\infty} \cos(x^2) dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$
- $$24) \int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}} \quad (a > 0)$$
- $$25) \int_0^{\infty} e^{-ax} dx = \frac{1}{a} \quad (a > 0)$$
- $$26) \int_0^{\infty} e^{-ax} \cos bx dx = \frac{a}{a^2 + b^2} \quad (a > 0)$$
- $$27) \int_0^{\infty} e^{-ax} \sin bx dx = \frac{b}{a^2 + b^2} \quad (a > 0)$$
- $$28) \int_c^{\infty} \frac{e^{-ax} - e^{-bx}}{x} dx = \ln \frac{b}{a}$$
- $$29) \int_0^{\infty} e^{-a^2 x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2a}$$
- $$30) \int_0^{\infty} x^{2n} e^{-ax^2} dx = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (2n-1)}{2^{n+1} a^{n+1}} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$
- $$31) \int_0^{\infty} x^p e^{-bx} dx = \frac{\Gamma(p+1)}{b^{p+1}} \quad (p > 0, b > 0)$$
- $$32) \int_0^{\infty} x^{2n+1} \cdot e^{-a^2 x^2} dx = \frac{n!}{2a^{2n+2}}$$
- $$33) \int_0^{\infty} e^{-x^n} dx = \Gamma\left(1 + \frac{1}{n}\right)$$
- $$34) \int_c^{\infty} e^{-x} \ln x dx = \int_0^1 \ln(\ln x) dx = -\gamma, \gamma \text{ 为欧拉数}$$
- $$35) \int_0^{\infty} e^{(-x^2 - a^2 x^2)} dx = \frac{e^{-2a} \sqrt{\pi}}{2} \quad (a \geq 0)$$
- $$36) \int_0^{\infty} e^{-ax} \sqrt{x} dx = \frac{1}{2n} \sqrt{\frac{\pi}{n}}$$
- $$37) \int_0^{\infty} \frac{e^{-ax}}{\sqrt{x}} dx = \sqrt{\frac{\pi}{n}}$$
- $$38) \int_0^{\infty} e^{-ax} (\cos mx) dx = \frac{a}{a^2 + m^2} \quad (a > 0)$$
- $$39) \int_0^{\infty} e^{-ax} (\sin mx) dx = \frac{a}{a^2 + m^2} \quad (a > 0)$$
- $$40) \int_0^{\infty} x^{b-1} \cos x dx = \Gamma(b) \cos\left(\frac{b\pi}{2}\right) \quad (0 < b < 1)$$
- $$41) \int_0^{\infty} x^{b-1} \sin x dx = \Gamma(b) \sin\left(\frac{b\pi}{2}\right) \quad (0 < b < 1)$$
- $$42) \int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx = \int_0^{\infty} \frac{\cos x}{\sqrt{x}} dx = \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$
- $$43) \int_0^1 \left| \ln \frac{1}{x} \right|^{n-2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$
- $$44) \int_0^1 \ln x \ln(1-x) dx = 2 - \frac{\pi^2}{6}$$
- $$45) \int_0^1 \left( \ln \frac{1}{x} \right)^n dx = n!$$
- $$46) \int_0^1 x \ln(1-x) dx = -\frac{3}{4}$$
- $$47) \int_0^1 x \ln(1-x) dx = \frac{1}{4}$$
- $$48) \int_0^1 x^m (\ln x)^n dx = \frac{(-1)^n n!}{(m+1)^{n+1}}, m > -1, n = 0, 1, 2, \dots$$
- $$49) \int_0^1 \ln x \ln(1+x) dx = 2 - 2\ln 2 - \frac{\pi^2}{12}$$
- $$50) \int_0^1 \frac{\ln x}{1-x^2} dx = -\frac{\pi^2}{8}$$
- $$51) \int_0^1 \frac{\ln x}{1-x} dx = \int_0^1 \frac{\ln(1-x)}{x} dx = -\frac{\pi^2}{6}$$
- $$52) \int_0^1 \frac{\ln x}{1+x} dx = -\int_0^1 \frac{\ln(1+x)}{x} dx = -\frac{\pi^2}{12}$$
- $$53) \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{\ln \frac{1}{x}}} = 2 \int_0^1 \sqrt{\ln \frac{1}{x}} dx = \sqrt{\pi}$$
- $$54) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \ln \sin x dx = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \ln \cos x dx = -\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{x}{\tan x} dx = -\frac{\pi}{2} \ln 2$$
- $$55) \int_0^1 \frac{x^p}{(1-x)^p} dx = \frac{p\pi}{\sin p\pi} \quad (0 < p < 1)$$
- $$56) \int_0^1 \frac{x^{p-1}}{(1-x^n)^{p/n}} dx = \frac{\pi}{n \sin \frac{p\pi}{n}} \quad (0 < p < n)$$

## 第 4 章 常用几何公式及截面的力学特性公式

### 1 常用几何体公式(见表 1.4-1)

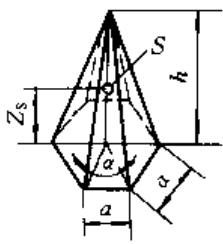
表 1.4-1 常用几何体的面积、体积及重心位置

$S$  重心位置;  $A_c$ —全面积;  $A$ —侧面积;  $V$ —体积

<p>1. 球体</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">A_c = 4\pi r^2 = \pi d^2</math> <math display="block">V = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{\pi d^3}{6}</math> <math display="block">= 0.5236d^3</math> </div> </div>	<p>4. 半截正圆锥体</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">Z_s = \frac{h(R^2 + 2Rr + 3r^2)}{4(R^2 + Rr + r^2)}</math> <math display="block">A = \pi l(R + r)</math> <math display="block">A_c = A - \pi(R^2 + r^2)</math> <math display="block">V = \frac{\pi h}{3}(R^2 + Rr + r^2)</math> <math display="block">l = \sqrt{(R-r)^2 + h^2}</math> </div> </div>
<p>2. 正圆柱体</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">Z_s = \frac{h}{2}</math> <math display="block">A_c = 2\pi r(h + r)</math> <math display="block">A = 2\pi rh</math> <math display="block">V = \pi r^2 h</math> </div> </div>	<p>5. 正圆锥体</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">Z_s = \frac{h}{4}</math> <math display="block">A = \pi r l</math> <math display="block">V = \frac{\pi r^2 h}{3}</math> <math display="block">l = \sqrt{r^2 + h^2}</math> </div> </div>
<p>3. 斜截圆柱体</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">Y_s = \frac{r(h_2 - h_1)}{4(h_2 + h_1)}</math> <math display="block">Z_s = \frac{h_2 + h_1}{4} + \frac{(h_2 - h_1)^2}{16(h_2 + h_1)}</math> <math display="block">A = \pi r(h_2 + h_1)</math> <math display="block">V = \frac{\pi r^2(h_2 + h_1)}{2}</math> </div> </div>	<p>6. 球面扇形体</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">Z_s = \frac{3}{8}(2r - h)</math> <math display="block">A_c = \pi r(2h + a)</math> <math display="block">A = \pi ar</math> <math display="block">V = \frac{2}{3}\pi r^2 h</math> </div> </div>

(续)

7. 正棱锥体



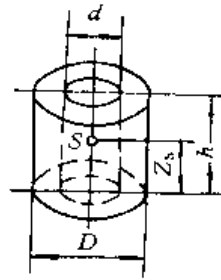
$$Z_s = \frac{h}{4}$$

$$V = \frac{na^2h}{12} \cot \frac{\alpha'}{2}$$

$$\alpha' = \frac{360^\circ}{n}$$

$n$  = 底边数目

9. 空心圆柱体

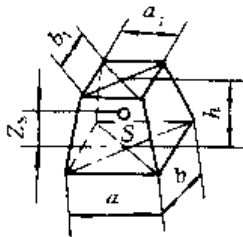


$$Z_s = \frac{h}{2}$$

$$A = \pi h(D+d)$$

$$V = \frac{\pi h}{4}(D^2 - d^2)$$

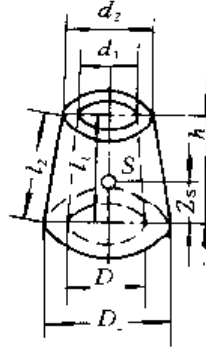
8. 平截方锥体



$$Z_s = \frac{h(ab + ab_1 + a_1b + 3a_1b_1)}{2(2ab + ab_1 + a_1b - 2a_1b_1)}$$

$$V = \frac{h}{6}(2ab + ab_1 + a_1b - 2a_1b_1)$$

10. 平截空心圆锥体



$$Z_s = \frac{h}{4} \times \left[ \frac{D_2^2 - D_1^2 + 2(D_2d_2 - D_1d_1) + 3(d_2^2 - d_1^2)}{D_2^2 - D_1^2 + D_2d_2 - D_1d_1 + d_2^2 - d_1^2} \right]$$

$$A = \frac{\pi}{2} [l_2(D_2 + d_2) + l_1(D_1 - d_1)]$$

$$V = \frac{\pi h}{12} (D_2^2 - D_1^2 + D_2d_2 - D_1d_1 + d_2^2 - d_1^2)$$

2 截面几何及力学特性(见表 1.4-2、3)

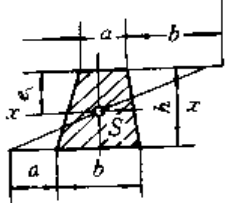
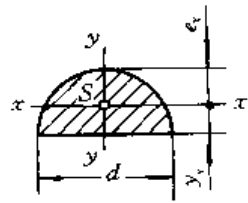
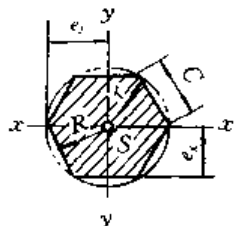
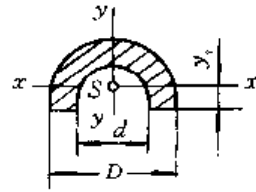
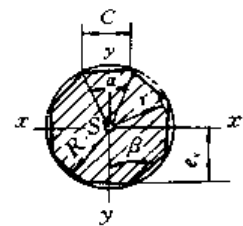
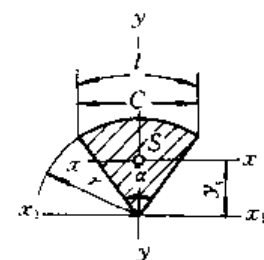
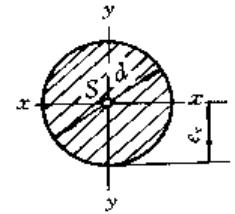
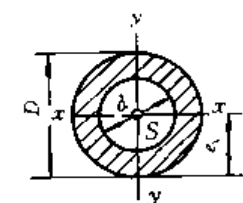
表 1.4-2 截面几何及力学特性

$A$ —面积;  $J$ —惯性矩;  $W$ —截面系数,  $W = J/e$ ;  $e$ —重心  $S$  到相应位置的距离;

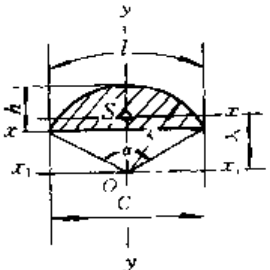
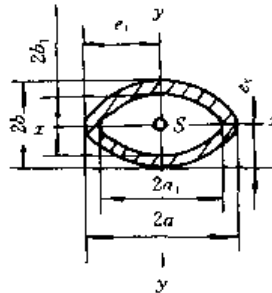
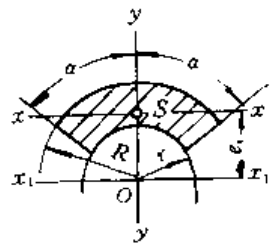
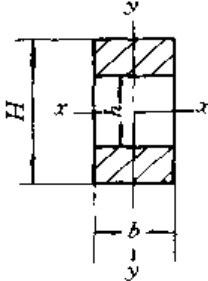
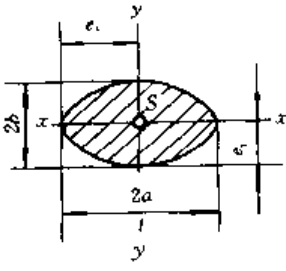
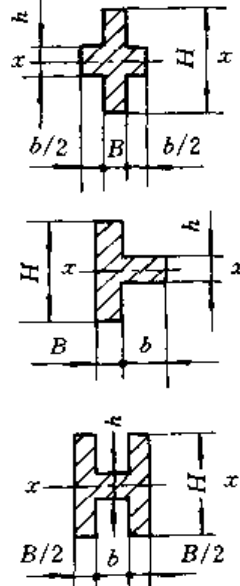
$$i$$
—回转半径,  $i = \frac{J}{A}$

简图	计算式	简图	计算式
	$A = a^2$ $J = a^4/12$ $W_y = a^3/6$ $W_{x1} = 0.1179a^3$ $e_x = a/2$ $e_{x1} = 0.7071a$ $i = a/\sqrt{12} = 0.289a$		$A = a^2 - b^2$ $J = (a^4 - b^4)/12$ $W_y = (a^4 - b^4)/6a$ $W_{x1} = 0.1179 \frac{a^4 - b^4}{a}$ $e_x = a/2$ $e_{x1} = 0.7071a$ $i = 0.289 \sqrt{a^2 + b^2}$
	$A = ab$ $J_x = ab^3/12; J_y = a^3b/12$ $W_x = ab^2/12; W_y = a^2b/6$ $e_x = b/2; e_y = a/2$ $i_x = 0.289b; i_y = 0.0289a$		$A = bh/2$ $= \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}$ 式中 $P = 1/2(a+b+c)$ $J_x = bh^3/36$ $W_x = bh^2/24$ $e_x = 2h/3$ $i = 0.236h$

(续)

简图	计算式	简图	计算式
<p>5.</p> 	$A = h(a+b)/2$ $J_x = \frac{h^3(a^2 + 4ab + b^2)}{36(a+b)}$ $W_{xa} = \frac{h^2(a^2 + 4ab + b^2)}{12(a+2b)}$ $W_{xb} = \frac{h^2(a^2 - 4ab + b^2)}{12(2a+b)}$ $e_x = h(a+2b)/3(a+b)$ $i_x = \frac{h}{3(a+b)} \cdot \sqrt{\frac{a^2 - 4ab + b^2}{2}}$	<p>10.</p> 	$A = \pi d^2/8$ $J_x = 0.00686d^4$ $J_y = \frac{\pi}{128}d^4 \approx 0.025d^4$ $W_x = 0.60239d^3$ $W_y = \frac{\pi}{64}d^3 \approx 0.05d^3$ $e_x = 0.2878d$ $y_s = 0.2122d$ $i_x = 0.1319d$ $i_y = d/4$
<p>6.</p> 	$A = 2.598C^2 = 3.464r^2$ $C = R$ $r = 0.866R$ $J_r = 0.5413R^4$ $W_x = 0.625R^3; W_y = 0.5413R^3$ $e_x = 0.866R; e_y = R$ $i = 0.4566R$	<p>11.</p> 	$A = \pi(D^2 - d^2)/8$ $J_x = 0.00686(D^4 - d^4) + 0.0177D^2d^2(D-d)/(D+d)$ $J_y = \pi(D^4 - d^4)/128$ $W_x = \pi d^3 \cdot (1 - d^4/D^4)/64$ $y_s = 2(D^2 + Dd + d^2)/3\pi(D+d)$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}; i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}}$
<p>7.</p>  <p>n—多边形边数</p>	$A = \frac{nCr}{2} = \frac{nC}{2} \sqrt{R^2 - \frac{C^2}{4}}$ $C = 2 \sqrt{R^2 - r^2}$ $\alpha = 360^\circ/n \quad \beta = 180^\circ - \alpha$ <p>对八角形</p> $A = 2.828R^2 = 4.828C^2$ $r = 0.924R \quad C = 0.765R$ <p>对八角形 <math>J = 0.638R^4 = 0.8752r^4</math></p> <p>对八角形 <math>W_x = 0.691R^3 = 0.876r^3</math></p> $e_x = r = \sqrt{R^2 - \frac{C^2}{4}}$ <p>对八角形 <math>i = 0.4749R</math></p>	<p>12.</p> 	$A = \pi r^2 \alpha / 360 = 0.00873r^2 \alpha$ $I = \pi r \alpha / 180 = 0.1745r \alpha$ $C = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$ $J_{x1} = \frac{r^4}{8} \left( \pi \frac{\alpha}{180} + \sin \alpha \right)$ $J_x = \frac{r^4}{8} \left( \pi \frac{\alpha}{180} + \sin \alpha - \frac{64}{9} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{180}{\pi \alpha} \right)$ $J_y = \frac{r^4}{8} \left( \pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right)$ $y_s = 2rC/3I$ $i_x = \frac{r}{2} \sqrt{1 + \frac{\sin \alpha}{\alpha} \cdot \frac{180}{\pi}}$ $\frac{64}{9} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{(\pi/180)^2}$ $i_y = \frac{r}{2} \sqrt{1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \cdot \frac{180}{\pi}}$
<p>8.</p> 	$A = \pi d^2/4$ $J = \pi d^4/64$ $W = \pi d^3/32$ $e_x = d/2$ $i = d/4$	<p>9.</p> 	$A = \pi(D^2 - d^2)/4$ $J = \pi(D^4 - d^4)/64$ $W = \pi(D^4 - d^4)/32D$ $e_x = D/2$ $i = \sqrt{D^2 + d^2}/4$

(续)

简图	计算式	简图	计算式
<p>13.</p> 	$A = \frac{1}{2}(rl - C(r-h))$ $C = 2\sqrt{h(2r-h)}$ $r = (C^2 + 4h^2)/8h$ $h = r - \frac{1}{2}\sqrt{4r^2 - C^2}$ $l = 0.01745ra$ $a = 57.296l/r$ $J_{x_1} = lr^3/8 - r^4 \sin a \cos a/8$ $J_x = J_{x_1} - AY^2$ $J_y = \frac{r^4}{8} \left( \frac{\pi a}{180} - \sin a - \frac{2}{3} \sin a \sin^2 \frac{a}{2} \right)$ $W_x = J_x / (r - y_c)$ $y_c = C^3 / 12A$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}$	<p>16.</p> 	$A = \pi(ab - a_1b_1)$ $J_x = \frac{\pi}{4}(ab^3 - a_1b_1^3)$ $J_y = \frac{\pi}{4}(a^3b - a^3b_1)$ $W_x = \frac{\pi(ab^3 - a_1b_1^3)}{4b}$ $W_y = \frac{\pi(a^3b - a^3b_1)}{4a}$ $e_x = b_1; \quad e_y = a$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}; \quad i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}}$
<p>14.</p> 	$A = \frac{\pi a}{180}(R^2 - r^2)$ $J_{x_1} = \frac{R^4 - r^4}{4} \left( \frac{\pi a}{180} + \sin a \cos a \right)$ $J_x = J_{x_1} - AY^2$ $J_y = \frac{R^4 - r^4}{4} \left( \frac{\pi a}{180} - \sin a \cos a \right)$ $y_c = 38.197 \frac{(R^3 - r^3) \sin a}{(R^2 - r^2)a}$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}; \quad i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}}$	<p>17.</p> 	$A = b(H - h)$ $J_x = b(H^3 - h^3)/12$ $J_y = b^3(H - h)/12$ $W_x = b(H^3 - h^3)/6H$ $W_y = b^3(H - h)/6$ $e_x = H/2$ $e_y = b/2$ $i_x = \sqrt{\frac{H^2 + Hh + h^2}{12}}$ $i_y = 0.289b$
<p>15.</p> 	$A = \pi ab$ $J_x = \pi ab^3/4; J_y = \pi a^3b/4$ $W_x = \pi ab^2/4; W_y = \pi a^2b/4$ $e_x = b; \quad e_y = a$ $i_x = b/2; \quad i_y = a/2$	<p>18.</p> 	$A = BH + bh$ $J_x = (BH^3 + bh^3)/12$ $W_x = (BH^3 + bh^3)/6H$ $e_x = H/2$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}$

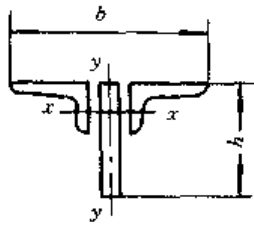
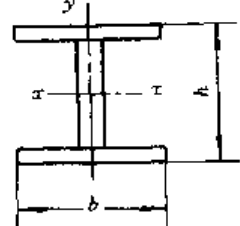
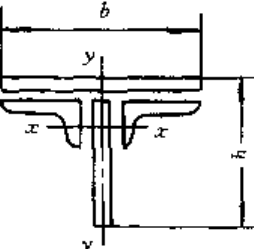
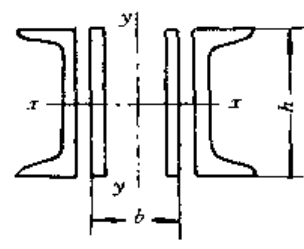
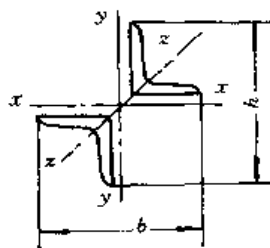
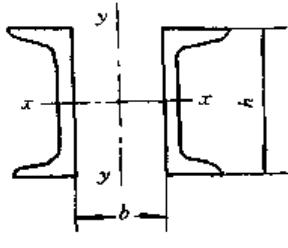
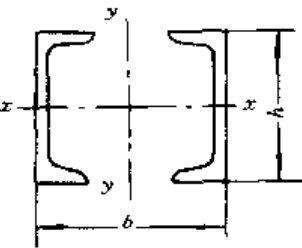
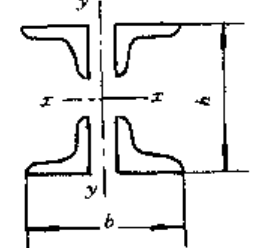
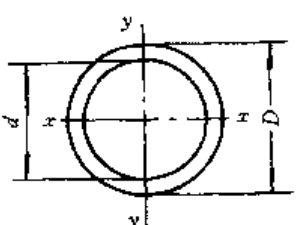
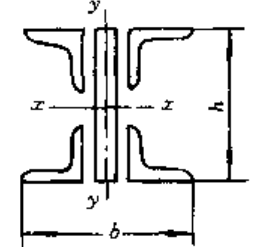
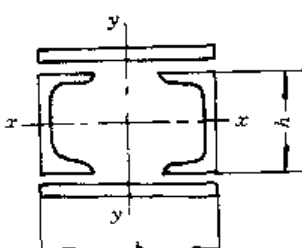
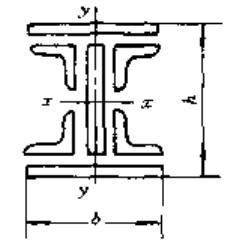
(续)

简图	计算式	简图	计算式
	$A = BH - bh$ $J_x = (BH^3 - bh^3) / 12$ $W_x = (BH^2 - bh^2) / 6H$ $e_x = H / 2$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}$		$A = BH - b(e_2 + h)$ $J_x = \frac{1}{12}(Be_1^3 - bh^3 + ae_2^3)$ $W_{x1} = J_x / e_1$ $W_{x2} = J_x / e_2$ $e_1 = (aH^2 + bd^2) / 2(aH + bd)$ $e_2 = H - e_1$ $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}$

表 1.4-3 主要组合截面的回转半径

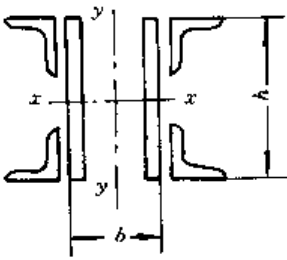
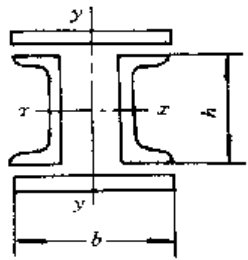
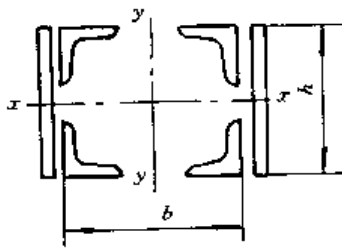
截面形状	回转半径	截面形状	回转半径
	$i_x = 0.30h$ $i_y = 0.215b$		$i_x = 0.21h$ $i_y = 0.21b$
	$i_x = 0.32h$ $i_y = 0.20b$		$i_x = 0.43h$ $i_y = 0.43b$
	$i_x = 0.28h$ $i_y = 0.24b$		$i_x = 0.42h$ $i_y = 0.22b$

(续)

截面形状	回转半径	截面形状	回转半径
	$i_x = 0.30h$ $i_y = 0.17b$		$i_x = 0.39h$ $i_y = 0.20b$
	$i_x = 0.26h$ $i_y = 0.21b$		$i_x = 0.35h$ $i_y = 0.56b$
	$i_x = 0.21h$ $i_y = 0.21b$ $i_z = 0.185h$		$i_x = 0.38h$ $i_y = 0.60b$
	$i_x = 0.38h$ $i_y = 0.44b$		$i_x = 0.45h$ $i_y = 0.24b$
	$i_x = 0.35d_m$ $d_m = \frac{D+d}{2}$		$i_x = 0.40h$ $i_y = 0.21b$
	$i_x = 0.44h$ $i_y = 0.38b$		$i_x = 0.45h$ $i_y = 0.235b$



(续)

截面形状	回转半径	截面形状	回转半径
	$i_x = 0.37h$ $i_y = 0.54b$		$i_x = 0.44h$ $i_y = 0.32b$
	$i_x = 0.37h$ $i_y = 0.45b$		

## 参 考 文 献

- 1 机械工程手册电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册. 第1卷. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 2 东北工学院《机械零件设计手册》编写组. 机械零件设计手册. 上册. 第3版. 北京: 冶金工业出版社, 1994
- 3 日本机械学会编. 机械技术手册. 上册. 北京: 机械工业出版社, 1984
- 4 GB3100~3102 1993, 量和单位. 北京: 中国标准出版社, 1994
- 5 严蕊琪编. 机械工程师工作手册. 北京: 机械工业出版社, 1985
- 6 杜荷聪, 王启尧, 袁楠编著. 物理量与单位. 北京: 中国计量出版社, 1986
- 7 国家计量局单位办公室编. 中华人民共和国法定计量单位资料汇编. 北京: 中国计量出版社, 1984
- 8 杜荷聪, 陈维新编. 法定计量单位宣贯手册(修订本). 北京: 国防工业出版社, 1986
- 9 李慎安编. 法定计量单位手册. 南京: 江苏科技出版社, 1984
- 10 杜荷聪, 陈维新, 张振威编. 计量单位及其换算. 北京: 计量出版社, 1982
- 11 李慎安, 杜荷聪编. 常用物理量及单位手册. 北京: 计量出版社, 1982
- 12 国际单位制推行委员会办公室编译. 常用单位换算表. 北京: 中国计量出版社, 1986
- 13 吉林大学数学系编. 数学分析. 北京: 人民教育出版社, 1979
- 14 王连祥等编. 数学手册. 北京: 人民教育出版社, 1979
- 15 伯德著, 方开文等译. 数学手册. 北京: 科学出版社, 1990
- 16 居余马等编. 线性代数. 北京: 清华大学出版社, 1995
- 17 丘维声编. 解析几何. 北京: 北京大学出版社, 1998
- 18 酒井高男等编. 齿车便览. 基础. 东京: 日本工业新闻出版社, 1969
- 19 Robert C. Weast et al, Handbook of Tables for Mathematics, The Chemical Rubber Co., 1970
- 20 Cabriel Klambauer, Problems and Propositions in Analysis, Marcel Dekker, Inc., 1979

# 第 2 篇 零件结构工艺性

主 编：崔虹雯

编写人：单瑞兰

王宛山

第 2 版

# 零件结构工艺性

主 编 单瑞兰  
王宛山  
编写人 单瑞兰  
王宛山  
崔虹雯  
巩亚东

# 第1章 概述

## 1 零件结构设计工艺性的概念

在机械设计中,不仅要保证所设计的机械设备具有良好的工作性能,而且还要考虑能否制造和便于制造。这种在机械设计中综合考虑制造、装配工艺及维修等方面各种技术问题,称为机械设计工艺性。机器及其零部件的工艺性体现于结构设计当中,所以又称为结构设计工艺性。

机械制造业,要能做到优质、高产和低耗,除了工艺人员应采取有关技术措施外,结构设计也有着决定性的影响。因此,机械设计工作者应掌握充分的设计原始资料,同时应熟悉制造工艺的理论和知识,设计工作者要做到对设计方案全面考虑和分析,使设计能经得起制造、使用、维护等方面的综合考验。

结构设计工艺性问题涉及的面较广,它存在于零部件生产过程的各个阶段;材料选择、毛坯生产、机械加工、热处理、机器装配、机器操作、维修等。在结构设计中,产生矛盾时,应统筹安排,综合考虑,找出主要问题,予以妥善解决。

## 2 影响零件结构设计工艺性的因素

结构设计工艺性随客观条件的不同及科学技术的发展而变化。影响结构设计工艺性的因素大致有三个方面。

1)生产类型 生产类型是影响结构设计工艺性的首要因素。当单件、小批生产零件时,大都采用生产效率较低、通用性较强的设备和工艺装备,采用普通的制造方法,因此,机器和零部件的结构应与这类工艺装备和工艺方法相适应。在大批大量生产时,产品结构必须与采用高生产率的工艺装备和工艺方法相适应。所以,在单件小批生产中具有良好工艺性的结构,往往在大批大量生产中,其工艺性并不一定好,反之亦如此。因此,当产品由单件小批生产扩大到大批量生产时,必须对其结构工艺性进行审查和修改,以适应新的生产类型的需要。

2)制造条件 机械零部件的结构必须与制造厂的生产条件相适应。具体生产条件应包括:毛坯的生产能力及技术水平;机械加工设备和工艺装备的规格及性能;热处理的设备及能力;技术人员和工人的技术水平;辅助部门的制造能力和技术力量等。

3)工艺技术的发展 随着生产不断发展,新的加

工设备和工艺方法不断出现。精密铸造、精密锻造、精密冲压、挤压、锻锻、轧制成形、粉末冶金等先进工艺,使毛坯制造精度大大提高;真空技术、离子氮化、镀渗技术使零件表面质量有了很大的提高;电火花、电解、激光、电子束、超声波加工技术使难加工材料、复杂形面、精密微孔等加工较为方便。设计者要不断掌握新的工艺技术,设计出符合当代工艺水平的零部件结构。

## 3 零件结构设计工艺性的基本要求

零部件的结构工艺性主要在保证技术要求的前提下和一定的生产条件下,能采用较经济的方法,保质、保量地制造出来。结构工艺性对产品结构的基本要求如下:

1)从整个机器的工艺性出发,分析零部件的结构工艺性 机器零部件是为整机工作性能服务的,零部件结构工艺性应服从整机的工艺性,不能把两者分割开来。

2)在满足工作性能的前提下,零件造型尽量简单 在满足工作性能的前提下,应当用最简单的调柱面、平面、共轭曲面等构成零件的轮廓;同时应尽量减少零件的加工表面数量和加工面积;尽量采用标准件、通用件和外购件;增加相同形状和相同元素(如直径、圆角半径、配合、螺纹、键、齿轮模数等)的数量。

3)零件设计时应考虑加工的可能性、方便性、精确性和经济性 在能满足精度要求的加工方案中,应符合经济性要求。这样,在满足零件工作性能的前提下,应尽量降低零件的技术要求(即尽量低的加工精度和表面质量),以提高零件的设计工艺性能。

4)尽量减少零件的机械加工量 应使零件毛坯的形状和尺寸尽量接近零件本身的形状和尺寸,力求实现少或无切屑加工,充分利用原材料,以降低零件的生产成本。应尽量采用精密铸造、精密锻造、冷轧、冷挤压、粉末冶金等先进工艺,以达到上述要求。

5)合理选择零件材料 要考虑材料的机械性能是否适应零件的工作条件,使零件具有预定的寿命,成本消耗低。例如:碳钢的锻造、切削加工等方面的性能好,但强度还不够高,淬透性低;铸铁和青铜不能锻造、可焊性差。要积极使用新材料,在满足零件使用性能的前提下,有较好的材料工艺性和经济性,例如:稀土镁球墨铸铁代替锻钢,工程塑料和粉末冶金材料代替有色金属材料等。

## 第 2 章 铸件结构设计工艺性

铸造用的原材料来源广泛,生产成本低,铸造工艺灵活性大,几乎不受零件大小、形状、重量和结构复杂程度的限制,所以铸造工艺被广泛应用(表 2.2-1)。

表 2.2-1 各类机械中铸件质量比

机械类别	(%)
机床、内燃机、重型机器	70~90
风机、压缩机	60~80
拖拉机	50~70
农业机械	40~70
汽车	20~30

铸件结构工艺性与铸件的质量、劳动生产率 and 铸造成本有关。设计铸件时,除了要考虑满足零件的工作性能外,还要考虑铸造工艺过程、合金铸造性能、铸造方法及机械加工、装配和运输等方面对铸件结构的要求。

### 1 常用铸造金属材料和铸造方法

#### 1.1 常用铸造金属材料的铸造性和结构特点

常用的铸造金属材料可分为铸铁、铸钢和有色合金(表 2.2-2),其中 95% 以上的铸件是采用铸铁与铸钢制成的。

表 2.2-2 常用铸件结构的特点

类别	性能特点	结构特点
灰铸铁件	流动性好,体收缩和线收缩小。综合力学性能低,抗压强度比抗拉强度高约 3~4 倍。吸振性好。弹性模量较低	形状可以复杂,结构允许不对称。有箱体形、筒形等,例如,用于发动机的汽缸体、筒套、各种机床床身、底座、平板、平台等铸件
球墨铸铁件	流动性与灰铸铁相近;体收缩比灰铸铁大,而线收缩小,易形成缩孔、疏松。综合力学性能较高,弹性模量比灰铸铁高;抗磨性好;冲击韧性、疲劳强度较好。消振能力比灰铸铁低	一般多设计成均匀壁厚;对于厚大断面件,可采用空心结构,如球墨铸铁曲轴轴颈部分

(续)

类别	性能特点	结构特点
可锻铸铁件	流动性比灰铸铁差;体收缩很大,退火后,最终线收缩很小。退火前,很脆,毛坯易损坏。综合力学性能稍次于球墨铸铁,冲击韧性比灰铸铁大 3~4 倍	由于铸态要求白口,一般是薄壁均匀件,常用厚度为 5~16mm。为增加其刚性,截面形状多为工字形、丁字形或箱形,避免十字形截面;零件突出部分应用肋条加固
铸钢件	流动性差,体收缩、线收缩和裂纹敏感性都较大。综合力学性能高;抗压强度与抗拉强度几乎相等。吸振性差	结构应具有最少的热节点,并创造顺序凝固的条件。相邻壁的连接和过渡更应圆滑;铸件截面应采用箱形和槽形等近似封闭状的结构;一些水平壁应改成斜壁或波浪形;整体壁改成带窗口的壁,窗口形状最好为椭圆形或圆形,窗口边缘须做出凸台,以减少产生裂纹的可能
锡青铜和磷青铜件	铸造性能类似灰铸铁。但结晶范围大,易产生缩松;流动性差;高温性能差,易脆。强度随截面增大而显著下降。耐磨性好	壁厚不得过大;零件突出部分应用较薄的加强肋加固,以免热裂;形状不宜太复杂
无锡青铜和黄铜件	收缩较大,结晶范围小,易产生集中缩孔;流动性好。耐磨、耐腐蚀性好	类似铸钢件
铝合金件	铸造性能类似铸钢,但强度随壁厚增大而下降得更显著	壁厚不能过大;其余类似铸钢件

#### 1.2 常用铸造方法的特点和应用范围

铸造方法可分砂型铸造和特种铸造两大类,用砂型浇注的铸件占铸件总产量的 90% 以上。特种铸造是一种少用砂或不用砂、采用专用的工艺装备使金属熔液成型的铸造方法,能获得比砂型铸造更细的表面粗糙度,更高尺寸精度和力学性能的铸件,但铸造成本较高。其特点和应用范围见表 2.2-3~表 2.2-5。

表 2.2-3 砂型铸造方法的类别、特点和应用范围

造型方法	主要特点	应用范围	
手工造型	砂箱造型	在专用的砂箱内造型,造型、起模、修型等操作方便	大、中、小铸件成批或单件生产
	劈箱造型	将模样和砂箱分成相应的几块,分别造型,然后组装,造型、烘干、搬运、合箱和检验等操作方便,但制造模样、砂箱的工作量大	成批生产大型复杂铸件,如机床床身,大型柴油机机身
	叠箱造型	将几个甚至十几个铸型重叠起来浇注,可节约金属,充分利用生产面积	中小件成批生产,多用于小型铸钢件
	脱箱造型	造型后将砂箱取走,在无箱或加套箱的情况下浇注,又称无箱造型	小件成批或单件生产
	地坑造型	在车间地坑中造型,不用砂箱或只用箱盖,操作较麻烦、劳动量大、生产周期长	中大型铸件单件生产,在无合适砂箱时采用
	刮板造型	用专制的刮板刮制铸型,可节省制造模样的材料和工时,操作麻烦、生产率低	单件小批生产,外形简单,或圆形铸件
组芯造型	在砂箱、地坑中,用多块砂芯组装成铸型,可用夹具组装铸型	单件或成批生产结构复杂的铸件	
一般机器造型	震击式	靠造型机的震击来紧实铸型,机构简单,制造成本低,但噪声大,生产率低,对厂房基础要求高	大量或成批生产的中大铸件
	震压式	在震击后加压紧实铸型,造型机制造成本较低,生产率较高,噪声大	大量或成批生产中、小件
	微震压实式	在微震的同时加压紧实铸型,生产率较高,震击机构容易磨损	大量或成批生产中、小件
	压实式	用较低的比压压实铸型,机器结构简单,噪声较小,生产率较高	大量或成批生产较小的铸件
	抛砂机	用抛砂的方法填实和紧实砂型,机器的制造成本较高	单件、成批生产中、大件
高压造型	多触头式	机械方法加砂,高压多触头压实,铸件尺寸精确,生产率高,但机器结构复杂,辅机多、砂箱刚度要求高,制造成本高	大量生产中、小铸件
	脱箱射压式	射砂方式填砂和预紧实,高压压实,铸件尺寸精确,辅机多,砂箱精度要求高,与多触头式相比,机器结构简单,生产率更高	大量生产中、小铸件
	无箱挤压式	射砂方式填砂和预紧实,高压压实后,将铸型推出箱框,不用砂箱,铸件尺寸精确,生产率最高,辅机较少,垂直分型时下芯需有专门机械手	大量生产中、小铸件

表 2.2-4 砂型的类别、特点和应用范围

铸型类别	主要特点	应用范围
干型	水分少,强度高,透气性好,成本高,劳动条件差,可用机器造型,但不易实现机械化、自动化	结构复杂,质量要求高,单件小批生产中、大铸件
湿型	不用烘干,成本低,粉尘少,可用机器造型,容易实现机械化自动化,采用膨润土活化砂及高压造型,可以得到强度高,透气性较好的铸型	多用于单件或大批大量生产的中小件
自硬型	一般不需烘干,强度高,硬化快,劳动条件好,铸型精度较高,自硬型砂按使用粘结剂和硬化方法不同,各有特点	多用于单件、小批或成批生产的中、大型铸件,对大型铸件,效果较好

表 2.2-5 特种铸造方法的类别、特点和应用范围

铸造方法	主要特点	应用范围
压力铸造	用金属铸型,在高压、高速下充型,在压力下快速凝固,是效率高、精度高的金属成型方法,但压铸机、压铸型制造费用高	大批、大量生产,以锌合金、铝合金、镁合金及铜合金为主的中小型薄壁铸件,也用于钢铁铸件
熔模铸造	用蜡模,在蜡模外制成整体的耐火质薄壳铸型。加热熔掉蜡模后,用重力浇注,铸件精度高,表面质量好,但压型制造费高、工序繁多。手工操作时,劳动条件差	各种生产批量,以碳钢、合金钢为主的各种合金和难于加工的高熔点合金复杂零件为宜,铸件质量一般<10kg
金属型铸造	用金属铸型,在重力下浇注成型,对非铁合金铸件有细化组织的作用,灰铸铁件易出白口,生产率高,无粉尘,设备费用较高,手工操作时,劳动条件差	成批,大量生产,以非铁合金为主,也可用于铸钢、铸铁的厚壁、简单或中等复杂的中小铸件
低压铸造	用金属型、石墨型、砂型,在气体压力下充型及结晶凝固,铸件致密,金属收得率高,设备简单	单件、小批或大量生产,以非铁合金为主的中大薄壁铸件
陶瓷型铸造	采用高精度模样,用自硬耐火浆料灌注成型,重力浇注,铸件精度、表面粗糙度细,但陶瓷浆料价格贵	单件、小批生产中,小型,厚壁中等复杂铸件,特别宜作金属型、模板、热芯盒及各种热锻模具
离心铸造	用金属型或砂型,在离心力作用下浇注成型,铸件组织致密,设备简单、成本低、生产率高,但机械加工量大	单件,成批大量生产铁管、铜套、轧辊、金属轴瓦、汽缸套等旋转体铸件
实型铸造	用泡沫聚苯乙烯塑料模,局部或全部代替木模或金属模造型,在浇注时烧失。可节约木材、简化工序,但烟尘有害气体较大	单件、小批生产的中大铸件,尤以1~2件为宜,或取模困难的铸件部分
磁型铸造	用磁性材料(铁丸、钢丸)代替型砂作造型材料,磁性材料可重复使用,简化了砂处理设备,但铸钢件表面渗碳,涂料干燥时间长,生产率低	大批大量生产中小型中等复杂的钢铁零件,如锚链、阀体等
连续铸造	铸型是水冷结晶器,金属液连续浇入后,凝固的铸件不断地从结晶器的另一端拉出。生产率高,但设备费用高	大批、大量生产各类合金的铸管、铸锭、铸带、铸杆等
真空吸铸	在结晶器内抽真空,造成负压,吸入液体金属成型。铸件无气孔、砂眼,组织致密,生产率高,设备简单	大批、大量生产铜合金、铝合金的筒形和棒类铸件
挤压铸造	先在铸型的下型中浇入定量的液体金属,迅速合型,并在压力下凝固。铸件组织致密,无气孔,但设备较复杂。挤压钢铁合金时模具寿命较短	大批生产以非铁合金为主的形状简单,内部质量要求高或轮廓尺寸大的薄壁铸件
石墨型铸造	用石墨材料制成铸型,重力浇注成型,铸件组织致密,尺寸精确,生产率高,但铸型质脆,易碎,手工操作时劳动条件差	成批生产铜合金螺旋桨等形状不太复杂的中小型零件,也可用于钛合金铸件

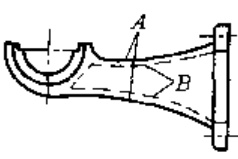
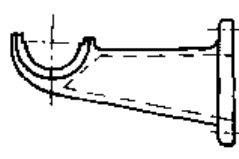
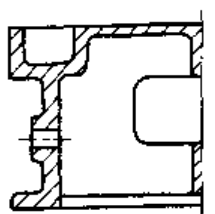
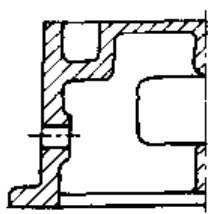
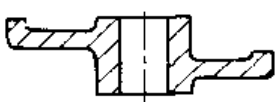
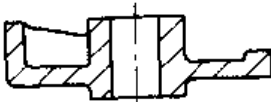
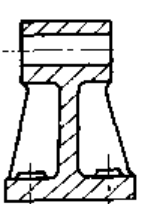
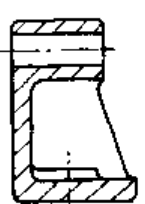
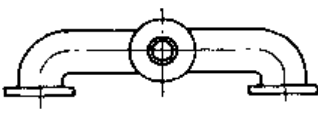
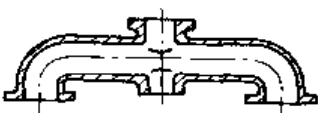
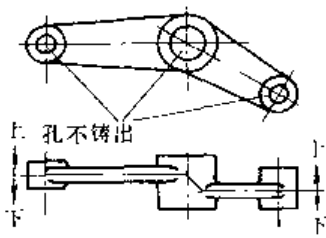
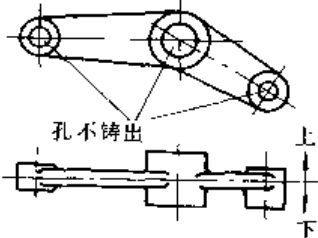
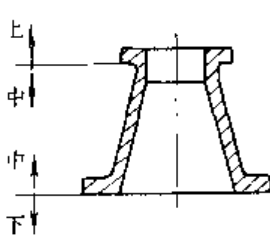
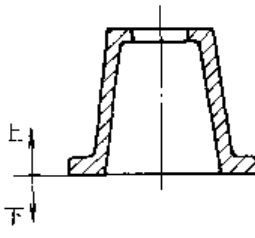
注:特种铸造还包括石膏型、壳型、金属型覆砂铸造、热芯盒造型等。

## 2 铸造工艺对铸件结构设计工艺性的要求

设计铸件时,应考虑铸造工艺过程对铸件结构的

要求,即必须考虑模样制造、造型、制芯、合箱、浇注、清理等工序的操作要求,以简化铸造工艺过程,提高生产率,保证铸件质量。铸件结构工艺性的要求见表 2.2-6。

表 2-2-6 铸造工艺对铸件结构的基本要求

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	外形力求简单			A、B 为弧面时，制模、制芯困难，应改为平面
				尽量减少凹凸部分
	分型面力求简单			分型面形状力求简单，尽量设计在同一平面内
				
2	分型面应是平面			铸件外形应使分型方便，如三通管在不影响使用的情况下，各管口截面最好在一个平面上
				
	尽量减少分型面的数量			分型面应尽量减少，改进后，三箱造型变为两箱造型




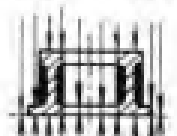
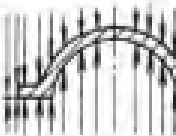
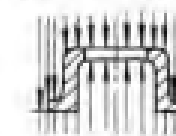
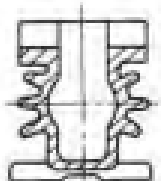
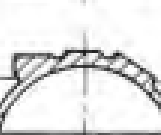
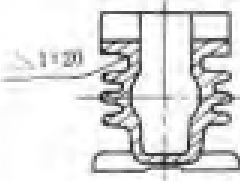
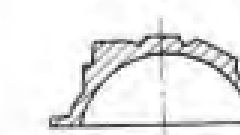
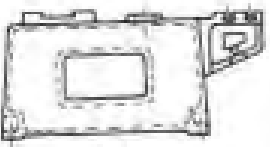
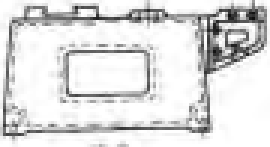
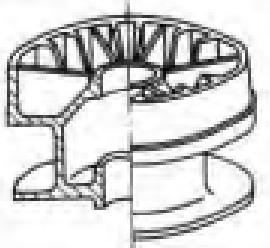
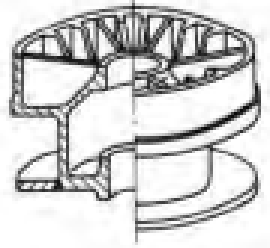


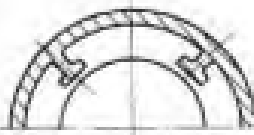
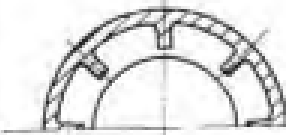
(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
2	便于造型			分型面应尽量减少,改进后,三箱造型变为两箱造型
				减少活块的数量
			加强肋应合理布置	
			为避免采用活块,可将凸台加长,引伸至分型面。如加工方便,也可不设凸台,采取铤平措施	

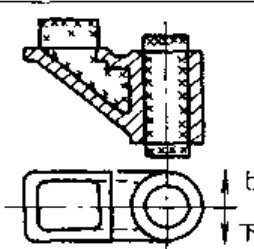
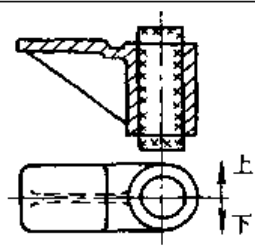
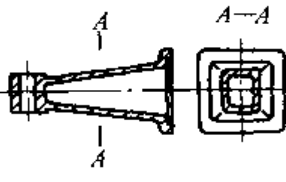
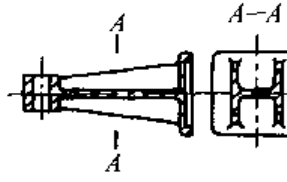

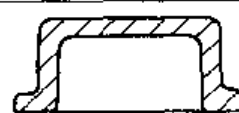

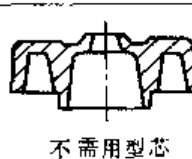
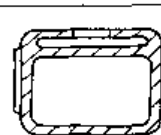
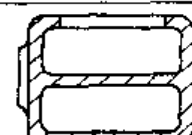
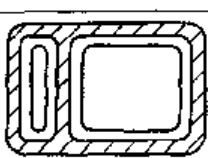
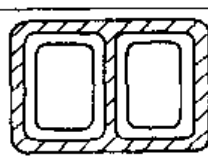
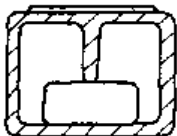
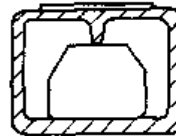
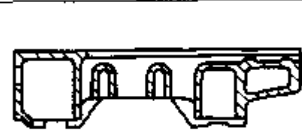

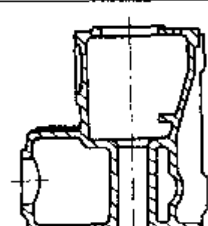
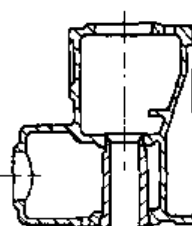
(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
2	便于造型	减少活块的数量		为避免采用活块,可将凸台加长,引伸至分型面。如加工方便,也可不设凸台,采取磨平措施
		使活块容易取出		$A > B$ ,将C部作成斜面时,活块容易取出
	增加砂型强度		改进后,将小头法兰改成内法兰,大头法兰改成外法兰。为保证其强度,法兰厚度应稍增大	
			离平面很近或相切的圆凸台砂型不牢	
			圆凸台侧壁的沟缝处容易掉砂,可改为机械加工平面	
	相距很近的凸台,可将其连接起来			

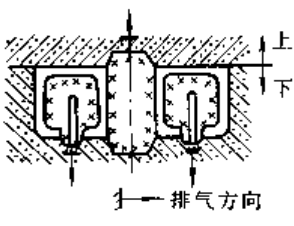
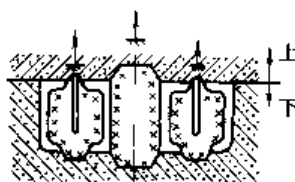
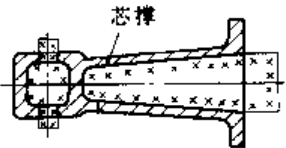
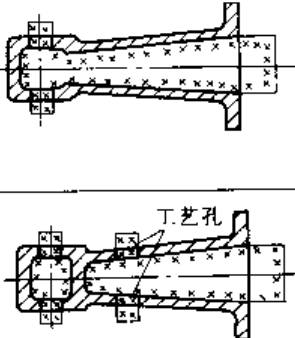
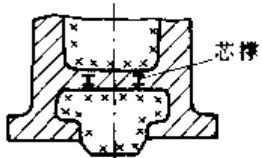
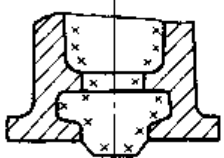
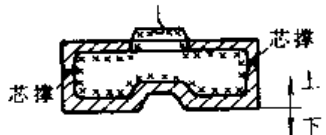
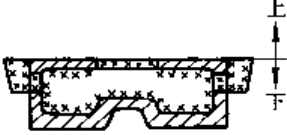
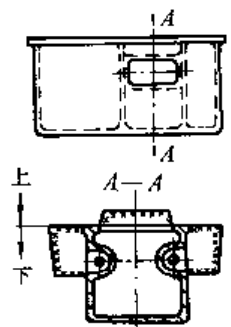
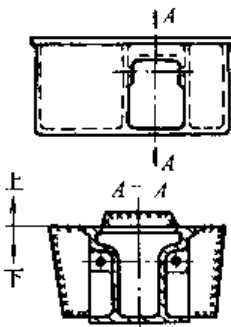
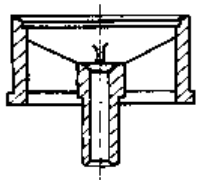
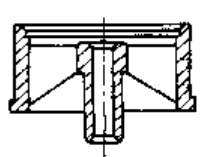
(续)

序号	注 意 事 项		图 例		说 明
			改 进 前	改 进 后	
2	便于造型	便于取模	 	 	<p>可作垂直于分型面的平行线来检验,阴影部分不能取模</p>
			 	 	<p>避免使造模、取模产生困难的死角和内凹</p>
	采用组合铸件	 <p>床身</p>	 <p>床身</p>	<p>对于大型复杂件,在不影响其精度、强度及刚度要求的情况下,为使铸件的结构简单,可考虑分成几个铸件组成。如床身由整体改为分铸、螺栓联接;鼓轮型铸钢件的法兰改成焊接组合</p>	
					
3	便于制芯	简化内腔,少用型芯			<p>铸件内腔形状应尽量简单,减少型芯,并简化芯盒结构</p>
					

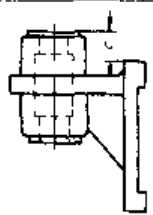
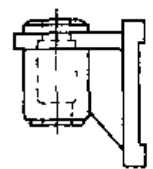
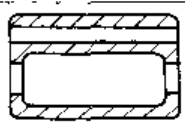
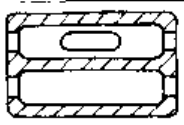
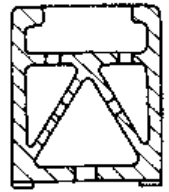
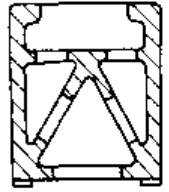
(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明		
		改 进 前	改 进 后			
3	便于制芯	简化内腔,少用型芯			将箱形结构改为肋骨形结构,可省去型芯,但强度和刚性比箱形结构差	
						
						尽可能将内腔做成开式的,可不需型芯
			 <p>需用型芯</p>	 <p>不需型芯</p>		
	便于型芯固定				在结构允许的条件下,采用对称结构,可减少制造木模和型芯的工作量	
						
					内腔的狭长肋,需要狭窄沟缝的型芯,不易刷上涂料,应尽可能避免	
				 <p>工艺窗孔</p>		设置固定型芯的专用工艺窗孔
					铸件改为组合结构后,使型芯形状简单、固定稳固,易保证铸件的壁厚	

(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
4	便于合箱 下芯和排气方便			有利于型芯的固定和排气
				尽量避免采用悬臂芯,可连通中间部分;若使用要求不允许此部分结构改变,则可设工艺孔,加强型芯的固定和排气
				改进后,减少型芯,不用芯撑
				改进后,避免采用吊芯,不用芯撑
	减小砂箱体积			改进前,下芯十分不便,需先放入中间芯,放芯撑固定后,再从侧面放入两边型芯,芯头处需用干砂填实;改进后,两边型芯可先放入,不妨碍中间型芯的安放
				缩小铸件的轮廓尺寸,可减小砂箱体积,降低造型费用

(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
4	便于合箱 减小砂箱 体积			缩小铸件的轮廓尺寸,可减小砂箱体积,降低造型费用
5	便于清砂 留有足够 清理空间			狭长内腔不便制芯和清铲,应尽可能避免
				在保证刚性的前提下,可加大清铲窗孔,以便于清砂及破出芯骨

### 3 合金铸造性能对铸件结构设计工艺性的要求

铸件结构必须符合合金铸造性能的要求,否则铸件容易产生浇不足、冷隔、缩孔、缩松、粘砂烧结、变形、

裂纹等缺陷。

#### 3.1 合理设计铸件壁厚

1) 铸件的最小壁厚 合理的铸件壁厚,能保证铸件的力学性能和防止产生浇不足、冷隔等缺陷。铸件的

表 2.2-7 铸件最小允许壁厚 (mm)

铸型种类	铸 件 尺 寸	最 小 允 许 壁 厚							
		铸 钢	灰 铸 铁	球 墨 铸 铁	可 锻 铸 铁	铝 合 金	镁 合 金	铜 合 金	高 锰 钢
砂 型	200×200 以下	6~8	5~6	6	4~5	3	—	3~5	20 (最大壁厚不超过125)
	200×200~500×500	10~12	6~10	12	5~8	4	3	6~8	
	500×500 以上	18~25	15~20	—	—	5~7	—	—	
金属型	70×70 以下	5	4	—	2.5~3.5	2~3	—	3	125)
	70×70~150×150	—	5	—	3.5~4.5	4	2.5	4~5	
	150×150 以上	10	6	—	—	5	—	6~8	

注:1. 结构复杂的铸件及灰铸铁牌号较高时,选取偏大值。

2. 特大型铸件的最小允许壁厚,还可适当增加。

最小壁厚见表 2.2-7。

2) 避免截面过厚 采用加强肋 为保证铸件的强度与刚度,选择合理的截面形状,如 T 字形、I 字形、槽形、箱形结构,并在薄弱部分安置加强肋(见表 2.2-8~10)。

表 2.2-8 灰铸铁件外壁、内壁和加强筋的厚度 (mm)

铸件质量 /kg	铸件最大尺寸	外壁厚度	内壁厚度	肋条厚度	零件举例
<5	300	7	6	5	盖、拨叉、轴套、端盖

(续)

铸件质量 /kg	铸件最大尺寸	外壁厚度	内壁厚度	肋条厚度	零件举例
6~10	500	8	7	5	挡板、支架、箱体、门、盖
11~60	750	10	8	6	箱体、电动机支架、溜板箱、托架
61~100	1250	12	10	8	箱体、液压缸体、滴板箱
101~500	1700	14	12	8	油盘、带轮、糖模架
501~800	2500	16	14	10	箱体、床身、盖、滑座
801~1200	3000	18	16	12	小立柱、床身、箱体、油盘

3) 铸件壁厚应尽可能均匀 铸件壁厚不均匀易

产生缩孔或缩松,引起铸件变形或产生较大内应力导致铸件产生裂纹。

### 3.2 铸件的结构圆角与圆滑过渡

铸件壁的连接或转角部分容易产生内应力、缩孔和缩松,应注意防止壁厚突变及铸件尖角。

1) 铸件的结构圆角 铸件壁的转向及壁间连接处均应考虑结构圆角,防止铸件因金属积聚和应力集中

产生缩孔、缩松和裂纹等缺陷。此外,铸造圆角还有利于造型,减少取模掉砂,并使铸件外形美观。铸造外圆角半径  $R$  值见表 2.2-11。

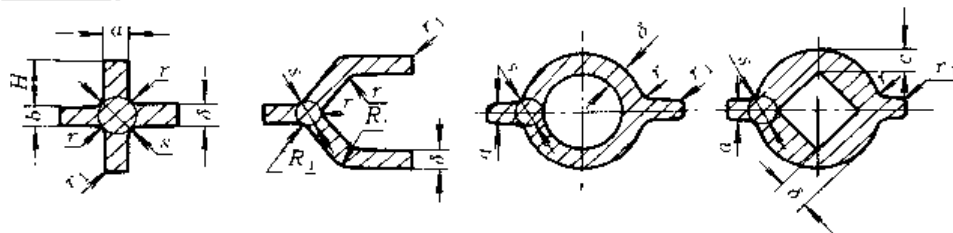
铸件内圆角必须与壁厚相适应,通常圆角处内接圆直径应不超过相邻壁厚的 1.5 倍。铸造内圆角半径  $R$  值见表 2.2-12。

2) 铸件壁与壁相交时,应避免锐角连接 壁的连接形式与尺寸见表 2.2-13。

表 2.2-9 加强肋的种类、尺寸、布置和形状

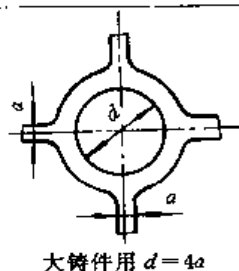
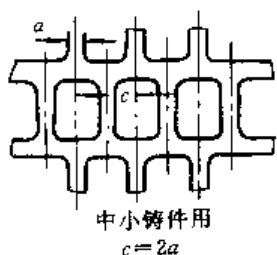
中部的筋		两边的筋	
	$H \leq 5\delta$ $a = 0.8\delta$ (若是铸件内部的筋,则 $a \approx 0.6\delta$ ) $s = 1.3\delta$ $r = 0.5\delta$		$H \leq 5\delta$ $a = \delta$ $s = 1.25\delta$ $r = 0.3\delta$ $r_1 = 0.25\delta$

带有肋的截面的铸件尺寸比例

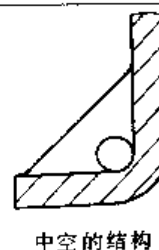
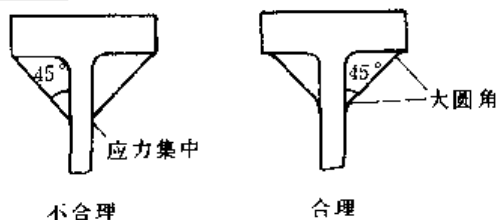


断面	( $\delta$ 的 倍 数)							
	$H$	$a$	$b$	$c$	$R$	$r$	$r_1$	$s$
丁字形	3	0.6	0.6	-	-	0.3	0.25	1.25
叉形	-	-	-	-	1.5	0.5	0.25	1.25
环形附肋	-	0.8	-	-	-	0.5	0.25	1.25
同上,但有方孔	-	1.0	-	0.5	-	0.25	0.25	1.25

肋的布置

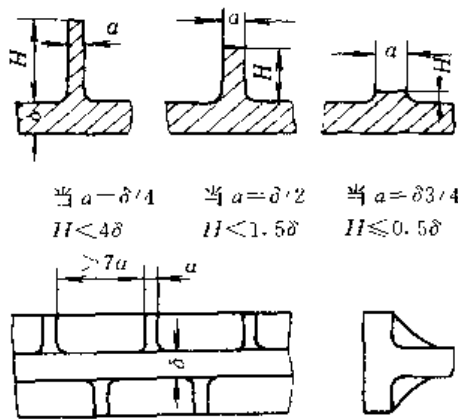


肋的形状

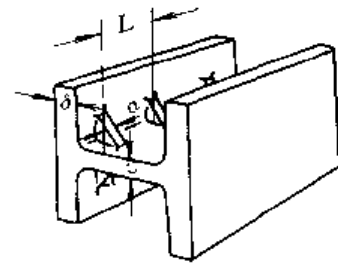


(续)

肋 的 形 状



当  $a = \delta/4$  当  $a = \delta/2$  当  $a = \delta/3/4$   
 $H < 4\delta$   $H < 1.5\delta$   $H \leq 0.5\delta$



$s < a < \delta$   
 $c = 2\delta/3$   
 $L > 3\delta$

说 明  $a, b$ —肋厚度  $\delta$ —壁厚

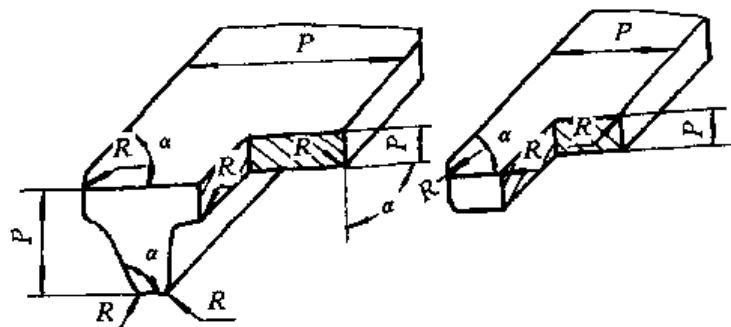
表 2.2-10 两壁之间肋的连接形式

序号	简 图	说 明	序号	简 图	说 明
1		抗弯和抗扭性能最差	7		抗弯性较高
2		仅在一个方向上有抗弯能力	8		较序号2抗弯性和抗扭性能稍高
3		较序号2抗弯和抗扭性能稍高	9		较序号2抗弯性和抗扭性能稍高
4		在两个方向上有抗弯能力	10		双向均有大的抗弯性和抗扭性能。但需用型芯
5		较序号2抗弯性能稍高	11		
6					

注：抗弯和抗扭性能大致按序号顺序递增。

表 2.2-11 铸造外圆角半径  $R$  值

(mm)





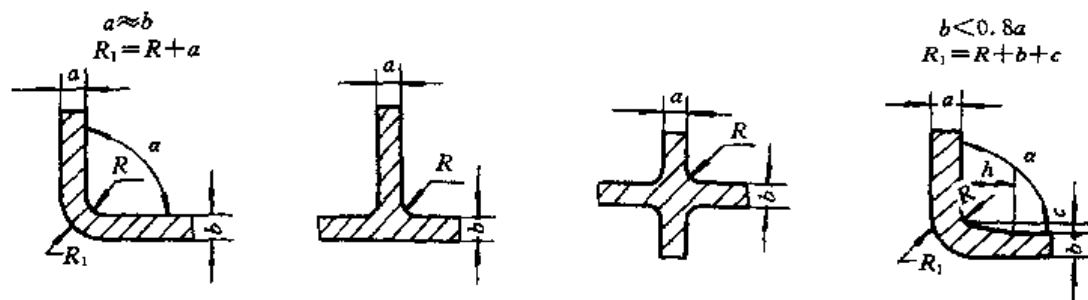
(续)

表面的最小边尺寸 $P$	外 圆 角 $\alpha$					
	$\leq 50^\circ$	$51^\circ \sim 75^\circ$	$76^\circ \sim 105^\circ$	$106^\circ \sim 135^\circ$	$136^\circ \sim 165^\circ$	$> 165^\circ$
$\leq 25$	2	2	2	4	6	8
$> 25 \sim 60$	2	4	4	6	10	16
$> 60 \sim 160$	4	4	6	8	16	25
$> 160 \sim 250$	4	6	8	12	20	30
$> 250 \sim 400$	6	8	10	16	25	40
$> 400 \sim 600$	6	8	12	20	30	50
$> 600 \sim 1000$	8	12	16	25	40	60
$> 1000 \sim 1600$	10	16	20	30	50	80
$> 1600 \sim 2500$	12	20	25	40	60	100
$> 2500$	16	25	30	50	80	120

注: 如果铸件不同部位按上表可选出不同的圆角  $R$  数值时, 应尽量减少或只取一适当的  $R$  数值, 以求统一。

表 2.2-12 铸造内圆角半径  $R$  值

(mm)



$\frac{a+b}{2}$	内 圆 角 $\alpha$											
	$\leq 50^\circ$		$51^\circ \sim 75^\circ$		$76^\circ \sim 105^\circ$		$106^\circ \sim 135^\circ$		$136^\circ \sim 165^\circ$		$> 165^\circ$	
	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁
$\leq 8$	4	4	4	4	6	4	8	6	16	10	20	16
9~12	4	4	4	4	6	6	10	8	16	12	25	20
13~16	4	4	6	4	8	6	12	10	20	16	30	25
17~20	6	4	8	6	10	8	16	12	25	20	40	30
21~27	6	6	10	8	12	10	20	16	30	25	50	40
28~35	8	6	12	10	16	12	25	20	40	30	60	50
36~45	10	8	16	12	20	16	30	25	50	40	80	60
46~60	12	10	20	16	25	20	35	30	60	50	100	80
61~80	16	12	25	20	30	25	40	35	80	60	120	100
81~110	20	16	25	20	35	30	50	40	100	80	160	120
111~150	20	16	30	25	40	35	60	50	100	80	160	120
151~200	25	20	40	30	50	40	80	60	120	100	200	160
201~250	30	25	50	40	60	50	100	80	160	120	250	200
251~300	40	30	60	50	80	60	120	100	200	160	300	250
$> 300$	50	40	80	60	100	80	160	120	250	200	400	300
$c$ 和 $h$ 值	$b/a$		$< 0.4$		$0.5 \sim 0.65$		$0.66 \sim 0.8$		$> 0.8$			
	$c \approx$		$0.7(a-b)$		$0.8(a-b)$		$a-b$					
	$h \approx$	钢							8c			
	铁							9c				

注: 对于高锰钢铸件, 内圆角半径  $R$  值应比表中数值增大 1.5 倍。

表 2.2-13 壁的连接形式与尺寸

形式	图 例		连接尺寸
	不合理结构	合理结构	
两壁斜向相连 ( $\alpha < 75^\circ$ )			$h = a$ $R = \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) a$ $R_1 = R - a$
			$b > 1.25a$ , 铸铁 $h = 4c$ $c = b - a$ , 铸钢 $h = 5c$ $R = \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 = R + b$
			$b \approx 1.25a$ $R = \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 = R + b$
			$b \approx 1.25a$ , 铸铁 $h = 8c$ $c = \frac{b-a}{2}$ , 铸钢 $h = 10c$ $R = \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 = R + \frac{a+b}{2}$
两壁垂直相连			$R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) a$ $R_1 \geq R + a$
			$R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 \geq R + \frac{a+b}{2}$
			$b \geq a + c$ , 铸铁 $h \geq 4c$ $c \approx 3 \sqrt{b-a}$ , 铸钢 $h \geq 5c$ $R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 \geq R + \frac{a+b}{2}$

(续)

形式	图 例		连接尺寸
	不合理结构	合理结构	
两壁垂直相连			$R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) a$
		二壁相等时	
			$b \geq a + c$ , 铸铁 $h \geq 4c$ $c \approx 3 \sqrt{b-a}$ , 铸钢 $h \geq 5c$ $R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$
	壁厚 $b > a$ 时	$a \geq b + 2c$ , 铸铁 $h \geq 8c$ $c \approx 1.5 \sqrt{b-a}$ , 铸钢 $h \geq 10c$ $R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$	
其他			$\alpha < 90^\circ$ $r = 1.5a (\geq 25)$ $R = r + a$ $R = 1.5r + a$
			$\alpha < 90^\circ$ $r = \frac{a+b}{2} (\geq 25)$ $R = r + a$ $R_1 = r + b$
			$L > 3a$

注: 1. 圆角标准数列为: 2、4、6、8、10、12、16、20、25、30、35、40、50、60、80、100mm。

2. 当壁厚大于 50mm 时, R 取数列中小值。

3) 不同壁厚相接应逐渐过渡 铸件的厚壁与薄壁相连接时, 连接部位的结构应从薄壁缓慢过渡到厚壁, 防止突变。过渡的形式与尺寸见表 2.2-14。法兰铸造过渡斜度见表 2.2-15。

### 3.3 合理的铸件结构形状

(1) 避免铸件固态收缩受阻碍

对于热裂、冷裂敏感的铸造合金, 铸件结构应尽量避免其冷却时收缩受阻而开裂。

(2) 铸件应避免设置过大水平面

浇注时铸件朝上的水平面易产生气孔、砂眼、夹渣和冷隔等缺陷。因此, 应尽量减少过大的水平面或采用倾斜的表面。

(3) 其他

表 2.2-14 壁厚的过渡形式与尺寸

(mm)

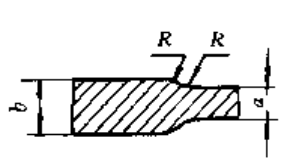
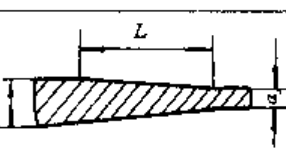
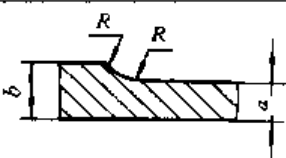
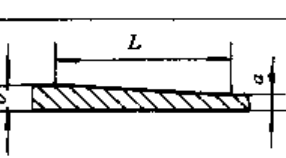
图 例	过 渡 尺 寸												
	$b \leq 2a$	铸 铁	$R \geq \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left( \frac{a+b}{2} \right)$										
		铸 钢	$\frac{a+b}{2}$	<12	12~16	16~20	20~27	27~35	35~45	45~60	60~80	80~110	110~150
		可锻铸铁											
		非铁合金	R	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40
	$b > 2a$	铸 铁	$L \geq 4(b-a)$										
		铸 钢	$L \geq 5(b-a)$										
	$b \leq 1.5a$	$R \geq \frac{2a+b}{2}$											
	$b > 1.5a$	$L = 4(a+b)$											

表 2.2-15 法兰铸造过渡斜度

(mm)

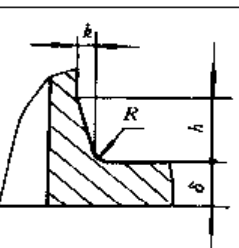
筒 图	尺 寸													
	$\delta$	10~15	>15~20	>20~25	>25~30	>30~35	>35~40	>40~45	>45~50	>50~55	>55~60	>60~65	>65~70	>70~75
	k	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	h	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	R	5	5	5	8	8	10	10	10	10	15	15	15	15

表 2.2-16 最小铸孔尺寸

(mm)

材 料	孔壁厚度	<25		26~50		51~75		76~100		101~150		151~200		201~300		$\geq 301$		
	孔的深度	最 小 孔 径																
碳 钢 与 一 般 合 金 钢	$\leq 100$	75	55	75	55	90	70	100	80	120	100	140	120	160	140	180	160	
	101~200	75	55	90	70	100	80	110	90	140	120	160	140	180	160	210	190	
	201~400	105	80	115	90	125	100	135	110	165	140	195	170	215	190	255	230	
	401~600	125	100	135	110	145	120	165	140	195	170	225	200	255	230	295	270	
	601~1000	150	120	160	130	180	150	200	170	230	200	260	230	300	270	340	310	
高 锰 钢	孔壁厚度	<50				51~100				$\geq 101$								
	最小孔径	20				30				40								
灰 铸 铁	大量生产:12~15,成批生产:15~30,小批、单件生产:30~50																	

注:1. 不通圆孔最小容许铸造孔直径应比表中值大 20%,矩形或方形孔其短边要大于表中值的 20%,而不通矩形或方形孔则要大 40%。

2. 表中  $\surd$  表示加工后孔径,  $\surd$  表示不加工的孔径。

3. 难加工的金属,如高锰钢铸件等的孔应尽量铸出,而其中需要加工的孔,常用镶铸碳素钢的办法,待铸出后,再在镶铸的碳素钢部分进行加工。

- 1) 铸件孔眼和凹腔不宜过小、太深,见表 2.2-16、表 2.2-17。
- 2) 铸造内腔见表 2.2-18。
- 3) 铸造斜度见表 2.2-19。
- 4) 平面上凸台尺寸见表 2.2-20。

表 2.2-17 孔边凸台

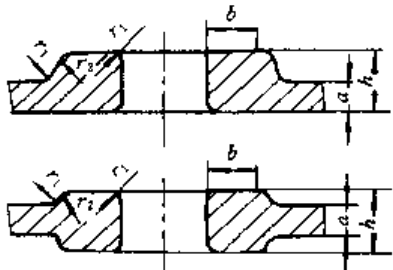
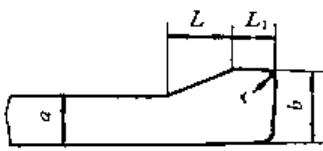
铸孔边缘凸台	壁中窗口凸边
	
$r_1 = 0.25a$ $r_2 = 0.75a$ $h = 2a$ $b = 1.5a$	$b = 1.3a$ $L = 1.5a$ $L_1 = 0.75a$ $r = 0.25a$

表 2.2-18 铸造内腔

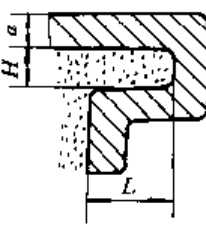
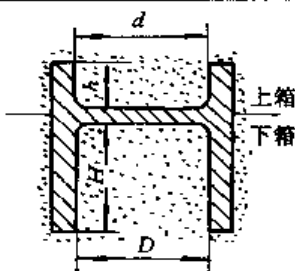
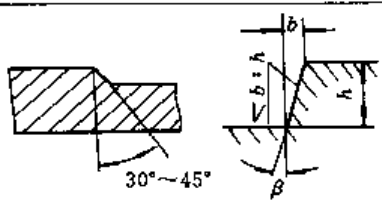
 <p style="text-align: center;"><math>H &gt; 2a</math> <math>L \leq 3H</math></p>	 <p style="text-align: center;">不用型芯所能铸出的凹腔尺寸:  <math>H \leq D, h \leq 0.3d</math> (机器造型)  <math>H \leq 0.5D, h \leq 0.15d</math> (手工造型)</p>
---	--

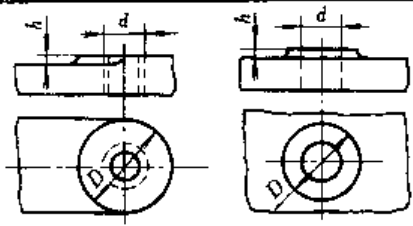
表 2.2-19 铸造斜度

图 例	斜 度 $b : h$	角 度 $\beta$	应 用 范 围
	1 : 5	11°30'	$h < 25\text{mm}$ 时钢和铁的铸件
	1 : 10 1 : 20	5°30' 3°	$h = 25 \sim 500\text{mm}$ 时钢和铁的铸件
	1 : 50	1°	$h > 500\text{mm}$ 时钢和铁的铸件
	1 : 100	30'	有色金属铸件

注:当设计不同壁厚的铸件时,在转折点处的斜角最大增到 30°~45°(见表中上图)。

表 2.2-20 平面上凸台尺寸

(mm)

	d	孔	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		螺孔	M4		M5		M6		M8		M10		M12	
	D	12		14		16		20		25		30		
	h	2						2.5			3			

4 铸造方法对铸件结构设计工艺性的要求  
 当设计铸件结构时,除应考虑铸造工艺和铸造合

金所要求的一般原则外,对于采用特种铸造方法制造的铸件,还应根据其工艺特点考虑一些特殊要求。

### 4.1 压力铸件的结构特点

1) 压铸件设计的基本参数 压力铸造不宜用于厚壁铸件;对所有合金,不推荐使用大于 6mm 的壁厚。压铸件设计基本参数见表 2.2-21。

2) 压铸件结构设计的注意事项 见表 2.2-

22。

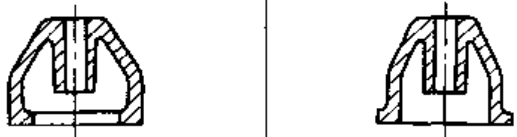
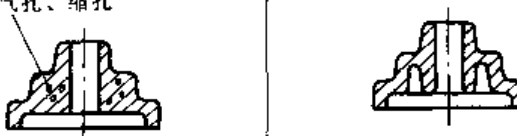
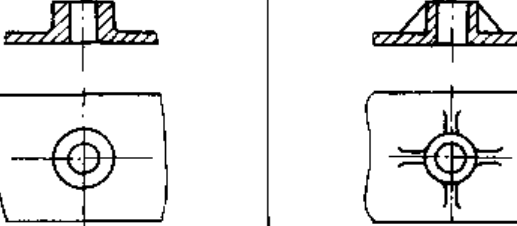
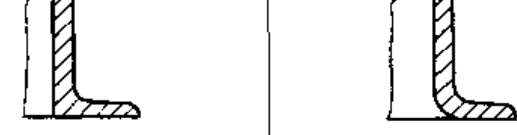
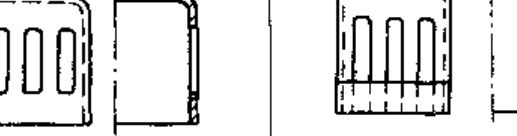
3) 用镶铸法获得复杂铸件 在压铸时,可采用镶铸法制造形状复杂的铸件,并可满足铸件某些部位的特殊要求,如高强度、耐磨、导电、绝缘等性能,以及把  $N$  个零件浇铸成一个组件,以代替部分装配工序,其基本结构形式如图 2.2-1 所示。

表 2.2-21 压铸件设计的基本参数

合金	壁厚 /mm		最小孔径 /mm	孔深尺寸 <sup>①</sup> (孔径的倍数)		螺纹尺寸 /mm			齿最小模数/mm	斜度		收缩率 (%)	加工余量 /mm
	合理的	技术上可能的		盲孔	通孔	最小螺距	外螺纹	内螺纹		内侧	外侧		
锌合金	1~3	0.3	0.7	6	12	0.75	6	10	0.3	15'~1°30'	10'~1°	0.4~0.65	0.3~0.8
铝合金	1~3	0.5	1.0	4	8	1.0	10	15	0.5	30'~2°	15'~1°	0.45~0.8	0.3~0.8
镁合金	1~3	0.6	0.7	5	10	1.0	6	20	0.5	30'~2°	15'~1°	0.5~0.8	0.3~0.8
铜合金	2~4	1.0	2.5	3	6	1.5	12	—	1.5	45'~2°	33'~1°	0.6~1.0	0.3~0.8

① 指形成孔的型芯在不受弯曲力的情况下。

表 2.2-22 压铸件结构设计的注意事项

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	消除内凹			内凹铸件型芯不易取出
2	壁厚均匀			壁厚不均,易产生气孔、缩孔
3	采用加强肋 减小壁厚			厚壁处易产生疏松和气孔
4	消除尖角过 渡圆滑			充填良好,不产生裂纹
5	简化铸型结构			尽量避免横向抽芯,否则使铸型结构复杂;改进后抽芯方向与开型取件方向一致,简化铸型结构

注:压铸件结构的设计还应注意使压铸型加工方便。

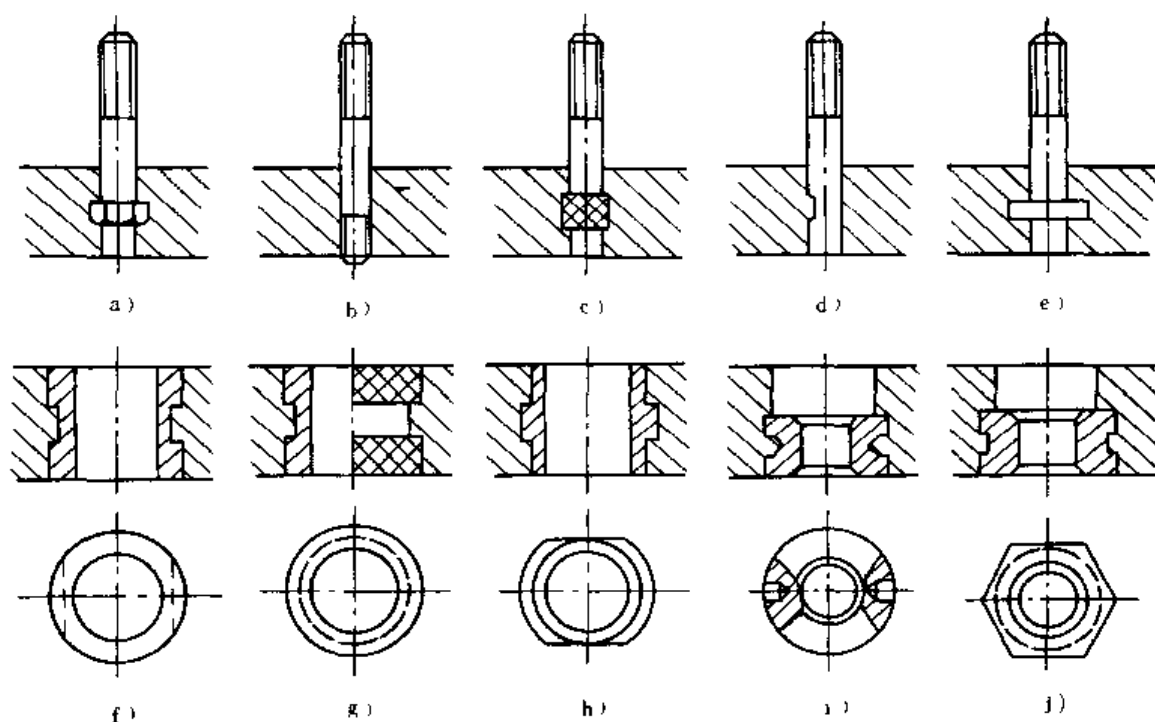


图 2.2-1 镶嵌件基本结构形式

#### 4.2 熔模铸件的结构特点

1) 壁厚均匀、减小热节(见表 2.2-23)

2) 保证铸件顺序凝固(见表 2.2-24)

3) 整铸代替分制(见表 2.2-25)

表 2.2-23 壁厚均匀减小热节

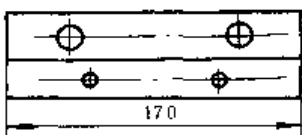
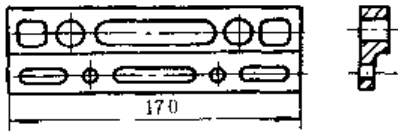
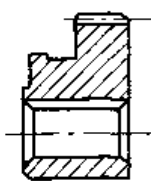
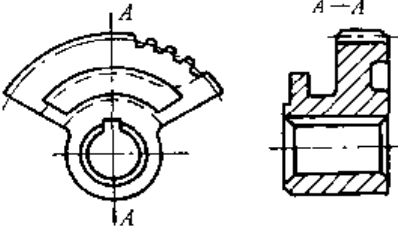
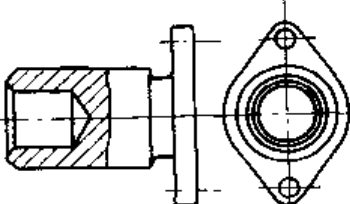
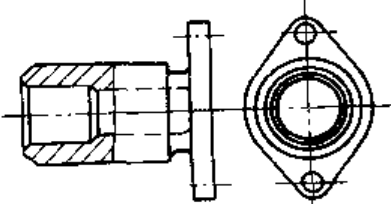
序号	零件名称	改进前(锻件、切削加工件)	改进后(熔模铸钢件)
1	压板		
2	扇形齿轮		
3	支座		

表 2.2-24 保证铸件顺序凝固

序号	铸钢件名称	改进前	改进后
1	气门摇臂		
2	拖拉机零件		
3	拖拉机零件		

表 2.2-25 整铸代替分制

序号	铸钢件名称	改进前(分制)	改进后(整铸)
1	手柄		
2	纺织机械右挑针头		
3	制动器爪		



### 4.3 金属型铸件的结构特点

(1) 金属型铸件设计的基本参数(见表 2.2-26)

(2) 金属型铸件设计的注意事项

1) 铸件外形和内腔力求简单,因为金属型没有退让性,故应尽量加大结构斜度,避免或减小铸件上的凸

台和凹坑及小直径深孔,以便顺利脱型。

2) 铸件的壁厚不能过薄,以保证金属液能充满型腔,否则易产生冷隔、浇不足等缺陷。

3) 为了从金属型中取出铸件,常采用顶出机构,因而容易使高温铸件变形。因此,为加强铸件薄弱部位,应合理利用加强肋。

表 2.2-26 金属型铸件设计的基本参数

(mm)

合金种类	铸造斜度		孔 的 尺 寸			铸件最小壁厚
	外 面	里 面	最小直径 <i>d</i>	最 大 深 度		
				不通孔	通 孔	
锌合金			6~8	9~12	12~20	2.5~3
镁合金	≥1°	≥2°	6~8	9~12	12~20	2.5~4
铝合金	0°30'	0°30'~2°	8~10	12~15	15~25	2.5~5
铜合金			10~12	10~15	15~20	3.0~8
铸铁	1°	>2°				4~6
铸钢	1°~1°30'	>2°				5~10

### 5 铸造公差(JB/T5000.4—1998)

铸造公差见表 2.2-27。

表 2.2-27 铸造公差(JB/T5000.4—1998)

铸铁件、铸钢件、有色金属铸件尺寸公差

(mm)

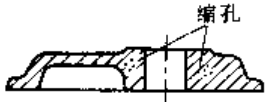


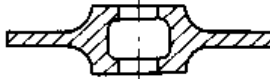
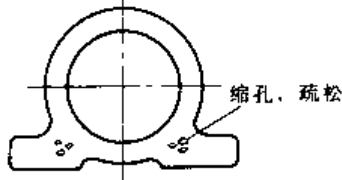
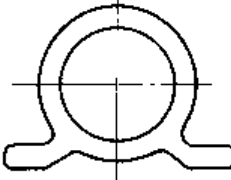
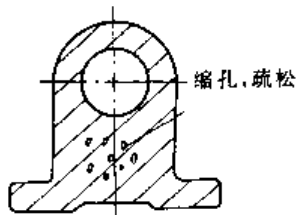
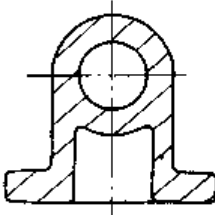


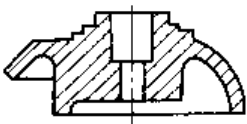
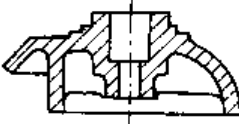
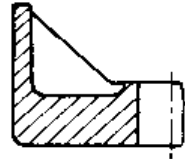
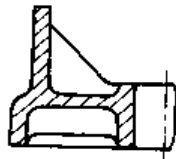
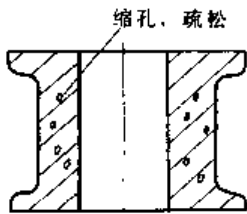
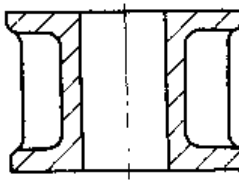
铸件毛坯基本尺寸		公 差 等 级								
>	≤	CT8	CT9	CT10	CT11	CT12	CT13	CT14	CT15	CT16
—	10	1.0	1.5	2.0	2.8	4.2	—	—	—	—
10	16	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4	—	—	—	—
16	25	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	6	8	10	12
25	40	1.3	1.8	2.6	3.6	5.0	7	9	11	14
40	63	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	10	12	16
63	100	1.6	2.2	3.2	4.4	6.0	9	11	14	18
100	160	1.8	2.5	3.6	5.0	7.0	10	12	16	20
160	250	2.0	2.8	4.0	5.6	8.0	11	14	18	22
250	400	2.2	3.2	4.4	6.2	9.0	12	16	20	25
400	630	2.6	3.6	5.0	7.0	10.0	14	18	22	28
630	1000	2.8	4.0	6.0	8.0	11.0	16	20	25	32
1000	1600	3.2	4.6	7.0	9.0	13.0	18	23	29	37
1600	2500	3.8	5.4	8.0	10.0	15.0	21	26	33	42
2500	4000	4.4	6.2	9.0	12.0	17.0	24	30	38	49
4000	6300		7.0	10.0	14.0	20.0	28	35	44	56
6300	10000			11.0	16.0	23.0	32	40	50	64

注:1. 铸件尺寸公差不包括拔模斜度。

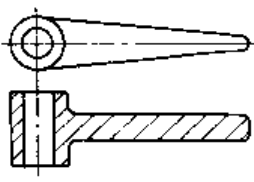
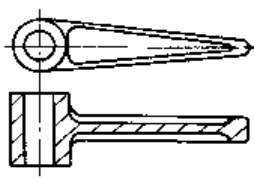
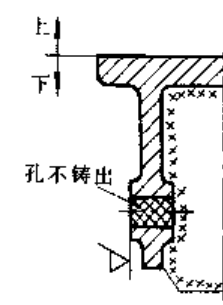
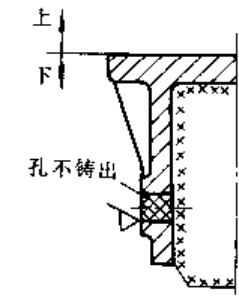
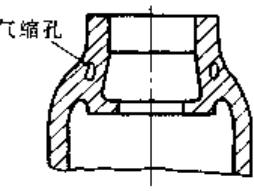
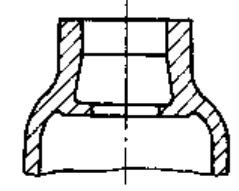
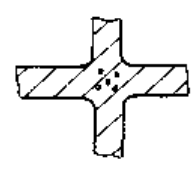
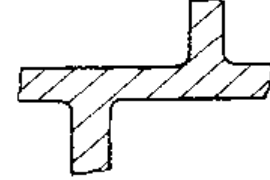

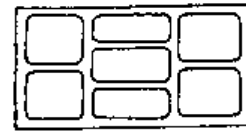

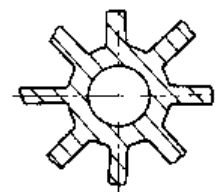
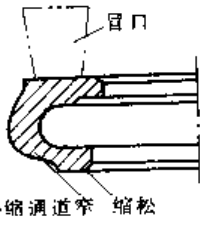
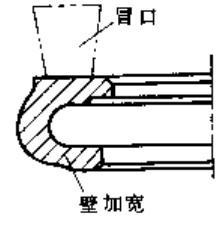
- 凡图样及技术文件未作规定时,对铸铁件、有色金属铸件小批和单件生产铸件的尺寸公差等级按框内推荐的等级选取(黑线框内为铸铁件,点划线框内为铸钢件,虚线框内为有色金属铸件);成批和大量生产比单件、小批生产相应提高两级选取公差等级。
- 对铸钢件、毛坯铸件基本尺寸不大于 16mm 的 CT13~CT15 级,其公差值均按 CT12 级选取;毛坯铸件基本尺寸大于 16~25mm 的 CT13~CT15 级,其公差等级提高一级。

6 铸件缺陷与改进措施(表 2.2-28)

表 2.2-28 铸件缺陷与改进措施

铸件缺陷形式	注意事项	图 例		改进措施
		改进前	改进后	
1 缩孔与疏松	壁厚不均			壁厚力求均匀,减少厚大断面以利于金属同时凝固。改进后将孔径中部适当加大,使壁厚均匀
				
			铸件壁厚应尽量均匀,以防止厚截面处金属积聚导致缩孔、疏松、组织不密致等缺陷	
				
			局部厚壁处减薄	
			采用加强筋代替整体厚壁铸件	
				
				

(续)

铸件缺陷形式	注意事项	图 例		改进措施
		改进前	改进后	
1 缩孔与疏松	壁厚不均			采用加强肋代替整体厚壁铸件
				为减少金属的积聚, 将双面凸台改为单面凸台
				改进前, 深凹的锐角处易产生气缩孔
肋或壁交叉				尽量不采用正十字交叉结构, 以减少金属积聚
				
				交叉肋的交点应置环形结构
补缩不良				易产生缩松处难以安放冒口, 故加厚与该处连通的壁厚, 加宽补缩通道

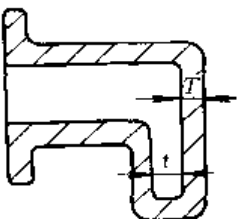
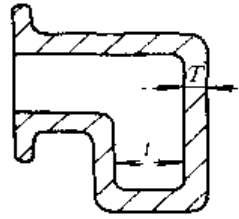
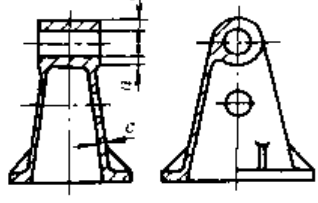
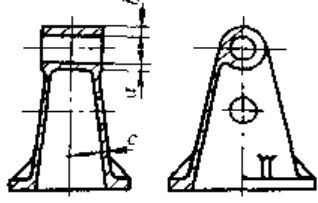
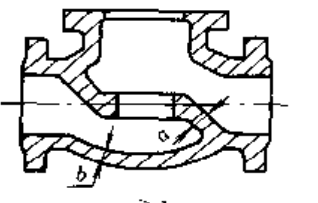
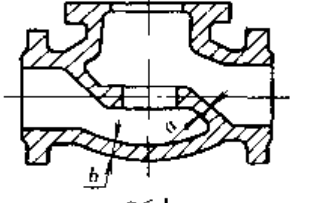
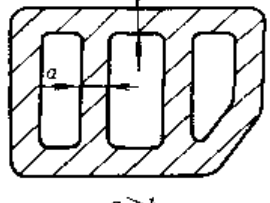
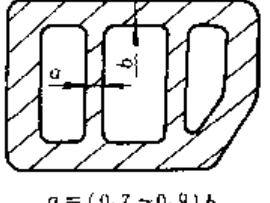

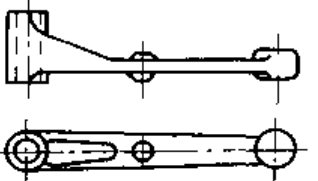
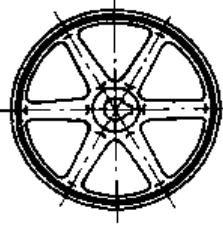

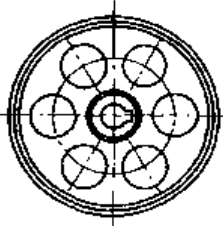
(续)

铸件缺陷形式	注意事项	图例		改进措施
		改进前	改进后	
1 缩孔与疏松	补缩不良			<p>图示一铸钢夹子,冒口放在凸台上。原设计凸台不够大(<math>\phi 310\text{mm}</math>),补缩不良。后将凸台放大到<math>\phi 410\text{mm}</math>,才消除了缩孔。</p>
				<p>考虑顺序凝固,以利逐层补缩,缸体壁设计成上厚下薄</p>
				<p>对于两端壁较厚的铸钢件断面,为创造顺序凝固条件,应使<math>a \geq b</math>,并在底部设置外冷铁,形成上下温度梯度有利于顺序补缩,消除缩孔、疏松</p>
2 气孔与夹渣	水平面过大			<p>尽量减少较大的水平平面,尽可能采用斜平面,便于金属中夹杂物和气体上浮排除,并减少内应力</p> <p>铸孔的轴线应与起模方向一致</p>

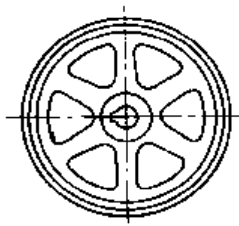
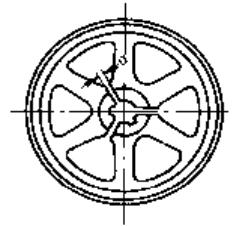
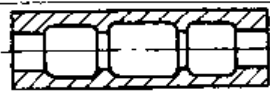
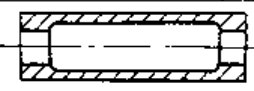
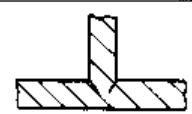

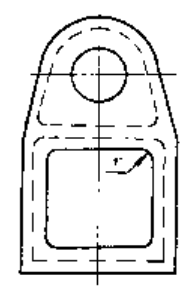
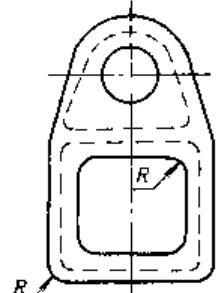
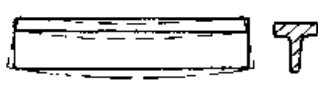
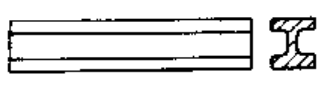
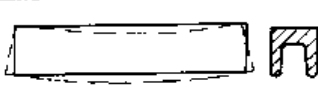
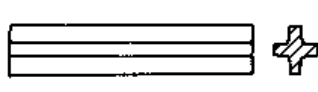
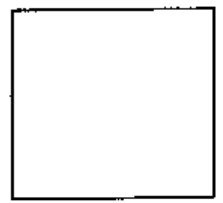
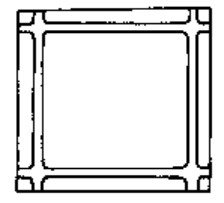
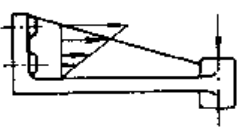
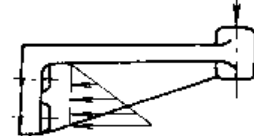
(续)

铸件缺陷形式	注意事项	图例		改进措施
		改进前	改进后	
2 气孔与夹渣	水平面过大			<p>尽量减少较大的水平平面, 尽可能采用斜平面, 便于金属中夹杂物和气体上浮排除, 并减少内应力</p> <p>铸孔的轴线应与起模方向一致</p>
3 烧结粘砂	避免小凹槽			<p>改进前, 小凹槽容易掉砂, 造成铸件夹砂</p>
	避免尖角			<p>避免尖角的泥芯或砂型</p>

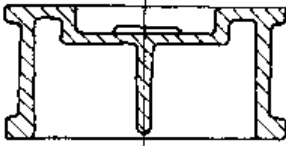
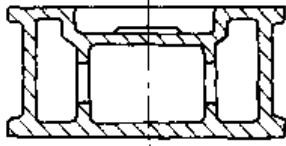

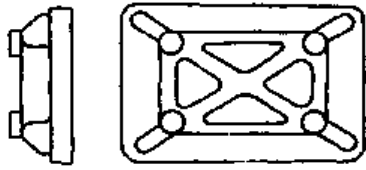
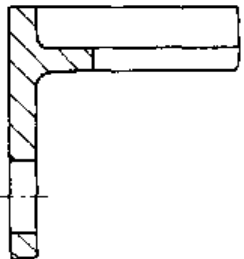
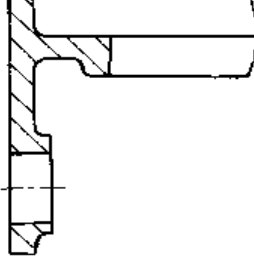
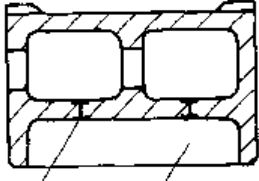
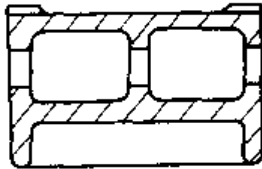
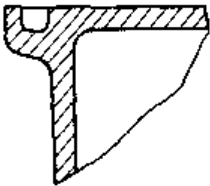
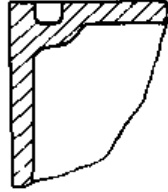
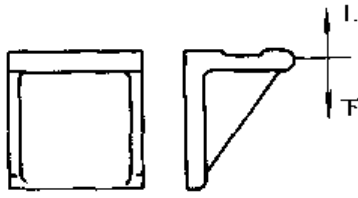
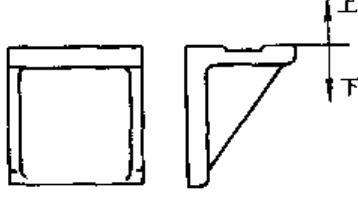
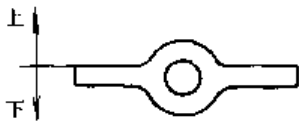
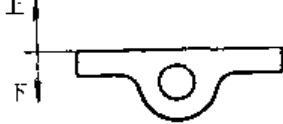
(续)

铸件缺陷形式	注意事项	图 例		改进措施
		改进前	改进后	
3 烧结粘砂	避免狭小内腔	 <p><math>t &lt; 2T</math></p>	 <p><math>t \geq 2T</math></p>	避免狭小的内腔
4 裂纹	内壁过厚	 <p><math>a &gt; b</math></p>	 <p><math>a &lt; b</math></p>	铸件内壁的厚度应略小于铸件外壁的厚度,使整个铸件均匀冷却
		 <p><math>a &gt; b</math></p>	 <p><math>a &lt; b</math></p>	
		 <p><math>a &gt; b</math></p>	 <p><math>a = (0.7 \sim 0.9) b</math></p>	
	截面突变			突变截面应有缓和过渡结构
收缩受阻		 	铸件应避免阻碍收缩的结构,较大的飞轮、带轮、齿轮的轮辐可做成弯曲的辐条或带孔的辐板	

(续)

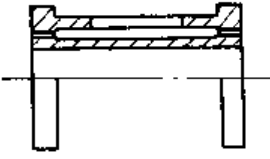
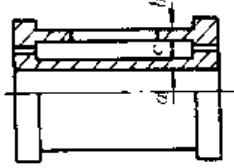
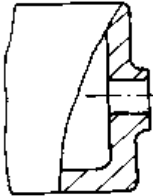
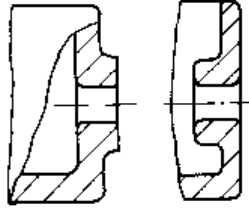
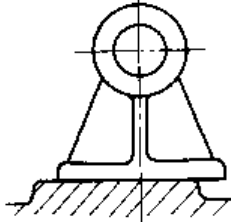
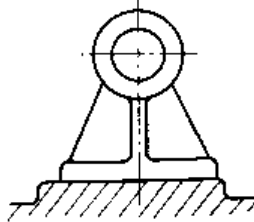
铸件缺陷形式	注意事项	图 例		改进措施
		改进前	改进后	
4 裂纹	收缩受阻			大型轮类铸件,可在轮毂处作出缝隙 ( $a \approx 30\text{mm}$ ),以防止裂纹
				没有肋的框型内腔冷却时均能自由收缩
	过渡圆角太小			避免锐角连接,采用圆弧过渡
			 方孔: $< 200 \times 200\text{mm}$ $R = 10 \sim 15\text{mm}$ $> 200 \times 200\text{mm}$ $R = 15 \sim 20\text{mm}$	铸件方形窗孔四角处的圆角半径不应太小
5 变形	截面形状不合理			为防止细长件和大的平板件在收缩时挠曲变形,应正确选择零件的截面形状(如对称截面)和合理的设置加强肋
				
				
				铸件抗压强度大于抗弯强度和抗拉强度,设计中应合理利用

(续)

铸件缺陷形式	注意事项	图 例		改进措施
		改进前	改进后	
5 变形	缺少加强肋			不用增加壁厚而用合理增加加强肋的方法来提 高零件刚性
				大而薄的壁冷 却时易扭曲,应 适当加筋
	缺少凸台			孔洞周沿增加 凸边可加大刚性
6 渗漏	错用撑钉	 撑钉 油池		液体容器部分 避免用撑钉,以 防渗漏;右图的 泥芯,可在两端 固定,不用撑钉
7 损伤	突出部分薄弱			避免大铸件有 薄的突出部分 (易损坏)
8 错箱	铸件在两砂箱	 上 下	 上 下	尽量使铸件在 一个砂箱中形 成,以避免因错 箱而造成尺寸误 差和影响外形美 观
		 上 下	 上 下	



(续)

铸件缺陷形式	注意事项	图 例		改进措施
		改进前	改进后	
9 形状与尺寸不合格	内腔过小			铸件两壁之间的型芯厚度一般应不小于两边壁厚的总和( $c > a + b$ ), 以免两壁熔接在一起
	凸台过小			大件中部凸台位置尺寸不易保证, 铸造偏差较大; 应考虑将凸台尺寸加大, 或移至内部
				凸台应大于支座的底面, 以保证装配位置和外观整齐

### 第 3 章 锻件结构设计工艺性

锻造和冲压都是借助外力的作用,使金属产生塑性变形获得具有一定形状、尺寸和力学性能的原材料、毛坯或机械零件的加工方法。

在锻造过程中,由于金属塑性变形的结果,使毛坯金属获得较细的晶粒,同时能压合铸造组织内部的缺陷(如微小裂纹、气孔等),因而提高了金属的力学性能和使用中的可靠性。一般可使强度提高 20%、韧性提高一倍左右。因此,凡承受重载荷、动载荷、高压力的零件多采用锻件作毛坯。

但是,锻件的形状不能太复杂,锻件的成本比铸件高,一般钢锻件比钢铸件成本高 50%~100%。

#### 1 锻造方法与金属材料的可锻性

##### 1.1 各种锻造方法及其特点

锻造方法有许多种(表 2.3-1),一般可分为自由

锻造、模型锻造(模锻)、特种锻造三类。

自由锻造所用设备和工具通用性强、操作简单,锻件质量可以很大,但工人劳动强度大、生产率低,锻件形状简单、精度低,消耗金属较多,因此,它主要适用单件小批量生产。

模锻生产率高,锻件精度高,可以锻出形状复杂的零件,与自由锻相比,金属消耗可大大减少,但模锻成本高,锻件重量受限制,所以,它主要应用于大批大量生产,见表 2.3-2。

特种锻造是新发展起来的先进锻造方法,它包括精密锻造、粉末锻造、多向模锻、辗锻、墩锻、挤压等成形工艺。它可以锻出许多类型、形状复杂、少切削甚至无切削的大小零件,这是降低材料消耗、提高劳动生产率的重要途径,这些工艺都应用于大批大量生产中。

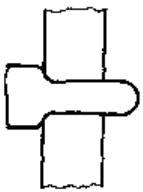
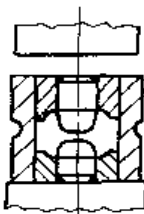
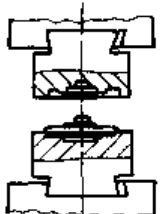
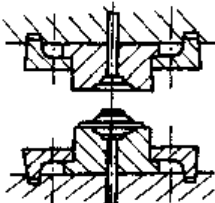
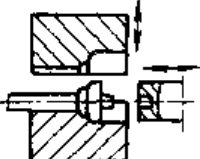
表 2.3-1 锻压方法及其适用性

加工方法	使用设备	特点及适用范围	生产率	设备费用	锻件精度	模具质量要求	模具寿命	机械化及自动化	劳动条件	对环境的影响
自由锻	手工锻	单件、小批、小型锻件		很低	低				差	
	3t 以下自由锻锤	单件、小批、小型锻件	中	低	低			较难	差	振动噪声
	3t 以上自由锻锤	单件、小批、中型锻件	中	中	低			较难	差	振动噪声
	12500kN 以下自由锻水压机	单件、小批、中型锻件	中	高	低			较易	较好	
	12500 ~ 120000kN 自由锻水压机	单件、小批、大型及特大型锻件		很高	低			较易	较好	
胎模锻	利用自由锻锤及水压机	中小批,中小型锻件。用胎模成形,提高锻件质量和设备的生产效率	较高	低、中	中	低	低	较难	差	
模锻	有砧座模锻锤	大批量,中小型模锻件;可在一台设备上拔长、聚料、预锻、终锻	高	中	中	高	中	较难	差	振动噪声
	无砧座模锻锤	大、中批,中小型模锻件;单模膛模锻	高	较低	中	高	中	较难	较差	噪声
	热模锻压力机	大、中批,中小型模锻件;大批量需配备制坯设备;亦可用于精密模锻	很高	高	较高	较高	较高	易	好	
	平锻机	大批大量。适用于法兰轴、带孔模锻件;多模膛模锻	高	高	较高	高	较高	易(水平分模)	较好	噪声
	螺旋压力机	大、中批,中小型模锻件;一般是单模膛模锻;可进行精密模锻;大型精密模锻件用液压螺旋压力机	较高	较高	高	高	中	较易	好	噪声
	高速锤	中、小批。单模膛模锻;用于锻制低塑性合金锻件和薄壁高筋复杂模锻件	中	中	高	高	较低	较难		噪声

(续)

加工方法	使用设备	特点及适用范围	生产率	设备费用	锻件精度	模具质量要求	模具寿命	机械化及自动化	劳动条件	对环境的影响
模锻	多向模锻水压机	大批,可锻制不同方向具有多孔腔的复杂模锻件	中	高	高	高	高	易	较好	
	模锻水压机	小批,锻制大型非铁合金模锻件	中	很高	高	高	高	较易		
精密锻造	精密锻轴机	大批,锻制空心 and 实心阶梯轴	中	高	高	高	中	较易		噪声
挤 压	冷挤	冷挤压力机	大批大量,钢及非铁合金小型零件	高	高	高	高	较易	好	
	温热挤	机械压力机 螺旋压力机 液压机	大批大量,挤压不锈钢、轴承钢零件以及非铁合金的坯料	高	高	较高	高	中	较易	好
锻	多工位冷锻机	大批大量生产标准件	很高	高	高	高	高	易	好	噪声
		大批大量生产轴承环、齿轮、汽车锻件	很高	高	较高	高	高	易	好	噪声
	电热锻机	大批大量生产大头螺杆锻件	高	中	中	中	高	易	好	
轧 锻	纵 轧	二辊或三辊轧机	成批大量、可改制坯料,轧等截面或周面截面坯料、冷轧或热轧	高		中			易	
	辗 锻	辗锻机	大批大量。辗锻扳手、叶片等。亦可用于模锻前制坯	高	中	中	高	高	易	好
	楔形模轧	平板式、辊式、行星式楔形横轧机	大批大量。可轧锻圆形变截面零件,如带台阶、锥面或球面的轴类件以及双联齿轮坯等	高	高	高	高	高	易	好
	螺旋孔型斜轧	二辊或三辊斜轧机	大批大量生产钢球、丝杆等	高	高	高	高	高	易	好
		三辊仿形斜轧机	大批大量生产实心或空心台阶轴、纺锭杆等	高	高	高	中	高	易	好
	辗扩	扩孔机	大批大量生产大、小环形锻件	高	中	高	中	高	易	好
	齿轮轧制 摆动辗压	齿轮轧机	大批大量生产,热轧后冷轧,可大大提高精度	高	高		高		易	好
摆动辗压机		中、小批生产盘类、轴对称类锻件。要求配备制坯设备。可热辗、温辗和冷辗	中	高	高	高	中	较易	好	

表 2.3-2 各种锻造方法的应用范围

锻造方法	自由锻	胎模锻	锤上模锻	压力机上模锻	平锻机上顶锻
示意图					
零件形状	只能锻出简单形状。精度低、表面状态差。除要求很低的尺寸和表面外,零件的形状和尺寸需通过切削加工来达到	可锻出复杂的形状(压力机上模锻最优,锤上模锻次之,胎模锻再次之)。尺寸精度较高,表面状态较好。在零件的非配合部分,可以保留毛坯面(黑皮)。黑皮部分的尺寸精度要求,不应超过规定标准,形状(模锻斜度、圆角半径、肋的高度比、腹板厚度等)应适应工艺要求			用以锻造带实心或空心头部的杆形零件。尺寸精度较高,表面状态较好

(续)

锻造方法	自由锻	胎模锻	锤上模锻	压力机上模锻	平锻机上顶锻
锻造范围	5t 自由锻锤可锻出 350~700kg 的钢锻件 120000kN 自由锻水压机可锻出 150t 以上的钢锻件	一般锻造 50kg 以下的钢锻件 用大型自由锻水压机可能锻出重达 500kg 的钢胎模锻件	5t 模锻锤可锻投影面积达 1250cm <sup>2</sup> 的钢模锻件; 16t 锤可锻 4000cm <sup>2</sup> 的钢模锻件 100t·m 的无砧模锻锤可锻投影面积达 10000cm <sup>2</sup> 的钢模锻件	40000kN 热模锻压力机可锻投影面积达 650cm <sup>2</sup> 的钢模锻件 120000kN 压力机可锻 2000cm <sup>2</sup> 的钢锻件	10000kN 平锻机可顶锻 $\phi$ 140mm 钢棒料, 31500kN 平锻机可顶锻 $\phi$ 270mm 钢棒料
合适批量	单件、小批	中、小批	大、中批		大批

### 1.2 金属材料的可锻性

金属材料的可锻性是指金属材料在受锻压后, 改变自己的形状而又不产生破裂的性能。

碳钢随含碳量的增加可锻性下降。低碳钢可锻性最好, 锻后一般不需热处理; 高碳钢则较差, 当碳的质量分数达 2.2% 时, 就很难锻造。

低合金钢的可锻性近似于中碳钢。合金钢中随某些降低金属塑性的合金元素的增加可锻性下降, 高合金钢锻造困难。

各种有色金属合金的可锻性都较好, 类似于低碳钢。

在设计可锻性较差金属锻件时, 应力求形状简单, 截面尽量均匀。常用金属材料热锻时的成形特性见表 2.3-3。

表 2.3-3 常用金属材料热锻时的成形特性

序号	材料类别	热锻工艺特性	对锻件形状的影响
1	$w_c \leq 0.65\%$ 的碳素钢及低合金结构钢	塑性高, 变形抗力比较低, 锻造温度范围宽	锻件形状可复杂, 可以锻出较高的筋、较薄的腹板和较小的圆角半径
2	$w_c > 0.65\%$ 的碳素钢, 中合金的高强度钢、工具模具钢、轴承钢, 以及铁素体或马氏体不锈钢等	有良好塑性, 但变形抗力大, 锻造温度范围比较窄	锻件形状尽量简化, 最好不带薄的辐板、高的筋, 锻件的余量、圆角半径、公差等应加大
3	高合金钢(合金的质量分数高于 20%) 和高温合金、莱氏体钢等	塑性低, 变形抗力很大, 锻造温度范围窄, 锻件对晶粒度或碳化物大小分布等项指标要求高	用一般锻造工艺时, 锻件形状要简单, 截面尺寸变化要小; 最好采用挤压、多向模锻等提高塑性的工艺方法, 锻压速度要合适
4	铝合金	大多数具有高塑性, 变形抗力低, 仅为碳钢的 1/2 左右, 变形温度为 350~500°C	与序号 1 相近
5	镁合金	大多数具有良好塑性, 变形抗力低, 变形温度在 500°C 以下, 希望在速度较低的液压机和压力机上加工	与序号 1 相近
6	钛合金	大多数具有高塑性, 变形抗力比较大, 锻造温度范围比较窄	与序号 1、2 相近; 由于热导率低, 锻件截面要求均匀, 以减少内应力
7	铜与铜合金	绝大部分塑性高, 变形抗力较低, 变形温度低于 950°C, 但锻造温度范围窄, 工序要求少(因温度容易下降), 除青铜和高锌黄铜外, 其余希在速度较高的设备上锻造	可获得复杂形状的锻件

注:  $w_c$  为碳的质量分数元素。

## 2 锻造方法对锻件结构设计工艺性的要求

设计锻造的零件应根据零件的生产批量、形状和尺寸, 以及现有的生产条件, 选择技术上可行、经济上合理的锻造方法, 再按所选用的锻造方法的工艺性要求, 进行零件的结构设计。

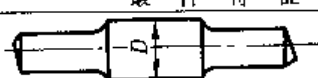
### 2.1 自由锻件的结构设计工艺性

自由锻是特大型锻件的唯一生产方法, 它的原材料为锭料或轧材。

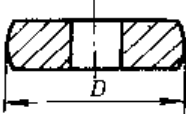
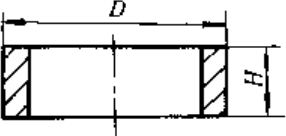
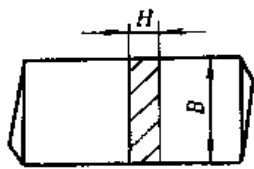
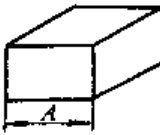
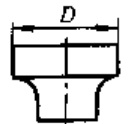
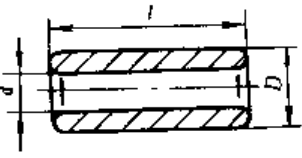
1) 锻件规格与锻造设备见表 2.3-4、表 2.3-5。

2) 自由锻件结构设计工艺性见表 2.3-6。

表 2.3-4 锻锤锻造能力范围

锻锤吨位/t	5	3	1	0.75	0.40	0.15	
锻件特征	最大锻造能力						
	$D^3$	350	280	180	150	80	40
	$m^2$	1500	800	250	80	30	6

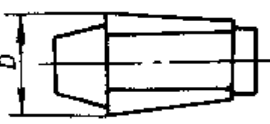
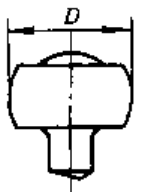
(续)

锻锤吨位/t		5	3	1	0.75	0.40	0.15
锻件特征		最大锻造能力					
	D	750	550	380	300	200	150
	m	700	400	100	50	20	5
	D	1000	650	400	300	200	150
	H	280	200	150	80	60	40
	B	500	450	250	180	130	70
	$H \geq$	70	50	30	20	10	7
	m	700	400	150	40	18	4
	A	400	300	200	160	110	80
	m	500	210	65	32	10	4
	D	550	450	350	220	140	60
	m	350	250	80	40	15	4
	D	450	330	220	150	120	
	d	140~250	100~150	80~120	60~100	50~80	
	l	700	500	350	250	200	
参考数据	最大行程	1500	1450	1000	835	700	410
	砧面尺寸	710×400	600×330	410×230	345×130	265×100	200×58
	生产能力/kg·h <sup>-1</sup>	500	400	140	100	60	15

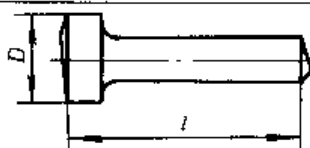
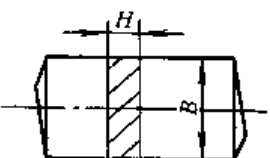
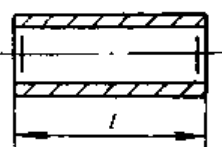
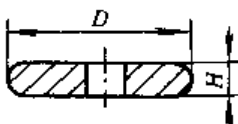
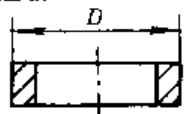
① 长度尺寸单位为 mm。

② m—锻件质量,单位为 kg。

表 2.3-5 水压机锻造能力范围

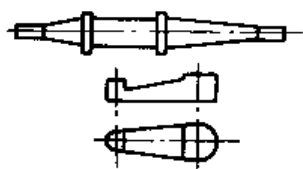
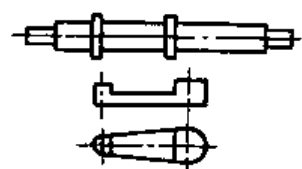
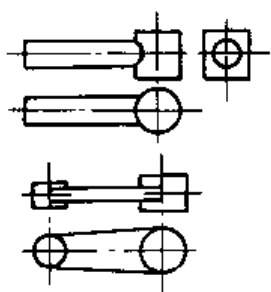
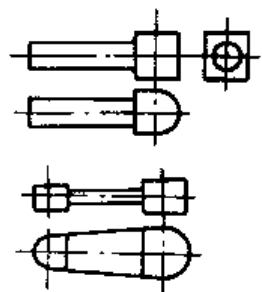
水压机吨位/t		800	1250	2500	3150	6000	12000	备注
锻件特征		最大锻造能力						
	D <sup>①</sup>	740	900	1360	1450	2000	3000	
	m <sub>t</sub> <sup>②</sup>	7	12	45	50	130	300	主要取决于起重设备
	D	800	1100	1600	1800	2600	3200	
	m <sub>t</sub>	2.5	6	24	30	60~90	150~230	矮胖锭质量可适当增加

(续)

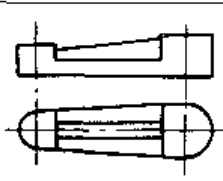
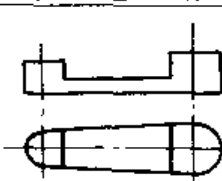
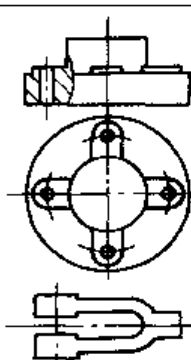
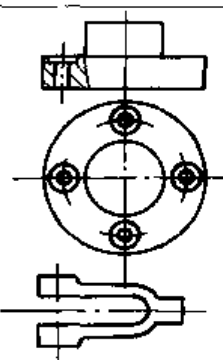
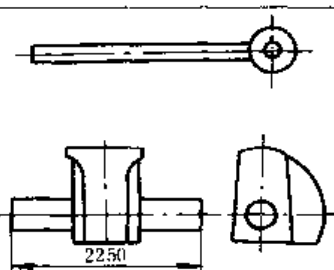
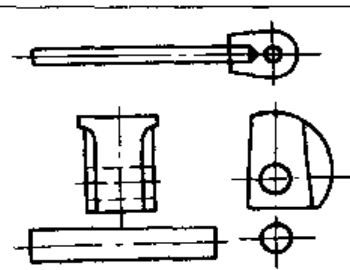
水压机吨位/t		800	1250	2500	3150	6000	12000	备注
锻件特征		最大锻造能力						
	$D \times l$	$\phi 500 \times 4500$	$\phi 750 \times 14000$	$\phi 1000 \times 16000$	$\phi 1350 \times 18000$	$\phi 1900 \times 20000$	$\phi 2500 \times 26000$	长度取决于辅助设备
	$m^3$	4	7	25	30	80	150	
	$H \geq$	100	125	140	150	200	400	
	$B$	800	1000	1400	1500	2200	3700	
	$l$	2500	4000	6500	10000	16000	18000	
	$m$	1.5	3.5	14	20	40	130	
	$D$	1000	1200	1800	2000	2500	3500~5000	
	$H \geq$	80~100	100~120	100~150	130~150	180~200	250~300	
	$D$	1200	1600	2200	2600	3800	5000~6000	
参考数据	活动横梁最大行程	1000	1250	1800	2000	2580	3000	
	活动横梁底面与工作台面最大距离	2000	2680	3400	3800	6110	7000	
	立柱护套间距	1400×540	1800×600	2710×910	2900×1400	4100×1200	5000×2150	
	工作台面尺寸	1200×2000	1500×3000	2000×5000	2000×6000	3400×9000	4000×10000	
	砧面尺寸	850×240	1050×300	1400×450	1500×500	2300×600	3500×850	

- ① 长度尺寸单位为 mm。
- ②  $m_c$ —所用钢锭重量,单位为 t。
- ③  $m$ —锻件重量,单位为 t。

表 2-3-6 自由锻件结构工艺性

序号	注意事项	图 例	
		改进前	改进后
1	避免锥形和楔形		
2	圆柱形表面与其他曲面交接时,应力求简化		

(续)

序号	注意事项	图例	
		改进前	改进后
3	避免有加筋、工字形截面等复杂形状		
4	避免形状复杂的凸台及叉形件内凸台		
5	形状复杂或具有骤变的横截面的零件,必须改为锻件组合或焊接结构		

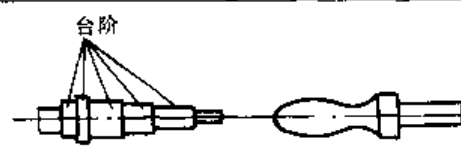
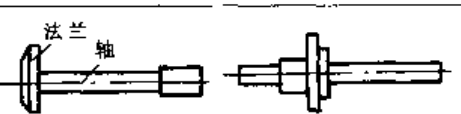
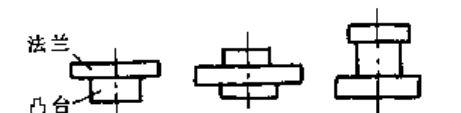
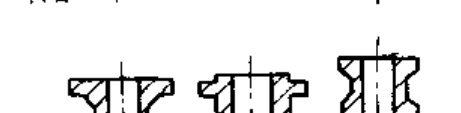
(续)


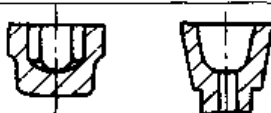



## 2.2 模锻件的结构设计工艺性

模锻可分为胎模锻和固定模锻。

胎模锻是在普通自由锻锤上进行的,下模放在砧座上,将坯料放在下模中,合模后用锤头打击上模,使金属充满模膛(表 2.3-2)。锻件种类见表 2.3-7 所示。

表 2.3-7 胎模锻件类别

锻件类别		简图
圆轴类	台阶轴	
	法兰轴	
圆盘类	法兰	
		

锻件类别		简图
圆盘类	齿轮	
	杯筒	
圆环类	环	
	套	
杆叉类	直杆	

(续)

锻件类别	简图
弯杆	
叉杆	
叉杆	

固定模锻是在专用的模锻锤上进行,上模固定在锤头上,下模固定在砧座上,锤头带动上模来打击金属,使金属受压充满模膛(表 2.3-2)。常用模锻设备有:模锻锤、热模锻压力机、平锻机、螺旋压力机等。中小型胎模锻件尺寸与设备能力见表 2.3-8。

表 2.3-8 中小型胎模锻件尺寸与设备能力

成形方法	锻件尺寸/mm	空气锤落下部分质量/kg				
		250	400	560	750	1000
锤 模 	$D$ $\times$ $L$	60 $\times$ 80	80 $\times$ 90	90 $\times$ 120	100 $\times$ 150	120 $\times$ 180
垫 模 	$D$	120	140	160	180	220
砧 模 	$D$	65	75	85	100	120
顶 模 	$D$ $\times$ $H$	65 $\times$ 250	100 $\times$ 320	120 $\times$ 380	140 $\times$ 450	160 $\times$ 500

(续)

成形方法	锻件尺寸/mm	空气锤落下部分质量/kg				
		250	400	560	750	1000
套 模 	$D$	80	130	155	175	200
合 模 $D=1.15\sqrt{F}$ $F$ 不计飞边	$D$	60	75	90	110	130

注:1. 表中锻件尺寸系指一次成形(或制坯后一次成形)时的上限尺寸;若增加火次,锻件尺寸可以增大或选用较小锻锤。  
2. 锤模  $L$  受砧宽限制;顶模垫模  $H$  受锤头有效打击行程限制。

### 2.2.1 模锻件的结构要素(JB/T 9177—1999)

(1) 收缩截面、多台阶截面、齿轮轮辐、曲轴的凹槽圆角半径

收缩截面(图 2.3-1a),多台阶截面(图 2.3-1b),齿轮轮辐(图 2.3-1c),油轴(图 2.3-1d)的最小内外凹槽圆角  $r_A, r_i$  按所在凸肩高度,分别查表 2.3-9 和表 2.3-10。

(2) 最小底厚

最小底厚尺寸  $S_0$ (图 2.3-2)按直径和宽度查表 2.3-11 确定。

(3) 最小壁厚、筋宽及筋端圆角半径

最小壁厚  $S_w$ 、筋宽  $S_R$  及筋端圆角半径  $r_{R0}$ (图 2.3-3)按壁高  $h_w$  和筋高  $h_R$  查表 2.3-12 确定。

(4) 最小冲孔直径、盲孔和连皮厚度

① 锻件最小冲孔直径为  $\phi 20\text{mm}$ (图 2.3-4)。

② 单向盲孔深度:当  $L=B$  时,  $H/B \leq 0.7$ ;当  $L > B$  时,  $H/B \leq 1.0$ (图 2.3-5)。

③ 双向盲孔深度:分别按单向盲孔确定(图 2.3-6)。

④ 连皮厚度:不小于腹板的最小厚度  $t_1$ ,见表 2.3-13 和图 2.3-8。

(5) 最小腹板厚度

最小腹板厚度按锻件在分模面的投影面积,查表 2.3-13 确定(图 2.3-7 和图 2.3-8)。



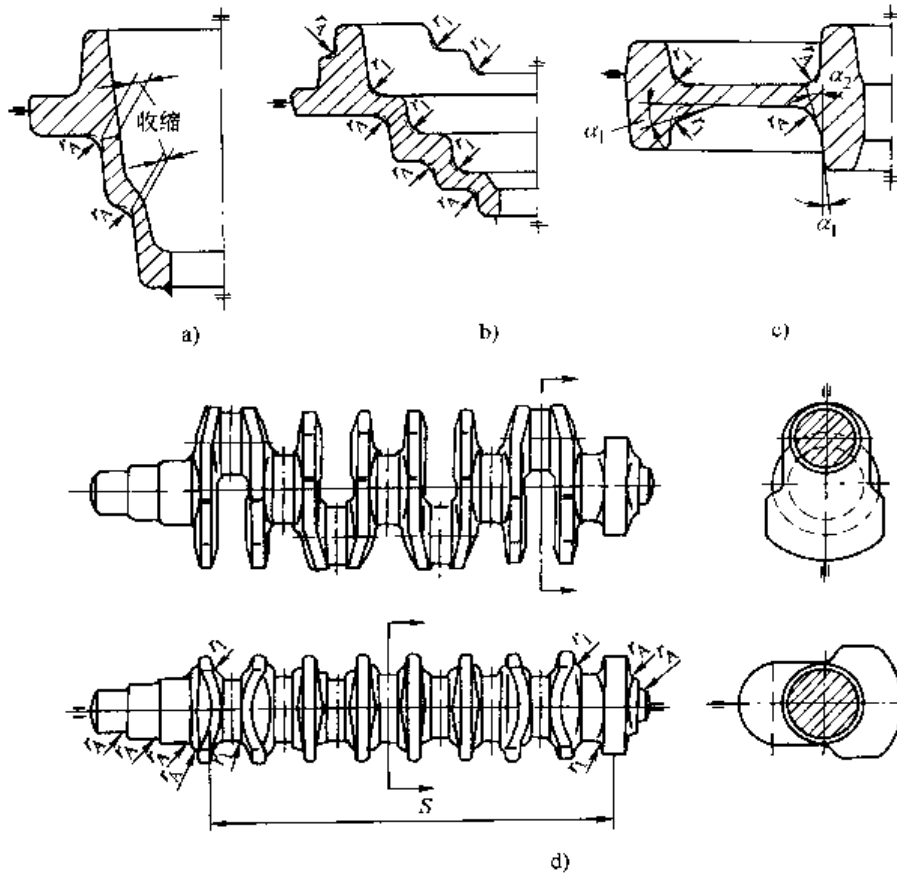


图 2.3-1

表 2.3-9 内凹槽圆角  $r_A$

(mm)

所在的凸肩高度		锻件的最大直径或高度							
大于	至	大于至 25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 630
	16	3(1.5)	4(2)	5(2)	6(3)	8(4)	10(5)	12(6)	14(8)
16	40	4(2)	5(2)	6(3)	8(4)	10(5)	12(6)	14(8)	16(10)
40	63	--	6(3)	8(4)	10(5)	12(6)	14(8)	16(10)	20(12)
63	100	--	--	12(6)	14(8)	16(10)	18(12)	20(14)	25(16)
100	160	--	--	--	18(10)	20(12)	22(14)	25(16)	32(18)
160	250	--	--	--	--	25(14)	28(16)	32(18)	40(20)

注:括号内的数值由于较高的技术费用而尽可能不用。

表 2.3-10 外凹槽圆角  $r_1$

(mm)

所在的凸肩高度		锻件的最大直径或高度							
大于	至	大于至 25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 630
	16	4(2)	5(2)	6(3)	8(3)	10(4)	12(5)	14(6)	16(8)
16	40	6(3)	8(3)	10(4)	12(5)	14(6)	16(8)	18(10)	20(12)
40	63	--	12(5)	14(6)	16(8)	18(10)	20(12)	22(14)	25(16)
63	100	--	--	18(10)	20(12)	22(14)	25(16)	28(18)	32(20)
100	160	--	--	--	25(16)	28(18)	32(20)	36(22)	40(25)
160	250	--	--	--	--	36(22)	40(25)	50(28)	63(32)

注:括号内的数值由于较高的技术费用而尽可能不用。

表 2.3-11 最小底厚  $S_B$

(mm)

旋转对称的			非旋转对称的									
直径 $d_1$		底厚 $S_B$	宽度 $b_4$		长度 $l$							
大于	至		大于	至	大于至 25	25 至 40	40 至 63	63 至 100	100 至 160	160 至 250	250 至 400	400 至 630
	20	2(1.5)		16	2(1.5)	2.5(1.5)	2.5(1.5)	3(2)	3(2)	—	—	—
20	50	4(2)	16	40	—	4(2)	4(2)	4(2)	5(2.5)	5(3)	7(4)	7(5)
50	80	5(3)	40	63	—	—	5(3)	5(3)	6(4)	7(5)	8(5)	10(7)
80	125	7(5)	63	100	—	—	—	7(5)	8(5)	10(7)	10(7)	13(9)
125	200	11(7)	100	160	—	—	—	—	11(7)	11(7)	13(9)	16(11)
200	315	16(11)	160	250	—	—	—	—	—	16(11)	18(13)	22(16)
315	500	22(16)	250	400	—	—	—	—	—	—	22(16)	25(18)
500	800	32(22)	400	630	—	—	—	—	—	—	—	32(22)

注：括号内的数据因技术费用较高而尽可能不用。

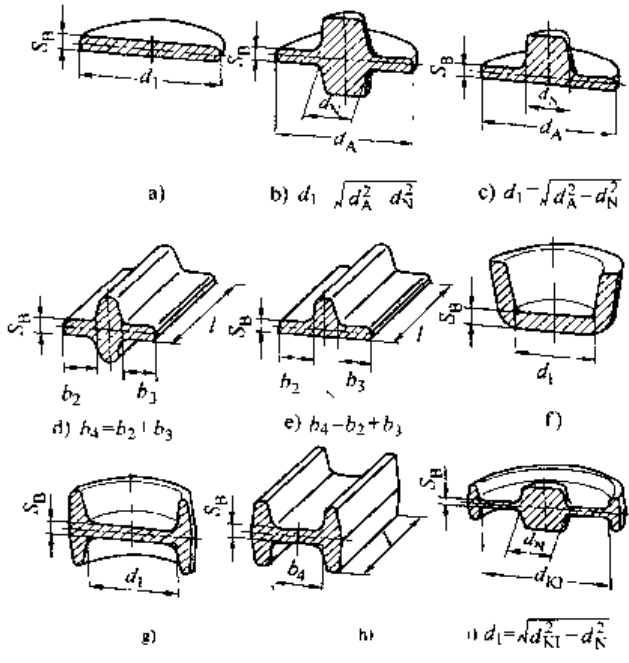


图 2.3-2

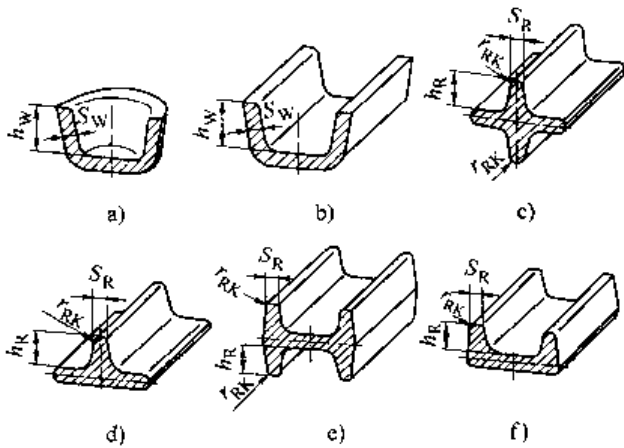


图 2.3-3

表 2.3-12 最小壁厚  $S_W$ 、筋宽  $S_R$  及

筋端圆角半径  $r_{RK}$  (mm)

壁高或筋高 ( $h_w$ 或 $h_R$ )		壁厚 $S_W$	筋宽 $S_R$	筋端圆角半径 $r_{RK}$
大于	至			
	16	4(2)	4(2)	2(1)
16	40	8(4)	8(4)	4(2)
40	63	12(8)	12(8)	6(4)
63	100	20(12)	20(12)	10(6)
100	160	32(20)		

注：括号内的数据因技术费用较高而尽可能不用。

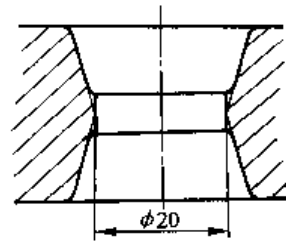


图 2.3-4

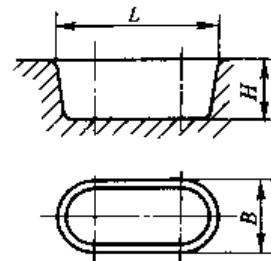


图 2.3-5

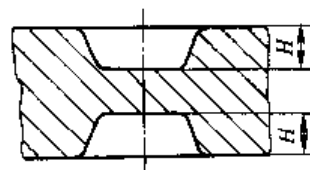


图 2.3-6

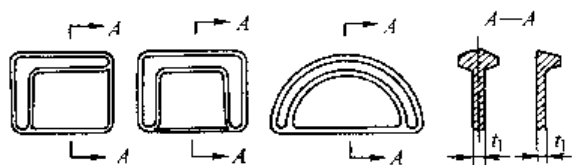


图 2.3-7

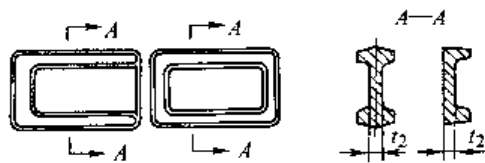


图 2.3-8

### 2.2.2 锻件尺寸标注及其测量法

#### (1) 垂直于分模面的尺寸标注及其测量法

锻件垂直于分模面的尺寸,其标注及其测量法与一般零件相同。

#### (2) 平行于分模面的尺寸标注及其测量法

锻件平行于分模面的尺寸,除特殊注明者外,一律按理论交点标注(图 2.3-9),此交点在锻件上的位置用移动一段距离( $k \times r$ )的方法确定。系数  $k$  值按表 2.3-14 确定,表中  $\alpha$  或  $\beta$  为模锻斜度(以角度计)。

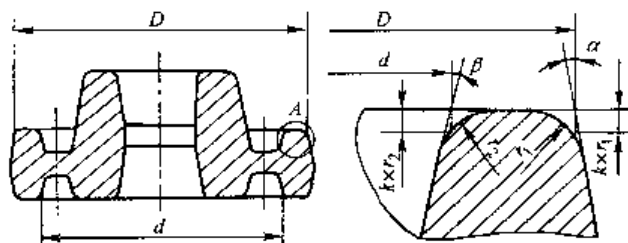


图 2.3-9

表 2.3-13 最小腹板的厚度

(mm)

锻件在分模面上的投影面积 /cm <sup>2</sup>	无限制腹板 $t_1$	有限制腹板 $t_2$	锻件在分模面上的投影面积 /cm <sup>2</sup>	无限制腹板 $t_1$	有限制腹板 $t_2$
$\leq 25$	3	4	$> 800 \sim 1000$	12	14
$> 25 \sim 50$	4	5	$> 1000 \sim 1250$	14	16
$> 50 \sim 100$	5	6	$> 1250 \sim 1600$	16	18
$> 100 \sim 200$	6	8	$> 1600 \sim 2000$	18	20
$> 200 \sim 400$	8	10	$> 2000 \sim 2500$	20	22
$> 400 \sim 800$	10	12			

注:表列  $t_1$  和  $t_2$  允许根据设备、工艺条件协商变动。

表 2.3-14 系数  $k$  值表

$\alpha$ 或 $\beta$	$k$	$\alpha$ 或 $\beta$	$k$
$0^\circ 00'$	1.000	$5^\circ 00'$	0.600
$0^\circ 15'$	0.907	$7^\circ 00'$	0.534
$0^\circ 30'$	0.868	$10^\circ 00'$	0.456
$1^\circ 00'$	0.815	$12^\circ 00'$	0.413
$1^\circ 30'$	0.774	$15^\circ 00'$	0.359
$3^\circ 00'$	0.685		

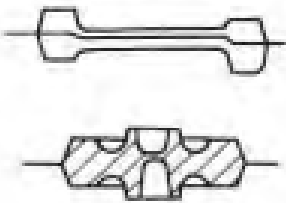
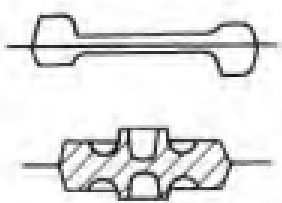
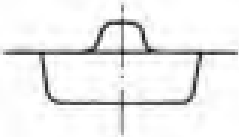
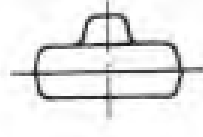


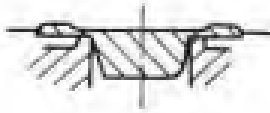
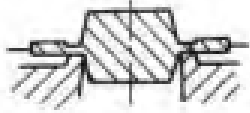

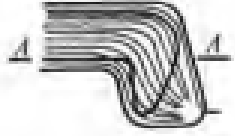
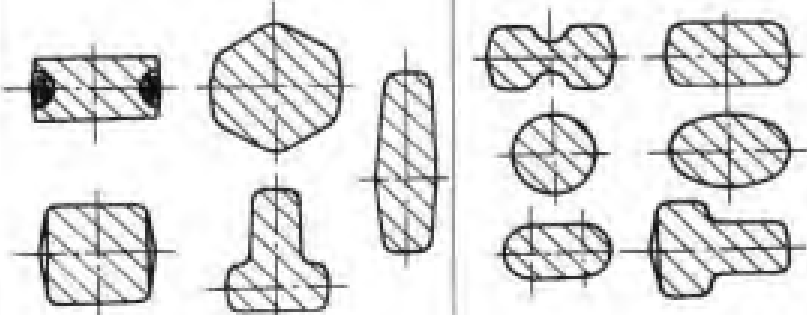
注: $k=1-\sqrt{1-\cot^2\theta}$  式中  $\theta=\frac{\alpha+90^\circ}{2}$  或  $\theta=\frac{\beta+90^\circ}{2}$ 。

### 3 模锻件结构设计的注意事项(表 2.3-15)

表 2.3-15 模锻件结构设计的注意事项

序号	注 意 事 项	图 例	
		改 进 前	改 进 后
1	合理设计分模面 金属容易充满模膛		

(续)

序号	注 意 事 项		图 例	
			改 进 前	改 进 后
1	合理设计分模面	简化模具制造		
		容易检查错模		
		平衡模膛错移力		
		能干净切除飞边		
		锻件曲线合乎要求		
2	便于脱模	锻件截面适于脱模 注:图中涂黑处需加工去掉		

(续)

序号	注 意 事 项	图 例	
		改 进 前	改 进 后
3	<p>适当的圆角半径</p> <p>圆角过小模具易发生裂纹, 寿命低 圆角过大机械加工余量过大</p>		
4	<p>简化模具设计与制造</p> <p>形状对称的零件可设计为同一种零件</p>		
	<p>零件应尽量设计成对称结构</p>		
	<p>薄而高的筋不能直接锻出</p>		
5	<p>减少模锻劳动量</p> <p>大直径薄凸缘模锻困难</p>		

## 第4章 冲压件结构设计工艺性

冲压又称冷冲压。只有当板料厚度超过8~10mm时,才采用热冲压。

冲压可加工出轮廓尺寸大、空间形状复杂、质量轻、形状和尺寸精度很高的零件;而且材料消耗少、生产率高、易于实现机械化和自动化、生产成本低。但冲模制造复杂,故多用于大批大量生产之中。

由于冲压加工的上述特点,它在各种机械制造业中都已广泛采用,见表2.4-1所示。

表 2.4-1 冷冲压加工的应用

制件名称	冷冲压工作的比重(%)		
	按质量	按零件数量	按劳动量
汽车	50~70	60~75	25~30
电动机	50~60	60~70	15~20
精密机械零件	70~80	80~85	30~40
日用品	98~99	95~98	90~95

### 1 冲压方法和冲压材料的选用

#### 1.1 冲压的基本工序

冲压的基本工序可分为两类:

分离工序;见表2.4-2。

成形工序;见表2.4-3。

表 2.4-2 分离工序分类

工序名称	简图	特点及常用范围
切断		用剪刀或冲模切断板材,切断线不封闭
落料		用冲模沿封闭线冲切板材,冲下来的部分为制件
冲孔		用冲模沿封闭线冲切板材,冲下来的部分为废料
剖切		把半成品切开成两个制件,常用于成双冲压

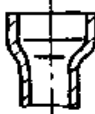
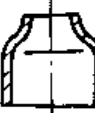
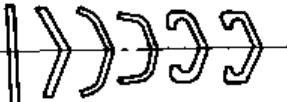
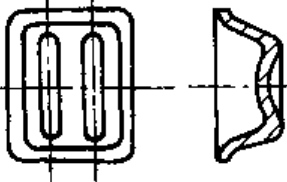
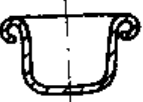

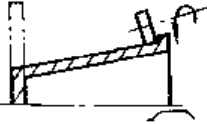
(续)

工序名称	简图	特点及常用范围
切口		在坯料上不封闭线沿冲出口部分发生弯曲,如通风机板
切边		将制件的边缘部分切掉

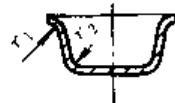
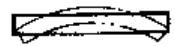

表 2.4-3 成形工序分类

工序名称	简图	特点及常用范围
弯曲		把板料弯成一定的形状
卷圆		把板料端部卷圆,如合页
拉深		把平板形坯料制成空心制件,壁厚基本不变
翻孔		把制件上有孔的边缘翻出边缘
成形		把制件的外缘翻起圆弧或曲线状的竖立边缘

(续)

工序名称	简 图	特 点 及 常用范围
扩口		把空心制件的口部扩大,常用于管子
		把空心制件的口部缩小
成 形		通过一系列轧辊把平板卷料滚弯成复杂形状
		在制件上压出肋条,花纹或文字,在起伏处的整个厚度上都有变形
形		把空心件的边缘卷成一定形状
		使制件的一部分凸起,呈凸肚形
		把平板形坯料用小滚轮滚压出一定形状(分变薄与不变薄两种)

(续)

工序名称	简 图	特 点 及 常用范围
成 形		把形状不太准确的制件校正成形,如获得小的 $r$ 等
		校正制件的平直度
形		在制件上压出文字或花纹,只在制件厚度的一个平面上有变形

## 1.2 冲压材料的选用

冲压零件所用的材料,不仅要适合零件在机器中的工作条件,而且要适合冲压过程中材料变形特点及变形程度所决定的制造工艺要求,即应具有足够的强度及较高的可塑性。

### (1) 选用原则

- 1) 对于拉深及复杂弯曲件,应选用成形性好的材料。
- 2) 对于弯曲件,应考虑材料的纤维方向。
- 3) 在保证产品质量的前提下,尽量降低所使用的材料的价格。用薄料代替厚料;用黑色金属代替有色金属;充分利用边角余料,以降低成本。
- 4) 考虑后继工序的要求,如冲压后需焊接、涂漆、镀膜处理的零件,应选用酸洗钢板。

### (2) 冲压用的材料(见表 2.4-4、表 2.4-5)

表 2.4-4 冲压件对材料的要求

冲 压 件 类 别	材 料 力 学 性 能			常 用 材 料
	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	硬 度 (HRB)	
平板冲裁件	<637	1~5	84~96	Q195, 电工硅钢
冲裁件 弯曲件(以圆角半径 $R > 2t$ 作 $90^\circ$ 垂直于轧制方向的弯曲)	<490	4~14	76~85	Q195, Q275, 40, 45, 65Mn
浅拉深件 成形件 弯曲件(以圆角半径 $R > 0.5t$ 作 $90^\circ$ 垂直于轧制方向的弯曲)	<412	13~27	64~74	Q215, Q235, 15, 20
深拉深件 弯曲件(以圆角半径 $R < 0.5t$ 作任意方向 $180^\circ$ 的弯曲)	<363	21~36	52~64	08F, 08, 10F, 10
复杂拉延件 弯曲件(以圆角半径 $R < 0.5t$ 作任意方向 $180^\circ$ 的弯曲)	<324	33~45	38~52	08Al, 08F

注:表中  $t$  为板料厚度。

表 2.4-5 适用于精冲的材料

黑色金属	有色金属
普通碳素结构钢： Q195~Q275	黄铜：H62, H68, H70, H80, 锡黄铜, 铝黄铜, 镍黄铜均可进行精冲；
优质碳素结构钢： 05, 08, 10~60(含碳量(质量分数)超过0.4%的碳钢, 须经球化退火后再精冲)	青铜, 锡青铜, 铝青铜, 铍青铜都可精冲；
低合金钢和合金钢(经球化退火后 $\sigma_s < 588\text{MPa}$ 的均可精冲)	铜：T1, T2, T3
不锈钢及经球化退火的合金工具钢也可精冲	无氧铜：TU1, TU2
	纯铝：1070A~8A06
	防锈铝：5A01~5A06, 5B05 等经淬火时效处理, 在时效期内均可精冲

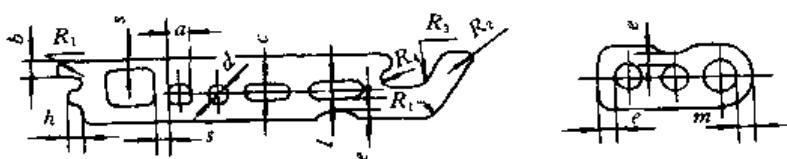
## 2 冲压件结构设计的基本参数

### 2.1 冲裁件

冲裁是利用冲模使材料分离的冲压工艺, 它是切断、落料、冲孔、切口、切边等工序的总称。

- 1) 冲裁的最小尺寸见表 2.4-6~表 2.4-8。
- 2) 精冲件的最小圆角半径 精冲件轮廓不应有尖角, 否则尖角处材料易产生撕裂, 致使凸模极易损坏(见表 2.4-9、表 2.4-10)。
- 3) 精冲件最小槽宽与槽边距见表 2.4-11、表 2.4-12。

表 2.4-6 冲裁最小尺寸



材 料	b	h	a	c, d	e, m	e, l	$R_1, R_2$ $\alpha \geq 90^\circ$	$R_3, R_4$ $\alpha < 90^\circ$
钢 $\sigma_b > 882\text{MPa}$	$1.9t$	$1.6t$	$1.3t$	$1.4t$	$1.2t$	$1.1t$	$0.8t$	$1.1t$
钢 $\sigma_b = 490 \sim 882\text{MPa}$	$1.7t$	$1.4t$	$1.1t$	$1.2t$	$1.0t$	$0.9t$	$0.6t$	$0.9t$
钢 $\sigma_b < 490\text{MPa}$	$1.5t$	$1.2t$	$0.9t$	$1.0t$	$0.8t$	$0.7t$	$0.4t$	$0.7t$
黄铜、铜、铝、锌	$1.3t$	$1.0t$	$0.7t$	$0.8t$	$0.6t$	$0.5t$	$0.2t$	$0.5t$

- 注：1.  $t$  为材料厚度。  
2. 若冲裁件结构无特殊要求, 应采用大于表中所列数值。  
3. 当采用整体凹模时, 冲裁件轮廓应避免清角。

表 2.4-7 孔的位置安排

简图						
最小距离	$c \geq t$	$c \geq 0.8t$	$c \geq 1.3t$	$c \geq t$	$c \geq 0.7t$	$c \geq 1.2t$
简图						
最小距离	$c \geq 1.5t$	$k \geq R + \frac{d}{2}$	$d < D - 2R$ $D > (D_1 - 2t + 2R_1 + d_1)$			$h > 2d + t$

表 2.4-8 最小可冲孔眼的尺寸(为板厚的倍数)

材 料	圆孔直径	方孔边长	长方孔	
			短边(径)	长
钢( $\sigma_b > 686\text{MPa}$ )	1.5	1.3	1.2	1.1
钢( $\sigma_b > 490 \sim 686\text{MPa}$ )	1.3	1.2	1	0.9
钢( $\sigma_b \leq 490\text{MPa}$ )	1	0.9	0.8	0.7
黄铜、铜	0.9	0.8	0.7	0.6



(续)

材 料	圆孔直径	方孔边长	长 方 孔	长 圆 孔
			短 边 (径)	长
铝、锌	0.8	0.7	0.6	0.5
胶木、胶布板	0.7	0.6	0.5	0.4
纸板	0.6	0.5	0.4	0.3

注：当板厚 $<4\text{mm}$ 时可以冲出垂直孔，而当板厚 $>4\sim 5\text{mm}$ 时，则孔的每边须做出 $6^\circ\sim 10^\circ$ 的斜度。

表 2.4-9 精冲件的最小圆角半径

(mm)

料 厚	工 件 轮 廓 角 度 $\alpha$			
	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$
1	0.4	0.2	0.1	0.05
2	0.9	0.45	0.23	0.15
3	1.5	0.75	0.35	0.25
4	2	1	0.5	0.35
5	2.6	1.3	0.7	0.5
6	3.2	1.6	0.85	0.65
8	4.6	2.5	1.3	1
10	7	4	2	1.5
12	10	6	3	2.2
14	15	9	4.5	3
15	18	11	6	4

注：上表数值适用于抗拉强度低于 $441\text{MPa}$ 的材料。强度高于此值应按比例增加。

表 2.4-10 各种材料精冲时的尺寸极限

材料的强度 $\sigma_b$ /MPa				
147	$(0.25\sim 0.35)t$	$(0.3\sim 0.4)t$	$(0.2\sim 0.3)t$	$(0.3\sim 0.4)t$
294	$(0.35\sim 0.45)t$	$(0.4\sim 0.45)t$	$(0.3\sim 0.4)t$	$(0.45\sim 0.55)t$
441	$(0.5\sim 0.55)t$	$(0.55\sim 0.65)t$	$(0.45\sim 0.5)t$	$(0.65\sim 0.7)t$
588	$(0.7\sim 0.75)t$	$(0.75\sim 0.8)t$	$(0.6\sim 0.65)t$	$(0.85\sim 0.9)t$

注：1. 薄料取上限，厚料取下限。

2.  $t$  为材料厚度。

表 2.4-11 冲裁件最小许可宽度与材料的关系

材 料	最 小 值		
	$B_1$	$B_2$	$B_3$
中等硬度的钢	$1.25t$	$0.8t$	$1.5t$
高碳钢和合金钢	$1.65t$	$1.1t$	$2t$
有色合金	$t$	$0.6t$	$1.2t$

表 2.4-12 精冲件最小相对槽宽  $e/t$

料厚 $t$ /mm	槽 长 $l$ /mm												
	2	4	6	8	10	15	20	40	60	80	100	150	200
1	0.69	0.78	0.82	0.84	0.88	0.94	0.97						
1.5	0.62	0.72	0.75	0.78	0.82	0.87	0.90						
2	0.58	0.67	0.70	0.73	0.77	0.83	0.86	1					
3		0.62	0.65	0.68	0.71	0.76	0.79	0.92	0.98				
4		0.60	0.63	0.65	0.68	0.74	0.76	0.88	0.94	0.97	1		
5			0.62	0.64	0.67	0.73	0.75	0.86	0.92	0.95	0.97		
8				0.63	0.66	0.71	0.73	0.85	0.9	0.93	0.95	1	
10					0.68	0.71	0.73	0.80	0.85	0.87	0.88	0.93	0.96
12						0.70	0.71	0.79	0.84	0.86	0.87	0.92	0.95
15							0.69	0.78	0.83	0.85	0.86	0.90	0.93

注：最小槽边距  $f_{\min} = (1.1\sim 1.2)e_{\min}$ 。

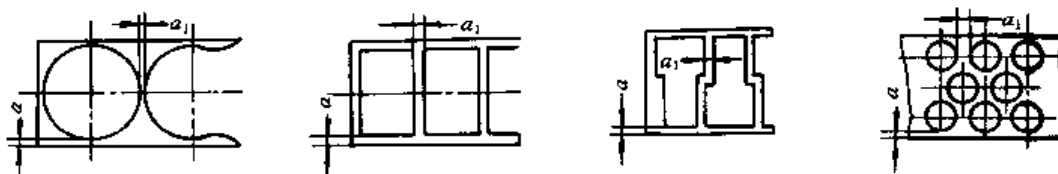
4) 冲裁间隙见表 2.4-13、表 2.4-14。

表 2.4-13 冲裁间隙

材料牌号	料厚 /mm	合理间隙 (径向双面)		材料牌号	料厚 /mm	合理间隙 (径向双面)		材料牌号	料厚 /mm	合理间隙 (径向双面)		材料牌号	料厚 /mm	合理间隙 (径向双面)	
		最小	最大			最小	最大			最小	最大			最小	最大
08	0.05	无 间 隙		Q235	0.9	10%	14%	50	2.1	13%	19%	Q235	4.5	16%	22%
	08			Q235				08							
65Mn	Q235			20											
08	0.1			09Mn	1	10%	14%	08	2.5	15%	21%	Q235	5	17%	23%
50	08			09Mn				08				Q345			
08	0.2			08	1.2	11%	15%	09Mn	2.75	14%	20%	Q235	5.5	17%	23%
08	08			Q235				08							
50	08			Q235				08				Q345		14%	20%
08	0.22			08	1.5	11%	15%	08	3	15%	21%	Q235	6	18%	24%
08	08			09Mn				08				Q345			
50	0.3	08	1.75	12%				18%				09Mn		3.5	16%
08	08	Q235			08	Q345	16%		22%						
65Mn	0.4	08			2	12%	18%		Q345	4	17%	23%	Q345		
08	0.5	08	08	Q345				16%	22%						
65Mn	0.6	08	2	13%				19%	08				4	17%	23%
35	0.7	08			08	Q345	17%		23%						
08	0.8	08			2	13%	19%		09Mn	4	17%	23%			
08	0.8	08	08	Q345				17%	23%						
65Mn	0.8	08	2	13%				19%	Q345				4	17%	23%
09Mn	0.8	08			08	Q345	17%		23%						
Q345	0.8	08			2	13%	19%		Q345	4	17%	23%			
08	0.8	08	08	Q345				17%	23%						
20	0.8	08	2	13%				19%	Q345				4	17%	23%
65Mn	0.8	08			08	Q345	17%		23%						
09Mn	0.8	08			2	13%	19%		Q345	4	17%	23%			
Q345	0.8	08	08	Q345				17%	23%						

表 2.4-14 冲裁时合理搭边值

(mm)



料厚	手 送 料						自 动 送 料	
	圆 形		非 圆 形		往 复 送 料		a	a <sub>1</sub>
	a	a <sub>1</sub>	a	a <sub>1</sub>	a	a <sub>1</sub>		
≤1	1.5	1.5	2	1.5	3	2	3	2
>1~2	2	1.5	2.5	2	3.5	2.5		
>2~3	2.5	2	3	2.5	4	3.5		
>3~4	3	2.5	3.5	3	5	4		
>4~5	4	3	5	4	6	5		
>5~6	5	4	6	5	7	6		
>6~8	6	5	7	6	8	7		
>8	7	6	8	7	9	8		

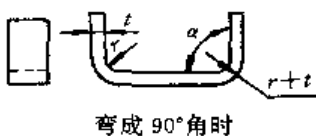
注：非金属材料(皮革、纸板、石棉等)的搭边值应比金属大 1.5~2 倍。

## 2.2 弯曲件

1) 板件最小弯曲圆角半径见表 2.4-15、表 2.4-16。

表 2.4-15 板件最小弯曲圆角半径(为厚度  $t$  的倍数)

材 料	垂直于轧制纹路	与轧制纹路成 45°	平行轧制纹路
	08, 10, Q195, Q215	0.3	0.5
15, 20, Q235	0.5	0.8	1.3
30, 40, Q235	0.8	1.2	1.5
45, 50, Q275	1.2	1.8	3.0
25CrMnSi, 30CrMnSi	1.5	2.5	4.0
软黄铜和铜	0.3	0.45	0.8
半硬黄铜	0.5	0.75	1.2
铝	0.35	0.5	1.0
硬铝合金	1.5	2.5	4.0



注:弯曲角度  $\alpha$  缩小时,还须乘上系数  $K$ 。当  $90^\circ > \alpha > 60^\circ$  时,  $K=1.1 \sim 1.3$ , 当  $60^\circ > \alpha > 45^\circ$  时,  $K=1.3 \sim 1.5$ 。

表 2.4-16 弯曲件尾部弯出长度

	$H_1 > 2t$ (弯出零件圆角中心以上的长度) $H < 2t$ $b > t$ $a > t$ $c = 3 \sim 6\text{mm}$ $h = (0.1 \sim 0.3)t$ 且不小于 3mm
--	---

2) 型材弯曲半径 见表 2.4-17~表 2.4-22。

表 2.4-17 扁钢、圆钢弯曲的推荐尺寸

(mm)

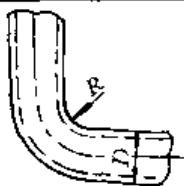
扁钢平面弯曲													扁钢侧面弯曲																		
$t$	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	$r$	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20				
$R$	3			5			8			10			15			20			$b$	15~40						40~70					
$\alpha$	7°, 15°, 20°, 30°, 40°, 45°, 50°, 60°, 70°, 75°, 80°, 90°												$R$	30						50											
圆钢弯曲													圆钢弯钩环																		
$d$	6	8	10	12	14	16	18	20	25	28	30	$d$	$D$		$c$ (小于)		$R$		$l$												
$r$ (最小)	4			6			8			10			12			15			6	8~14		6		5~8		14~26					
$r$ (一般)	= $d$												8	10~18		6		5~10		27~36											
圆钢弯小钩													10	10~20		8		5~10		30~40											
													12	12~24		10		5~12		36~48											
$\alpha = 45^\circ$ 或 $75^\circ$ $l = 3d$ $D = 2d$ ; 其尺寸最好从下列尺寸系列中选择: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 32, 36, 40mm													14	12~28		12		8~15		40~56											
													16	16~32		16		8~15		48~64											
													18	18~36		20		10~20		54~72											
													1. 直径 $D$ 由下列尺寸系列中选择: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 32, 36mm。 2. 半径 $R$ 在 5, 8, 10, 12, 15, 20mm 各数值选择, 应略等于 $\frac{D}{2}$																		

表 2.4-18 型钢最小弯曲半径

弯曲条件	型 钢					
作为弯曲的轴线	I-I	I-I	II-I	I-I	II-II	I-I
轴线位置	$l_1=0.95t$	$l_2=1.12t$	$l_1=0.8t$	-	$l_1=1.15t$	-
最小弯曲半径	$R=5(b-0.95t)$	$R=5(b_2-1.12t)$	$R=5(b_1-0.8t)$	$R=2.5H$	$R=4.5B$	$R=2.5H$

表 2.4-19 管子最小弯曲半径

(mm)



硬聚氯乙烯管			铝 管			纯铜与黄铜管			焊接钢管				无 缝 钢 管					
D	壁厚 t	R	D	壁厚 t	R	D	壁厚 t	R	D	壁厚 t	R		D	壁厚 t	R	D	壁厚 t	R
											热	冷						
12.5	2.25	30	6	1	10	5	1	10	13.5		40	80	6	1	15	45	3.5	90
15	2.25	45	8	1	15	6	1	10	17		50	100	8	1	15	57	3.5	110
25	2	60	10	1	15	7	1	15	21.25	2.75	65	130	10	1.5	20	57	4	150
25	2	80	12	1	20	8	1	15	26.75	2.75	80	160	12	1.5	25	76	4	180
32	3	110	14	1	20	10	1	15	33.5	3.25	100	200	14	1.5	30	89	4	220
40	3.5	150	16	1.5	30	12	1	20	42.25	3.25	130	250	14	3	18	108	4	270
51	4	180	20	1.5	30	14	1	20	48	3.5	150	290	16	1.5	30	133	4	340
65	4.5	240	25	1.5	50	15	1	30	60	3.5	180	360	18	1.5	40	159	4.5	450
76	5	330	30	1.5	60	16	1.5	30	75.5	3.75	225	450	18	3	28	159	6	420
90	6	400	40	1.5	80	18	1.5	30	88.5	4	265	530	20	1.5	40	194	6	500
114	7	500	50	2	100	20	1.5	30	114	4	340	680	22	3	50	219	6	500
140	8	600	60	2	125	24	1.5	40					25	3	50	245	6	600
166	8	800				25	1.5	40					32	3	60	273	8	700
						28	1.5	50					32	3.5	60	325	8	800
						35	1.5	60					38	3	80	371	10	900
						45	1.5	80					38	3.5	70	426	10	1000
						55	2	100					44.5	3	100			

表 2.4 20 角钢弯曲半径推荐值 (mm)

简 图	弯曲角 $\alpha$		
	7° ~30°	40° ~60°	70° ~90°
	R=150	R=100	R=50
	R=50	R=30	R=15

表 2.4-21 角钢截切角推荐值

截切角 $\alpha$	L					
	15°	30°	45°	60°	75°	90°
	$\geq t+r$					

表 2.4-22 角钢破口弯曲  $c$  值

(mm)

截切角 $\alpha$	角 钢 厚 度 $t$								
	3	4	5	6	7	8	9	10	12
$<30^\circ$	6	9	11	15	16	17	18	19	21
$>30^\circ \sim 60^\circ$	6	7	8	11	12	14	15	16	18
$>60^\circ \sim 90^\circ$	5	6	7	9	10	11	12	13	15
$>90^\circ$	4	5	6	7	8	9	10	11	13

截切角  $\alpha = 180^\circ - \psi$

2.3 拉伸件(见表 2.4-23~表 2.4-29)

表 2.4-23 箱形零件的圆角半径、法兰边宽度和工件高度

$R_1, R_2$	材 料	圆角半径	材 料 厚 度 $t/\text{mm}$		
			$<0.5$	$>0.5 \sim 3$	$>3 \sim 5$
	软 钢	$R_1$	$(5 \sim 7)t$	$(3 \sim 4)t$	$(2 \sim 3)t$
		$R_2$	$(5 \sim 10)t$	$(4 \sim 6)t$	$(2 \sim 4)t$
	黄 铜	$R_1$	$(3 \sim 5)t$	$(2 \sim 3)t$	$(1.5 \sim 2.0)t$
		$R_2$	$(5 \sim 7)t$	$(3 \sim 5)t$	$(2 \sim 4)t$
$\frac{H}{R_0}$ 当 $R_0 > 0.14B$ $R_1 \geq 1$	材 料		比 值		
	酸 洗 钢		4.0~4.5	当 $\frac{H}{R_0}$ 需大于左列数值时, 则应采用多次拉深工序	
	冷拉钢、铝、黄铜、铜		5.5~6.5		
$B$	$\leq R_2 + (3 \sim 5)t$				
$R_3$	$\geq R_0 + B$				

表 2.4-24 有凸缘筒形件第一次拉深的许可相对高度  $\frac{h_1}{d_1}$

凸缘相对直径 $\frac{d_1}{d_2}$	坯料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	$>0.06 \sim 0.2$	$>0.2 \sim 0.5$	$>0.5 \sim 1$	$>1 \sim 1.5$	$>1.5$
$\leq 1.1$	0.45~0.52	0.50~0.62	0.57~0.70	0.60~0.82	0.75~0.90
$>1.1 \sim 1.3$	0.40~0.47	0.45~0.53	0.50~0.60	0.56~0.72	0.65~0.80
$>1.3 \sim 1.5$	0.35~0.42	0.40~0.48	0.45~0.53	0.50~0.63	0.58~0.70
$>1.5 \sim 1.8$	0.29~0.35	0.34~0.39	0.37~0.44	0.42~0.53	0.48~0.58
$>1.8 \sim 2$	0.25~0.30	0.29~0.34	0.32~0.38	0.36~0.46	0.42~0.51
$>2 \sim 2.2$	0.22~0.26	0.25~0.29	0.27~0.33	0.31~0.40	0.35~0.45
$>2.2 \sim 2.5$	0.17~0.21	0.20~0.23	0.22~0.27	0.25~0.32	0.28~0.35
$>2.5 \sim 2.8$	0.13~0.16	0.15~0.18	0.17~0.21	0.19~0.24	0.22~0.27

注:材料为钢 08、10。

表 2.4-25 无凸缘筒形件的许可相对高度  $h/d$

拉深次数	坯料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	0.1~0.3	0.3~0.6	0.6~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0
1	0.45~0.52	0.5~0.62	0.57~0.70	0.65~0.84	0.77~0.94
2	0.83~0.96	0.94~1.13	1.1~1.36	1.32~1.6	1.54~1.88
3	1.3~1.6	1.5~1.9	1.8~2.3	2.2~2.8	2.7~3.5
4	2.0~2.4	2.4~2.9	2.9~3.6	3.5~4.3	4.3~5.6
5	2.7~3.3	3.3~4.1	4.1~5.2	5.1~6.6	6.6~8.9

$c$ —修边余量

注:1. 适用 08、10 钢。

2. 表中大的数值,适用于第一次拉深中有大的圆角半径( $r=8t \sim 15t$ ),小的数值适用于小的圆角半径( $r=4t \sim 8t$ )。

表 2.4-26 无凸缘拉深件的修边余量  $c$

(mm)

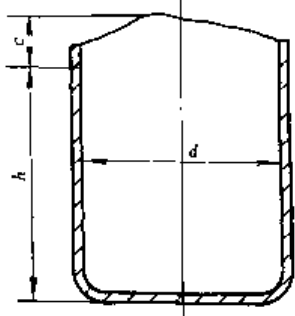
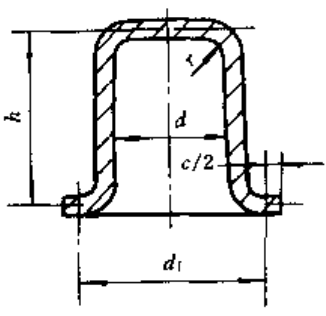
简 图	拉深高度 $h$	拉深相对高度 $\frac{h}{d}$			
		0.5~0.8	0.8~1.6	1.6~2.5	2.5~4
	<25	1.2	1.6	2	2.5
	25~50	2	2.5	3.3	4
	50~100	3	3.8	5	6
	100~150	4	5	6.5	8
	150~200	5	6.3	8	10
	200~250	6	7.5	9	11
	>250	7	8.5	10	12

表 2.4-27 有凸缘拉深件的修边余量  $c/2$

(mm)

简 图	凸缘直径 $d_1$	凸缘的相对直径 $\frac{d_1}{d}$			
		~1.5	大于 1.5~2	大于 2~2.5	大于 2.5
	<25	1.8	1.6	1.4	1.2
	25~50	2.5	2	1.8	1.6
	50~100	3.5	3	2.5	2.2
	100~150	4.3	3.6	3	2.5
	150~200	5	4.2	3.5	2.7
	200~250	5.5	4.6	3.8	2.8
	>250	6	5	4	3

$d_1$ —制件凸缘外径

表 2.4-28 圆形拉深件的孔径和孔距(JB/T 6959-1993)

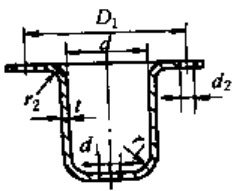
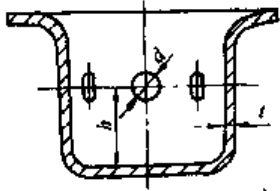
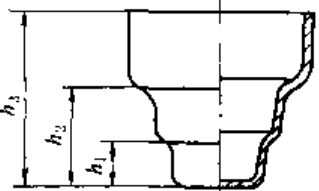
 <p>底部孔径 <math>d_1</math>  <math>d_1 \leq d - 2r_1 - t</math>          孔距 <math>D_1</math>  <math>D_1 \geq d + 3t + 2r_2 + d_2</math></p>	 <p>壁上的冲孔中心与底部或凸缘边的距离 <math>h</math>  <math>h \geq 2d + t</math></p>
--	--

表 2.4-29 拉深件的尺寸注法(JB/T 6959-1993)

	<p>在拉深件图样上应注明必须保证的外部尺寸,或是内腔尺寸,不能同时标注内外形尺寸。有台阶的拉深件,其高度尺寸应以底部为基准标注</p>
---	--

2.4 成型件

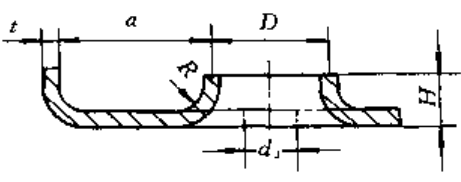
- 1)翻孔(见表 2.4-30)
- 2)缩口(见表 2.4-31)

3)起伏(见表 2.4-32~表 2.4-35)

4)卷边(见表 2.4-36)

5)咬口(见表 2.4-37)

表 2.4-30 内孔一次翻边的参考尺寸

	翻边直径(中径) $D$	由结构给定
	翻边圆角半径 $R$	$R \geq 1 + 1.5t$
	翻边系数 $K$	软钢 $K \geq 0.70$ 黄铜 H62 ( $t=0.5 \sim 6$ ) $K \geq 0.68$ 铝 ( $t=0.5 \sim 5$ ) $K \geq 0.70$
	翻边高度 $H$	$H = \frac{D}{2}(1-K) + 0.43R + 0.72t$
	翻边孔至外缘的距离 $a$	$a > (7 \sim 8)t$

注: 1. 翻边系数  $K = d_0/D$ 。

- 若翻边高度较高, 一次翻边不能满足要求时, 可采用拉深、翻边复合工艺。
- 翻边后孔径减薄, 如变薄量有特殊要求, 应予注明。

表 2.4-31 缩口时直径缩小的合理比例

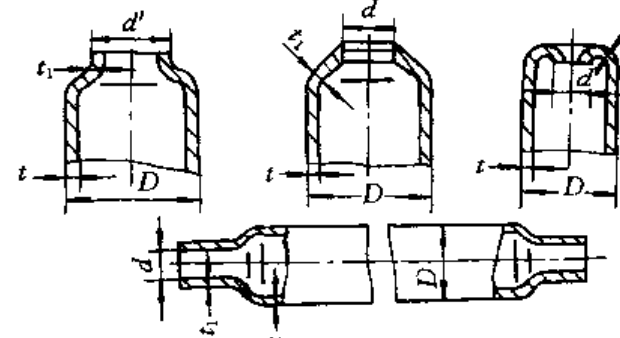
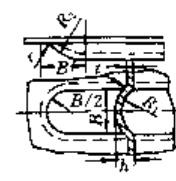
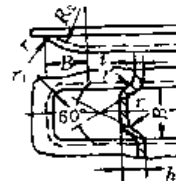
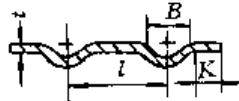
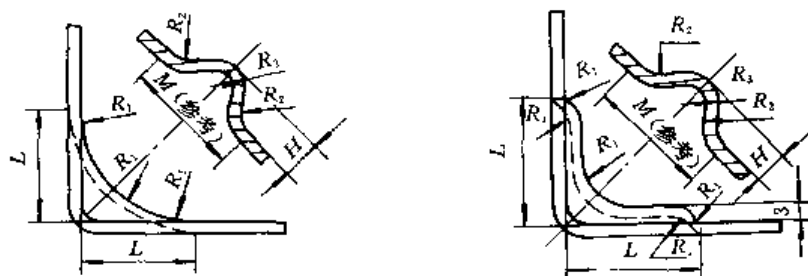
	$\frac{D}{t} \leq 10$ 时: $d \geq 0.7D$
	$\frac{D}{t} > 10$ 时: $d = (1-k)D$
	钢制件: $k = 0.1 \sim 0.15$ 铝制件: $k = 0.15 \sim 0.2$
	缩压部分壁厚将增加 $t_1 = t \sqrt{\frac{D}{d}}$

表 2.4-32 加强筋的形状、尺寸及适宜间距

		尺 寸	$h$	$B$	$r$	$R_1$	$R_2$
半 圆 形 肋		最小允许尺寸	$2t$	$7t$	$t$	$3t$	$5t$
		一般尺寸	$3t$	$10t$	$2t$	$4t$	$6t$
		尺 寸	$h$	$B$	$r$	$r_1$	$R_2$
梯 形 肋		最小允许尺寸	$2t$	$20t$	$t$	$4t$	$24t$
		一般尺寸	$3t$	$30t$	$2t$	$5t$	$32t$
		加强筋之间及加强筋与边缘之间的适宜距离		$l \geq 3B$ $K \geq (3 \sim 5)t$			

注:  $t$  为钢板厚度。

表 2.4-33 角部加强筋



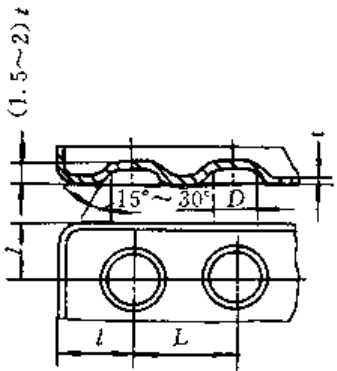
(mm)(续)

$L$	型式	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$H$	$M$ (参考)	间距
12.5	A	6	9	5	3	18	65
20	A	8	16	7	5	29	75
30	B	9	22	8	7	38	90

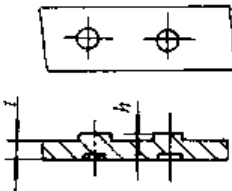
表 2.4-34 加强窝的间距及其至外缘的距离

表 2.4-35 冲出凸部的高度

(mm)



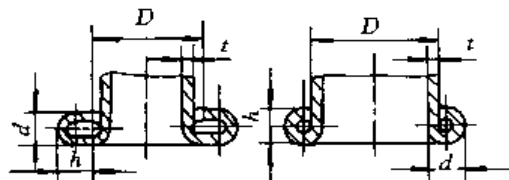
$D$	$L$	$l$
6.5	10	6
8.5	13	7.5
10.5	15	9
13	18	11
15	22	13
18	26	16
24	34	20
31	44	26
36	51	30
43	60	35
48	68	40
55	78	45



$h = (0.25 \sim 0.35)t$   
超出这个范围,凸部容易脱落

表 2.4-36 最小卷边直径

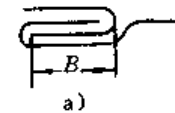
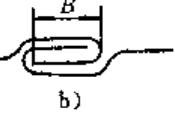
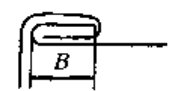

(mm)



$d > 1.4t$   
 $d$ —卷边直径

工件直径 $D$	材料厚度 $t$				
	0.3	0.5	0.8	1.0	2.0
$< 50$	2.5	3.0	—	—	—
$> 50 \sim 100$	3.0	4.0	5.0	—	—
$> 100 \sim 200$	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
$> 200$	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0

表 2.4-37 铁皮咬口类型、用途和余量



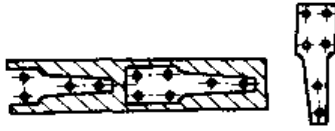
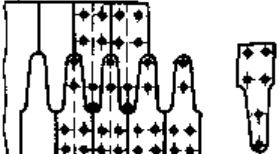
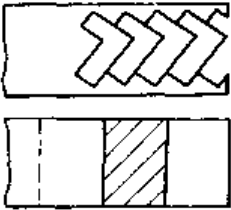
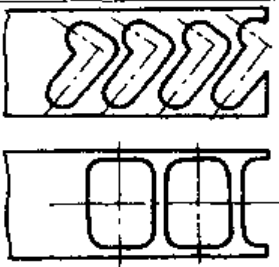
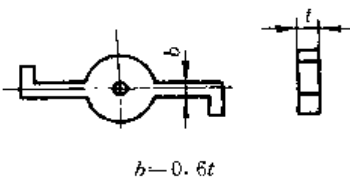
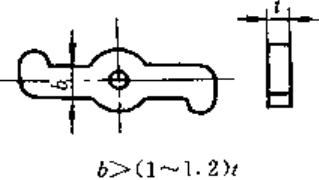
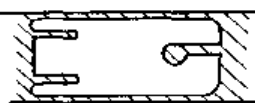

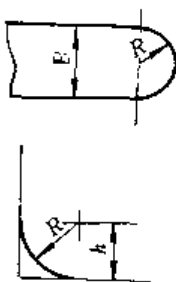
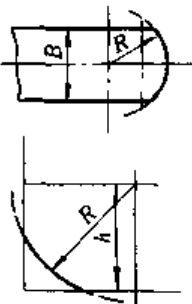


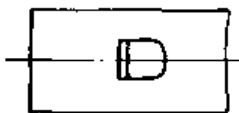
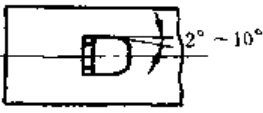
咬口类型	用途						
1型 光面咬口  a) 普通咬口  b)	圆柱形、圆锥形和长方形管子连接时,采用 1 型咬口,咬口需附着在平面上或需有气密性时使用光面咬口,需要咬口具有强度时才使用普通咬口。连接长度不同时,尺寸 $B$ 可根据长的零件选择,但两个零件的尺寸 $B$ 应相同						
2型 折角咬口 	折角咬口(2型)在制造折角联合肘管时使用						
3型 过渡咬口 	过渡咬口(3型)在连接接管、肘管和从圆过渡到另一些截面时,用作各种过渡连接						
钢板的强度/MPa							
30~40							
45~60							
65~80							
90~100							
零件极限尺寸/mm	直径或方形边 $D$	小于 200	大于 200	小于 600	大于 600	大于 600	在一切情况下
	长度 $L$	小于 200	大于 200	小于 800	大于 800	大于 800	在一切情况下
接头长度 $B$ /mm		5	7	7	10	10	14
咬口裕量 $3B$ /mm		15	21	21	30	30	42



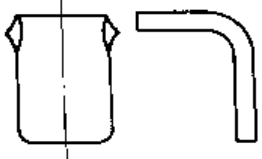
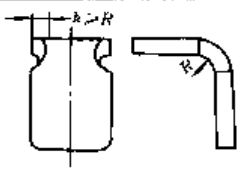
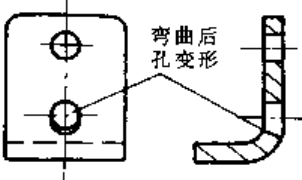
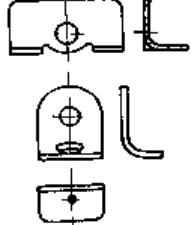
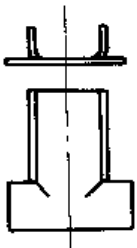
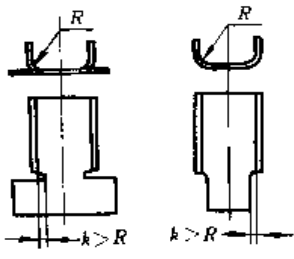




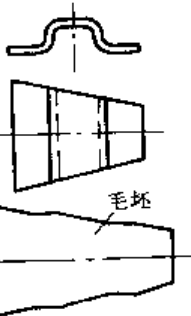
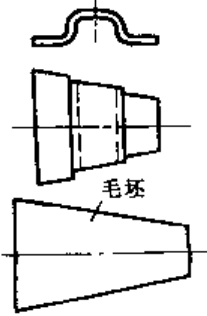
### 3 冲压件结构设计的注意事项

冲压件结构设计的注意事项见表 2-4-38。

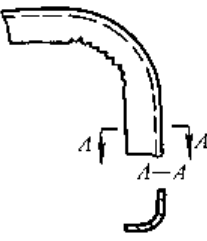
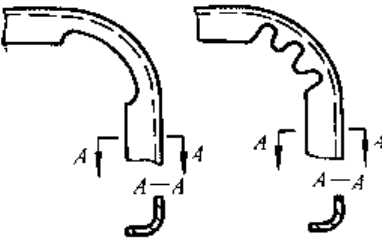
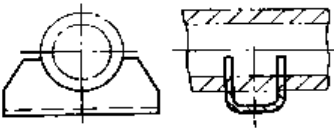
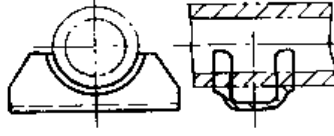
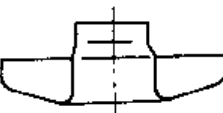
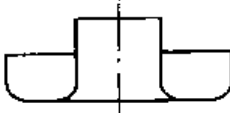
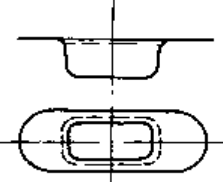
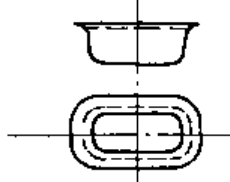
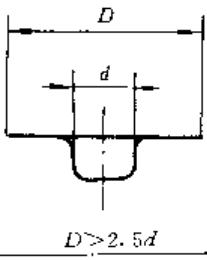
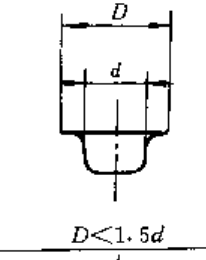
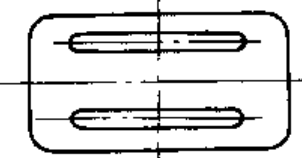
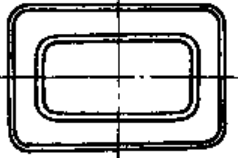
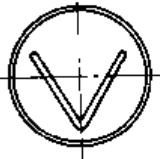
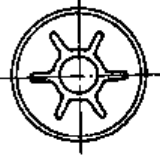


表 2-4-38 冲压件结构设计的注意事项

序号	注 意 事 项		图 例	
			改 进 前	改 进 后
1. 落料件	节约金属	合理设计工件形状,以利节省料		
				
	避免尖角	工件如有细长尖角,易产生飞边或塌角		
	工件不宜过窄	工件太窄,冲模制造困难且寿命低		
	开口槽不宜过窄			
	圆弧边与过渡边不宜相切	节约金属和避免咬边		
2. 切口件	切口处应有斜度	避免工件从凹模中退出时舌部与凹模内壁摩擦		
				

(续)

序号	注 意 事 项		图 例	
			改 进 前	改 进 后
3. 弯曲件	弯曲处切口	窄料小半径弯曲时,为防止弯曲处变宽,工件弯曲处应有切口		
	预冲月牙槽	弯曲带孔的工件时,如孔在弯曲线附近,可预冲出月牙槽或孔,以防止孔变形		
	预冲防裂槽	在局部弯曲时,预冲防裂槽或外移弯曲线,以免交界处撕裂		
			毛坯	毛坯
	形状尽量对称	弯曲件形状尽量对称,否则工件受力不均,不易达到预定尺寸		
	弯曲部分压筋	可增加工件刚度,减小回弹		
	坯料形状简单	工件外形利于简化展开料形状		

(续)

序号	注意事项		图例	
			改进前	改进后
3. 弯曲件	弯曲部分进行预切	防止弯曲部分起皱		
	增加支承孔刚度	为保证弯曲后支承孔同轴,在弯曲时翻出短边		
4. 拉伸件	形状尽量简单并对称	圆筒形、锥形、球形、非同转体、空间曲面,成形难度依次增加		
	法兰边宽度应一致	拉伸困难,需增加工序,金属消耗大		
	法兰边直径过大	拉伸困难	 $D > 2.5d$	 $D < 1.5d$
5. 起伏件	压肋应与零件外形相近或对称	压肋与零件外形相近		
		压肋应对称		
6. 组合冲压件	以冲压件代替锻件	制造简单、精度高		

4 冲压件的尺寸和角度公差、形状和位置未注公差(GB/T 13914、13915、13916—2002)、未注公差尺寸的极限偏差(GB/T 15055—1994)

四个标准均适用于金属材料冲压件,非金属材料冲压件可参照执行。见表 2.4-39~表 2.4-47。

表 2.4-39 平冲压件和成形冲压件尺寸公差 (mm)

基本尺寸	材料厚度	平冲压件尺寸公差 (GB/T 13914-2002)															成形冲压件尺寸公差 (GB/T 13914-2002)									
		公差等级															公差等级									
		ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	FT6	FT7	FT8	FT9	FT10				
>0~1	0.5	0.008	0.010	0.015	0.020	0.03	0.04	0.06	0.08	0.12	0.16	—	0.010	0.016	0.026	0.04	0.06	0.10	0.16	0.26	0.40	0.60				
	>0.5~1	0.010	0.015	0.020	0.03	0.04	0.06	0.08	0.12	0.16	0.24	—	0.014	0.022	0.034	0.05	0.09	0.14	0.22	0.34	0.50	0.90				
	>1~1.5	0.015	0.020	0.03	0.04	0.06	0.08	0.12	0.16	0.24	0.34	—	0.020	0.030	0.05	0.08	0.12	0.20	0.32	0.50	0.90	1.40				
>1~3	0.5	0.012	0.018	0.026	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.016	0.026	0.040	0.07	0.11	0.18	0.28	0.44	0.70	1.00				
	>0.5~1	0.018	0.026	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.022	0.036	0.06	0.09	0.14	0.24	0.38	0.60	0.90	1.40				
	>1~3	0.026	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	0.032	0.05	0.08	0.12	0.20	0.34	0.54	0.86	1.20	2.00				
>3~10	>3~4	0.034	0.05	0.07	0.09	0.13	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	0.04	0.07	0.11	0.18	0.28	0.44	0.70	1.10	1.80	2.80				
	0.5	0.018	0.026	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.022	0.036	0.06	0.09	0.14	0.24	0.38	0.60	0.96	1.40				
	>0.5~1	0.026	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	0.032	0.05	0.08	0.12	0.20	0.34	0.54	0.86	1.40	2.20				
>10~25	>1~3	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	0.05	0.07	0.11	0.18	0.30	0.48	0.76	1.20	2.00	3.20				
	>3~6	0.046	0.06	0.09	0.13	0.18	0.26	0.36	0.48	0.68	0.98	1.40	0.06	0.09	0.14	0.24	0.38	0.60	1.00	1.60	2.60	4.00				
	>6	0.06	0.08	0.11	0.16	0.22	0.30	0.42	0.60	0.84	1.20	1.50	0.07	0.11	0.18	0.28	0.44	0.70	1.10	1.80	2.80	4.40				
>25~63	0.5	0.026	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	0.030	0.05	0.08	0.12	0.20	0.32	0.50	0.80	1.20	2.00				
	>0.5~1	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	0.04	0.07	0.11	0.18	0.28	0.46	0.72	1.10	1.80	2.80				
	>1~3	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	1.50	0.06	0.10	0.16	0.25	0.40	0.64	1.00	1.60	2.60	4.00				
>63~160	>3~6	0.06	0.09	0.13	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	1.00	1.40	2.00	0.08	0.12	0.20	0.32	0.50	0.80	1.20	2.00	3.20	5.00				
	>6	0.08	0.12	0.16	0.22	0.32	0.44	0.60	0.88	1.20	1.60	2.40	0.10	0.14	0.24	0.40	0.62	1.00	1.60	2.60	4.00	6.40				
	0.5	0.036	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	0.04	0.06	0.10	0.15	0.26	0.40	0.64	1.00	1.60	2.60				
>25~63	>0.5~1	0.05	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	1.50	0.06	0.09	0.14	0.22	0.36	0.58	0.90	1.40	2.20	3.60				
	>1~3	0.07	0.10	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	1.50	2.10	0.08	0.12	0.20	0.32	0.50	0.80	1.20	2.00	3.20	5.00				
	>3~6	0.09	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	2.80	0.10	0.16	0.26	0.40	0.66	1.00	1.60	2.60	4.00	6.40				
>63~160	>6	0.11	0.16	0.22	0.30	0.44	0.60	0.86	1.20	1.60	2.20	3.00	0.11	0.18	0.28	0.46	0.76	1.20	2.00	3.20	5.00	8.00				
	0.5	0.04	0.06	0.09	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	0.05	0.08	0.14	0.22	0.36	0.56	0.90	1.40	2.20	3.60				
	>0.5~1	0.06	0.09	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	0.07	0.12	0.19	0.30	0.48	0.78	1.20	2.00	3.20	5.00				
>1~3	0.09	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	2.80	0.10	0.16	0.26	0.42	0.68	1.10	1.80	2.80	4.40	7.00					

(续)

成形冲压件尺寸公差(GB/T 13914-2002)

平冲压件尺寸公差(GB/T 13914-2002)

基本尺寸	材料厚度	公差等级										公差等级										
		ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	FT6	FT7	FT8	FT9	FT10
>63~160	>3~6	0.12	0.16	0.24	0.32	0.46	0.64	0.90	1.30	1.80	2.60	3.60	0.14	0.22	0.34	0.54	0.88	1.40	2.20	3.40	5.60	9.00
	>6	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	1.50	2.10	2.90	4.20	0.15	0.24	0.38	0.62	1.00	1.60	2.60	4.00	6.60	10.00
	0.5	0.06	0.09	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	-	0.10	0.16	0.26	0.42	0.70	1.10	1.80	2.80	4.40
>160~400	>0.5~1	0.09	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	1.00	1.40	2.00	2.80	-	0.14	0.24	0.38	0.62	1.00	1.60	2.60	4.00	6.40
	>1~3	0.12	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	1.00	1.40	2.00	2.80	4.00	-	0.22	0.34	0.54	0.88	1.40	2.20	3.40	5.60	9.00
	>3~6	0.16	0.24	0.32	0.46	0.64	0.90	1.30	1.80	2.60	3.60	4.80	-	0.28	0.44	0.70	1.10	1.80	2.80	4.40	7.00	11.00
>400~1000	>6	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.10	1.50	2.10	2.90	4.20	5.80	-	0.34	0.54	0.88	1.40	2.20	3.40	5.60	9.00	14.00
	0.5	0.09	0.12	0.18	0.24	0.34	0.48	0.66	0.94	1.30	1.80	2.60	-	-	0.24	0.38	0.62	1.00	1.60	2.60	4.00	6.60
	>0.5~1	-	0.18	0.24	0.34	0.48	0.66	0.94	1.30	1.80	2.60	3.60	-	-	0.34	0.54	0.88	1.40	2.20	3.40	5.60	9.00
>1000~6300	>1~3	-	0.24	0.34	0.48	0.66	0.94	1.30	1.80	2.60	3.60	5.00	-	-	0.44	0.70	1.10	1.80	2.80	4.40	7.00	11.00
	>3~6	-	0.32	0.45	0.62	0.88	1.20	1.60	2.40	3.40	4.60	6.60	-	-	0.56	0.90	1.40	2.20	3.40	5.60	9.00	14.00
	>6	-	0.34	0.48	0.70	1.00	1.40	2.00	2.80	4.00	5.60	7.80	-	-	0.62	1.00	1.60	2.60	4.00	6.40	10.00	16.00
>6300~10000	0.5	-	-	0.26	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	2.80	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	>0.5~1	-	-	0.36	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	2.80	4.00	5.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	>1~3	-	-	0.50	0.70	0.98	1.40	2.00	2.80	4.00	5.60	7.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>10000~20000	>3~6	-	-	-	0.90	1.20	1.60	2.20	3.20	4.40	6.20	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	>6	-	-	-	1.00	1.40	1.90	2.60	3.60	5.20	7.20	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注: 1. 平冲压件是经平面冲裁工序加工而成型的冲压件。

成型冲压件是经弯曲、拉深及其他成型方法加工而成的冲压件。

2. 平冲压件尺寸公差适用于平冲压件,也适用于成型冲压件上经冲裁工序加工而成的尺寸。

3. 平冲压件、成型冲压件尺寸的极限偏差按下述规定选取。

(1) 孔(内形)尺寸的极限偏差取表中给出的公差数值,冠以“+”作为上偏差,下偏差为0。

(2) 轴(外形)尺寸的极限偏差取表中给出的公差数值,冠以“-”号作为下偏差,上偏差为0。

(3) 孔中心距、孔边距、弯曲、拉深与其他成型方法而成的长度、高度及未注公差尺寸的极限偏差,取表中给出的公差值的一半,冠以“±”号分别作为上、下偏差。

表 2.4-40 未注公差(冲裁、成型)尺寸的极限偏差

(mm)

基本尺寸	材料厚度	未注公差冲裁尺寸的极限偏差				未注公差成型尺寸的极限偏差			
		公差等级				公差等级			
		f	m	c	v	f	m	c	v
>0.5~3	1	±0.05	±0.10	±0.15	±0.20	±0.15	±0.20	±0.35	±0.50
	>1~3	±0.15	±0.20	±0.30	±0.40	±0.30	±0.45	±0.60	±1.00
>3~6	1	±0.10	±0.15	±0.20	±0.30	±0.20	±0.30	±0.50	±0.70
	>1~4	±0.20	±0.30	±0.40	±0.55	±0.40	±0.60	±1.00	±1.60
	>4	±0.30	±0.40	±0.60	±0.80	±0.55	±0.90	±1.40	±2.20
>6~30	1	±0.15	±0.20	±0.30	±0.40	±0.25	±0.40	±0.60	±1.00
	>1~4	±0.30	±0.40	±0.55	±0.75	±0.50	±0.80	±1.30	±2.00
	>4	±0.45	±0.60	±0.80	±1.20	±0.80	±1.30	±2.00	±3.20
>30~120	1	±0.20	±0.30	±0.40	±0.55	±0.30	±0.50	±0.80	±1.30
	>1~4	±0.40	±0.55	±0.75	±1.05	±0.60	±1.00	±1.60	±2.50
	>4	±0.60	±0.80	±1.10	±1.50	±1.00	±1.60	±2.50	±4.00
>120~400	1	±0.25	±0.35	±0.50	±0.70	±0.45	±0.70	±1.10	±1.80
	>1~4	±0.50	±0.70	±1.00	±1.40	±0.90	±1.40	±2.20	±3.50
	>4	±0.75	±1.05	±1.45	±2.10	±1.30	±2.00	±3.30	±5.00
>400~1000	1	±0.35	±0.50	±0.70	±1.00	±0.55	±0.90	±1.40	±2.20
	>1~4	±0.70	±1.00	±1.40	±2.00	±1.10	±1.70	±2.80	±4.50
	>4	±1.05	±1.45	±2.10	±2.90	±1.70	±2.80	±4.50	±7.00
>1000~2000	1	±0.45	±0.65	±0.90	±1.30	±0.80	±1.30	±2.00	±3.30
	>1~4	±0.90	±1.30	±1.80	±2.50	±1.40	±2.20	±3.50	±5.50
	>4	±1.40	±2.00	±2.80	±3.90	±2.00	±3.20	±5.00	±8.00
>2000~4000	1	±0.70	±1.00	±1.40	±2.00				
	>1~4	±1.40	±2.00	±2.80	±3.90				
	>4	±1.80	±2.60	±3.60	±5.00				

注: 对于 0.5mm 及 0.5mm 以下的尺寸应标公差。

表 2.4-41 未注公差(冲裁、成型)圆角半径的极限偏差(GB/T 15055—1994)

(mm)

基本尺寸	材料厚度	冲裁圆角半径的极限偏差				成型圆角半径	
		公差等级				基本尺寸	极限偏差
		f	m	c	v		
>0.5~3	≤1	±0.15		±0.20		≤3	+1.00
	>1~4	±0.30		±0.40			-0.30
>3~6	≤4	±0.40		±0.60		>3~6	+1.50
	>4	±0.60		±1.00			-0.50
>6~30	≤4	±0.60		±0.80		>6~10	+2.50
	>4	±1.00		±1.40			-0.80
>30~120	≤4	±1.00		±1.20		>10~18	+3.00
	>4	±2.00		±2.40			-1.00
>120~400	≤4	±1.20		±1.50		>18~30	+4.00
	>4	±2.40		±3.00			-1.50
>400	≤4	±2.00		±2.40		>30	+5.00
	>4	±3.00		±3.50			-2.00

表 2.4-42 尺寸公差等级的选用(GB/T 13914—2002)

	加工方法	尺寸类型	公差等级										
			ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11
平冲压件	精密冲裁	外形											
		内形											
		孔中心距 孔边距											
	普通冲裁	外形											
		内形											
		孔中心距 孔边距											
成型冲压平面冲裁	外形												
	内形												
	孔中心距 孔边距												

(续)

	加工方法	尺寸类型	公差等级										
			ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11
成型冲压件	拉深	直径 高度											
	带凸缘拉深	直径 高度											
	弯曲	长度											
	其他成型方法	直径 高度 长度											

表 2.4-43 角度公差(GB/T 13915—2002)

冲压件冲裁角度	公差等级	短边尺寸/mm						
		≤10	>10~25	>25~63	>63~160	>160~400	>400~1000	>1000~2500
AT1	0°40'	0°30'	0°20'	0°12'	0°5'	0°4'	—	
AT2	1°	0°40'	0°30'	0°20'	0°12'	0°6'	0°4'	
AT3	1°20'	1°	0°40'	0°30'	0°20'	0°12'	0°6'	
AT4	2°	1°20'	1°	0°40'	0°30'	0°20'	0°12'	
AT5	3°	2°	1°30'	1°	0°40'	0°30'	0°20'	
AT6	4°	3°	2°	1°30'	1°	0°40'	0°30'	

冲压件弯曲角度	公差等级	短边尺寸/mm						
		≤10	>10~25	>25~63	>63~160	>160~400	>400~1000	>1000
BT1	1°	0°40'	0°30'	0°16'	0°12'	0°10'	0°8'	
BT2	1°30'	1°	0°40'	0°20'	0°16'	0°12'	0°10'	
BT3	2°30'	2°	1°30'	1°15'	1°	0°45'	0°30'	
BT4	4°	3°	2°	1°30'	1°15'	1°	0°45'	
BT5	6°	4°	3°	2°30'	2°	1°30'	1°	

注:1. 冲压件冲裁角度:在平冲压件或成型冲压件的平面部分,经冲裁工序加工而成的角度。

2. 冲压件弯曲角度:经弯曲工序加工而成的冲压件的角度。

3. 冲压件冲裁角度与弯曲角度的极限偏差按下述规定选取。

(1) 依据使用的需要选用单向偏差。

(2) 未注公差的角度极限偏差,取表中给出的公差值的一半,冠以“±”号分别作为上、下偏差。

表 2.4-44 未注公差(冲裁、弯曲)角度的极限偏差(GB/T 15055—1994)

(mm)

冲裁	公差等级	短边长度						
		≤10	>10~25	>25~63	>63~160	>160~400	>400~1000	>1000~2500
f		±1°00'	±0°40'	±0°30'	±0°20'	±0°15'	±0°10'	±0°06'
m		±1°30'	±1°00'	±0°45'	±0°30'	±0°20'	±0°15'	±0°10'
c		±2°00'	±1°30'	±1°00'	±0°45'	±0°30'	±0°20'	±0°15'
v								

弯曲	公差等级	短边长度				
		≤10	>10~25	>25~63	>63~160	>160
f		±1°15'	±1°00'	±0°45'	±0°30'	±0°15'
m		±2°00'	±1°30'	±1°00'	±0°45'	±0°30'
c		±3°00'	±2°00'	±1°30'	±1°15'	±1°00'
v						

表 2.4-45 角度公差等级选用

冲压件冲裁角度	材料厚度/mm	公差等级					
		AT1	AT2	AT3	AT4	AT5	AT6
		≤3					
>3							

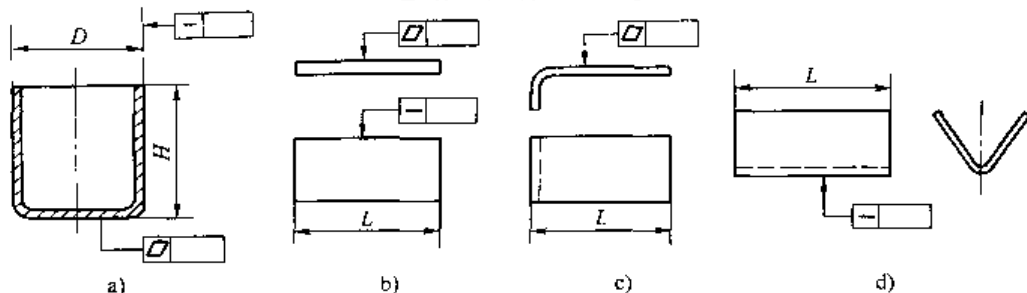
  

冲压件弯曲角度	材料厚度/mm	公差等级				
		BT1	BT2	BT3	BT4	BT5
		≤3				
>3						

表 2.4-46 直线度、平面度未注公差(GB/T 13916—2002)

本标准适用于金属材料冲压件,非金属材料冲压件可参照执行。

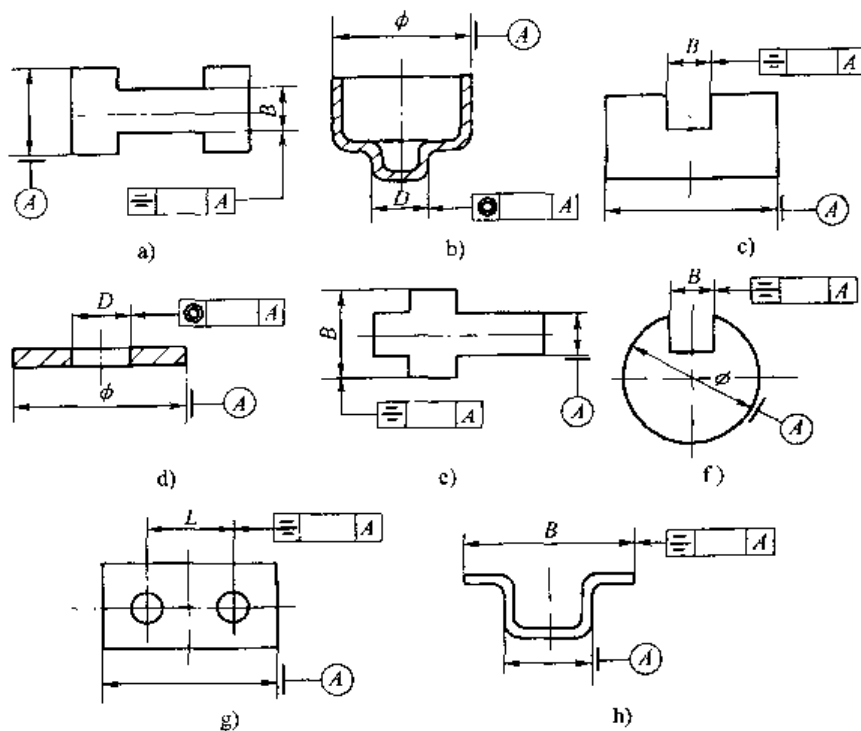
直线度、平面度未注公差



(mm)

公差等级	主参数(L,H,D)						
	≤10	>10~25	>25~63	>63~160	>160~400	>400~1000	>1000
1	0.06	0.10	0.15	0.25	0.40	0.60	0.90
2	0.12	0.20	0.30	0.50	0.80	1.20	1.80
3	0.25	0.40	0.60	1.00	1.60	2.50	4.00
4	0.50	0.80	1.20	2.00	3.20	5.00	8.00
5	1.00	1.60	2.50	4.00	6.50	10.00	16.00

表 2.4-47 同轴度、对称度未注公差(GB/T 13916—2002)



(mm)

公差等级	主参数(B,D,L)							
	≤3	>3~10	>10~25	>25~63	>63~160	>160~400	>400~1000	>1000
1	0.12	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00
2	0.25	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.60	2.00
3	0.50	0.80	1.20	1.60	2.00	2.50	3.20	4.00
4	1.00	1.60	2.50	3.20	4.00	5.00	6.50	8.00

圆度未注公差值应不大于尺寸公差值。

圆柱度未注公差值由其圆度、素线的直线度未注公差值和要素的尺寸公差分别控制。

平行度未注公差值由平行要素的平面度或直线度

的未注公差值和平行要素间的尺寸公差分别控制。

垂直度、倾斜度未注公差由角度公差和直线度未注公差值分别控制。



## 第 5 章 粉末冶金件结构工艺性

粉末冶金既是制取金属材料的一种冶金方法，又是制造机械零件的一种加工方法。

粉末冶金是采用金属粉末（或金属粉末与非金属粉末的混合物）作原料，经过压制成型、高温烧结，制成各种粉末冶金材料或零件。

粉末冶金工艺具有很多特点：

1) 粉末冶金方法能生产各种具有特殊性能的材料，如多组元材料、多孔材料、硬质合金和难熔金属材料等，这些材料用普通冶金方法很难或根本不能生产。

2) 可制成无切削或少切削的机械零件，与通常工件采用铸、锻、轧、焊件毛坯经切削加工后达到设计要求相比，有如下优点：

① 生产效率高，一台粉末冶金压机，班产量通常为 1000~10000 件。

② 材料利用率高，一般可达 90% 以上。

③ 零件精度高，其尺寸精度可达 IT6~7 级，必要时可达 IT5 级，表面粗糙度  $R_a$  为 0.8 $\mu$ m。

④ 节约贵重金属，在作减摩材料时，利用它的多孔性，可以铁代铜及巴氏合金。

⑤ 可减少机械加工设备及生产占地面积。

3) 粉末冶金成本高，零件大小和形状受到制造工艺及设备的限制。

### 1 粉末冶金材料的分类和选用

粉末冶金材料的分类和选用见表 2.5-1。

表 2.5-1 粉末冶金材料分类和选用

类 别	主要性能要求	应用范围
机械零件材料	减摩材料 自润滑性好，承载能力 ( $pv$ 值) 高，摩擦系数小，耐磨且不伤对偶	铁基及铜基含油轴承、双金属轴瓦、高石墨铁基轴承、铁硫轴承、多孔碳化钨浸 $MoS_2$ 轴承
	结构材料 硬度、强度及韧性等力学性能，有时要兼顾耐磨性、耐腐蚀性、磁导性	铁、钢、铜合金等受力件（各种齿轮及异形件）

(续)

类 别	主要性能要求	应用范围
机械零件材料	摩擦材料 摩擦系数高且稳定，能承受短时高温，良好导热性，耐磨且不伤对偶	铁基、铜基的离合器片及刹车带（片）
	过滤材料 透过性、过滤精度高，有时要兼顾耐腐蚀性、耐热性及导电性	铁、青铜、黄铜、镍、蒙乃尔、不锈钢、碳化钨、银、钛、铂等多孔过滤元件及带材
	热交换材料 孔隙度，基体的高温强度及耐腐蚀性	镍、镍铬、不锈钢、钨、钼等为基体，浸低熔点金属，或利用孔隙渗出冷却液的高温工作零件
	密封材料 质软，使用时易变形而黏紧，本身致密，有时要兼顾耐磨性及耐腐蚀性	多孔铁浸沥青的管道密封垫，多孔青铜浸塑料的长管道中热胀冷缩补偿器中的密封件
电工材料	触头材料 电导性，耐电弧性	难熔材料（钨、钼、石墨）与电导材料（铜、银）形成假合金的开关触头
	集电材料 电导性、减摩性及一定程度的耐电弧性	电机中集电用的银石墨、铜石墨电刷，电车用的铁、铜基集电滑板（块）
	电热材料 耐高温性及电阻率	钨、钼、钽、铌及其化合物，以及弥散强化材料做成的发热元件、灯丝、电子管极板及其他电真空材料
磁性材料	软磁材料 起始及最大磁导率高，磁感应强度大矫顽力小	坡莫合金、铁铝及铁铝硅合金、纯铁、铜磷钼铁合金、高硅（硅的质量分数 5%~7%）合金制成的铁心
	硬磁材料 磁感应强度大及矫顽力大，即要求磁能积高	铝镍钴、钴稀土（钕铁硼）合金做成的永久磁铁
	磁介质材料 高的电阻率，有一定的磁导率	高频用的磁导性物质（如高纯铁粉、铁铝硅合金粉）与绝缘介质（树脂、陶土）做成的铁心

(续)

类别	主要性能要求	应用范围
工具材料	硬度、红硬性、强度、韧性及耐磨性	含钴(质量分数)小于15%的硬质合金及钢结构硬质合金做成的刀具、粉末高速钢刀具及陶瓷刀具
	硬度、强度及耐磨性	含钴(质量分数)15%~25%的硬质合金及钢结构硬质合金
	胎体(金属)的硬度、强度及与金刚石粘结强度	金刚石地质钻头、研磨工具、修正砂轮工具
高温材料	硬度、耐磨性、热强性及抗氧化性	碳化硅、碳化硼、氮化硅、氮化硼基的高温零件及磨具
	热强性、抗冲击韧性及硬度	钨、钼、钽、铌、钛及其碳化物、硼化物、氮化物基的高温零件
	热强性、抗蠕变能力	钨、铜、银、镍、铬、铁与氧化铝、氧化锆做成的高温下阻碍晶粒长大的材料和零件

### 1.1 粉末冶金减摩材料

采用粉末冶金工艺可制成多种用途的减摩材料，其用途与青铜、巴氏合金、减摩铸铁及某些工程塑料相同，可作为滑动轴承的材料，常用的粉末冶金含油轴承的形状如图 2.5-1 所示。

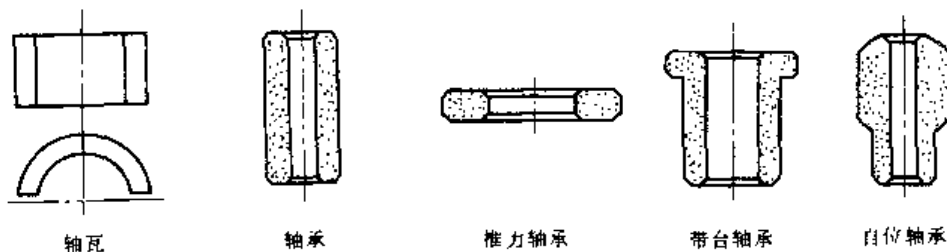


图 2.5-1 粉末冶金含油轴承的形状

要原料，经过粉末冶金方法制造零件的材料。它能达到机械性能或耐磨性能要求；较好的工艺性能；以及耐热、耐腐蚀等。

粉末冶金减摩材料的特点为：

- 1) 在混料时可渗入各种固体润滑剂，如石墨、铅、氧化铅、硫及硫化物等，以改变材料的减摩性能。
- 2) 利用材料的多孔性，可浸渍多种润滑组元，如润滑油、硫磺、聚四氟乙烯、二硫化钼等，使材料具有更好的自润滑性能。
- 3) 较易制得无偏析的铜铅—钢背双金属材料。

### 1.2 粉末冶金摩擦材料

粉末冶金摩擦材料通常是以金属（铜和铁）为基体，添加一种或多种金属和非金属组元，通过压制和加压烧结而制成。粉末冶金摩擦材料主要用于制造轮船、汽车、机床等的离合器、制动器的摩擦元件，它具有如下特性：

- 1) 摩擦系数大，热稳定性好，即在较宽的温度范围内仍保持较高的摩擦系数。
- 2) 导热性好。
- 3) 强度高，可承受较高的工作压力。
- 4) 改变组元成分后，可提高和改善材料的磨合性、抗咬合性及耐磨性。

### 1.3 粉末冶金过滤材料

粉末冶金多孔材料的孔隙度和孔径尺寸，可以在相当宽的范围内调整，它们被作为过滤元件，广泛应用于石油化工、机械工业、冶金工业之中。

粉末冶金过滤材料与毡质、棉布、纸等过滤材料相比，有质地坚固，能在较高温度下工作，过滤精度高，过滤介质不易被沾污的优点。与金属丝网和线隙式过滤材料相比，过滤精度高，易于成批生产。此外粉末冶金过滤材料还具有强度高、可进行机械加工和可焊接的特点。

### 1.4 粉末冶金铁基结构材料

粉末冶金铁基结构材料是以铁粉或合金钢粉为主

## 2 粉末冶金零件结构设计的基本参数

结构设计的基本参数见表 2.5-2~表 2.5-10。

表 2.5-2 可以压制成型的零件结构

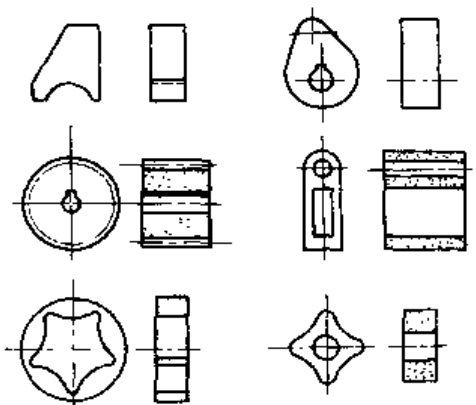
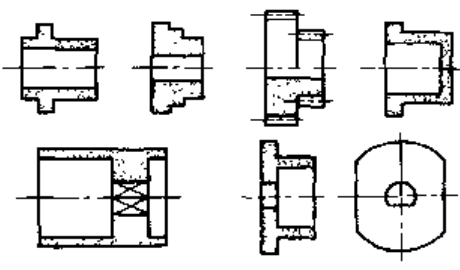
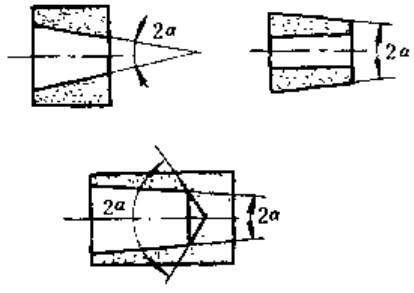
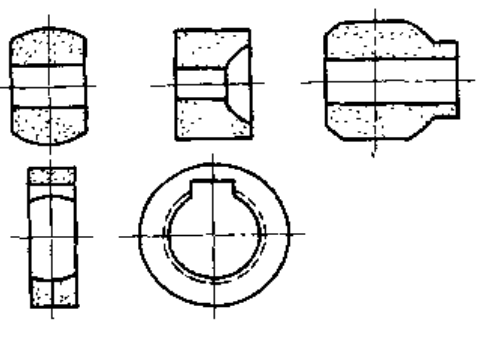
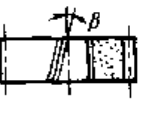
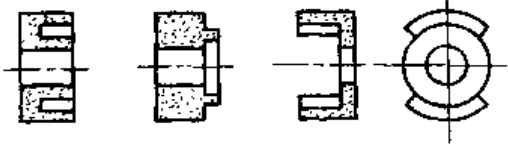
名称	举 例	简 要 说 明
无台柱体类		<p>沿压制方向的横截面无变化, 压制时, 粉末无需横向流动, 各处压缩比相等, 密度最易均匀</p> <p>任何异形的横截面, 对压制并不增加特殊困难, 但长(高)度方向尺寸, 受上下密度允许差的限制, 过于薄壁 (&lt;1mm) 和尖角应避免</p>
带台柱体类		<p>沿压制方向的横截面有突变, 模具结构稍复杂, 外台较内台、多台较少台以及外台在中间较在一端难度大, 密度均匀性较无台类差</p>
带锥面类		<p>横截面渐变, 锥角 <math>2\alpha</math> 越小(接近 <math>0^\circ</math>) 或越大(接近 <math>80^\circ</math>) 压制困难越少, <math>2\alpha</math> 在 <math>90^\circ</math> 左右应尽量避免锥台大小端尺寸不宜相差太大</p>
带球面类		<p>球台表面压制时易出现皱纹, 可在烧结后滚压消除, 脱模较复杂</p> <p>小于球径的局部球面, 成型无特殊困难</p>
带螺旋面类		<p>螺旋面模具结构及加工较复杂, 螺旋角 <math>\beta</math> 小易成型, 最大 <math>\beta</math> 角不宜大于 <math>45^\circ</math></p>
带凸脐及凹槽类		<p>模具结构较复杂, 槽深度或凸脐高度小, 密度易均匀</p>

表 2.5-3 需要辅助机械加工举例











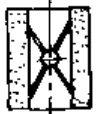

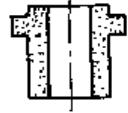

成品	坯件	简要说明	成品	坯件	简要说明
		横槽难以压制			多外台模具结构复杂
		横孔难以压制			螺纹难以压制
		倒锥难以压制			油槽难以压制
		外台在中间, 模具结构复杂			

表 2.5-4 最小壁厚 (mm)

最大外径	最小壁厚	最大外径	最小壁厚
10	0.80	40	1.75
20	1.00	50	2.15
30	1.50	60	2.50

表 2.5-5 一般烧结机械零件的尺寸范围

材料	最大横断面面积 /cm <sup>2</sup>	宽度 /mm		高度 /mm	
		最大	最小	最大	最小
铁基	40	120	5	40	3
铜基	50	120	5	50	3

表 2.5-6 粉末冶金过滤材料粉末分级及元件壁厚推荐值

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
筛号	-18	-30	-40	-55	-75	-100	-120	-150	200	-250	-300	-300	-300	-300
目	-30	+40	+35	+75	+100	+120	+150	+200	-250	+300				
粒级	1000~	630~	450~	315~	200~	154~	125~	100~	76~61	61~45	45~25	25~18	18~12	12~6
μ	630	450	315	200	154	125	100	76						
平均粒级	815	540	382	258	177	140	113	88	69	53	35	22	15	9
μ														
元件推荐厚度 /mm	5	4	3.5	3	2.5	2.5	2	2	1.5~2	1.5~2	1~1.5	1~1.5	1~1.5	1~1.5

表 2.5-7 含油轴承推荐的尺寸精度 (mm)

部位	内径		外径		长度								
	经济的	可达到的	经济的	可达到的	经济的			可达到的					
尺寸精度					≤30	>30~80	>80~120	≤30	>30~80	>80~120			
等级或偏差	3~5	1~2	3~5	1~2	±0.25	-0.40	±0.60	±0.15	±0.25	±0.40			

表 2-5-8 推荐的含油轴承径向尺寸表

(mm)

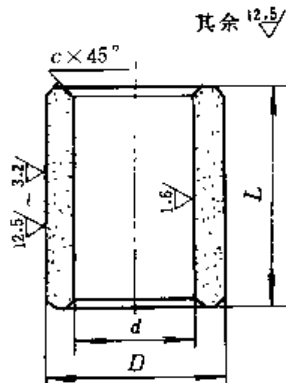
内径 $d$			外径 $D$			内外圆同轴度允差		倒角 $c$	附注
基本尺寸	公差		基本尺寸	公差		精密用途	一般用途		
	精密用途	一般用途		精密用途	一般用途				
4	+0.016 +0.000	+0.045 -0.020	8	-0.029 -0.023	-0.065 -0.035	-0.010	0.025	0.3	 <p>其余 12.5°</p>
5			9						
6			10						
8			12						
10	+0.060 +0.025	+0.065 -0.030	16	+0.075 +0.040	+0.095 +0.050	0.030	0.4		
12			18						
14			20						
16			22						
18	+0.019 +0.000	+0.075 +0.030	25	-0.036 -0.028	+0.110 +0.060	0.015	0.040	0.5	
20			28						
22			30						
25			32						
28	+0.023 +0.000	+0.080 -0.035	35	-0.062 -0.039	+0.087 -0.060	0.018	0.050	0.8	
30			38						
32			40						
35			45						
38	+0.039 +0.000	+0.095 +0.045	50	+0.135 +0.075	+0.135 +0.075	0.020	0.060	1.0	
40			55						
45			60						
50			65						
55	+0.046 +0.000	+0.105 +0.045	70	+0.105 +0.075	+0.135 +0.075	0.025	0.070	<p>内孔允许有轻微的轴向划痕, 外径允许有不影响公差的轴向划痕, 同轴度要求很高时, 可经辅助机械加工解决</p>	
60			70						

表 2-5-9 烧结机械零件尺寸容许公差

(mm)

基本尺寸	宽 度			高 度		
	容 许 尺 寸 公 差					
	精级	中级	粗级	精级	中级	粗级
<10	±0.05	±0.10	±0.30	±0.15	±0.30	±0.70
>10~25	±0.07	±0.20	±0.50	±0.20	±0.50	±1.20
>25~63	±0.10	±0.30	±0.70	±0.40	±0.70	±1.80
>63~160	±0.15	±0.50	±1.20			

注: 宽度尺寸为垂直压制方向的尺寸, 高度为平行压制方向的尺寸。

表 2-5-10 精压机械零件尺寸精度

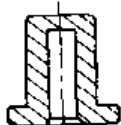
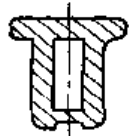
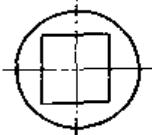
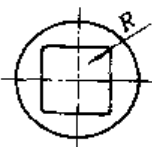
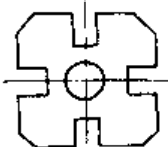
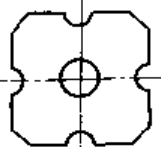




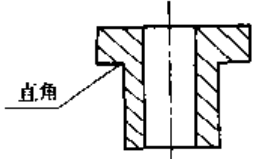
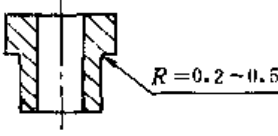
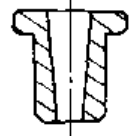

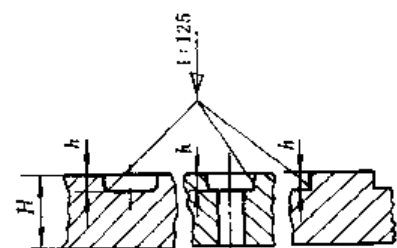
(mm)

基本尺寸	尺寸公差	基本尺寸	尺寸公差
≤40	+0.00 -0.025	≤40	+0.125
>40~65	+0.00 -0.04	>40~75	+0.19
>65	+0.00 -0.05	>75	±0.25

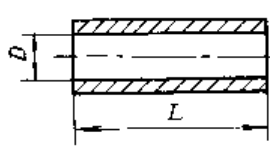
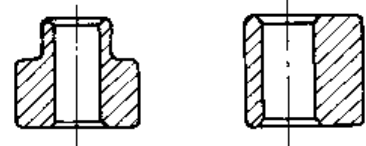
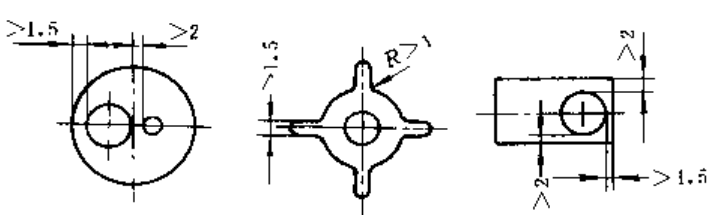
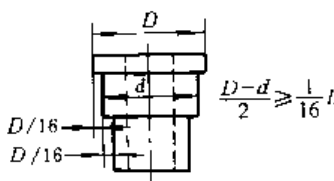
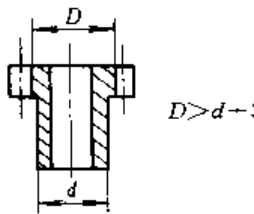
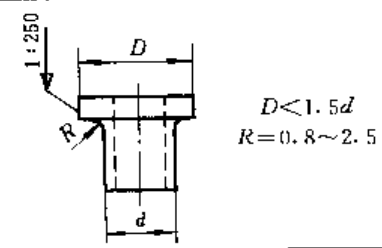
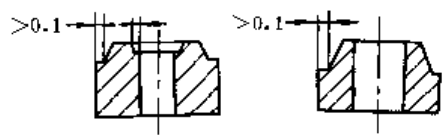
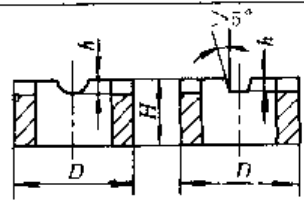
### 3 粉末冶金零件结构设计的注意事项

粉末冶金件结构设计注意事项见表 2.5-11。

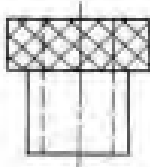
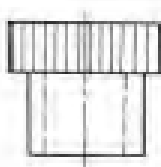
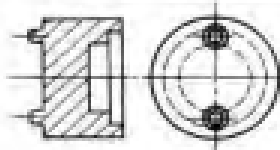
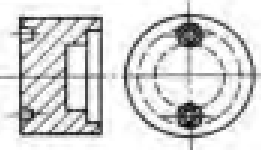
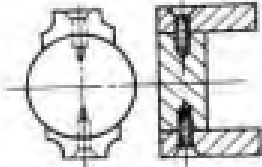
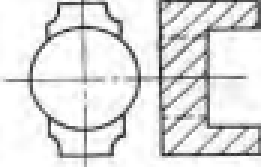
表 2.5-11 粉末冶金零件结构设计的注意事项

序号	注 意 事 项		图 例	
			改 进 前	改 进 后
1	简化模具	改进后易实现自动压制		
2	避免尖角、深窄凹槽	冲模、工件尖角处应力集中，易产生裂纹		
		深窄凹槽、易产生裂纹，装粉、成型困难		
		$R > 0.5\text{mm}$ 幅宽在 1mm 以上		
3	避免突然过渡	金属粉难于充满压制困难		
		圆角过渡利于压制工件，可避免产生裂纹，便于脱模		
4	合理的斜度	改进后易压制成型		
5	保证压件质量	凸起或凹槽的深度不能过大，且应有一定斜度，以保证压制成型与脱模方便	 <p style="text-align: right;"><math>h &lt; H/5</math></p>	

(续)

序号	注 意 事 项	图 例	
		改 进 前	改 进 后
5	保证压 件质量	为保证较长工件两 端粉末密实度差别不 大, 工件不能过长	 $L \leq (2.5 \sim 3.5) D$
	避免工件壁厚急剧 改变或壁厚相差过大		
	为保证模具强度和 压坯强度足够, 工件窄 条部分尺寸不能过小		
	阶梯形制品的相邻 阶差不应小于直径的 $\frac{1}{16}$ , 其尺寸不应小于 0.9mm	 $\frac{D-d}{2} \geq \frac{1}{16} D$	
	齿轮的齿根圆直径 应大于轮毂直径 3mm 以上	 $D > d + 3$	
	长度大于 18 ~ 20mm 的工件, 法兰直 径不应超过轴套直径 的 1.5 倍, 法兰根部应 有圆角	 $D < 1.5d$ $R = 0.8 \sim 2.5$	
	端面倒角后, 应留出 0.1mm 的小平面, 以 延长凸模寿命		
	工件上的槽过深难 保证工件密度均匀, 且 易脱模	 $\text{当 } \frac{H}{D} \leq 1 \text{ 时}$ 圆槽深 $h \leq \frac{1}{3} H$ 梯形槽深 $h \leq \frac{1}{5} H$	

(续)

序号	注 意 事 项		图 例	
			改 进 前	改 进 后
5	保证压 件质量	工件上花纹的方向 应与压制方向平行,菱 形花纹不能压制	 <p>不适宜</p>	 <p>适宜</p>
6	铸、锻件 改为粉末 冶金零件 时应便于 压制过程	把凸出部分移到与 其配合的零件上,以简 化粉末冶金零件结构 和减少压制的困难	 <p>用锻或铸造,然后 用机械加工法制造</p>	 <p>用粉末冶金法制造</p>
		以粉末冶金整体零 件代替需要装配的部 件	 <p>需要装配的零件</p>	 <p>不需装配的粉末冶金零件</p>



## 第 6 章 工程塑料件结构工艺性

### 1 工程塑料的选用

在机械工业中，塑料可制造的零件如表 2.6-1 所示。

表 2.6-1 工程塑料的选用

用途	要求	应用举例	材料
一般结构零件	强度和耐热性无特殊要求，一般用来代替钢材或其他材料，但由于批量大，要求有较高的生产率，成本低，有时对外观有一定要求	汽车调节器盖及喇叭后罩壳、电动机罩壳、各种仪表罩壳、盖板、手轮、手柄、油管、管接头、紧固件等	低压聚乙烯、聚氯乙烯、改性聚苯乙烯(203A, 204)、ABS、聚丙烯等。这些材料只承受较低的载荷，当受力小时，大约在 60~80°C 范围内使用
	同上，并要求有一定的强度	罩壳、支架、盖板、紧固件等	聚甲醛、尼龙 1010
透明结构零件	除上述要求外，必须具有良好的透明度	透明罩壳、汽车用各类灯罩、油标、油杯、视镜、光学镜片、信号灯、防爆灯、防护玻璃以及透明管道等	改性有机玻璃(372)、改性聚苯乙烯(204)、聚碳酸酯
耐磨受力传动零件	要求有较高的强度、刚性、韧性、耐磨性、耐疲劳性，并有较高的热变形温度、尺寸稳定	轴承、齿轮、齿条、蜗轮、凸轮、辊子、联轴器	尼龙、MC 尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酚氧、氯化聚醚、线型聚酯等。这类塑料的抗拉强度都在 60MPa 以上，使用温度可达 80~120°C
减摩自润滑零件	对机械强度要求往往不高，但运动速度较高，故要求具有低的摩擦系数，优异的耐磨性和自润滑性	活塞环、机械动密封圈、填料、轴承等	聚四氟乙烯、填充的聚四氟乙烯、聚四氟乙烯填充的聚甲醛、聚全氟乙丙烯(F-46)等；在小载荷、低速时可采用低压聚乙烯
耐高温结构零件	除耐磨受力传动零件和减摩自润滑零件要求外，还必须具有较高的热变形温度及高温抗蠕变性	高温工作的结构传动零件如汽车分速器盖、轴承、齿轮、活塞环、密封圈、阀门、阀杆、螺母等	聚砜、聚苯醚、氟塑料(F-4, F-46)、聚酰亚胺、聚苯硫醚，以及各种玻璃纤维增强塑料等。这些材料都可在 150°C 以上使用
耐腐蚀设备与零件		化工容器、管道、阀门、泵、风机、叶轮、搅拌器以及它们的涂层或衬里等	聚四氟乙烯、聚全氟乙丙烯、聚三氟氯乙烯 F-3、氯化聚醚、聚氯乙烯、低压聚乙烯、聚丙烯、酚醛塑料等

### 2 工程塑料零件的制造方法

#### 2.1 工程塑料的成型方法

热塑性塑料可用注射、挤出、浇注、吹塑等成型工艺，制成各种规格的管、棒、板、薄膜、泡沫塑料、增强塑料、以及各种形状的零件，见表 2.6-2 所示。

表 2.6-2 工程塑料主要成型方法、特点及应用

成型方法	特点	应用
压制成型	将塑料粉及增强、耐磨、耐热等填充材料置于金属模中，用加压加热方法制得一定形状的塑料制品	一般用于热固性塑料的成型，也适于热塑性塑料的成型

(续)

成型方法	特 点	应 用
注射成型	将颗粒状或粉状塑料置于注射机料筒内加热,使其软化后用推杆或旋转螺杆施加压力,使料筒内的物料自料筒末端的喷嘴注射到所需形状的模具中,然后冷却脱模,即得所需的制品,该法适宜于加工形状复杂而批量又大的制品;成本低,速度快	用于聚乙烯、ABS、聚酰胺、聚丙烯、聚苯乙烯等热塑性塑料的成型。可制作形状复杂的零件
挤出成型	将颗粒状或粉状塑料由加料漏斗连续地加入带有加热装置的料筒中,受热软化后,用旋转的螺杆连续从模口挤出(模口的形状即为所需制品的断面形状,其长度视需要而定),冷却后即所需之制品	用于加工连续的管子、棒材或片状制品
浇注成型	将加有填料或未加填料的流动状态树脂倒入具有一定形状的模具中,在常压或低压下置于一定温度的烘箱中烘焙使其固化,即得所需形状之制品	用于酚醛、环氧等热固性塑料的成型。可制作大型复杂的零件
吹塑成型	先将已制成的片材、管材塑料加热软化或直接把挤压、注射成型出来的熔融状态的管状物,置于模具内,吹入压缩空气,使塑料处于高于弹性变形温度而又低于其流动温度下吹成所需的空心制品	用于聚乙烯、软聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等热塑性塑料的成型。可制作瓶子和薄壁空心制品
真空成型	将已制成的塑料片加热到软化温度,借真空的作用使之紧贴在模具上,经过一定时间的冷却使其保持模具的形状,即得所需之制品	用于聚碳酸酯、聚砜、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS 等热塑性塑料的成型。可制作薄壁的杯、盘、罩、盖、壳、盒等敞口制品

热固性塑料可通过模压、层压、浇铸等工艺制成层压板、管、棒、以及各种形状的零件。

### 2.2 工程塑料的机械加工

一般工程塑料可采用普通切削工具和设备进行切削加工。塑料散热性差,有弹性,加工时易变形,以及

易产生分层、开裂、崩落等现象,应采取如下工艺措施,见表 2.6-3。

表 2.6-3 普通塑料机械加工条件

加工方法	切 削 刀 具	切 削 用 量
车 削	前角 10°~25°, 后角 15°	$v=30\text{m/min}$ $f=0.05\sim0.1\text{mm/r}$ $a_p=0.10\sim0.50\text{mm}$
铣 削	最好用镶片铣刀、高速钢刀,前角大、刀齿少	同加工黄铜、足够冷却液
钻 孔	孔径 $D<\phi 15\text{mm}$ 顶角 60°~90° $D\geq\phi 15\text{mm}$ 顶角 118°	$D<\phi 15\text{mm}$ 时 $n=500\sim 1500\text{r/min}$ $f=0.1\sim 0.5\text{mm/r}$ 足够冷却、常退屑
扩(铰)孔	螺旋槽扩孔钻、铰刀	同加工黄铜
攻螺纹	直接用二锥加工	
刨 削	后角 6°~8°	$a_p$ 与 $v$ 都要小
锯 割	弓形锯、电动木工圆锯、手锯、钢锯	

说 明:  $v$ —切削速度;  $a_p$ —切深;  $f$ —进给量

1) 刀具刃口要锋利,前角和后角要比加工金属时大。

2) 充分冷却,多采用风冷或水冷。

3) 工件不能夹持过紧。

4) 切削速度高,进给量小,以获得较光滑的表面。

泡沫塑料在机械加工时,可采用木工工具和普通机械加工设备,但需用特殊刀具及操作方法,同时还可用电阻丝通电发热熔割(一般可用 5~12V 电压和直径为 0.5~1mm 的电阻丝),并可采用胶粘剂(如沥青胶、聚醋酸乙烯乳液、环氧胶、聚氨酯胶等)进行胶接成型。

### 3 工程塑料零件设计的基本参数

基本参数见表 2.6-4~表 2.6-17。

表 2.6-4 几种塑料轴承的配合间隙 (mm)

轴 径	尼龙 6 和 66	聚四氟乙烯	酚醛布层压塑料
6	0.050~0.075	0.050~0.100	0.030~0.075
12	0.075~0.100	0.100~0.200	0.040~0.085
20	0.100~0.125	0.150~0.300	0.060~0.120
25	0.125~0.150	0.200~0.375	0.080~0.150
38	0.150~0.200	0.250~0.450	0.100~0.180
50	0.200~0.250	0.300~0.525	0.130~0.240

表 2.6-5 聚甲醛轴承的配合间隙 (mm)

轴 径	室温~60℃	室温~120℃	-45~120℃
6	0.076	0.100	0.150
13	0.100	0.200	0.250
19	0.150	0.310	0.380
25	0.200	0.380	0.510
31	0.250	0.460	0.640
38	0.310	0.530	0.710

表 2.6-6 塑料零件外形尺寸与最佳厚度的关系 (mm)

材 料	外形尺寸与壁厚					
	<20	20~50	50~80	80~150	150~250	
塑 压 粉	酚醛塑料	—	1.0~1.5	2.0~2.5	5.0~6.0	—
	聚酰胺	0.8	1.0	1.3~1.5	3.0~3.5	4.0~6.0
纤维塑料	—	1.5	2.5~3.5	4.0~6.0	6.0~8.0	
耐热塑料	0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	

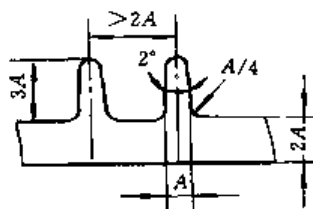
表 2.6-7 壁厚、高度和最小壁厚 (mm)

塑料类型	壁 厚 (建议尺寸)			
	最低限值	小型制件	一般制件	大型制件
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
有机玻璃 (372)	0.8	1.5	2.2	4~6.5
聚乙烯	0.8	1.25	1.6	2.4~3.2
聚氯乙烯 (硬)	1.15	1.6	1.8	3.2~5.8
聚氯乙烯 (软)	0.85	1.25	1.5	2.4~3.2
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
聚甲醛	0.8	1.4	1.6	3.2~5.4
聚碳酸酯	0.95	1.8	2.3	3~4.5
尼龙	0.45	0.75	1.6	2.4~3.2
聚苯醚	1.2	1.75	2.5	3.5~6.4
氯化聚醚 (酚醛)	0.85	1.35	1.8	2.5~3.4

高度和最小壁厚			
制件高度	<50	>50~100	>100~200
最小壁厚	1.5	1.5~2	2~2.5

表 2.6-8 加强筋



加强筋底部为壁厚的一半  
 加强筋高度不超过 3A 为较宜  
 加强筋间中心距离不应小于 2A

表 2.6-9 不同表面的脱模推荐斜度

表面部位	斜 度	
	连接零件与薄壁零件	其他零件
外表面	15'	30'~1°
内表面	30'	≈1°
孔 (深度<1.5d)	15'	30'~45'
加强筋、凸缘	2°、3°、5°、10°	

表 2.6-10 不同塑料的脱模推荐斜度

塑料名称	脱模斜度
聚乙烯、聚丙烯、软聚氯乙烯	30'~1°
ABS、聚酰胺、聚甲醛、氯化聚醚、聚苯醚	40'~1 30'
硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚砜	50'~2°
聚苯乙烯、有机玻璃	50'~2°
热固塑料	20'~1°

表 2.6-11 孔深  $h \leq 2d$  情况下的孔最小直径 (mm)

材 料	$d_{min}$
聚 酰 胺	0.5
其 他	0.8
玻 璃 纤 维	1.0
塑 压 料	1.5
纤维塑料	2.5
酚醛塑料	4.0

表 2.6-12 塑料制件上孔眼尺寸的关系 (mm)

孔径 D	最小壁厚 B	相邻孔间最小间隔宽度 C	最大孔深 H: D
1.5	1.5	1.5	从 2:1 到 15:1
3.0	2.3	2.2	
4.5	3.0	3.0	
6.5	3.0	4.0	
9.5	4.0	4.5	
12.5	5.0	5.5	

表 2.6-13 孔的尺寸关系 (最小值)

(mm)

孔 径 d	孔深与孔径比 $h/d$		边 距 尺 寸		盲孔的最小厚度 $h_1$
	制件边孔	制件中孔	$b_1$	$b_2$	
$\leq 2$	2.0	3.0	0.5	1.0	1.0
$> 2 \sim 3$	2.3	3.5	0.8	1.25	1.0
$> 3 \sim 4$	2.5	3.8	0.8	1.5	1.2
$> 4 \sim 6$	3.0	4.8	1.0	2.0	1.5
$> 6 \sim 8$	3.4	5.0	1.2	2.3	2.0
$> 8 \sim 10$	3.8	5.5	1.5	2.8	2.5
$> 10 \sim 14$	4.6	6.5	2.2	3.8	3.0
$> 14 \sim 18$	5.0	7.0	2.5	4.0	3.0
$> 18 \sim 30$	—	—	4.0	4.0	4.0
$> 30$	—	—	5.0	5.0	5.0

当  $b_2 \geq 0.3mm$  时, 采用  $h_2 \leq 3b_2$

表 2-6-14 用成型芯制出通孔的孔深和孔径

凸模形式	圆锥形阶段	圆柱形阶段	圆柱圆锥形阶段
单边凸模			
双边凸模			

表 2-6-15 螺纹孔的尺寸关系 (最小值)

(mm)

	螺纹直径	边距尺寸		盲螺纹孔最小底厚
		$b_1$	$b_2$	$h_1$
	$\leq 3$	1.3	2.0	2.0
	$> 3 \sim 6$	2.0	2.5	3.0
	$> 6 \sim 10$	2.5	3.0	3.8
	$> 10$	3.8	4.3	5.0

表 2-6-16 螺纹成型部分的退刀尺寸

(mm)

	螺纹直径 $d_0$	螺 距 $p$		
		$< 0.5$	$> 0.5 \sim 1$	$> 1$
		退 刀 尺 寸 $l$		
	$\leq 10$	1	2	3
	$> 10 \sim 20$	2	2	4
	$> 20 \sim 34$	2	4	6
	$> 34 \sim 52$	3	6	8
	$> 52$	3	8	10

表 2-6-17 滚花的推荐尺寸

(mm)

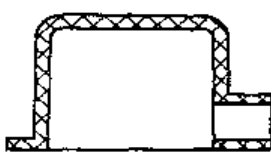
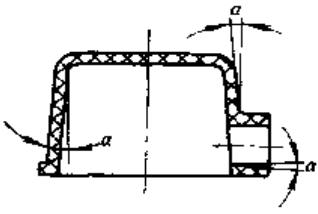
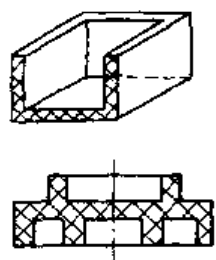
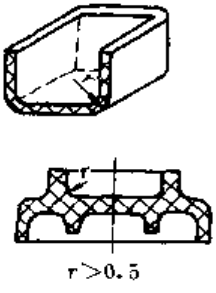
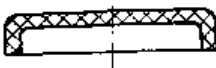

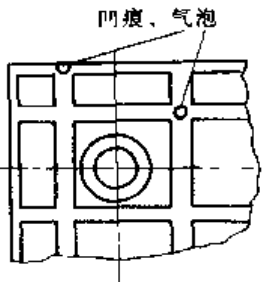
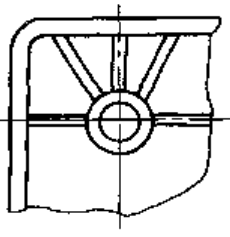
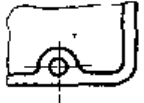

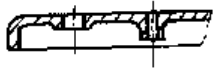
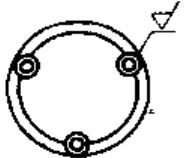
	制件直径 $D$	滚花的距离		$\frac{D}{H}$
		齿距 $p$	半径 $R$	
	$\leq 8$	1.2~1.5	0.2~0.3	1
	$> 18 \sim 50$	1.5~2.5	0.3~0.5	1.2
	$> 30 \sim 80$	2.5~3.5	0.5~0.7	1.5
	$> 80 \sim 120$	3.5~4.5	0.7~1	1.5

4 工程塑料零件结构设计的注意事项 (见表 2.6-18)

表 2.6-18 工程塑料零件结构设计的注意事项

序号	注意事项	图	
		改进前	改进后
1	简化模具 避免凹陷, 方便出模, 改进前需用可拆开的模具, 生产率较低, 成本较高		
2	壁厚力求均匀 壁厚不均匀处易产生气泡和收缩变形, 甚至产生应力裂纹		

(续)

序号	注 意 事 项		图 例	
			改 进 前	改 进 后
3	足够的脱模斜度	斜度大小与塑料件质、收缩率、厚度、形状有关,一般为 $15' \sim 1^\circ$		
4	避免锐角与直角过渡	尖角处应力集中易产生裂纹,影响工件强度		
5	合理设计肋板	采用加强筋可节省材料,提高工件刚度、强度,防止翘曲		
				
6	合理设计凸台	凸台尽量位于转角处		
		凸台高度应不大于其直径的两倍 凸台不能超过三个,如超过三个则应进行机械加工		

## 第 7 章 热处理零件结构工艺性

热处理零件的结构工艺性,是指零件在热处理过程中,达到预期目的的难易程度;耗费成本的多少和生产周期长短等性能。正确的设计热处理零件的结构,对于提高热处理工艺的生产效率、保证热处理质量和降低生产成本具有重大的意义。

### 1 零件热处理方法的选择

正确地选择零件热处理的具体方法是实现零件热处理的前提,应根据零件的使用性能、技术要求、材料的成分、形状和尺寸等因素合理地选择热处理工艺方法。

按照金属材料组织变化的特征,可将现有主要的热处理工艺方法归纳为如下六类:

- 1) 退火及正火;
- 2) 淬火;
- 3) 回火及时效;

- 4) 表面淬火;
- 5) 化学热处理;
- 6) 形变热处理。

#### 1.1 退火及正火

退火及正火常用于毛坯的预备热处理,其目的在于使钢的成分均匀化,细化晶粒,改善组织,消除加工应力,降低硬度,改善切削性能等,为下一步冷、热加工或热处理工序作准备。对于性能要求不高的钢件,正火可作为最终热处理工序。

##### 1.1.1 钢的退火

退火的目的在于:降低钢件的硬度,消除钢中内应力,使钢的成分均匀化,细化钢的组织,并为下一步工序作准备。

退火工艺的分类及其应用见表 2-7-1 所示。

表 2-7-1 钢的常用退火工艺的分类及应用

类别	主要目的	工艺特点	应用范围
扩散退火	成分均匀化	加热至 $Ac_3 + (150 \sim 200)^\circ\text{C}$ , 长时间保温后缓慢冷却	铸钢件及具有成分偏析的锻轧件等
完全退火	细化组织, 降低硬度	加热至 $Ac_1 + (30 \sim 50)^\circ\text{C}$ , 保温后缓慢冷却	铸、焊件及中碳钢和中碳合金钢锻轧件等
不完全退火	细化组织, 降低硬度	加热至 $Ac_1 + (40 \sim 60)^\circ\text{C}$ , 保温后缓慢冷却	中、高碳钢和低合金钢锻轧件等 (组织细化程度低于完全退火)
等温退火	细化组织, 降低硬度, 防止产生白点	加热至 $Ac_3 + (30 \sim 50)^\circ\text{C}$ (亚共析钢) 或 $Ac_1 - (20 \sim 40)^\circ\text{C}$ (共析钢和过共析钢), 保持一定时间, 随炉冷至稍低于 $A_r$ 进行等温转变, 然后空气冷却 (简称空冷)	中碳合金钢和某些高合金钢的重型铸锻件及冲压件等 (组织与硬度比完全退火更为均匀)
球化退火	碳化物球状化, 降低硬度, 提高塑性	加热至 $Ac_1 + (20 \sim 40)^\circ\text{C}$ 或 $Ac_1 - (20 \sim 30)^\circ\text{C}$ , 保温后等温冷却或直接缓慢冷却	工模具及轴承钢件, 结构钢冷挤压件等
再结晶退火或中间退火	消除加工硬化	加热至 $A_{r1} - (50 \sim 150)^\circ\text{C}$ , 保温后空冷	冷变形钢材和钢件
去应力退火	消除内应力	加热至 $A_{c1} - (100 \sim 200)^\circ\text{C}$ , 保温后空冷或炉冷至 $200 \sim 300^\circ\text{C}$ , 再出炉空冷	铸钢件、焊接件及锻轧件

### 1.1.2 钢的正火

正火的目的在于:调整钢件的硬度,细化晶粒及消除网状碳化物,为淬火作好组织准备或作为最终热处理。

钢正火工艺的特点及应用范围见表 2-7-2, 40Cr 钢退火和正火后力学性能比较见表 2-7-3。

表 2-7-2 钢正火工艺的特点及应用范围

工 艺 特 点	应 用 范 围
将工件加热到 $A_{c3}$ 或 $A_{cm}$ 以上 $40\sim 60\text{C}$ , 保温一定时间, 然后以稍大于退火的冷却速度, 冷却下来, 如空冷、风冷、喷雾等, 得到片层间距较小的珠光体组织(有的叫正火索氏体)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改善切削性能。含碳量(质量分数)低于 0.25% 的低碳钢和低合金钢, 高温正火后硬度可提高到 <math>140\sim 190\text{HBS}</math>, 有利于切削加工</li> <li>2. 消除共析钢中的网状碳化物, 为球化退火作准备</li> <li>3. 作为中碳钢、合金钢淬火前的预备热处理, 以减少淬火缺陷</li> <li>4. 用于淬火返修件消除内应力和细化组织, 以防重淬火时产生变形与裂纹</li> <li>5. 对于大型、重型及形状复杂零件或性能要求不高的普通结构零件作为最终热处理, 以提高力学性能</li> </ol>

表 2-7-3 40Cr 钢退火和正火后力学性能比较

热处理状态	性 能				
	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	$a_K$ /J·cm <sup>2</sup>
退 火	656	364	21	53.5	56
正 火	754	45	21	56.9	78

## 1.2 淬火及回火

### 1.2.1 钢的淬火

淬火的目的在于:使钢获得较高的强度和硬度。淬火后的零件再经中、高温回火, 可获得良好的综合力学性能。淬火还可防止某些沉淀相在过饱和固溶体自高温冷却时析出, 为下一步冷变形加工或时效强化作好准备, 淬火是热处理强化中最重要的工序。

如果工件只需局部提高硬度, 则可进行局部淬火或表面淬火, 以避免工件其他部分产生变形和开裂。

应根据淬火零件的材料、形状、尺寸和所要求的力学性能的不同, 选用不同的淬火方法。

淬火的分类方法有许多, 按淬火冷却方法的分类说明其特点和应用范围见表 2-7-4。

表 2-7-4 淬火的分类及特点

类 别	工 艺 过 程	特 点	应 用 范 围
单液淬火	工件加热到淬火温度后, 浸入一种淬火介质中, 直到工件冷至室温为止	此法优点是操作简便, 缺点是易使工件产生较大内应力, 发生变形, 甚至开裂	适用于形状简单的工件, 对于碳钢工件, 直径大于 5mm 的在水中冷却, 直径小于 5mm 的可以在油中冷却, 合金钢工件大都在油中冷却
双液淬火	加热后的工件先放在水中淬火, 冷却至接近 $M_s$ 点 ( $300\sim 200\text{C}$ ) 时, 从水中取出立即转到油中(或甚至放在空气中)冷却	利用冷却速度不同的两种介质, 先快冷躲过奥氏体最不稳定的温度区间 ( $650\sim 550\text{C}$ ), 至接近发生马氏体转变(钢在发生体积变化)时再缓冷, 以减小内应力和变形开裂倾向	主要适用于碳钢制成的中型零件和由合金钢制成的大型零件
分级淬火	工件加热到淬火温度, 保温后, 取出置于温度略高(也可稍低)于 $M_s$ 点的淬火冷却剂(盐浴或碱浴)中停留一定时间, 待表面温度基本一致时, 再取出置于空气中冷却	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减小了表里温差, 降低了热应力</li> <li>2. 马氏体转变主要是在空气中进行, 降低了组织应力, 所以工件的变形与开裂倾向小</li> <li>3. 便于热校直</li> <li>4. 比双液淬火容易操作</li> </ol>	此法多用于形状复杂、小尺寸的碳钢和合金钢工件, 如各种刀具。对于淬透性较低的碳素钢工件, 其直径或厚度应小于 10mm
等温淬火	工件加热到淬火温度后, 浸入一种温度稍高于 $M_s$ 点的盐浴或碱浴中, 保温足够的时间, 使其发生下贝氏体转变后在空气中冷却	<p>与其他淬火比</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 淬火后得到下贝氏体组织, 在相同硬度情况下强度和冲击韧度高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由于变形很小, 因而很适合于处理一些精密的结构零件, 如冷冲模、轴承、精密齿轮等</li> </ol>



(续)

类别	工 艺 过 程	特 点	应 用 范 围
等温淬火	工件加热到淬火温度后, 浸入一种温度稍高于 Ms 点的盐浴或碱浴中, 保温足够的时间, 使其发生下贝氏体转变后在空气中冷却	2. 一般工件淬火后可以不经回火直接使用, 所以也无回火脆性问题, 对于要求性能较高的工件, 仍需回火 3. 下贝氏体质量体积比马氏体小, 减小了内应力与变形、开裂	2. 由于组织结构均匀, 内应力很小, 显微和超显微裂纹产生的可能性小, 因而用于处理各种弹簧, 可以大大提高其疲劳抗力 3. 特别对于有显著的第一类回火脆性的钢, 等温淬火优越性更大 4. 受等温槽冷却速度限制, 工件尺寸不能过大 5. 球墨铸铁件也常用等温淬火以获得高的综合力学性能, 一般合金球铁零件等温淬火有效厚度可达 100mm 或更高
喷雾淬火	工件加热到淬火温度后, 将压缩空气通过喷嘴使冷却水雾化后喷到工件上进行冷却	可通过调节水及空气的流量来任意调节冷却速度, 在高温区实现快冷, 在低温区实现缓冷。可用喷嘴数量、水量实现工件均匀冷却	对于大型复杂工件或重要轴类零件(如汽轮发电机的轴), 可使其旋转以实现均匀性冷却

1.2.2 钢的回火

淬火钢在回火过程中硬度和强度不断下降, 而塑性和韧性逐渐提高, 同时降低和消除了工件中的残余应力, 避免淬火钢的开裂, 并能保持在使用过程中的尺

寸稳定性。

回火工艺由于温度、热源、介质等的差异可以分为多种。其中淬火与高温回火合称为调质处理, 时效处理、冷处理也是淬火后工件的一种热处理方法, 其目的与回火相似, 见表 2.7-5。

表 2.7-5 回火、调质、时效与冷处理工艺

类别	工 艺 过 程	特 点	应 用 范 围
回 火	低温回火 回火温度为 150~250°C	回火后获得回火马氏体组织, 但内应力消除不彻底, 故应适当延长保温时间	目的是降低内应力和脆性, 而保持钢在淬火后的高硬度和耐磨性。主要用于各种工具、模具、滚动轴承和渗碳或表面淬火的零件等
	中温回火 回火温度为 350~450°C 左右	回火后获得托氏体组织, 在这一温度范围内回火, 必须快冷, 以避免第二类回火脆性	目的在于保持一定韧性的条件下提高弹性和屈服强度, 故主要用于各种弹簧、锻模、冲击工具及某些要求强度的零件, 如刀杆等
	高温回火 回火温度为 500~680°C, 回火后获得索氏体组织。淬火+高温回火称为调质处理, 可获得强度、塑性、韧性都较好的综合力学性能, 并可使某些具有二次硬化作用的高合金钢(如高速钢)二次硬化, 其缺点是工艺较复杂, 在提高塑性、韧性同时, 强度、硬度有所降低	广泛地应用于各种较为重要的结构零件, 特别是在交变负荷下工作的连杆、螺栓、齿轮及轴等。不但可作为这些重要零件的最终热处理, 而且还常可作为某些精密零件如丝杠等的预先热处理, 以减小最终热处理中的变形, 并为获得较好的最终性能提供组织基础	
调 质	高温时效 加热略低于高温回火的温度, 保温后缓冷到 300°C 以下出炉	时效与回火有类似的作用, 这种方法操作简便, 效果也很好, 但是耗费时间太长	时效的目的是使淬火后的工件进一步消除内应力, 稳定工件尺寸 常用来处理要求形状不再发生变形的精密工件, 例如精密轴承、精密丝杠、床身、箱体等
	低温时效 将工件加热到 100~150°C, 保温较长时间(约 5~20h)		低温时效实际就是低温补充回火
冷 处 理	将淬火后的工件, 在零度以下的低温介质中继续冷却到零下 80°C 待工件截面冷到温度均匀一致后, 取出空冷	可使残余奥氏体全部或大部分转变为马氏体。因此, 不仅提高了工件硬度、抗拉强度, 还可以稳定工件尺寸	主要适用于合金钢制成的精密刀具、量具和精密零件, 如量块、量规、铰刀、样板、高精度的丝杠、齿轮等。还可以使磁钢更好地保持磁性

### 1.3 表面淬火

劳强度,而心部却有良好的塑性和韧性。表面淬火的方法很多,见表 2.7-6。

表面淬火可使工件表层具有较高的耐磨性和抗疲

表 2.7-6 表面淬火的种类和特点

类别	工艺过程	特点	应用范围
感应加热表面淬火	<p>将工件放入感应器中,使工件表层产生感应电流,在极短的时间内加热到淬火温度后,立即喷水冷却,使工件表层淬火,从而获得非常细小的针状马氏体组织</p> <p>根据电流频率不同,感应加热表面淬火,可以分为:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高频淬火: 100~1000kHz</li> <li>2. 中频淬火: 1~10kHz</li> <li>3. 工频淬火: 50Hz</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 表层硬度比普通淬火高 2~3HRC,并具有较低的脆性</li> <li>2. 疲劳强度、冲击韧度都有所提高,一般工件可提高 20%~30%</li> <li>3. 变形小</li> <li>4. 淬火层深度易于控制</li> <li>5. 淬火时不易氧化和脱碳</li> <li>6. 可采用较便宜的低淬透性钢</li> <li>7. 操作易于实现机械化和自动化,生产率高</li> <li>8. 电流频率愈高,淬透层愈薄。例如高频淬火一般 1~2mm,中频淬火一般 3~5mm,工频淬火能到 ≥10~15mm</li> </ol> <p>缺点: 处理复杂零件比渗碳困难</p>	<p>常用中碳钢 (<math>w_c 0.4\% \sim 0.5\%</math>) 和中碳合金结构钢,也可用高碳工具钢和低合金工具钢,以及铸铁</p> <p>一般零件淬透层深度为半径的 1/10 左右时,可得到强度、耐疲劳性和韧性的最好配合。对于小直径 (10~20mm) 的零件,建议用较深的淬透层深度,即可达半径的 1/5;对于截面较大的零件可取较浅的淬透层深度,即小于半径 1/10 以下</p>
火焰表面淬火	<p>用乙炔-氧或煤气-氧的混合气体燃烧的火焰,喷射到零件表面上,快速加热,当达到淬火温度后,立即喷水或用乳化液进行冷却</p>	<p>淬透层深度一般为 2~6mm,过深往往引起零件表面严重过热,易产生淬火裂纹。表面硬度钢可达 65HRC,灰铸铁为 40~48HRC,合金铸铁为 43~52HRC。这种方法简便,无需特殊设备,但易过热,淬火效果不稳定,因而限制了它的应用</p>	<p>适用于单件或小批生产的大型零件和需要局部淬火的工具或零件,如大型轴类、大模数齿轮等</p> <p>常用钢材为中碳钢,如 35、45 钢及中碳合金钢 (合金元素 &lt; 3%),如 40Cr、65Mn 等,还可用于灰铸铁件、合金铸铁件。含碳量过低,淬火后硬度低,而碳和合金元素含量过高,则易碎裂,因此,以含碳量 (质量分数) 在 0.35%~0.5% 之间的碳素钢最适宜</p>
电接触加热表面淬火	<p>采用两电极 (铜滚轮或碳棒) 向工件表面通低电压大电流,在电极与工件表面接触处产生接触电阻,产生的热使工件表面温度达到临界点以上,电极移去后冷却淬火</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设备简单,操作方便</li> <li>2. 工件变形极小,不需回火</li> <li>3. 淬硬层薄,仅为 0.15~0.35mm</li> <li>4. 工件淬硬层金相组织,硬度不均匀</li> </ol>	<p>适用于机床铸铁导轨表面淬火与维修,气缸套、曲轴、工具等也可应用</p>
脉冲淬火	<p>用脉冲能量加热可使工件表面以极快速度 (1/1000s) 加热到临界点以上,然后冷却淬火</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由于加热冷却迅速,工件组织极细,晶粒极小</li> <li>2. 淬火后不需回火</li> <li>3. 淬火层硬度高 (950~1250HV)</li> <li>4. 工件无淬火变形,无氧化膜</li> </ol>	<p>适于热导率高的钢种,高合金钢难于进行这种淬火。用于小型零件、金属切削工具、照相机、钟表等机器易磨损件</p>

### 1.4 钢的化学热处理

提高工件的耐磨性、抗蚀性、疲劳强度或接触疲劳强度等性能指标。根据渗入元素的不同,化学热处理可分为渗碳、渗氮、碳氮共渗、渗硫、渗硼等,见表 2.7-7。

经化学热处理后,工件表层的化学成分及组织状态与心部有很大不同,再经适当的热处理方法,能显著

表 2.7-7 化学热处理常用渗入元素及其作用

渗入元素	工艺方法	常用钢材	渗层组成	渗层深度 /mm	表面硬度	作用与特点	应用举例
C	渗碳	低碳钢、低碳合金钢、热作模具钢	淬火后为碳化物+马氏体+残余奥氏体	0.3~1.6	57~63HRC	渗碳淬火后可提高表面硬度、耐磨性、疲劳强度、能承受重载荷。处理温度较高，工件变形较大	齿轮、轴、活塞销、链条、万向联轴器
N	渗氮(氮化)	含铝低合金钢，中碳含铬低合金钢，含5%Cr的热作模具钢，铁素体、马氏体、奥氏体不锈钢，沉淀硬化不锈钢	合金氮化物+含氮固溶体	0.1~0.6	700~900HV	提高表面硬度、耐磨性、抗咬合性、疲劳强度、抗蚀性(不锈钢例外)以及抗回火软化能力。硬度、耐磨性比渗碳者高。渗氮温度低，工件变形小。处理时间长，渗层脆性大	镗杆、轴、量具、模具、齿轮
C、N	碳氮共渗	低中碳钢，低碳合金钢	淬火后为碳化物+含氮马氏体+残余奥氏体	0.25~0.6	58~63HRC	提高表面硬度、耐磨性、疲劳强度。共渗温度比渗碳低，工件变形小，厚层共渗较难	齿轮、轴、链条
	软氮化(低温碳氮共渗)	碳钢、合金钢、高速钢、铸铁、不锈钢	碳氮化合物+含氮固溶体	0.007~0.020 0.3~0.5	30~68HRC	提高表面硬度、耐磨性、疲劳强度。温度低、工件变形小。硬度较一般渗氮低	齿轮、轴、工模具、液压件
S	渗硫	碳钢、合金钢、高速钢	硫化铁	0.006~0.08	70HV	渗层具有良好的减摩性，可提高零件的抗咬合能力。可在200°C以下低温进行	工模具、齿轮、缸套、滑动轴承等
S、N	硫氮共渗	碳钢、合金钢、高速钢	硫化物、氮化物	硫化物<0.01 氮化物0.01~0.03	300~1200HV	提高抗咬合能力、耐磨性及疲劳强度。提高高速钢刀具的红硬性和切削能力。渗层抗蚀性差	工模具、缸套
S、C、N	硫碳氮共渗	碳钢、合金钢、高速钢	硫化物、碳氮化合物	硫化物<0.01 碳氮化合物0.01~0.03	600~1200HV	作用同上。在溶盐介质中一般含有剧毒的氰盐	工模具、缸套
B	渗硼	中高碳钢、中碳合金钢	硼化物	0.1~0.3	1200~1800HV	渗层硬度高，抗磨料磨损能力强，减摩性好，红硬性高，抗蚀性有改善。脆性大，盐浴渗硼时，熔盐流动性差，易分层，渗后的工件难清洗	冷作模具、阀门

## 2 影响热处理零件结构设计工艺性的因素

在产品设计中，设计人员有时只注意如何使零件的结构形状适合部件机构的需要，而往往忽视了零件材料、结构不合理给热处理工艺带来的不便，甚至造成热处理后零件产生各种缺陷，而使零件变成废品。

因此，要注意影响热处理零件设计工艺性的因素。

### 2.1 零件材料的热处理性能

在选择零件材料时，应注意材料的力学性能、工艺性能和经济性，与此同时也要注意材料的热处理性能，以保证零件较容易达到预定的热处理要求，而且成本低廉、生产周期短。

1) 淬硬性 淬硬性与钢的含碳量有关, 含碳量愈高, 淬火后硬度愈高, 而对合金元素无显著影响, 淬火硬度还受到工件截面尺寸的影响 (见表 2.7-8 所示)。一般来说, 钢的强度与耐磨性与钢的硬度相一致, 由于硬度检验方法简单快速而又无损, 有时用以代替全面的性能检验。

2) 淬透性 淬透性主要取决于钢的合金成分, 还受冷却速度、冷却剂以及工件尺寸大小的影响。不同的钢, 淬火后得到的淬透层深度、金相组织以及力学性能

都不同。

3) 变形开裂倾向性 工件产生变形开裂的倾向 (见表 2.7-9 所示)。一般含碳量较高的碳素结构钢、高碳工具钢, 变形开裂倾向大。另外, 加热或冷却速度太快, 加热和冷却不均匀也会增加工件淬火变形开裂倾向性。

4) 回火脆性 某些钢 (如锰钢、硅锰钢、铬硅钢等), 淬火后在某一温度范围回火时, 发生冲击韧性降低、脆性转变温度提高的现象。

表 2.7-8 几种常用钢材、不同截面尺寸的淬火硬度 (HRC)

材 料	截 面 尺 寸 /mm						
	≤3	>3~10	>10~20	>20~30	>30~50	>50~80	>80~120
15 钢渗碳淬火	58~65	58~63	58~65	58~65	58~62	50~60	
15 钢渗碳淬油	58~62	40~60					
35 钢淬火	45~50	45~50	45~50	45~50	35~45	30~40	
45 钢淬火	54~59	50~58	50~55	48~52	45~50	40~50	25~35
45 钢淬油	40~45	30~35					
T8 淬火	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	50~55	40~45
T8 淬油	55~62	≤41					
20Cr 渗碳淬火	60~65	50~55	60~65	60~65	56~62	45~55	
40Cr 淬油	50~60	48~53	50~55	45~50	40~45	35~40	
35SiMn 淬油	48~53	48~53	48~53	45~50	40~45	35~40	
65SiMn 淬油	58~64	58~64	50~60	48~55	45~50	40~45	35~40
GCr15 淬油	60~64	60~64	60~64	58~63	52~62	48~50	
CrWMn 淬油	60~65	60~65	60~65	60~64	58~63	56~62	56~60

表 2.7-9 热处理变形的一般趋向

	轴 类	盘 状 体	正 方 体	圆 筒 体	环 状 体
原始状态					
热应力作用	$d^+, l^-$ 	$d^-, l^-$ 	趋向球状 	$d, D^-, l^-$ 	$D^+, l^-$ 
组织应力作用	$d, l^+$ 	$d^+, l^-$ 	平面内凹 棱角突出 	$d^-, D^-, l^+$ 	$D^-, d^+$ 
组织转变作用	$d^+, l^+$ 或 $d^-, l^-$ 	$d^+, l^+$ 或 $d^-, l^-$ 	$a^+, c^+$ 或 $a, c^-$ 	$d^+, D^-, l^-$ 或 $d^-, D^+, l^+$ 	$D^-, d^+, l^-$ 或 $D^+, d^-, l^+$ 

注: 当圆筒的内径  $d$  很小时, 则其变形规律如圆棒或正方体类; 当圆环的内径  $d$  很小时, 则其变形规律如圆饼。

## 2.2 零件的几何形状和刚度

为避免产生变形、开裂等热处理缺陷,零件几何形状除考虑力求简单、对称,减少应力集中因素外,还应考虑在热处理过程中零件形状便于运输、吊挂和装夹。

零件刚度差,有时需要采用专门的夹具以防止热处理变形。

## 2.3 零件的尺寸大小

钢材标准中所列的热处理后的力学性能,除有明显说明外,都是小尺寸试样(一般 $\leq \phi 25\text{mm}$ )的试验数据。工件尺寸变大,热处理性能下降。例如碳钢,截面

**表 2.7-10 几种常用结构钢的尺寸效应范围**  
(能达到规定力学性能的最大直径)(mm)

钢 号	水 冷		钢 号	油 冷	
	水 冷	油 冷		水 冷	油 冷
30	30		20Cr	45	35
35	32		40Cr	65	40
40	35		12CrNi3	60	40
45	37		20CrMo	60	45
50	40		35CrMo	80	60
55	42		30CrMnSi		60

稍大就不能淬透;经调质的碳钢,力学性能随深度的增加而迅速降低,当截面较大时,其心部可能仍处于正火状态,这种由于工件截面尺寸变大而使热处理性能恶化的现象称为钢的热处理尺寸效应,见表 2.7-10。

## 2.4 零件的表面质量

零件的表面质量对热处理过程有一定的影响,工件表面裂纹等缺陷和残余应力将加大热处理后工件的变形和裂纹。

零件在热处理时,应具有一定的表面粗糙度  $R_a$  值。 $R_a$  值过小,淬火气膜不易附着,冷却均匀,变形减小,所以淬火零件(包括表面淬火)的表面粗糙度应使  $R_a \leq 3.2\mu\text{m}$ 。渗氮零件表面粗糙度  $R_a$  值过大,则脆性增加,硬度不准确,所以一般要求  $R_a = (0.8 \sim 0.1)\mu\text{m}$ ,渗碳零件表面粗糙度  $R_a \leq 6.3\mu\text{m}$ 。

## 3 对零件的热处理要求

**3.1 在工作图上应标明的热处理要求**(见表 2.7-11)

**3.2 金属热处理工艺分类及代号的表示方法**(GB/T12603-1990)(见表 2.7-12)

**表 2.7-11 在工作图上应标明的热处理要求**

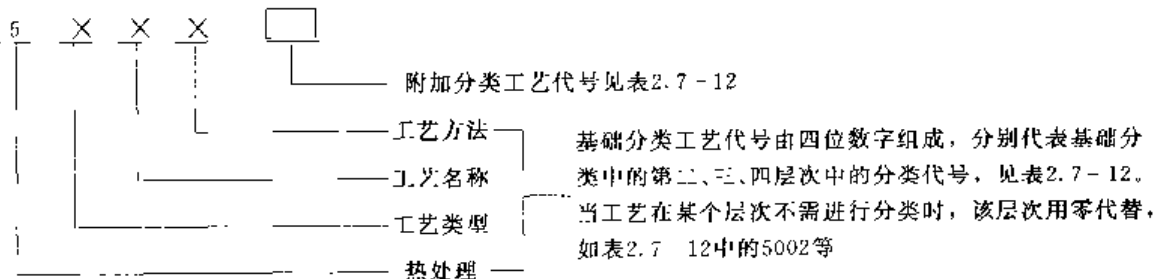
方法	一 般 零 件	重 要 零 件				
普通热处理	1) 热处理方法 2) 硬度:标注波动范围一般为 HRC 在 5 个单位左右;HB 在 30~40 个单位左右	1) 热处理方法 2) 零件不同部位的硬度 3) 必要时提出零件不同部位的金相组织要求				
表面淬火	1) 热处理方法 2) 硬度 3) 淬火区域	1) 热处理方法,必要时提出预先热处理要求; 2) 表面淬火硬度、心部硬度; 3) 淬硬层深度; 4) 表面淬火区域; 5) 必要时提出变形要求				
渗碳	1) 热处理方法 2) 硬度 3) 渗层深度:目前工厂多用下述方法确定	1) 热处理方法; 2) 淬火、回火后表面硬度、心部硬度; 3) 渗碳层深度; 4) 渗碳区域; 5) 必要时提出渗碳层含碳量,一般在下述范围				
	使用场合	深 度	状态	含碳量/%		
	碳素渗碳钢	由表面至过渡层 1/2 处	炉冷	表面过共析区	共析区	亚共析(过渡)区
	合金渗碳钢	由表面至过渡层 2/3 处	空冷	0.9~1.2	0.7~0.7	<0.7
	合金渗碳钢汽车齿轮	过共析、共析、过渡区总和		1.0~1.2	0.6~1.0	<0.6
4) 渗碳区域			6) 必要时提出心部金相组织要求			

(续)

方法	一般零件	重要零件
氮化	1) 热处理方法 2) 表面和心部硬度(表面硬度用 HV 或 HRA 测定) 3) 氮化层深度(一般应≤0.6mm) 4) 氮化区域	1) 热处理方法 2) 除一般零件几项要求外,还需提出心部力学性能 3) 必要时,还要提出金相组织及对渗氮层脆性要求(直接用维氏硬度计压头的压痕形状来评定,评定级别见表 1-6-5)
碳氮共渗	1) 中温碳氮共渗与渗碳同 2) 低温碳氮共渗与氮化同	1) 中温碳氮共渗与渗碳同 2) 低温碳氮共渗与氮化同

表 2.7-12 金属热处理工艺分类及代号的表示方法 (GB/T 12603 1990)

热处理工艺代号标记规定如下(铝合金热处理工艺代号可参照执行):



工艺总称	代号	工艺类型	基础分类				附加分类								说明			
			工艺名称	代号	加热方法	代号	1. 加热		2. 退火		3. 淬火冷却		4. 渗碳、碳氮共渗后冷却					
							介质	代号(大写)	工艺	代号	介质方法	代号	介质方法	代号		方法	代号	
热处理	5	整体热处理	退火	1	加热炉	1	固体	S	去应力退火	e	空气	a	压力淬火	p	直接淬火	g		
			正火	2														
			淬火	3														
			淬火和回火	4	感应	2	液体	L	扩散退火	d	油	e	双液淬火	d				
			调质	5														
			稳定化处理	6	火焰	3	气体	G	再结晶退火	r	水	w	分级淬火	m			一次加热淬火	r
			固溶处理;水韧处理	7														
			固溶处理和时效	8														
		表面热处理	2	表面热处理	表面淬火和回火	1	电阻	4	真空	V	石墨化退火	g	盐水	b	等温淬火	n	二次加热淬火	t
					物理气相沉积	2												
					化学气相沉积	3	激光	5	保护气氛	P	去氢退火	h	有机水溶液	y	形变淬火	f		
					等离子体化学气相沉积	4												
	化学热处理	3	化学热处理	渗碳	1	电子束	6	可控气氛	C	球化退火	s	盐浴	s	冷处理	z	表面淬火	h	
				碳氮共渗	2													
				渗氮	3													
				氮碳共渗	4	等离子体	7	流态床	F	等温退火	n							
				渗其他非金属材料	5													
				渗金属	6	其他	8											
				多元共渗	7													
				熔渗	8													

#### 4 热处理零件结构设计的注意事项

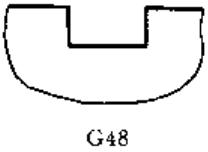
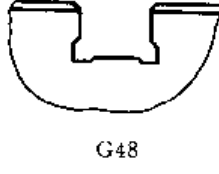

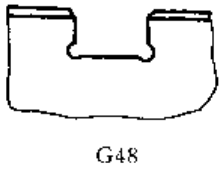



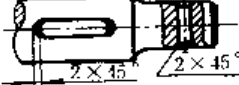
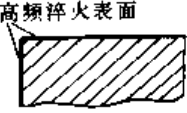
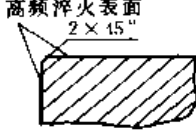
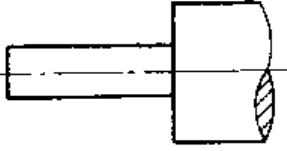
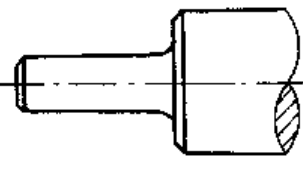

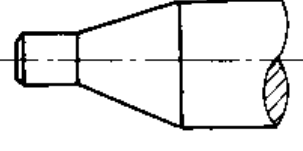
为防止零件在热处理过程中出现开裂、变形、硬度不均等缺陷，在机械零件结构设计时必须遵守如下基

本要求。

##### 4.1 防止热处理零件开裂的注意事项

防止热处理开裂的注意事项见表 2.7-13。

表 2.7-13 防止热处理零件开裂的注意事项

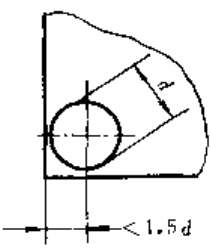
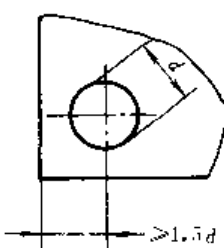
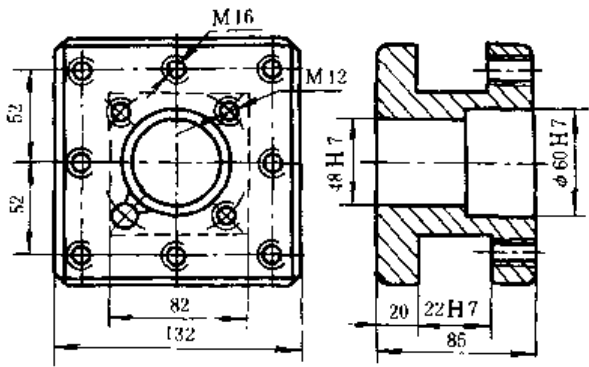
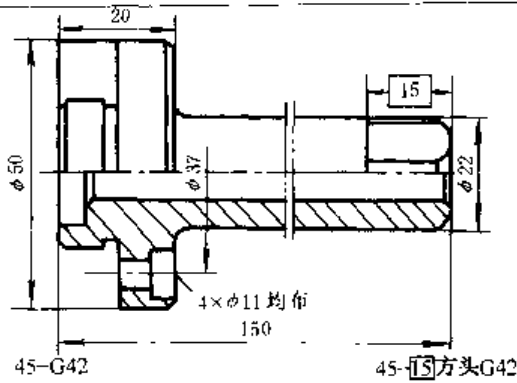
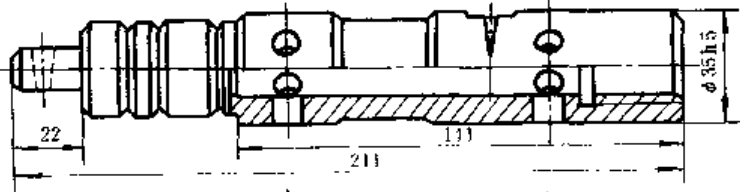
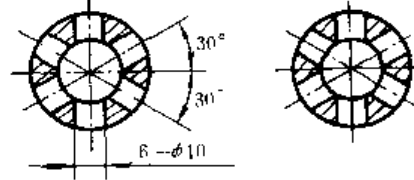
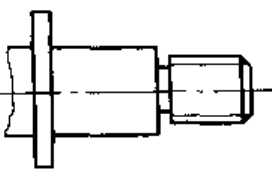
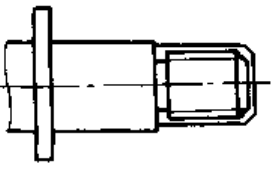
序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	避免尖角、棱角			零件的尖角、棱角部分是淬火应力最集中的地方，往往成为淬火裂纹的起点，应予倒钝
				
				平面高频淬火时，硬化层达不到槽底，槽底虽有尖角，但不致于开裂
				为了避免锐边尖角熔化或过热，在槽或孔的边上应有 2~3mm 的倒角（与轴线平行的键槽边可不倒角），直径过渡应为圆角
				二平面交角处应有较大的圆角或倒角，并有 5~8mm 不能淬硬
2	避免断面突变			断面过渡处应有较大的圆角半径，以避免冷却速度不一致而开裂
				结构允许时，可设计成过渡圆锥

(续)

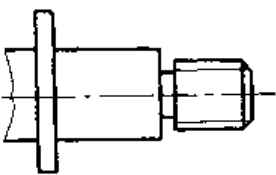
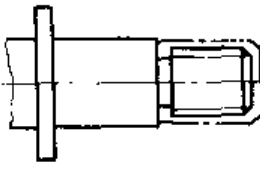
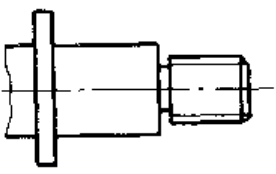
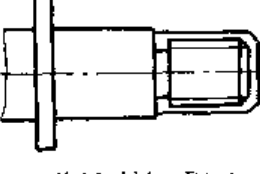
序 号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
3	避免结构尺寸厚薄相差悬殊			加开工艺孔, 使零件截面较均匀
				变盲孔为通孔
				拨叉槽部的一侧厚度不得小于 5mm
		齿部槽部 G42	齿部槽部 G42	
				盲孔改为通孔, 以使厚薄均匀
			G42	
				形状不改变, 仅由全部淬火改为齿部高频淬火
			齿部 G42G42	
4	避免孔距离边缘太近			避免危险尺寸或太薄的边缘。当零件要求必须是薄边时, 应在热处理后成形(加工去多余部分)
				改变冲模螺孔的数量和位置, 减少淬裂倾向



(续)

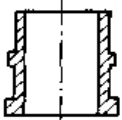
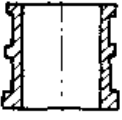
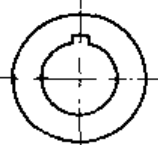
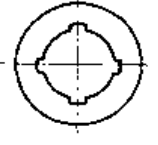


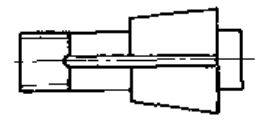
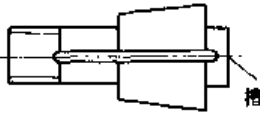
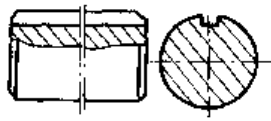
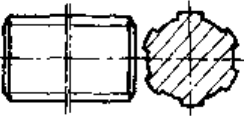
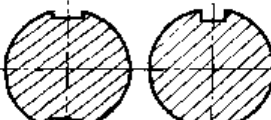
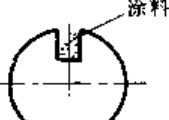
序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
4	避免孔距边缘太近			结构允许时，孔距离边缘应不小于 $1.5d$
				结构不允许时（如车床刀架），可采用降温预冷淬火方法，以避免开裂
				全部淬火时，4孔 $\phi 11$ 边缘易开裂；若局部淬火能满足要求，就不必全部淬火
5	形状复杂的零件，避免选用要求水淬的钢			改进前，用45钢水淬，6× $\phi 10$ 孔处易开裂，整个工件易发生弯曲变形，且不易校直；改用40Cr钢油淬，减少了开裂倾向
6	防止螺纹脆裂			螺纹在淬火前已车好，则在淬火时用石棉泥、铁丝包扎防护，或用耐火泥调水玻璃防护

(续)

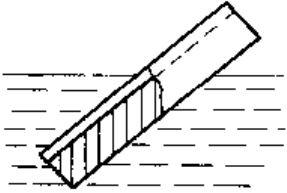
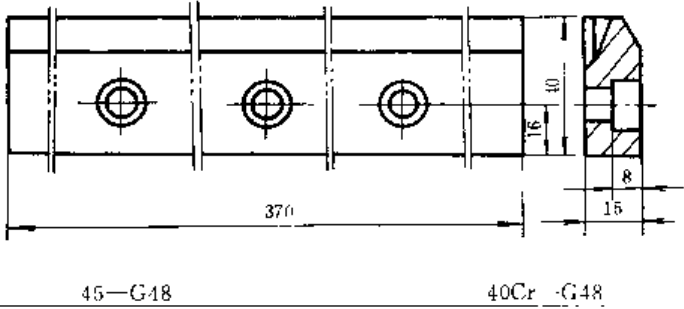
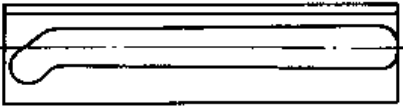

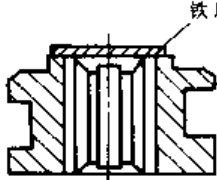
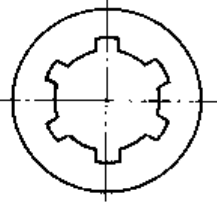
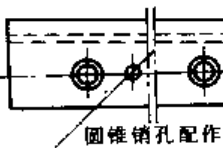
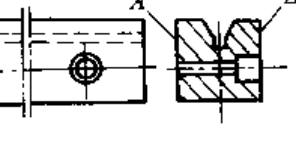
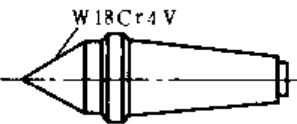
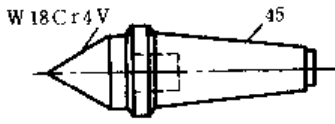
序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
6	防止螺 纹脆裂	 <p>20Cr-S-G59</p>	 <p>渗碳后车螺纹再淬火 20Cr-S-G59 (螺纹 G35)</p>	渗碳件螺纹部位采用留加工余量的方法, 或螺纹先车出, 采用直接防护方法(镀铜、涂膏剂等)  渗氮件螺纹部位采用留加工余量方法, 或螺纹先车出, 采用直接涂料或电镀防护
		 <p>38CrMoAlA-D900</p>	 <p>38CrMoAlA-D900 (螺纹部分<math>\leq</math>42HRC)</p>	

4.2 防止热处理零件变形的注意事项 (见表 2.7-14)

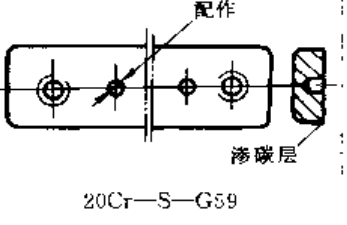
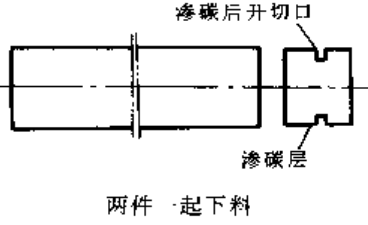
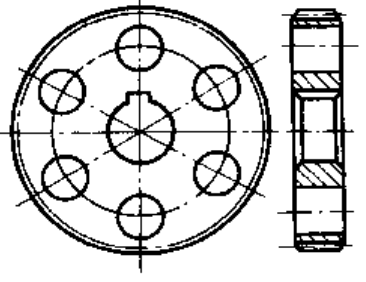
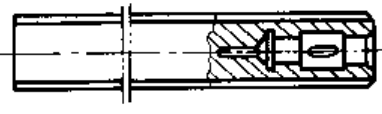
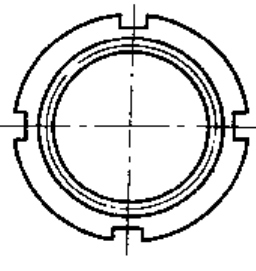
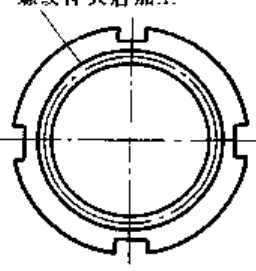
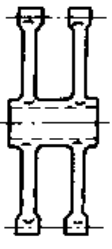
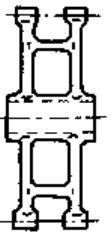
表 2.7-14 防止热处理零件变形的基本要求

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	采用封 闭对称结 构			一端有凸缘的薄壁套类零件渗氮后变形喇叭口, 在另一端增加凸缘后, 变形大大减小
				
				弹簧夹头都采用封闭结构, 淬火、回火后再切片槽口
				
				将淬火时冷却快的部位涂上涂料(耐火泥或石棉与水玻璃的混合物), 以降低冷却速度, 使冷却均匀
				

(续)

序 号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	采用封闭对称结构			改变淬火时入水方式, 使断面各部分冷却速度接近, 以减少变形
2	细长轴类、长板类零件应避免采用水淬			长板类零件水淬会产生翘曲变形, 采用油淬, 可减小变形
3	选择适当的材料和热处理方法	 40Cr-G52 (槽部)	 20Cr-S-G59 (花键孔防护)	改进前, 槽部直接淬火比较困难, 改用渗碳淬火 (花键孔防护)
		 20Cr D600 或 40Cr-D500		最好改用离子渗氮 (花键孔用铁片屏蔽)
		 15-S0.5-G59                      65Mn-G52		摩擦片用 15 钢, 渗碳淬火时须有专用淬火火具和回火夹具, 合格率较低; 改用 65Mn 钢油淬, 夹紧回火即可
		 20Cr-S G59 (V形面)	 T10A-G59 (V形面) 或 Cr15-G59 (V形面) 或 20Cr-S-59 (V形面)	改进前, 由于考虑销孔配饰, 选用 20Cr 钢渗碳, 渗碳后去掉 A、B 面碳层, 然后淬火, 工艺复杂; 改用高频淬火较为简单
 W18Cr4V	 W18Cr4V                      45	此件两部分工作条件不相同, 设计成组合结构, 不同部位用不同材料, 既提高工艺性, 又节约高合金钢材料		

(续)

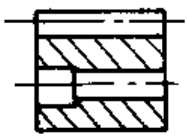
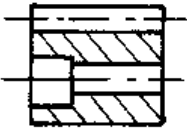
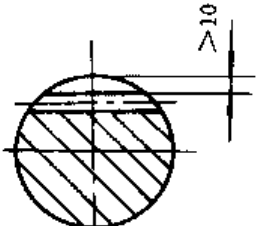
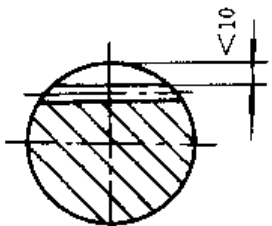
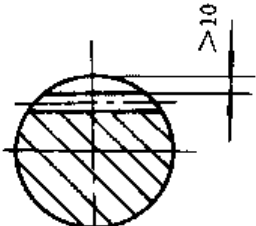
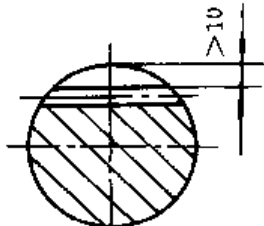
序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
4	机械加 工与热处 理工艺互 相配合	 <p>20Cr-S-G59</p>	 <p>两件一起下料</p>	改进前, 有配作孔的一面去掉渗碳层, 形成碳层不对称, 淬火后必然翘曲; 改为两件一起下料, 渗碳后开切口, 淬火后再切成单件
		 <p>齿部 G52</p>		改进前, 齿部淬火后 6 个孔处的齿圈将下凹; 应在齿部淬火后再钻 6 个孔
		 <p>直接渗氮 38CrMoAlA D900</p>	在整个加工过程中安排正火、调质、高温时效、低温时效等工序	使渗氮前获得均匀理想的金相组织, 并消除切削加工应力, 以保证渗氮件变形微小
		 <p>槽部 G42</p>	 <p>槽部 G42</p>	全部加工后淬火则内螺纹会产生变形; 最好在槽口局部淬火后再车内螺纹
5	增加零 件刚性			杠杆为铸件, 其杆臂较长, 铸造时及热处理时均易变形。加横梁后, 使变形减少

4.3 防止热处理零件硬度不均的注意事项 (见表 2.7-15)

表 2.7-15 防止热处理零件硬度不均的注意事项

序 号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	避免盲孔和死角			盲孔和死角使淬火时的气泡无法逸出, 造成硬度不均; 应设计工艺排气孔
2	两个高频淬火部位不应相距太近, 以免互相影响			齿部和端面均要求淬火时, 端面与齿部距离应不小于 5mm
				二联或二联以上的齿轮, 若齿部均需高频淬火, 则齿部两端面间的距离应不小于 8mm
				内外齿均需高频淬火时, 两齿根圆间的距离应不小于 10mm
3	选择适当的材料和热处理方法			改进前, 弧齿锥齿轮凹凸齿面硬度不一致, 特别是模数较大时, 硬度差亦较大; 应采用渗碳或渗氮, 用离子渗氮更好

(续)

序 号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
4	齿条避免采用高频淬火	 <p>45-G48</p>	 <p>20Cr-S-G59 或 40Cr-D500</p>	平齿条高频淬火只能淬到齿顶, 如果加热过久, 会使齿顶熔化, 而齿根淬不上火; 应采用渗碳或渗氮
		 <p>G48</p>	 <p>G48</p>	圆断面的齿条, 当齿顶平面到圆柱表面的距离小于 10mm 时, 可采用高频淬火
		 <p>G48</p>	 <p>40Cr D500</p>	最好采用渗氮处理, 用离子渗氮更好

## 第 8 章 橡胶件结构工艺性

### 1 橡胶制品质量指标的含义

泛的工程材料。橡胶制品质量指标的含义如表 2.8-1。

橡胶是一种有机高分子化合物,是工业上用途广

表 2.8-1 橡胶制品质量指标的含义

质量指标	含 义	表 示
永久变形	橡胶试件扯断后经过一定时间(一般为 3min)停放,其单位长度所增长的长度与原长度的比值,其值越小,橡胶的弹性越好。又称扯断变形	(%)
定伸强度	硫化胶伸长到 100%、200%、300%或是 500%时,单位面积所需的力。又叫定伸强度,或定伸强力	N/m <sup>2</sup>
扯断强度	橡胶试件扯断时所需的抗张强度。又叫扯断强力或抗张强度	N/m <sup>2</sup>
扯断伸长率	橡胶试件扯断时所增加的长度与原长度的比值。伸长率大,表示橡胶质地软,塑性好,同时也可以间接的看成橡胶弹性变形的能力	(%)
耐磨耗	橡胶试件抵抗各种物质与其摩擦的性能	cm <sup>3</sup> /(kW·h)
抗撕裂值	单位厚度的橡胶在切口发生撕裂到断开时所受的力。抗撕裂值大时,说明此橡胶质量好	N/cm
老 化	橡胶由于受大气因素影响而逐渐产生物理、力学性能变坏的现象	
老化系数	橡胶老化后与老化前扯断力及伸长率乘积的比值。老化系数大,说明这种橡胶老化的性能较好	
邵氏硬度	硬度是指橡胶抵抗外来压力侵入的能力,用以表示橡胶的坚硬程度。测定和表示橡胶硬度的方法很多,通常采用邵氏硬度,又叫邵尔 A 硬度,旧称肖氏硬度	度数(0~100)

### 2 橡胶件材料的选用(见表 2.8-2)

表 2.8-2 橡胶的选用

选用 顺序 使用 要求	品 种															
	天然橡胶	丁苯橡胶	异戊橡胶	顺丁橡胶	丁基橡胶	氯丁橡胶	丁腈橡胶	乙丙橡胶	聚氨酯橡胶	丙烯酸酯橡胶	氯醇橡胶	聚硫橡胶	硅橡胶	氟橡胶	氟磺化聚乙 烯橡胶	氟化聚乙 烯橡胶
高 强 度	A	C	AB	C	B	B	C	C	A					B	B	
耐 磨 耗	B	AB	B	AB	C	B	B	B	A	C			C	B	AB	B
防 振 密	A	B	AB	A		B		B	AB				B			
气 密 性	B	B	B		A	B	B	B	B	B	B	AB	C	AB	B	
耐 热 性		C		C	B	B	B	B		AB	B		A	A	B	C
耐 寒 性	B	C	B	AB	C	C		B	C				A		C	
耐 燃 性						AB							C	A	B	B
耐 臭 氧					A	AB		A	AB	A	A	A	A	A	A	A
电 绝 缘	A	AB			A	C		A					A	B	C	C
磁 性	A					A										
耐 水 性	A	B	A	A	B	A	A	A	C		A	C	B	A	B	B
耐 油 性						C	B		B	AB	B	A <sup>②</sup>		A <sup>②</sup>	C	C
耐 酸 碱					AB	B	C	AB		C	B	BC		A	C	B
高 真 空					A		B <sup>①</sup>							B		

注: 1. 选用顺序可按 A→AB→B→BC 进行。

① 高丙烯腈成份的丁腈橡胶。

② 聚硫橡胶的耐油性虽很突出,但是因为其综合性能均较差,而且易燃、还有催泪性气味等严重缺点,故工业上很少选用其作耐油制品。氟橡胶的耐油性是橡胶中最好的,但价格昂贵,故用作耐油制品的也较少。目前的耐油制品中,一般多选用丁腈橡胶。

### 3 橡胶件结构设计的工艺性

#### 3.1 脱模斜度

橡胶零件在硫化中的化学作用和起模后温度降低的物理作用共同影响下,为了脱模方便,应当考虑橡胶零件脱模斜度这一要素。

橡胶零件脱模斜度的设计,可参考表 2.8-3 所示。

表 2.8-3 橡胶零件的脱模斜度

L/mm	小于 50	50~150	150~250	250 以上
	0	30'	20'	15'
	10'	40'	30'	20'

#### 3.2 断面厚度与圆角

橡胶零件断面的各个部分,除了厚度在设计时力求均匀一致外,还希望各部分在相互交接处,尽量设计成圆弧形,如表 2.8-4 所示。

表 2.8-4 橡胶件的断面厚度与圆角

图		例
改进	前	改进后

#### 3.3 囊类零件的口径腹径比

囊类零件的橡胶制品如图 2.8-1 所示。

一般,对这类零件,约取  $d/D = \frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$  左右。对颈长  $L$  尺寸大,颈壁较厚及颈部形状结构复杂的橡胶制品,其口径、腹径比值应取得大一些。另外,对于硬度低、弹性高的橡胶制品,其口径与腹径比值可取得小一些。

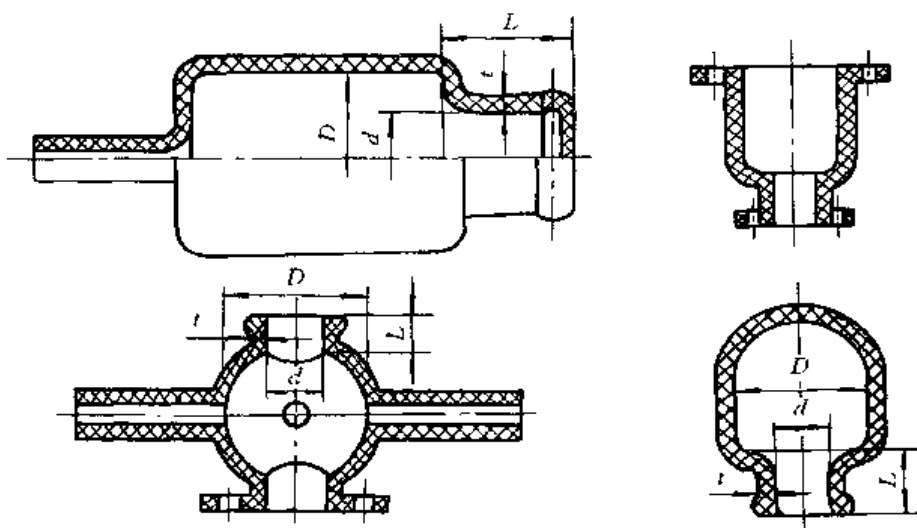


图 2.8-1 囊类橡胶制品



### 3.4 波纹管制品的峰谷直径比

橡胶波纹管制品如图 2.8-2 所示。

图 2.8-2 中  $\phi_1$  是峰径,  $\phi_2$  是谷径。一般峰谷径之比不要大于 1.3。

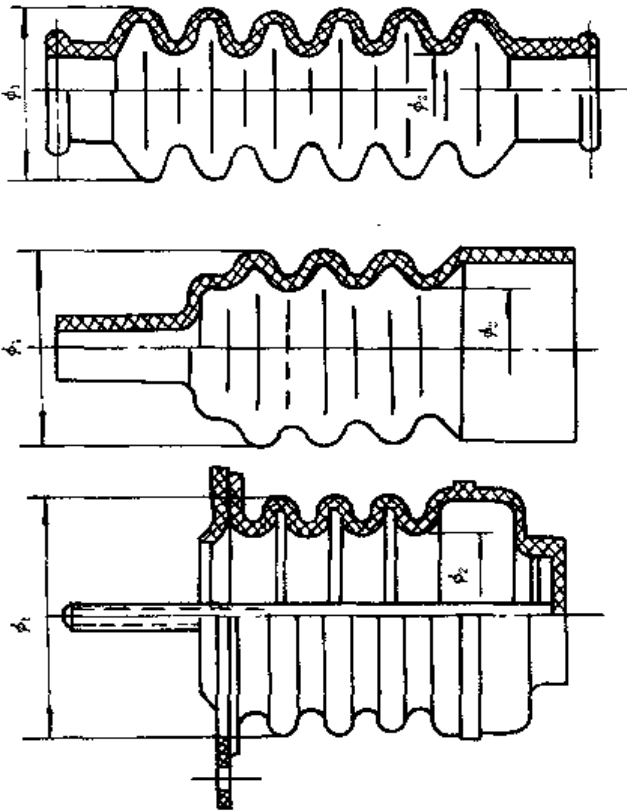


图 2.8-2 橡胶波纹管制品

### 3.5 孔

对于橡胶制品上的各种孔,包括方孔、六边孔等异形孔在内,都应当给以脱模的斜度方向和大小。

对于非直通式的孔,可采用双向拼合抽芯法。

对于一部分环状异形孔还可以利用吹气法来完成。

### 3.6 镶嵌件

橡胶制品中常镶有各种不同结构形式和不同材料的嵌件,如图 2.8-3 所示。

嵌件的材料可分为两类:一类是金属材料,如钢、铜等,另一类是非金属材料,如环氧玻璃布棒、酚醛布棒等。

嵌件的强度可分为硬体嵌件和软体嵌件两类。硬体嵌件如上所述的金属和非金属嵌件,而软体嵌件则是各类织物等,如绵织物,化纤织物等。

嵌件周围橡胶包层的厚度和嵌件嵌入深度的确定,取决于零件在该部位所需的弹性,所用橡胶材料的

硫化收缩率,以及零件的使用环境、条件和要求等各种因素。

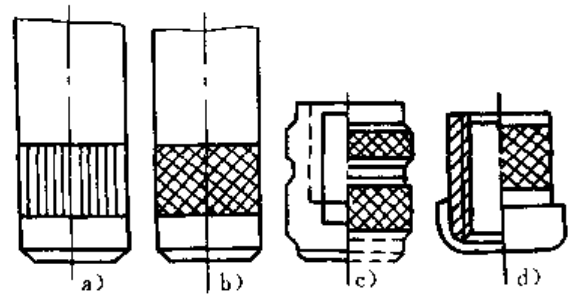


图 2.8-3 镶嵌件

a)直纹滚花 b)网纹滚花 c)环槽滚花 d)护盖滚花

#### 镶嵌件的设计原则

1)嵌件镶入橡胶模制品内,要求牢固可靠,保证使用,因此应当使嵌入部分的尺寸尽量大于形体外边裸露部分尺寸。

2)嵌件为内螺纹或外螺纹时,各有关部分的尺寸高度,应该略低于模具各相应部分的分型面 0.05~0.10mm。

内螺纹嵌件在设计时,对有关尺寸必须有所控制,以防止胶料在模压过程中被挤入螺纹之中。外螺纹设计时,应该在无螺纹部分,对其尺寸公差提出要求,用以作为模具设计时与有关部位进行配合的定位基准,同时还可以用来防止胶料溢出。

3)嵌件在模具各相应部位的定位,通常采用  $\frac{H8}{h7}$ 、 $\frac{H8}{f8}$ 、 $\frac{H9}{h9}$  等配合。对于嵌件为孔的配合,则采用相应精度或者近似精度的基轴制配合,即选用  $\frac{H8}{h8}$ 、 $\frac{H9}{h8}$ 、 $\frac{F9}{h9}$  等配合。

另外,嵌件在模具型腔中的固定还可以设计成卡式结构、螺纹联接结构等形式,总之,必须保证嵌件在模具型腔中的定位准确可靠,并且在模压过程中,不发生或只发生少许溢胶现象。

4)一般,嵌件的高度不要超过其直径或平均直径的五倍。

5)对于内含各类织物夹层的橡胶模制品,在设计时,应该考虑模压的特点,织物夹层的填装操作方式,各个分型面的位置选择,模压时胶料流动的特点与规律,起模取件的难易程度,抽取型芯和判割制品零件有无可能等各种情况。

## 4 橡胶件的精度

### 4.1 模压制品的尺寸公差

模压制品是胶料或其半成品在一定的模具中经硫

化制得的合格成品。

模压制品的尺寸分为固定尺寸和封模尺寸两种。

固定尺寸,就是不受胶边厚度或上、下模、模芯之间错位的形变影响由模型型腔尺寸及胶料收缩率所决定的尺寸,如图 2.8-4 中尺寸  $W$ 、 $X$  和  $Y$ 。

封模尺寸,就是随着胶边厚度或上、下模、模芯之间错位的形变影响而变的尺寸,如图 2.8-4 中尺寸  $s$ 、 $t$ 、 $u$  和  $z$ 。

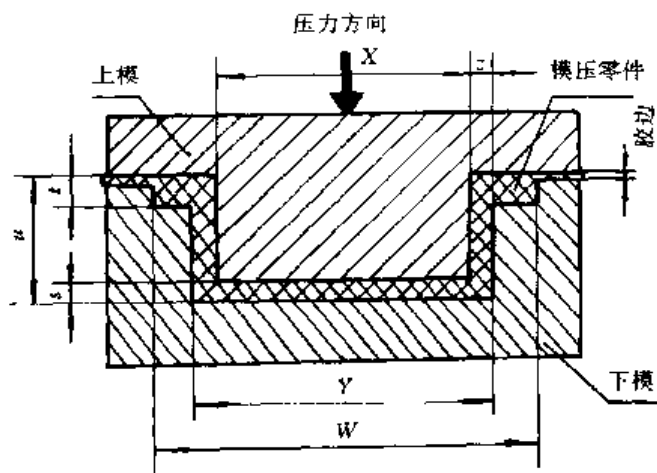


图 2.8-4 压模和压模零件(示意图)

对于移模和注压及无边模型的模压制品,可以把所有尺寸看作是固定的。对固定尺寸和封模尺寸,只有当它们彼此独立时,才能给以公差。

公差等级分为 4 级

精〔密〕级:适用于精密模压制品要求的尺寸公差。这类模压制品要求精密的模具,在模压硫化后往往还需要进行某种机械加工;这类制品的尺寸要求使用精密光学仪器或其他精密的测量装置进行计量。因此,成本很高。

高〔精度〕级:适用于高质量模压制品要求的尺寸公差。其中要用到许多上述精〔密〕级所要求的严格的生产控制条件。

中〔精度〕级:适用于一般质量的模压制品要求的尺寸公差。

低〔精度〕级:适用于尺寸控制要求不严格的模压制品未注尺寸公差。

模压制品尺寸公差列于表 2.8-5。表中 M1、M2、M3、M4 级分别代表模压制品精、高、中、低级尺寸公差级别。F 是固定尺寸公差,C 是封模尺寸公差。

一般模压制品的尺寸公差应根据制品的使用要求从表 2.8-5 中所规定的 4 个公差级别中选取。

表 2.8-5 模压制品尺寸公差(GB/T3672—2002)

(mm)

公称尺寸		M1 级		M2 级		M3 级		M4 级
大于	直到并包括	F ±	C ±	F ±	C ±	F ±	C ±	F 和 C ±
0	4.0	0.08	0.10	0.10	0.15	0.25	0.40	0.50
4.0	6.3	0.10	0.12	0.15	0.20	0.25	0.40	0.50
6.3	10	0.10	0.15	0.20	0.20	0.30	0.50	0.70
10	16	0.15	0.20	0.20	0.25	0.40	0.60	0.80
16	25	0.20	0.20	0.25	0.35	0.50	0.80	1.00
25	40	0.20	0.25	0.35	0.40	0.60	1.00	1.30
40	63	0.25	0.35	0.40	0.50	0.80	1.30	1.60
63	100	0.35	0.40	0.50	0.70	1.00	1.60	2.00
100	160	0.40	0.50	0.70	0.80	1.30	2.00	2.50
160	-	0.3%	0.4%	0.5%	0.7%	0.8%	1.3%	1.5%

所有胶料硫化后都有不同程度的收缩,在设计模具时要考虑到收缩率。收缩率取决于生胶和胶料配方及生产工艺的影响。某些合成橡胶,如硅橡胶、氟橡胶、聚丙烯酸酯橡胶的制品收缩率大;橡胶与非橡胶材料粘接的复合制品收缩率不一致;形状复杂或截面变化很大的制品尺寸较难控制,对此都可适当放宽尺寸公差要求。

一般模压橡胶制品应采用 M3 级公差。当尺寸精度要求更高时,可采用 M2 级,甚至 M1 级。

对于某一制品的尺寸可能不是全部要求同样的公差级别。在同一图样上的不同尺寸,可以采用不同的公差级别。图样上未标明所要求的公差级别,则采用 M4

级公差。

标准中的公差带均为对称分布。若因设计需要,经有关单位之间商定后,也可改为不对称分布。如:允许  $\pm 0.35\text{mm}$  的公差也可规定为  $^{+0.2}_{-0.5}\text{mm}$  或  $^{+0.7}_0\text{mm}$  或  $^0_{-0.7}\text{mm}$  等。

#### 4.2 压出制品的尺寸公差

胶料通过压出成型经硫化制得的合格成品,称

⊙ 本标准中词语,包括方括号内的字就是全称,去掉方括号中的字即为简称。

之为压出制品。压出制品分无支撑压出制品和有芯支撑压出制品两种。

压出制品的公差等级分为 4 级。

**精〔密〕级:**适用于精密压出制品要求的尺寸公差。这类压出制品,要求严格控制胶料、工艺及检验;需采用具有精密尺寸的支撑体进行硫化,或者采用磨床磨削、车床切割;以及使用精密的测量仪器,因此成本较高。

**高〔精度〕级:**适用于高质量压出制品的尺寸公差。它要用到许多上述精〔密〕级所要求的严格的生产工艺的控制条件。

**中〔精度〕级:**适用于质量好的压出制品要求的尺寸公差。

**低〔精度〕级:**适用于尺寸控制要求不严格的压出制品未注尺寸公差。

#### 4.2.1 无支撑压出制品的横截面尺寸公差

无支撑压出制品的横截面尺寸公差见表 2.8-6。

**表 2.8-6 无支撑压出制品的横截面尺寸公差(GB/T3672-2002) (mm)**

公称尺寸		E1 级 ±	E2 级 ±	E3 级 ±
大于	直到并包括			
0	1.5	0.15	0.25	0.40
1.5	2.5	0.20	0.35	0.50
2.5	4.0	0.25	0.40	0.70
4.0	6.3	0.35	0.50	0.80
6.3	10.0	0.40	0.70	1.00
10	16	0.50	0.80	1.30
16	25	0.70	1.00	1.60
25	40	0.80	1.30	2.00
40	63	1.00	1.60	2.50
63	100	1.30	2.00	3.20

注: E1、E2、E3: 分别代表无支撑压出制品横截面尺寸公差的高〔精度〕、中〔精度〕、低〔精度〕级。

#### 4.2.2 芯型支撑压出制品的尺寸公差

作为切割成环或垫圈的中空压出制品(通常是胶管),其内径尺寸要求比无芯硫化制品更为严格的公差,则可采用内芯支撑硫化。制品从芯棒上取下时常发生收缩,故制品的最终尺寸比其芯棒外径尺寸要小些。收缩量取决于所用胶料的性质及工艺条件。

如果供需双方同意,制品内径尺寸正公差就是相应的芯棒外径尺寸公差。

芯型支撑压出制品的内径尺寸公差见表 2.8-7。其他尺寸公差见表 2.8-6。

**表 2.8-7 芯型支撑的压出制品内尺寸公差<sup>①</sup>(GB/T3672-2002) (mm)**

公称尺寸		EN1 级 ±	EN2 级 ±	EN3 级 ±
大于	直到并包括			
0	4	0.20	0.20	0.35
4	6.3	0.20	0.25	0.40
6.3	10	0.25	0.35	0.50
10	16	0.35	0.40	0.70
16	25	0.40	0.50	0.80
25	40	0.50	0.70	1.00
40	63	0.70	0.80	1.30
63	100	0.80	1.00	1.60
100	160	1.00	1.30	2.00
160		0.6%	0.8%	1.2%

注: EN1、EN2、EN3: 分别代表芯型支撑压出制品横截面尺寸公差的精〔密〕、高〔精度〕、中〔精度〕级。

#### 4.2.3 表面磨光压出制品尺寸公差

表面磨光的压出制品(通常是胶管)的外缘尺寸(一般为直径)公差见表 2.8-8。

**表 2.8-8 表面磨光压出制品尺寸公差(GB/T3672-2002) (mm)**

公称尺寸		EG1 级 ±	EG2 级 ±
大于	直到并包括		
0	10	0.15	0.25
10	16	0.20	0.35
16	25	0.20	0.40
25	40	0.25	0.50
40	63	0.35	0.70
63	100	0.40	0.80
100	160	0.50	1.00
160	-	0.3%	0.5%

注: EG1、EG2: 分别代表表面磨削压出制品外缘尺寸公差的高〔精度〕、中〔精度〕级。

表面磨削压出制品(通常是胶管)的壁厚公差见表 2.8-9。

**表 2.8-9 表面磨削压出制品的壁厚公差(GB/T3672-2002) (mm)**

基本尺寸		EW1 级 ±	EW2 级 ±
大于	直到并包括		
0	4	0.10	0.20
4	6.3	0.15	0.20
6.3	10	0.20	0.25
10	16	0.20	0.35
16	25	0.25	0.40

注: EW1、EW2: 分别代表表面磨削压出制品壁厚公差的高〔精度〕、中〔精度〕级。

#### 4.2.4 压出制品的切割长度公差

压出制品的切割长度公差见表 2.8-10,并综合应用表 2.8-7~表 2.8-9。

对于低硬度高扯断强度的硫化胶(如天然橡胶的未填充硫化胶)须另行规定其公差。

**表 2.8-10 压出制品的切割长度公差(GB/T3672-2002) (mm)**

基本尺寸		L1 级	L2 级	L3 级
大于	直到并包括	±	+	±
0	40	0.70	1.0	1.6
40	63	0.80	1.3	2.0
63	100	1.0	1.6	2.5
100	160	1.3	2.0	3.2
160	250	1.6	2.5	4.0
250	400	2.0	3.2	5.0
400	630	2.5	4.0	6.3
630	1000	3.2	5.0	10.0
1000	1600	4.0	6.3	12.5
1600	2500	5.0	10.0	16.0
2500	4000	6.3	12.5	20.0
4000	—	0.16%	0.32%	0.50%

注: L1、L2、L3: 分别代表压出制品切割长度公差的精(密)、中(精度)、低(精度)级。

#### 4.2.5 压出制品的切割截面厚度公差

压出制品切割截面(如环、垫圈、圆片等)的厚度公差见表 2.8-11。

对于低硬度高扯断强度的硫化胶(如天然橡胶的未填充硫化胶),须另行规定其公差。

**表 2.8-11 压出制品的切割零件厚度公差(GB/T3672-2002) (mm)**

基本尺寸		EC1 级	EC2 级	EC3 级
大于	至	±	±	±
0.63	1.00	0.10	0.15	0.20
1.00	1.60	0.10	0.20	0.25
1.60	2.50	0.15	0.20	0.35
2.50	4.00	0.20	0.25	0.40
4.00	6.30	0.20	0.35	0.50
6.30	10	0.25	0.40	0.70
10	16	0.35	0.50	0.80
16	25	0.40	0.70	1.00

注: 1. EC1、EC2、EC3: 分别代表压出制品切割截面厚度公差的精(密)、中(精度)、低(精度)级。

2. EC1 和 EC2 级公差,用车床切割才能达到。

3. 此公差也适于模压制品切割截面的厚度。

压出制品的有关尺寸公差应从表 2.8-6~表 2.8-11 所规定的相应公差级别中分别选取。

压出制品在生产中所需的公差比模压制品的要大些,因为胶料在强行通过型腔出口后要发生膨胀,并在随后的硫化过程中发生收缩和变形。这些变化取决于所用生胶与胶料的性质,以及工艺的影响。

当制品要求特殊的物理性能时,又要要求精密级的公差,不一定总是可能的。一般说来,软的硫化胶比硬度大的硫化胶需要更大的公差。

任何压出制品的横截面,其内径、外径和壁厚这三个尺寸中,只需限定两个公差即可。

压出制品的尺寸公差要求,应随其具体使用技术条件而定。对于某一制品的关键部位应要求严格一些,其他部位酌情宽一些。一般制品的非工作部位或图样上未标明所要求的公差级别者,则采用有关表中最低那一级公差。

标准中的公差带均为对称分布。若因设计需要,可改成不对称分布。

#### 4.3 胶辊尺寸公差

##### 4.3.1 胶辊尺寸公差的等级

标准 GB/T9896-1988 胶辊尺寸公差规定了 6 个等级。

XXP	极高精密级
XP	高精密级
P	精密级
H	高标准级
Q	标准级
N	非标准级

它们是根据胶辊的类型和使用要求规定的。对于一种特定的胶辊,可以分别选用不同等级的尺寸公差。

通常低硬度胶料比高硬度胶料的公差大,故最高精密级公差等级不是所有硬度的胶辊都能适用的。如果没有注明所要求的尺寸公差级别时,通常选 N 级公差。

##### 4.3.2 胶辊的直径公差

胶辊直径公差由胶辊的长度、刚度和包覆胶硬度决定。

当包覆胶厚度确定后,直径公差应为辊芯直径与两倍包覆胶厚度之和的公差。

胶辊具有足够的刚度,且胶辊的包覆胶长度为辊芯直径的 15 倍以内时,胶辊的直径公差由表 2.8-12 规定。

胶辊具有足够的刚度,且胶辊的包覆胶长度为辊芯直径的 15 倍至 25 倍时,胶辊的直径公差由表 2.8-13 规定。

表 2.8-12 胶辊的直径公差(GB/T9896 1988)

硬 度		级 别					
国际硬度 邵尔 A 硬度	PJ 硬度						
<50	>120	—	—	—	H	Q	N
50~70	120~70	—	—	P	H	Q	N
>70~<100	<70~10	—	XP	P	H	Q	N
≈100	9~0	XXP	XP	P	H	Q	N
胶辊公称直径 /mm		直径偏差 /mm					
≤40		±0.04	±0.06	±0.10	±0.15	±0.3	±0.5
>40~63		±0.05	±0.07	±0.15	±0.20	±0.3	±0.6
>63~100		±0.06	±0.09	±0.15	±0.25	±0.4	±0.7
>100~160		±0.07	±0.11	±0.20	±0.30	±0.5	±0.9
>160~250		±0.08	±0.14	±0.25	±0.40	±0.6	±1.1
>250~400		±0.11	±0.18	±0.30	±0.50	±0.8	±1.4
>400~630		±0.14	±0.23	±0.40	±0.65	±1.1	±1.8
>630			±0.50	±0.75	±1.25	±2.0	±3.0

表 2.8-13 胶辊的直径公差(GB/T9896 1988)

硬 度		级 别					
国际硬度 邵尔 A 硬度	PJ 硬度						
<50	>120	—	—	—	H	Q	N
50~70	120~70	—	—	P	H	Q	N
>70~<100	<70~10	—	XP	P	H	Q	N
≈100	9~0	XXP	XP	P	H	Q	N
胶辊公称直径 /mm		直径偏差 /mm					
≤40		±0.06	±0.10	±0.15	±0.3	±0.5	±0.8
>40~63		±0.07	±0.15	±0.20	±0.3	±0.6	±1.0
>63~100		±0.09	±0.15	±0.25	±0.4	±0.7	±1.2
>100~160		±0.11	±0.20	±0.30	±0.5	±0.9	±1.5
>160~250		±0.14	±0.25	±0.40	±0.6	±1.1	±1.8
>250~400		±0.18	±0.30	±0.50	±0.8	±1.4	±2.3
>400~630		±0.23	±0.40	±0.65	±1.1	±1.8	±3
>630		±0.50	±0.75	±1.25	±2.0	±3.0	±5

胶辊的刚度不足或包覆胶长度为辊心直径的 25 倍以上时,胶辊直径的公差由供需双方商定。

胶辊的直径公差允许向正负两个方向调整。例如:允许偏差为 ±0.4mm,则可调整为  $^{+0.2}_{-0.6}$ mm 或  $^{+0.8}_0$ mm 或  $^0_{-0.8}$ mm 等。

#### 4.3.3 胶辊包覆胶长度公差

胶辊包覆胶长度公差由表 2.8-14 规定。

包覆胶长度公差允许向正负两个方向调整。

XP 级(高精密级)只适用于胶辊两个端面无包覆胶,且要求包覆胶端面与辊心端面在同一平面内的胶辊,则包覆胶长度公差,应由辊心的实际长度代替包覆胶公称长度来决定。

#### 4.3.4 胶辊的圆跳动公差

胶辊的圆跳动公差取决于胶辊的硬度和直径。当

包覆胶厚度一定时,圆跳动公差与辊心直径与两倍包覆胶厚度之和有关。

表 2.8-14 胶辊包覆胶长度公差

(GB/T9896- 1988) (mm)

包覆胶辊公称长度	等 级		
	XP	Q	N
	长度偏差		
≤250	±0.2	±0.5	±1.0
>250~400	±0.2	±0.8	±1.5
>400~630	±0.2	±1.0	±2.0
>630~1000	±0.2	±1.0	±2.5
>1000~1600	±0.2	±1.5	±3.0
>1600~2500	±0.2	±1.8	±3.5
>2500	±0.2	±0.08%	±0.15%

测量圆跳动公差时,其转速不超过 30m/min。

当胶辊具有足够的刚度时,圆跳动公差由表 2.8-15 规定。当胶辊刚度不足时公差按实际情况决定。

表 2.8-15 胶辊的圆跳动公差(GB/T9896-1988)

硬 度		级 别				
国际硬度 邵尔 A 硬度	PJ 硬度					
<50	>120		—	H	Q	N
50~70	120~70		P	H	Q	N
>70~<100	<70~10		P	II	Q	N
≈100	9~0	XP	P	H	Q	N
胶辊的公称直径 /mm		圆跳动公差 $t$ /mm				
≤40		0.01	0.02	0.04	0.08	0.15
>40~63		0.02	0.03	0.06	0.10	0.18
>63~100		0.03	0.04	0.08	0.13	0.20
>100~160		0.03	0.05	0.10	0.17	0.25
>160~250		0.03	0.06	0.12	0.20	0.30
>250~400		0.04	0.07	0.14	0.23	0.35
>400~630		0.04	0.08	0.18	0.30	0.45
>630		0.05	0.10	0.25	0.35	0.55

4.3.5 胶辊的圆柱度公差

胶辊的圆柱度公差,取决于胶辊的直径与包覆胶硬度。当包覆胶硬度确定后,其公差与辊心直径和两倍包覆胶厚度有关。

当胶辊具有一定刚度时,其公差按表 2.8-16 规

定。

当胶辊刚度不足时,其公差值按实际情况决定。

4.3.6 胶辊的中高度公差

胶辊的中高度公差(图 2.8-5)应按表 2.8-17 规定

执行。

表 2.8-16 胶辊的圆柱度公差(GB/T9896—1988)

硬 度		级 别				
国际硬度 邵尔 A 硬度	PJ 硬度					
<50	>120	—		—	H	Q
50~70	120~70	—		P	H	Q
>70~<100	<70~10	—	XP	P	H	Q
≈100	9~0	XXP	XP	P	H	Q
胶辊的公称直径 /mm		圆柱度公差 $t$ /mm				
≤40		0.01	0.02	0.04	0.08	0.15
>40~63		0.02	0.03	0.06	0.10	0.19
>63~100		0.03	0.04	0.08	0.13	0.20
>100~160		0.03	0.05	0.10	0.17	0.25
>160~250		0.03	0.06	0.12	0.20	0.30
>250~400		0.04	0.07	0.14	0.23	0.35
>400~630		0.04	0.08	0.18	0.30	0.45
>630		0.05	0.10	0.25	0.35	0.55

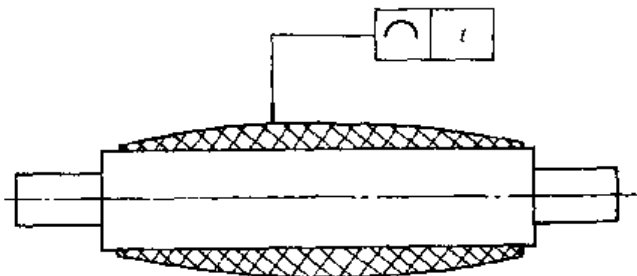


图 2.8.5 胶辊的中高度公差

表 2.8-17 胶辊的中高度公差(GB/T 3672—2002)

公称中高 /mm	等 级	
	XP	P
	中高度轮廓公差 $t$ /mm	
$\leq 0.10$	0.04	0.06
$> 0.10 \sim 0.16$	0.05	0.08
$> 0.16 \sim 0.25$	0.06	0.10
$> 0.25 \sim 0.40$	0.08	0.12
$> 0.40 \sim 0.63$	0.10	0.16
$> 0.63 \sim 1.00$	0.12	0.20
$> 1.00 \sim 1.60$	0.16	0.30
$> 1.60 \sim 2.50$	0.25	0.40
$> 2.50 \sim 4.00$	0.40	0.60
$> 4.00$	10%	-①

① 此项公差数值可由双方协定,并可用百分数表示。

#### 4.4 橡胶制品的尺寸测量

硫化后的橡胶制品至少应停放 16h 后才能测量尺寸,也可酌情延长至 72h 后测量。测量前制品应在试验室( $23 \pm 2$ )℃下至少停放 3h 方可进行测量。

制品应从硫化之日起 3 个月内或从收货之日起 2 个月内完成测量,见 GB2941—1982 橡胶试样停放和试验的标准温度、湿度及时间。

注意确保制品不在有害的环境条件下贮存,见《密封橡胶制品标志、包装、运输、贮存一般规定》。

## 第 9 章 焊接件结构工艺性

### 1 焊接方法及其应用

个基本类型，即熔焊、压力焊和钎焊。见表 2.9-1。

#### 1.1 焊接方法的分类、特点及应用

#### 1.2 常用金属材料的适用焊接方法

根据焊接过程中接头状态，焊接方法可归纳为三

常用金属材料的适用焊接方法见表 2.9-2。

**表 2.9-1 焊接方法分类、特点及应用**

类别	焊接方法		特 点	应 用	设备费	
电 弧 焊	涂药焊条电弧焊 (手工电弧焊)		具有灵活、机动、适用性广泛，可进行全位置焊接；所用设备简单、耐用性好、维护费用低等优点。但劳动强度大，质量不够稳定，决定于操作者水平	在单件、小批、零星、修配中广泛应用，适于焊接 3mm 以上的碳钢、低合金钢、不锈钢和铜、铝等非铁合金	少	
	焊剂层下电弧焊 (埋弧焊)		生产率高比手工电弧焊提高 5~10 倍，焊接质量高、且稳定，节省金属材料，改善劳动条件	在大量生产中适用于长直、环形或垂直位置的横焊缝，能焊接碳钢、合金钢以及某些铜合金等中、厚壁结构	中	
	惰性气体	非熔化极 (钨极氩弧焊)	气体保护充分、热量集中，熔池较小，焊接速度快，热影响区较窄，焊接变形小，电弧稳定，飞溅小，焊缝致密，表面无熔渣，成形美观，明弧便于操作，易实现自动化，限于室内焊接	最适用于焊接易氧化的铜、铝、钛及其合金，锆、钽、钼等稀有金属，以及不锈钢，耐热钢等	对 > 50mm 厚板 不适用	少
		熔化极 (金属极氩弧焊)			对 < 3mm 薄板 不适用	中
	气体保护焊	二氧化碳气体保护焊		成本低为埋弧和手工弧焊的 40% 左右，质量较好，生产率高，操作性能好，大电流时飞溅较大，成形不够美观，设备较复杂	广泛应用于造船、机车车辆，起重机械、农业机械中的低碳钢和低合金钢结构	中
		窄间隙气保护电弧焊		高效率的熔化极电弧焊，节省金属，限于垂直位置焊缝	应用于碳钢，低合金钢、不锈钢、耐热钢、低温钢等，厚壁结构	
	熔	电渣焊		生产率高，任何厚度不开坡口一次焊成，焊缝金属比较纯净，热影响区比其他焊法都宽，晶粒粗大，易产生过热组织，焊后须进行正火处理以改善其性能	应用于碳钢、合金钢，大型和重型结构如水轮机、水压机、轧钢机等全焊或组合结构的制造，常用于 35~400mm 壁厚结构	大
焊	气 焊		火焰温度和性质可以调节，与弧焊热源比热影响区宽，热量不如电弧集中，生产率比较低	应用于薄壁结构和小件的焊接，可焊钢，铸铁，铝，铜及其合金，硬质合金等	少	
	等离子弧焊		除具有氩弧焊特点外，等离子弧能量密度大，弧柱温度高，穿透能力强，能一次焊透双面成形；电流小到 0.1A 时，电弧仍能稳定燃烧，并保持良好的挺度和方向性	广泛应用于铜合金、合金钢、钨、钼、钽、钛等金属如钛合金的导弹壳体、波纹管及膜盒，微型电容器、电容器的外壳封接以及飞机和航天装置上的一些薄壁容器的焊接		



(续)

类别	焊接方法	特点	应用	设备费
熔焊	电子束焊接	在真空中焊无金属电极沾污, 保证焊缝金属的高纯度, 表面平滑无缺陷; 热源能量密度大、熔深大、焊速快、焊缝深窄能单道焊厚件, 热影响区小, 不产生变形, 可防止难熔金属焊接时易产生裂纹和泄漏。焊接时一般不添加金属, 参数可在较宽范围内调节、控制灵活	用于焊接从微型电子线路组件、真空膜盒、钢管蜂窝结构、原子能燃料元件到大型的导弹外壳, 以及异种金属、复合结构件的焊接等, 由于设备复杂, 造价高, 使用维护技术要求高, 焊件尺寸受限制等, 其应用范围受一定限制	大
	激光(束)焊接	辐射能量放出迅速, 生产率高, 可在大气中焊接, 不需真空环境和保护气体; 能量密度很高, 热量集中、时间短, 热影响区小; 焊接不需与工件接触; 焊接异种材料, 比较容易, 但设备有效系数低、功率较小, 焊接厚度受限	特别适用于焊接微型精密、排列非常密集, 对受热敏感的焊件、除焊接一段薄壁搭接外, 还可焊接细的金属线材以及导线和金属薄板的搭接, 如集成电路内外引线, 仪表游丝等的焊接	
电阻焊	点焊	低电压大电流, 生产率高, 变形小, 限于搭接。不需添加焊接材料, 易于实现自动化, 设备较一般熔化焊复杂, 耗电量大, 缝焊过程中分流现象较严重	点焊主要适用于焊接各种薄板冲压结构及钢筋, 目前广泛用于汽车制造、飞机、车厢等轻型结构, 利用悬挂式点焊枪可进行全位焊接。缝焊主要用于制造油箱等要求密封的薄壁结构 闪光对焊用于重要工件的焊接可焊异种金属(铝钢、铝-铜等), 从直径0.01mm金属丝到约20000mm <sup>2</sup> 的金属棒。如刀具、钢筋、钢轨等	大
	缝焊			
	接触对焊	接触(电阻)对焊, 焊前对被焊工件表面清理工作要求较高, 一般仅用于断面简单直径小于20mm和强度要求不高的工件, 而闪光焊对工件表面焊前无需加工, 但金属损耗多		
	闪光对焊			
压焊	摩擦焊	接头组织致密, 表面不易氧化, 质量好且稳定, 可焊金属范围较广, 可焊异种金属, 焊接操作简单、不需添加焊接材料, 易实现自动控制, 生产率高, 设备简单, 电能消耗少	广泛用于圆形工件及管子的对接, 如大直径铜铝导线的连接, 管板的连接	
	气压焊	利用火焰将金属加热到熔化状态后加外力使其连接在一起	用于联接圆形, 长方形截面的杆件与管子	中
焊	扩散焊	焊件紧密贴合, 在真空或保护气氛中, 在一定温度和压力下保持一段时间, 使接触面之间的原子相互扩散完成焊接的一种压焊方法	接头力学性能高; 可焊接性能差别大的异种金属, 可用来制造双层和多层复合材料; 可焊形状复杂的互相接触的面与面, 代替整锻; 焊接变形小	
	高频焊	热能高度集中, 生产率高, 成本低; 焊缝质量稳定, 焊件变形小; 适于连续性高速生产	适于生产有缝金属管; 可焊低碳钢、工具钢、铜、铝、钛、镍、异种金属等	
	爆炸焊	爆炸焊接好的双金属或多种金属材料, 结合强度高, 工艺性好, 焊后可经冷热加工。操作简单, 成本低	适于各种可塑性金属的焊接	
钎焊	软钎焊	焊件加热温度低、组织和机械性能变化很小, 变形也小, 接头平整光滑, 工件尺寸精确。软钎焊接头强度较低, 硬钎焊接头强度较高。焊前工件需清洗、装配要求较严	广泛应用于机械、仪表、航空、空间技术所用装配中如电真空器件、导线、蜂窝和夹层结构、硬质合金刀具等	少
	硬钎焊			

表 2.9-2 常用金属材料适用的焊接方法

焊接方法	碳 钢				铸钢	铸铁	低 合 金 钢										耐 热 合 金	轻 金 属				铜 合 金				铅 铋									
	纯铁	低碳钢	中碳钢	高碳钢			含铜钢	合金铸钢	合金铸铁	镍钢	镍铜钢	锰钢	碳素钢	铬钢	铬镍钢	镍钢		铬钒钢	锰钢	铬钢M型	铬钢F型	铬镍钢A型	耐热超合金	高镍合金	纯铝		铝合金①	铝合金②	纯钛	钛合金①	钛合金②	纯铜	黄铜	磷青铜	铝青铜
手弧焊	A	A	A	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B	D	D	D	D	B	B	B	B	B	D	
埋弧焊	A	A	B	B	A	B	D	D	D	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	D	C	D	C	D	D	D	
CO <sub>2</sub> 焊	B	A	C	D	C	A	B	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	C	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	D	
氩弧焊	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	—	—	—	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	B		
电渣焊	A	A	B	C	A	A	B	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
气电焊	A	A	B	C	A	A	B	B	B	D	D	B	B	D	D	D	D	D	B	B	B	B	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
氧-乙炔焊	A	A	B	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B	B	D	D	D	B	B	C	C	D
气压焊	A	A	A	A	A	B	D	D	D	A	A	B	B	A	A	A	B	A	A	B	B	B	C	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	D	
点缝焊	A	A	B	D	A	B	D	D	D	A	A	A	—	D	D	D	D	D	D	C	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	C	C	B	
闪光焊	A	A	A	B	A	B	D	D	D	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	D	D	C	C	C	C	D	
铝热焊	A	A	A	B	B	A	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
电子束焊	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	B	B	B	B	B
钎焊	A	A	B	B	B	B	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	B	C	B	B	C	B	C	D	D	B	B	B	B	C

注：1. 表中①铝、钛合金为非热处理型；②铝、钛合金为热处理型。  
 2. A—最适用；B—适用；C—稍适用；D—不适用。

## 2 焊接结构的设计原则

### 2.1 焊接性

焊接性是指采用一定的焊接工艺方法、工艺参数及结构型式条件下获得优质焊接接头的难易程度。

#### 2.1.1 钢的焊接性

一般认为含碳量（质量分数）<0.25%的碳钢及含碳量（质量分数）<0.18%的合金钢焊接性良好。在设计重要焊接结构时，选择焊接材料，必须经过仔细的焊接性试验。在设计中还必须结合结构的复杂程度、刚度、焊接方法、采用的焊条及焊接的工艺条件等因素去考虑钢材的焊接性。

常用钢材的焊接性见表 2.9-3。

表 2.9-3 常用钢材的焊接性

钢 号	焊 接 性		特 点
	等级	概略指标(%) (质量分数)	
		合金元素 总含量	
Q195, Q215, Q235; 08, 10, 15, 20, 25; ZG25; Q345, 16MnCu, Q390, 15MnTi, Q295, 09Mn2Si, 20Mn 15Cr, 20Cr, 15CrMn 0Cr13, 1Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti, 2Cr18Ni9, 0Cr17Ti, 0Cr18Ni10, 0Cr18Ni9Ti, 0Cr17Ni13Mo2Ti, 1Cr18Ni10Ti, 1Cr17Ni13Mo2Ti, Cr17Ni13Mo3Ti, 1Cr17Ni13Mo3Ti	1 (良好)	1 以下  1~3  3 以上	0.25 以下  0.20 以下  0.18 以下
			在任何普通生产条件下都能焊接, 没有工艺限制, 对于焊接前后的热处理及焊接热规范没有特殊要求。焊接后的变容易矫正。厚度大于 20mm, 结构刚度很大时要预热 低合金钢预热及焊后热处理。1Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti 须预热焊后高温退火。要做到焊缝成形好, 表面粗糙值小, 才能很好的保证耐腐蚀性能



2.1.3 有色金属的焊接性

有色金属的焊接性见表 2.9-5。

有色金属要比焊低碳钢困难得多,这里介绍的焊接性,只是就它们本身比较而言。

2.1.4 异种金属间的焊接性

异种金属间的焊接性见表 2.9-6。

2.2 结构刚度和减振能力

一般钢材比铸铁的减振能力都低,故有较高要求的铸铁件(如机床床身等)时不能简单地按许用应力减少其截面,必须考虑其刚度和减振能力。

2.3 应力集中

焊接结构截面变化大,过渡区较陡,圆角较小处,

表 2.9-5 有色金属的焊接性

焊接金属	焊接性	焊接方法与焊接接头的特点	备注
铜	一般	通常采用气焊和氩弧焊并选好用焊丝以达到焊接要求的焊接接头	大的复杂的铸件,焊前须预热
黄铜(Cu-Zn)	良好		薄的轧制黄铜板不须预热,大的复杂的结构,厚板须预热。铸造黄铜工件须全部或局部预热
硅青铜,磷青铜			主要用于焊补铸件,焊前须预热,焊后应缓慢冷却
锡青铜,铝青铜	良好		
纯铝1060 1050A 1035 1200			
铝镁5A03 5A01 5A06	一般		焊缝>18mm 容易出现裂纹
铝			
硬铝	较差		结晶裂纹倾向大
Al-Zn-Mg-Cu 高强度铝合金	很难		

表 2.9-6 异种金属间的焊接性

被焊材料牌号	气焊	氢原子焊	二氧化碳保护焊	手工电焊	氩弧焊
20+30CrMnSiA	△	△	△	△	△
20+30CrMnSiNi2A	—	△	—	△	△
20+1Cr18Ni9Ti	△	—	△	△	△
30CrMnSiA+1Cr18Ni9Ti	△	—	△	△	△
30CrMnSiA+30CrMnSiNi2A	—	△	—	△	△
1Cr18Ni9Ti-1Cr19Ni11Si4AlTi	—	—	△	—	△
LF21+LF2 3A21+5A02	△	—	—	—	△
LF21+LF3 3A21+5A03	—	—	—	—	△
LF21+ZL-101 3A21+ZL-101	△	—	—	—	△
LF3+LF6 5A03+5A06	—	—	—	—	△

注:“△”——表示可以焊接。

易引起较大的应力集中。在动载和低温条件下工作的高强度钢结构件,在设计 and 施工过程中,尤需采取措施以减少应力集中。

2.4 焊接残余应力和变形

拉伸残余应力会降低结构的强度,变形会引起结构尺寸、精度变化,为此需恰当地设计结构,使之有利于降低焊接残余应力和变形。

2.5 焊接接头性能的不均匀性

在焊接热作用下,焊缝和热影响区的成分、组织和性能都不同于母材。故在选择焊接材料、焊接

方法,制定焊接工艺时,应保证接头性能达到设计要求。

2.6 应尽量减少和排除焊接缺陷

在设计中应考虑便于焊接操作,为减少焊接缺陷创造条件。焊缝布置应避开高应力区。重要焊缝必须进行无损探测。

3 焊接接头的形式

3.1 焊接接头的特点

电弧焊焊接接头由焊缝、热影响区和母材三部分

构成：焊缝的加热温度  $>1500\text{C}$ ，凝固后为铸态结晶，呈分层柱状晶结构，晶粒比较粗大。热影响区比较复杂，加热温度在  $300\sim 1250\text{C}$ ，温度高处，晶粒粗大化，温度低处，晶粒细化。母材为未受热影响的基本金属。

### 3.2 接头形式及选用

焊接接头是焊接结构最基本的部分，接头设计应

根据结构形状、强度要求、工件厚度、焊接性、焊后变形大小、焊条消耗量、坡口加工难易程度等各方面因素综合考虑决定。

接头的基本形式有对接、搭接、丁字接和十字接、角接与边接等，见图 2.9-1。

对接接头受力较均匀，也是用得最多的一种，对重要受力焊缝应尽量选用。搭接接头因两工件不在同一

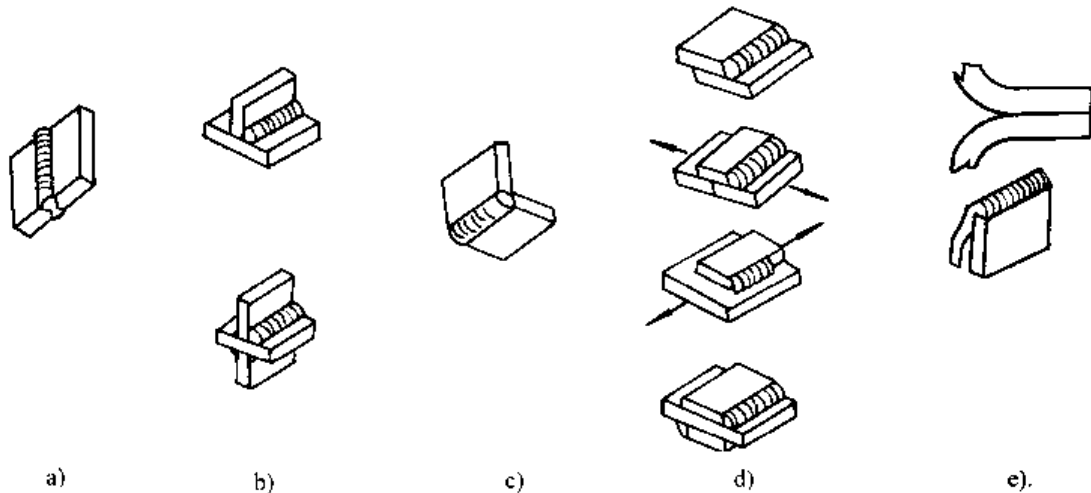


图 2.9-1 焊接接头的基本形式

a)对接 b)丁字接和十字接 c)角接 d)搭接 e)边接

平面上，受力时产生附加弯矩，而且消耗金属量也较大，一般应尽量避免采用。但搭接接头不需开坡口，装配时尺寸要求不高，对有些受力不大的平面联接，采用搭接接头可节省工作量。丁字接头及角接接头受力情况都较对接接头复杂些，但接头成直角联接时，必须采用这类接头。边接是两个或两个以上平行或近于平行的结构单元边缘之间的接头，它的特点是不需要填充金属。

## 4 焊缝坡口的基本形式与尺寸

### 4.1 坡口参数的确定

坡口参数包括：坡口角，根部间隙、钝边和坡口面角度等。

坡口角：坡口角为  $20^\circ\sim 60^\circ$ ，坡口角小则需要的焊缝金属量少，但它需满足焊条能接近接头根部并保证多层焊道侧壁很好熔化。

根部间隙：间隙过小根部熔化困难，加上必须使用

小直径焊条，焊接过程减慢。间隙过大需用更多的焊缝金属量，增加成本和增大变形倾向。

钝边：是指在预加工边缘上保留最小限度熔透金属的附加厚度，焊接时金属量通过它导向间隙。当用垫板焊接时不需钝边。

坡口面角度，或称斜边角：它影响根部间隙、接头可接近性和整个焊缝横截面的熔化质量。

### 4.2 碳钢、低合金钢的手工电弧焊、气焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸

碳钢、低合金钢的手工电弧焊、气焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸，见表 2.9-7。


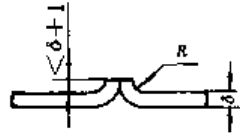

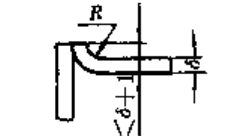
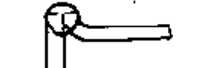

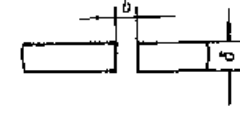

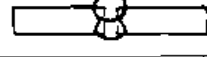

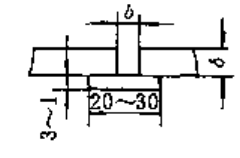


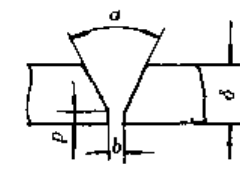



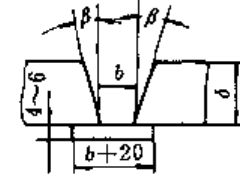


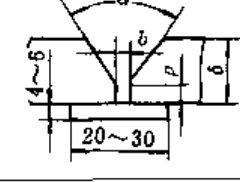
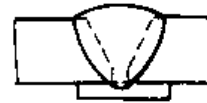

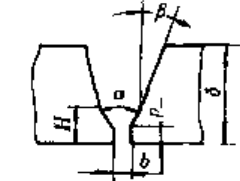



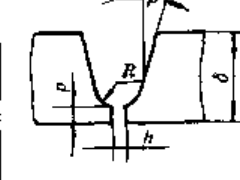


不同厚度的钢板对接接头的两板厚度之差  $(\delta - \delta_1)$  不超过表 2.9-7(1) 规定时，则焊缝坡口的基本形式与尺寸按厚板的数据来选取；否则，应在厚板上作出表 2.9-7(2) 附图所示的单面或双面削薄，其削薄长度  $L \geq 3(\delta - \delta_1)$ 。

表 2.9-7(1) 焊缝坡口基本形式与尺寸

(mm)

较薄板厚度 $\delta_1$	允许厚度差 $(\delta - \delta_1)$	附 图
$>2\sim 5$	1	
$>5\sim 9$	2	
$>9\sim 12$	3	
$>12$	4	

表 2.9-7(2) 焊缝坡口基本形式与尺寸(摘自 GB/T985-1988)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha(\beta)$ /( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$	$R$	
1	1~2	卷边坡口				—	—	—	—	1~2	大多不加填充材料
											
2	1~3	I形坡口				—	0~1.5	—	—	—	
					0~2.5						
3	2~4	I形带垫板坡口				—	0~3.5	—	—	—	
4	3~26	Y形坡口				40~60	0~3	1~4	—	—	
											
5	>16	V形带垫板坡口				(5~15)	6~15	—	—	—	
6	6~26	Y形带垫板坡口				45~55	3~6	0~2	—	—	
7	>20	V形坡口				60~70	0~3	1~3	8~10	—	
											
8	20~60	带钝边U形坡口				(1~8)	0~3	1~3	—	6~8	
											

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha(\beta)$ /( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$	$R$	
9	12~60	双Y形坡口						1~3	—	—	
10	>10	双V形坡口				10~60	0~3	—	$\frac{\delta}{2}$	—	
11		2/3双V形坡口						—	$\frac{\delta}{3}$	—	
12	>30	双U形坡口带钝边				(1~8)	0~3	2~4	$\frac{\delta-p}{2}$	6~8	
13		UY形坡口				40~60 (1~8)					
14	3~40	单边坡口				(35~50)	0~4	—	—	—	
15	>16	单边坡口带垫板				(12~30)	6~10	—	—	—	

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha(\beta)$ /( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$	$R$	
16	6~15	V形带垫板坡口				30~40	3~5				
	20~30					5~8					
17	>16	带钝边J形坡口									
18	>30	带钝边双J形坡口				(10~20)	0~3	2~4			6~8
19	>10	双单边V形坡口				(35~50)	0~3	--	$\frac{\delta}{2}$		
20	2~8	I形坡口				--	--	--	--	--	--
21	4~30	错边I形坡口				--	0~2	--	--	--	$a$ 值由设计确定



(续)

序号	上件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm				说明	
						$\alpha(\beta)$ /( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$		$R$
22	12~30	Y形坡口				40~50	0~3	—	—		
23	6~30	带钝边单边V形坡口				35~55	0~3	1~3	—	—	
24	20~40	带钝边双单边V形坡口									
25	20~40	带钝边双单边V形坡口				(40~50)	0~3	1~3	—	—	
26	2~30	I形坡口				—	0~2	—	—	—	仅适用于薄板
27						—	—	—	—	值由设计确定	

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm				说明
						$\alpha(\beta)$ / $^\circ$	$b$	$p$	$II$	
28	1~3	锁边坡口				30~60 (0~8)	—	—	—	
29	>2	塞焊坡口				—	—	—	—	孔径 $\phi$ $\geq 0.8$ $\sim 2\delta$ 且 $\leq 10$ , 若 为长孔 $L$ 由设计确定, 塞焊 点间距由 设计确定

4.3 碳钢、低合金钢埋弧焊焊缝坡口的形式与尺寸

碳钢、低合金钢埋弧焊焊缝坡口的形式与尺寸, 见表 2.9-8。

表 2.9-8(1) 焊缝坡口基本形式与尺寸(摘自 GB/T986 1988)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm				说明									
						$\alpha(\beta)$ / $^\circ$	$b$	$p$	$II$		$R$								
1	3~10	I 形坡口				—	0~1	—	—	焊缝有效厚度由设计者确定									
2	3~6					—					—	—	封底焊道允许采用任何明弧焊						
3	6~20					—								0~2.5	允许后焊侧采用碳弧气刨清根				
4	6~12					—								0~4		—	需采用 HD 和 TD 保护熔池		
5	6~24					—												—	—
6	3~12	带垫板 I 形坡口			0~5	—	—												
7	10~20	带钝边单边 V 形坡口						(35°~50°)	0~4	5~8	—	—	同序号 4						
8									0~2.5	6~10					—				

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha(\beta)$ / $^\circ$	$b$	$p$	$H$	$R$	
9	10~30	带钝边单边V形带垫板坡口				$(20^\circ \sim 40^\circ)$	2~5	0~4	—	—	
10	16~30	带钝边单边V形锁边坡口							—	—	
11	20~50	带钝边J形坡口				$(6^\circ \sim 12^\circ)$	0~2	6~10	—	3~10	
12	10~24	Y形坡口				$(50^\circ \sim 80^\circ)$	5~8	—	—	—	同序号4
13	10~30					$(40^\circ \sim 80^\circ)$	0~2.5	6~10	—	—	同序号3
14	10~30	Y形带垫板坡口				$40^\circ \sim 60^\circ$	2~5	2~5	—	—	
15	16~30	Y形锁边坡口				$40^\circ \sim 60^\circ$	2~3	2~5	—	—	
16	6~16	反Y形坡口				$60^\circ \sim 70^\circ$	0~3	—	5~10	—	坡口侧采用手工明弧焊同序号3
17	30~60	VY形复合坡口				$(8^\circ \sim 12^\circ)$ $65^\circ \sim 72^\circ$	1~3	8~12	—	—	底焊缝采用任何明弧焊,全焊透至H高度

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm				说明	
						$\alpha(\beta)$ /( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$		$R$
18	20~30	带钝边双单边V形坡口				$\beta = 45^\circ \sim 60^\circ$ $\beta_1 = 40^\circ \sim 50^\circ$					允许采用不对称坡口
19	24~60	双Y形坡口				$\alpha = 50^\circ \sim 80^\circ$ $\alpha_1 = 50^\circ \sim 60^\circ$	0~2.5	5~10			1. $\alpha = \alpha_1$ , 只标出 $\alpha$ 值 2. 允许采用角度不对称, 高度不对称, 角度高度都不对称的双“Y”坡口
20	50~160	带钝边双U形坡口				$(5^\circ \sim 12^\circ)$	0~2.5	6~10		6~10	1. $\beta = \beta_1$ , 只标出 $\beta$ 值 2. 允许采用角度不对称, 高度不对称, 角度高度都不对称的双“U”坡口
21	40~160	UY形坡口				$(5^\circ \sim 10^\circ)$ $70^\circ \sim 80^\circ$	0~2.5	2~3			同序号2
22	60~250	窄间隙坡口				$(1^\circ \sim 3^\circ)$ $70^\circ \sim 80^\circ$	0~2	1.5~2.5	9~11	8~11	1. 窄间隙坡口适用于首层焊道, 以后每层焊两道 2. 内坡口侧采用任何明弧焊
23	6~14	I形坡口					0~2.5				$\delta > \delta_1$ ; 同序号2
24	10~20	单钝边单边V形坡口				$(35^\circ \sim 45^\circ)$	0~2.5	0~3			同序号2

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm				说明		
						$\alpha(\beta)$ /( $^\circ$ )	$b$	$p$	$H$		$R$	
25	26~40	带钝边双面单边V形坡口				$\beta = 35^\circ \sim 45^\circ$ $\beta_1 = 40^\circ \sim 50^\circ$	0~2.5	1~3	0~10	—	同序号 2	
26	30~120	带钝边J形单边V形组合坡口				$\beta = 10^\circ \sim 20^\circ$ $\beta_1 = 40^\circ \sim 50^\circ$	—	—	—	7~10	—	同序号 2
27	2~60	I形坡口				—	0~3	—	—	—	—	—
28						—	0~2	—	—	—	—	—
29	10~24	带钝边单边V形坡口				$(35^\circ \sim 45^\circ)$	—	3~7	—	—	—	同序号 2
30	10~40	带钝边双单边V形坡口				$(10^\circ \sim 50^\circ)$	0~2.5	—	—	—	—	允许采用对称坡口
31	30~60	带钝边双J形坡口				$(30^\circ \sim 50^\circ)$	—	3~5	—	—	5~7	同序号 3
32	3~12	搭接接头				—	0~1	—	—	—	—	搭接长度 $L$ 根据具体情况定

注:1. HD表示采用焊剂垫。TD表示采用铜垫。

2. 不同厚度钢板对接焊的重要受力接头,若两板的厚度差 $(\delta - \delta_1)$ 符合表2.9-6(2)规定时,其坡口尺寸按厚板的厚度选择,否则厚钢板要按表2.9-6(2)附图规定削薄,削薄长度 $L \geq (\delta - \delta_1)$ 。

表 2.9-8(2) 焊缝坡口基本形式与尺寸

(mm)

薄板厚度 $\delta_1$	>2~5	>5~9	>9~12	>12
允许厚度差( $\delta-\delta_1$ )	1	2	3	4
附 图				

4.4 铝合金气体保护焊焊缝坡口形式与尺寸

铝合金气体保护焊焊缝坡口形式与尺寸,见表

2.9-9。

表 2.9-9 铝合金焊缝坡口形状与尺寸(TIG、MIG 焊接场合)

接头类型	焊缝形式	坡口形状	母材厚度 $\delta$ /mm	焊接层数	尺寸		备注
					TIG 焊时	MIG 焊时	
板的对接接头	I 形		<6	1~2	$b \leq 3$	$c \leq 2$ 使用垫板时 $c \leq t$	
	V 形		4~12	1~4	$b \leq 3$ $p \leq 3$ $\alpha = (60^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$ (下、立向) $\alpha = (70^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$ (提向) $\alpha = (90^\circ \sim 110^\circ) \pm 5^\circ$ (上向)	$b \leq 3$ $p \leq 3$ $\alpha = 60^\circ \pm 5^\circ$	可以使用非永久性垫板或进行背焊
	V 形带垫板		>4	1~4	—	$b = 3 \sim 6$ $p \leq 6$ $\alpha = (45^\circ \sim 60^\circ) \pm 5^\circ$ $\delta' = 4 \sim 6$ $b' = 20 \sim 50$	亦可用 TIG 焊
	X 形		8~25	>2	$b \leq 3$ $p \leq 3$ $\alpha = (60^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$		
管的对接	V 形		壁厚 3~10 外径 30~300	>1	$b \leq 6$ $p \leq 3$ $\alpha = (70^\circ \sim 75^\circ) \pm 5^\circ$ (水平旋转) $\alpha = (75^\circ \sim 110^\circ) \pm 5^\circ$ (垂直和水平固定)	$b \leq 6$ $p \leq 2$ $\alpha = 75^\circ \pm 5^\circ$	使用垫或垫板 ( $t' = 2 \sim 5$ , $b' = 20 \sim 40$ )
	U 形(类 U 形)		壁厚 3~10 外径 30~300	>1	$c \leq 0.5$ $c' = 6 \sim 10$ $p = 1.5 \sim 2.5$ $\alpha = 60^\circ \pm 5^\circ$	—	无垫或垫板场合使用

(续)

接头类型	焊缝形式	坡口形状	母材厚度 $\delta/\text{mm}$	焊接层数	尺寸		备注
					TIG 焊时	MIG 焊时	
丁 接 接 头	角焊缝		$>1$	$>1$	$b \leq 2$		板厚不同时,以薄者为准
	单边 V 形		$4 \sim 12$	$1 \sim 3$	$b \leq 2$ $p \leq 2$ $\alpha = 50^\circ \pm 5^\circ$		—
	单边 V 形 (带垫板)		$>4$	$>2$	$b = 3 \sim 6$ $\beta = (45^\circ \sim 50^\circ) \pm 5^\circ$ $\delta' = 3 \sim 6$ $b' = 15 \sim 30$		—
	双边 V 形 (K 形)		$8 \sim 25$	$>1$	$b \leq 2$ $p \leq 2$ $\beta = 50^\circ \pm 5^\circ$		—
搭 接	角焊缝		$>3$	$>1$	$\alpha = (80^\circ \sim 100^\circ) \pm 5^\circ$		板与板的 间隙 $< 0.5\text{mm}$
角 接	角焊缝		$>2$	$>1$	$\alpha = (80^\circ \sim 100^\circ) \pm 5^\circ$		可以采用 与 T 接头 相同的坡口 形状
边 接	I 形或 V 形		$>1$	$>1$	$\alpha = (90^\circ \sim 180^\circ) \pm 5^\circ$		板与板之 间,间隙 $<$ $0.5\text{mm}$
对 接	卷边		1 左右	1	$h = (2 \sim 3)\delta$		只适用于 TIG, 不用 填充焊丝
	U 形		$>8$	$>2$	$b \leq 2$ $\alpha = (30^\circ \sim 50^\circ) \pm 5^\circ$ $p = 1.5 \sim 3$ $R = 4 \sim 8$		—
	双 U 形 (H 形)		$>16$	$>2$	$b \leq 2$ $\alpha = (30^\circ \sim 50^\circ) \pm 5^\circ$ $p = 4 \sim 5$ $R = 6 \sim 8$		进行背焊 后,从背面 进行焊接

(续)

接头类型	焊缝形式	坡口形状	母材厚度 $\delta/\text{mm}$	焊接层数	尺寸		备注
					TIG 焊时	MIG 焊时	
丁接	J 形		$>10$	$>3$	$b \leq 2$ $p = 2 \sim 4$ $b' \leq 6$ $\alpha = (30^\circ \sim 45^\circ) \pm 5^\circ$ $R = 4 \sim 6$		—
搭接	棒接		$3 \sim 8$	$1 \sim 2$	$l = (1.8 \sim 2.0)\delta$		—
	塞接		$1 \sim 6$	—	$d = 4 \sim 12$ $\alpha = (0^\circ \sim 90^\circ) \pm 5^\circ$		板与板之间间隙 $< 0.5\text{mm}$

#### 4.5 纯铜几种焊法的焊缝坡口形式与尺寸

纯铜几种焊法的焊缝坡口形式与尺寸,见表 2.9-10。

表 2.9-10 纯铜焊缝坡口形状与尺寸

(mm)

坡口形状	尺寸											
	氧乙炔气焊				碳弧焊、手弧焊、氩弧焊				自动埋弧焊			
	$\delta$	$b$	$p$	$\alpha$	$\delta$	$b$	$p$	$\alpha$	$\delta$	$b$	$p$	$\alpha$
	$< 2$	$0 \sim 2$	—	—	$2 \sim 3$ $3.5 \sim 5$ $5 \sim 10$	$0 \sim 2$ $2 \sim 4$ <sup>①</sup> $4 \sim 8$ <sup>①</sup>			$8 \sim 10$	$2 \sim 4$		
	$3 \sim 10$	$1 \sim 3$	$1 \sim 3$	$70^\circ \sim 90^\circ$	$\geq 5$ $\geq 5$	$0 \sim 2$ $2 \sim 4$ <sup>①</sup>	$1 \sim 3$ $2 \sim 4$	$60^\circ \sim 80^\circ$ $60^\circ \sim 80^\circ$	$8 \sim 10$ $12 \sim 16$ $18 \sim 24$	$1 \sim 3$ $2 \sim 3$ $3 \sim 4$	$4 \sim 5$ $6 \sim 8$ $6 \sim 8$	$70^\circ \sim 90^\circ$ $70^\circ \sim 90^\circ$ $70^\circ \sim 90^\circ$
	$5 \sim 30$	$2 \sim 4$	$1 \sim 3$	$70^\circ \sim 90^\circ$	$\geq 12$	$0 \sim 2$	$1.5 \sim 2$	$60^\circ \sim 80^\circ$	$> 20$	$1 \sim 3$	$4 \sim 5$	$70^\circ \sim 90^\circ$

① 是指大间隙,焊接时应使用垫板。

#### 4.6 接头坡口的制作

焊接接头预加工方法有:机械加工、铲切、剪切、磨削、气割、气刨和空气碳弧切割等。最经济方法的选择,取决于原材料类型、截面特性、质量要求和现有设备条件。

斜边和 V 形坡口用气割较易制作,应用广泛。J 和 U 形坡口需用机械加工或空气碳弧切割,成本较高。若有刨边机采用 J 或 U 形接头,可减少焊缝金属需要量。

当使用双面坡口接头,根部间隙非常大的时候,为

防止熔穿,需用垫片。在用垫片时,接头另一面在焊接之前必须进行背刨至出现无缺陷的光泽金属。

当根部间隙过大,且需从一面进行焊接时,应用垫板。垫板常在该处保持到焊后变成接头总体的一部分。垫板材料应与母材一致。

当对接没有垫板的焊缝,为排除钝边处熔化缺陷,去掉在焊缝根部的金属,需采用背刨。背刨法有:磨、铲和刨。最经济的方法是刨,可获得理想外形。

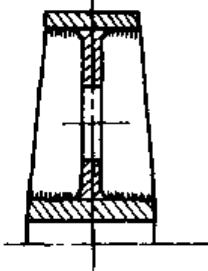
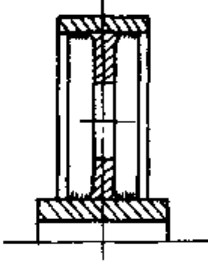
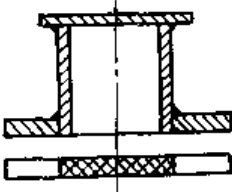
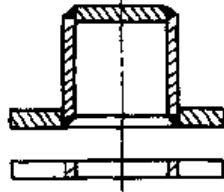


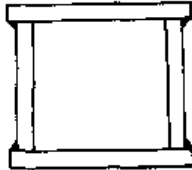

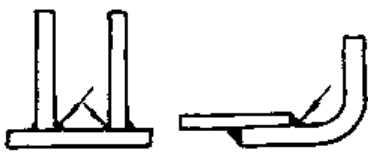
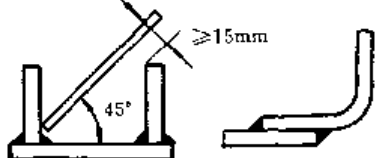
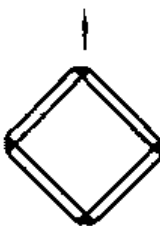
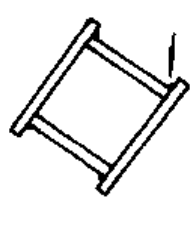

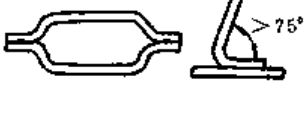
为焊接 U 形坡口,在一定条件下,得应用刨削预加工前的装配和定位。



### 5 焊接件结构设计应注意的问题

焊接件结构设计应注意的问题见表 2.9.11。

表 2.9.11 焊接件结构设计应注意的问题

序号	注意事项	图 例		说 明
		改进前	改进后	
1	节省原料			用钢板焊制零件时, 尽量使所用板料形状规范, 以减少下料时产生边角废料
				设计时设法搭配各零件的尺寸, 使有些板料可以采用套料剪裁的方法制造, 原设计底板冲下的圆板为废料, 改进后, 可以利用这块圆板制成零件顶部的圆板, 废料大为减少
2	减少焊接工作量			减少拼焊的毛坯数, 用一块厚板代替几块薄板
				用钢板焊接的零件, 如改为先将钢板弯曲成一定形状再进行焊接较好
3	焊缝位置应便于操作			手工焊要考虑焊条操作空间
				自动焊应考虑接头处便于存放焊剂
				点焊应考虑电极伸入方便

(续)

序号	注意事项	图 例		说 明
		改进前	改进后	
4	焊缝位置布置有利于减少焊接应力与变形			焊缝应避免过分密集或交叉
				不要让热影响区相距太近
				焊接端部应去除锐角
				焊接件设计应具有对称性, 焊缝布置与焊接顺序也应对称
5	注意焊缝受力			断面转折处不应布置焊缝
				套管与板的联接, 应将套管插入板孔
				焊缝应避免受剪力
				焊缝应避免集中载荷

(续)

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
6	焊缝应 避开加工 面			加工面应距焊缝远些
				焊缝不应在加工表面上
7	不同厚 度工件焊 接			接头应平滑过渡

### 6 焊接件的几何尺寸与形状公差

焊前弯曲成形的筒体公差见表 2.9-13。

焊前管子的弯曲半径、圆度公差及允许的波纹深度

焊接件几何尺寸公差见表 2.9-12。

度见表 2.9-14。

表 2.9-12 焊接件几何尺寸允差

(mm)

公 称 尺 寸	公 差 (±)		公 称 尺 寸	公 差 (±)	
	外形尺寸	各部分之间		外形尺寸	各部分之间
≤100	2	1	>2500~4000	7	4
>100~250	3	1.5	>4000~6500	8	5
>250~650	3.5	2	>6500~10000	9	6
>650~1000	4	2.5	>10000~16000	11	7
>1000~1600	5	3	>16000~25000	13	8
>1600~2500	6	3.5	>25000~40000	15	9

表 2.9-13 焊前弯曲成形的筒体允差

(mm)

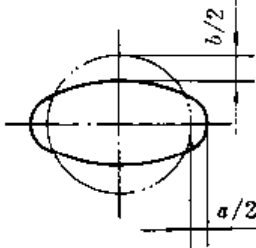
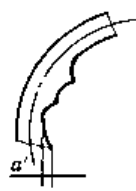
	外 径 $D_H$	公 差			弯角 $C$
		$\Delta D_H$	当筒体壁厚为下列 数值时的圆度		
			≤30	>30	
≤1000	±5	8	5	3	
>1000~1500	±7	11	7	4	
>1500~2000	±9	14	9	4	
>2000~2500	±11	17	11	5	
>2500~3000	±13	20	13	5	
>3000	±15	23	15	6	

表 2.9-14 焊前管子的弯曲半径、圆度公差及允许的波纹深度

(mm)

公差名称	管子外径											示意图
	30	38	51	60	70	83	102	108	125	150	200	
弯曲半径 $R$ 的公差	$R=75\sim125$	±2	±2	±3	±3	±4						
	$R=160\sim300$	±1	±1	±2	±2	±3						
	$R=400$						±5	±5	±5	±5	±5	
	$R=500\sim1000$						±4	±4	±4	±4	±4	
	$R>1000$						±3	±3	±3	±3	±3	

(续)

公差名称		管子外径											示意图	
		30	38	51	60	70	83	102	108	125	150	200		
在弯曲半径处的圆度 $a$ 或 $b$	$R=75$	3.0												
	$R=100$	2.5	3.1											
	$R=125$	2.3	2.6	3.6										
	$R=160$	1.7	2.1	3.2										
	$R=200$		1.7	2.8	3.6									
	$R=300$		1.6	2.6	3.0	4.6	5.8							
	$R=400$				2.4	3.3	5.0	7.2	8.1					
	$R=500$				1.8	3.1	1.2	6.2	7.0	7.6				
	$R=600$				1.5	2.3	3.4	5.1	5.9	6.5	7.5			
	$R=700$				1.2	1.9	2.5	3.6	4.4	5.0	6.0	7.0		
弯曲处的波纹深度 $a'$		—	1.0	1.5	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0		

### 7 焊接质量检验

质量检验贯穿在产品从设计到成品的整个过程中,必须确保质量检验过程中所用检验方法的合理性、检验仪器的可靠性和检验人员的技术水平。焊后的产品要运用各种检验方法检查接头的致密性、物理性能、力学性能、金相组织、化学成分、抗腐蚀性能、外表尺寸和焊接缺陷。

焊接缺陷可分为外部缺陷和内部缺陷。外部缺陷包括:余高尺寸不合要求、焊瘤、咬边、弧坑、电弧烧伤、表面气孔、表面裂纹、焊接变形和翘曲等。内部缺陷包括:裂纹、未焊透、未熔合、夹渣和气孔等。焊接缺陷中

危害性最大的是裂纹,其次是未焊透、未熔合、夹渣、气孔和组织缺陷等。

焊接缺陷的检验方法分破坏性检验和非破坏性检验(也称无损检验)两大类。非破坏性检验方法有外观检查、致密性检验、受压容器整体强度试验、渗透性检验、射线检验、磁力探伤、超声波探伤、全息探伤、中子探伤、液晶探伤、声发射探伤和物理性能测定等。破坏性检验方法有机械性能试验、化学分析和金相试验等。

正确选用检验方法,不但能彻底查清缺陷的性质、大小和位置,而且可以找出缺陷的产生原因,从而避免缺陷的再度出现。

## 第 10 章 金属切削加工件结构加工工艺性

### 1 金属材料的切削加工性

金属材料的切削加工性,系指金属经过切削加工成为合乎要求的工件的难易程度。影响切削加工性的因素,到目前为止,还不能用材料的某一种性能全面地表示出材料的加工性。目前生产中最常用的是以刀具耐用度为 60min 的切削速度  $v_{60}$  来表示。 $v_{60}$  愈高,表示材料的加工性愈好,并以  $\sigma_b=600\text{MPa}$  的 45 钢的  $v_{60}$  作为基准,简写为  $(v_{60})_1$ 。若以其他材料的  $v_{60}$  和  $(v_{60})_1$  相比,其比值  $K = \frac{v_{60}}{(v_{60})_1}$  叫做相对加工性。常用材料的相

对加工性如表 2.10-1。

根据金属的力学性能分析,硬度在 170~230 HBS 时,切削性能比较好。硬度过高难以加工,且造成刀具磨损快。硬度过低,则易形成长的切屑缠绕,造成刀具发热和磨损,零件表面粗糙。材料塑性增加,  $\psi=50\% \sim 60\%$  时,切削加工性也显著下降。

影响钢、铁切削加工性的因素及铜、铝合金加工的特点如表 2.10-2。

表 2.10-1 常用材料的相对加工性

被加工件等级	各种材料的加工性质		相对加工性 K	代表性的材料
	加工难易	材料类别		
1	很容易加工	一般有色金属	8~20	铝镁合金、5-5-5 铜铝合金
2	易加工	易切削钢	2.5~3	自动机钢( $\sigma_b=400 \sim 500\text{MPa}$ )
3		较易切削钢	1.6~2.5	30 钢正火( $\sigma_b=500 \sim 580\text{MPa}$ )
4	普通	一般碳钢及铸铁	1.0~1.5	45 钢灰铸铁
5		稍难切削材料	0.7~0.9	85 轧制、2Cr13 调质( $\sigma_b=850\text{MPa}$ )
6	难加工	较难切削材料	0.5~0.65	65Mn 调质( $\sigma_b=950 \sim 1000\text{MPa}$ )、易切削不锈钢
7		难切削材料	0.15~0.5	不锈钢(1Cr18Ni9Ti)
8		很难切削材料	0.04~0.14	耐热合金钢、钛合金

表 2.10-2 影响钢、铁切削加工性的因素及铜、铝合金加工的特点

材料	影响因素	切削加工性	影响因素	切削加工性
钢	力学性能	硬度:170~230HBS 最好,300>HRS 显著下降,≈400HBS 很差 塑性: $\psi=50\% \sim 60\%$ 显著下降	轧制方法	含碳量(质量分数) $<0.3\%$ :冷轧或冷拔比热轧好 含碳量(质量分数) $0.3\% \sim 0.4\%$ 的中碳钢:冷轧与热轧差不多 含碳量(质量分数) $>0.4\%$ 的高碳钢:热轧比冷轧好

(续)

材 料	影响 因素	切 削 加 工 性	影响 因素	切 削 加 工 性
钢		<p><math>w_C</math> 0.25%~0.35%左右最好, <math>w_{Mn}</math>: 当 <math>w_C &lt; 0.2\%</math> 时 1.5%最好, <math>w_{Mn} &gt; 8\%</math> 加工更困难, <math>w_{Mo}</math> 0.15%~0.40%时稍提高加工性, 当淬火钢硬度为 <math>HB &gt; 350</math> 时, 加入一些 Mo 可提高其加工性</p>		<p>铁素体 塑性很大的铁素体钢, 切削加工性很差, 切削前一般经过冷轧或冷拔可提高加工性</p>
	力学性能		金相组织	<p>珠光体 含碳量(质量分数) <math>&gt; 0.6\%</math> 时, 粒状珠光体比片状珠光体好, 低碳钢以断续细网状的片状珠光体为好</p> <p>索氏体、托氏体 二者都比珠光体硬, 稍差</p> <p>马氏体 更硬、更差</p> <p>奥氏体 软而韧、加工硬化厉害, 导热性差易粘刀, 很差</p>
		<p>0 0.20 10.60 81.01 21.41 61.82 0</p> <p>钢中化学成分含量(质量分数)(%)</p>	冶炼方法	<p>转炉钢: 含硫、磷较高、最好</p> <p>平炉钢: 含硫、磷较低、较差</p> <p>电炉钢: 含硫、磷最低、最差</p>
			热处理	<p>退火: 提高</p> <p>正火: } 低碳钢提高</p> <p>淬火: }</p>

硬度一般虽然不高, 但是其热导率较差, 并含有碳化铁及其他坚硬的杂质, 且切下的切屑是崩碎的, 所以切削性能较差。

## 2 金属切削加工件的一般标准

### 2.1 中心孔

#### 2.1.1 60°中心孔(见表 2.10-3、表 2.10-4)

表 2.10-3 A 型、B 型、R 型中心孔(摘自 GB/T4459.5—1999)

(mm)

A 型 不带护锥中心孔			B 型 带护锥的中心孔			R 型 弧形中心孔			选择中心孔的参考数据									
									max	min	原料端部 最小直径	轴状原料 最小直径	工件最大 重量/t	选择中心孔的参考数据				
A 型	B 型	R 型	A 型	B 型	R 型	A 型	B 型	A 型						B 型	R 型			
(0.50)	—	—	1.06	—	—	0.48	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(0.63)	—	—	1.32	—	—	0.60	—	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(0.80)	—	—	1.70	—	—	0.78	—	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00	—	—	2.12	3.15	2.12	0.97	1.27	0.9	—	2.3	3.15	2.50	—	—	—	—	—	—
(1.25)	—	—	2.65	4.00	2.65	1.21	1.60	1.1	—	2.8	4.00	3.15	—	—	—	—	—	—
1.60	—	—	3.35	5.00	3.35	1.52	1.99	1.4	—	3.5	5.00	4.00	—	—	—	—	—	—
2.00	—	—	4.25	6.30	4.25	1.95	2.54	1.8	—	4.4	6.30	5.00	8	10~18	—	—	—	0.12
2.50	—	—	5.30	8.00	5.30	2.42	3.20	2.2	—	5.5	8.00	6.30	10	18~30	—	—	—	0.2
3.15	—	—	6.70	10.00	6.70	3.07	4.03	2.8	—	7.0	10.00	8.00	12	30~50	—	—	—	0.5
4.00	—	—	8.50	12.50	8.50	3.90	5.05	3.5	—	8.9	12.50	10.00	15	50~80	—	—	—	0.8
(5.00)	—	—	10.60	16.00	10.60	4.85	6.41	4.4	—	11.2	16.00	12.50	20	80~120	—	—	—	1
6.30	—	—	13.20	18.00	16.20	5.98	7.36	5.5	—	14.0	20.00	16.00	25	120~180	—	—	—	1.5
(8.00)	—	—	17.00	22.40	17.00	7.79	9.36	7.0	—	17.9	25.00	20.00	30	180~220	—	—	—	2
10.00	—	—	21.20	28.00	21.20	9.70	11.66	8.7	—	22.5	31.50	25.00	42	220~260	—	—	—	3

注:1. 括号内尺寸尽量不用。

2. 不要求保留中心孔的零件采用 A 型;要求保留中心孔的零件采用 B 型。

表 2.10-4 C 型中心孔(摘自 GB/T145—2001)

(mm)

C 型 带螺纹的中心孔	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	l	l <sub>1</sub> (参考)	选择中心孔的参考数据		
						原料端部 最小直径	轴状原料 直径范围	工件最大 重量/t
						最小直径	直径范围	重量/t
	M3	3.2	5.8	2.6	1.8	12	30~50	0.5
	M4	4.3	7.4	3.2	2.1	15	50~80	0.8
	M5	5.3	8.8	4.0	2.4	20	80~120	1
	M6	6.4	10.5	5.0	2.8	25	120~180	1.5
	M8	8.4	13.2	6.0	3.3	30	180~220	2
	M10	10.5	16.3	7.5	3.8	—	—	—
	M12	13.0	19.8	9.5	4.4	42	220~260	3
	M16	17.0	25.3	12.0	5.2	50	260~300	5
	M20	21.0	31.3	15.0	6.4	60	300~360	7
	M24	26.0	38.0	18.0	8.0	70	>360	10

注:选择中心孔的参考数据为编者所加。

#### 2.1.2 75°中心孔(见表 2.10-5)

表 2.10-5 75°中心孔

(mm)

规格 $D$	$D_1$	$L$	$L_1$	$L_2$	选择中心孔的参考数据	
					毛坯轴端直径 $D_0$ min	毛坯重量/kg max
					3	9
4	12	10	11.5	1.5	50	360
6	18	14	16	2	80	800
8	24	19	21	2	120	1500
12	36	28	30.5	2.5	180	3000
20	60	50	53	3	260	9000
30	90	70	74	4	360	20000
40	120	95	100	5	500	35000
45	135	115	121	6	700	50000
50	150	140	148	8	900	80000

注:1. 中心孔的选择

中心孔的尺寸主要根据轴端直径  $D_0$  和零件毛坯总质量(如轴上装有齿轮、齿圈及其他零件等)来选择。若毛坯总质量超过表中  $D_0$  相对应的质量时,则依据毛坯质量确定中心孔尺寸。

2. 当加工零件毛坯总质量超过 5000kg 时,一般宜选择 B 型中心孔。
3. 中心孔的表面粗糙度按用途自行规定。

2.1.3 90°中心孔(见表 2.10-6)

表 2.10-6 90°中心孔

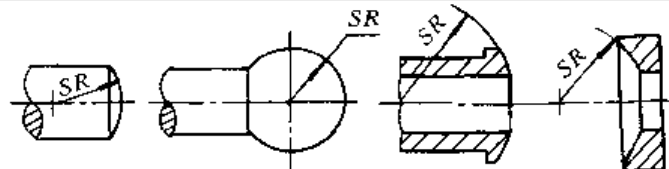
规格 $D$	$D_1$	$D_2$	$L$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_0$	选择中心孔的参考数据	
								毛坯轴端直径 $D_0$ min	毛坯重量/kg max
								14	56
16	64	85	40	42.5	2.5	6	48.5	300	10000
20	80	108	50	53	3	8	61	400	20000
24	96	124	60	64	4	8	72	500	30000
30	120	155	80	84	4	10	94	600	50000
40	160	195	100	105	5	10	115	800	80000
45	180	222	110	116	6	12	128	900	100000
50	200	242	120	128	8	12	140	1000	150000

1. D 型中心孔是属于中间型式,在制造时要考虑到在机床上加工去掉余量“ $L_3$ ”以后,应与 B 型中心孔相同。
2. 其余同表 2.10-5。

2.2 球面半径(见表 2.10-7)



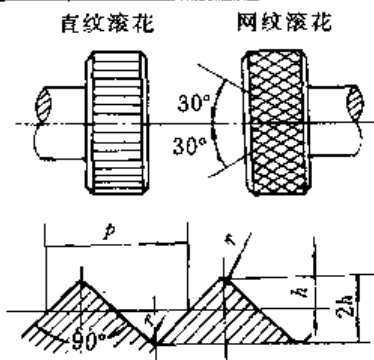
表 2.10-7 球面半径(摘自 GB/T6403.1-1986)



		(mm)										
系	1	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	20
	2	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	18	22
列	1	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
	2	28	36	45	56	71	90	110	140	180	220	280
	1	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
	2	360	450	560	710	900	1100	1400	1800	2200	2800	

2.3 滚花(见表 2.10-8)

表 2.10-8 滚花(摘自 GB/T6403.3-1986)



标记示例:  
模数  $m=0.3$  直径滚花:  
直纹  $m=0.3$  GB6403.3-1986  
模数  $m=0.4$  网纹滚花:  
网纹  $m=0.4$  GB6403.3-1986

模数 $m$	$h$	$r$	节距 $p$
0.2	0.132	0.06	0.628
0.3	0.198	0.09	0.942
0.4	0.264	0.12	1.257
0.5	0.326	0.16	1.571

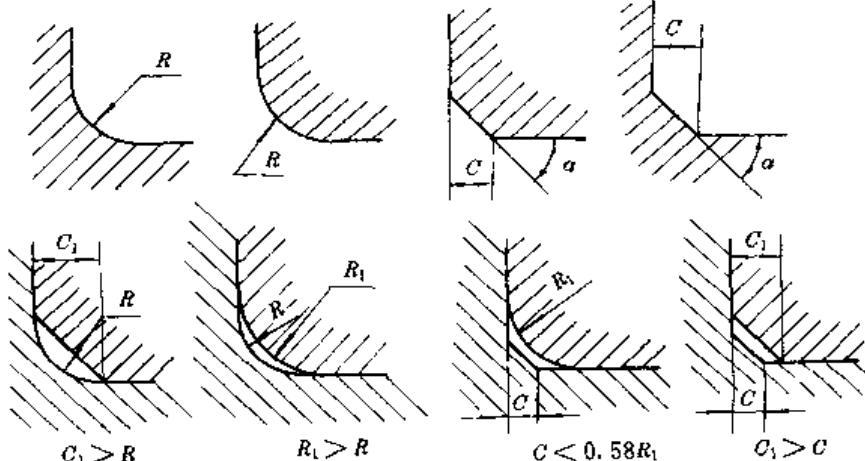
注:1. 表中  $h=0.785m-0.414r$ 。

2. 滚花前工件表面的粗糙度的轮廓算术平均偏差  $R_a$  的最大允许值为  $12.5\mu m$ 。

3. 滚花后工件直径大于滚花前直径,其值  $\Delta \approx (0.8 \sim 1.6)m$ ,  $m$  为模数。

2.4 零件倒圆与倒角(见表 2.10-9)

表 2.10-9 零件倒圆与倒角(摘自 GB/T6403.4-1986)



(mm)

(续)

直径 D		~3		>3~6		>6~10		>10 ~18	>18 ~30	>30~50		>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180
R	$R_1$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0
C	$C_{max}$ ( $C < 0.58R_1$ )	—	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6

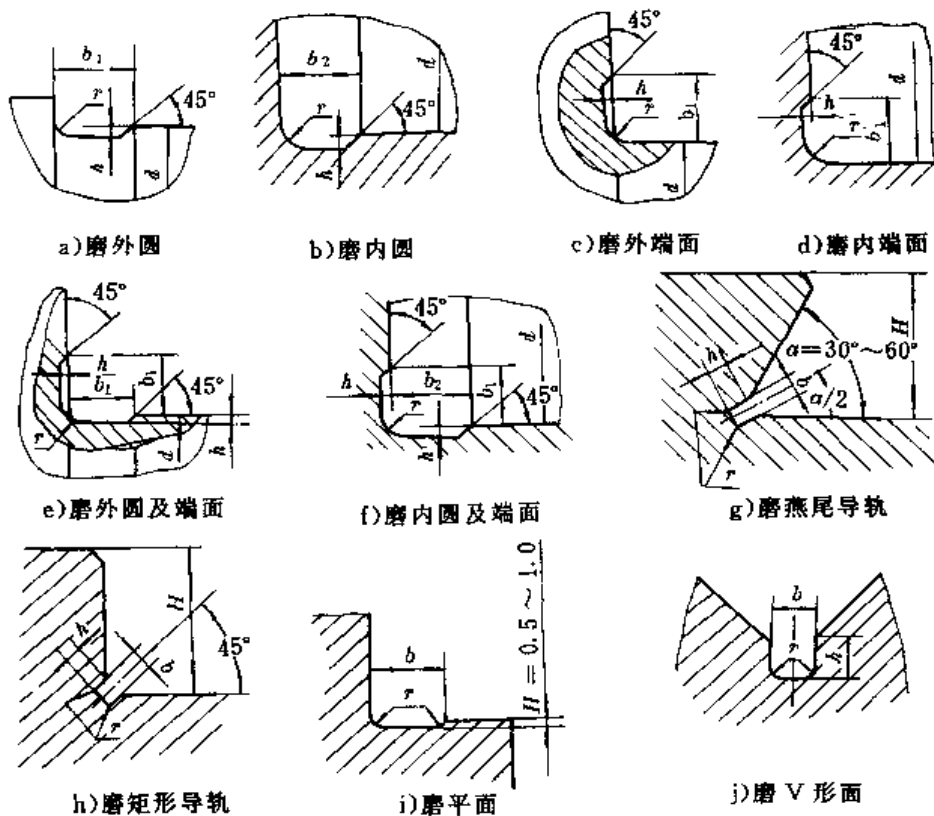
  

直径 D		>180 ~250	>250 ~320	>320 ~400	>400 ~500	>500 ~630	>630 ~800	>800 ~1000	>1000 ~1250	>1250 ~1600
R	$R_1$	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	25
C	$C_{max}$ ( $C < 0.58R_1$ )	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12

注:  $\alpha$  一般采用  $15^\circ$ , 也可采用  $30^\circ$  或  $60^\circ$ 。

2.5 砂轮越程槽(见表 2.10-10)

表 2.10-10 砂轮越程槽(摘自 GB/T6403.5—1986)



(mm)

$b_1$	0.6	1.0	1.6	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	10
$b_2$	2.0	3.0		4.0		5.0		8.0	10
$h$	0.1	0.2		0.3	0.4		0.6	0.8	1.2
$r$	0.2	0.5		0.8	1.0		1.6	2.0	3.0
$d$	~10			>10~50		>50~100		>100	

注: 1. 越程槽内二直线相交处, 不允许产生尖角。  
2. 越程槽深度  $h$  与圆弧半径  $r$ , 要满足  $r < 3h$ 。

$H$	<5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80
$b$	1	2		3		4		5		6		8	
$h$		2		3		4		5		6		8	
$r$	0.5	0.5		1.0		1.6		1.6		2.0		2.0	
$H$	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	100

(续)

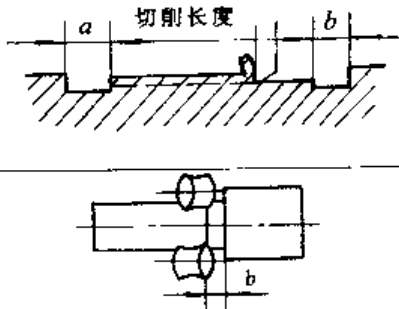
$h$	2			3	5	8
$h$	1.6			2.0	3.0	5.0
$r$	0.5			1.0	1.6	2.0
$b$	2	3	4	5		
$h$	1.6	2.0	2.5	3.0		
$r$	0.5	1.0	1.2	1.6		

2.6 刨切、插、珩磨越程槽(见表 2.10-11)

表 2.10-11 刨切、插、珩磨越程槽

(mm)

名称	刨切越程
龙门刨	$a+b=100\sim 200$
牛头刨床 立刨床	$a+b=50\sim 75$
大插床如 STSR1400	50~100
小插床如 B516	10~12
珩磨内圆	$b>30$
外圆	$b=6\sim 8$



外圆退刀槽及相配件的倒圆和倒角见表 2.10-12

2.7 退刀槽

~表 2.10-16。

(1)外圆退刀槽及相配件的倒角和倒圆

1)适用于交变载荷,也可用于一般的磨削件。

表 2.10-12 A、B 型退刀槽尺寸

(mm)

A 型 	$r_1$	$t_1+0.1$	$f$	$g$	$t_2+0.05$	推荐的配合直径 $d_1$	
						用在一般载荷	用在交变载荷
B 型 	0.6	0.2	2	1.1	0.1	<18	
	0.6	0.3	2.5	2.1	0.2	>18~80	
1	0.4	4	3.2	0.3	>80		
1	0.2	2.5	1.8	0.1		>18~50	
1.6	0.3	4	3.1	0.2		>50~80	
2.5	0.4	5	4.8	0.3		>80~125	
	4	0.5	7	6.4	0.3		125

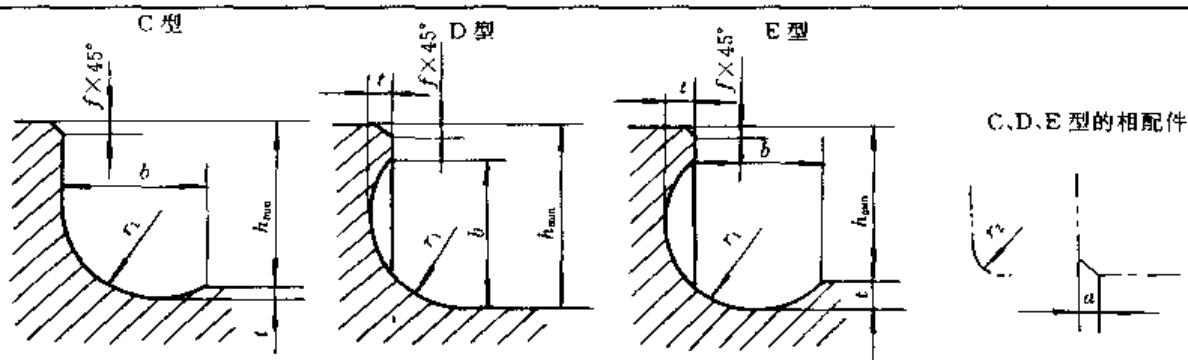
表 2.10-13 相配件的倒角和倒圆

(mm)

退刀槽尺寸 	倒角最小值 $a$		倒圆最小值 $r_2$	
	A 型	B 型	A 型	B 型
$r \times t_1$				
0.6×0.2	0.8	0.2	1	0.3
0.6×0.3	0.6	0	0.8	0
1×0.2	1.6	0.8	2	1
1×0.4	1.2	0	1.5	0
1.6×0.3	2.6	1.1	3.2	1.4
2.5×0.4	1.2	1.9	5.2	2.4
4×0.5	7	4.0	8.8	5

表 2.10-14 C、D、E 型退刀槽及相配件尺寸

(mm)



轴					相配件 (孔)				
h min	r <sub>1</sub>	t	b		f max	a	极限偏差	r <sub>2</sub>	极限偏差
			C、D 型	E 型					
2.5	1.0	0.25	1.6	1.4	0.2	1	+0.6	1.2	+0.6
4	1.6	0.25	2.4	2.2	0.2	1.6	+0.6	2.0	-0.6
6	2.5	0.25	3.6	3.4	0.2	2.5	-1.0	3.2	+1.0
10	4.0	0.4	5.7	5.3	0.4	4.0	+1.0	5.0	+1.0
16	6.0	0.4	8.1	7.7	0.4	6.0	-1.6	8.0	+1.6
25	10.0	0.6	13.4	12.8	0.4	10.0	+1.6	12.5	+1.6
40	16.0	0.6	20.3	19.7	0.6	16.0	+2.5	20.0	-2.5
60	25.0	1.0	32.1	31.1	0.6	25.0	+2.5	32.0	+2.5

表 2.10-15 F 型退刀槽及相配件尺寸

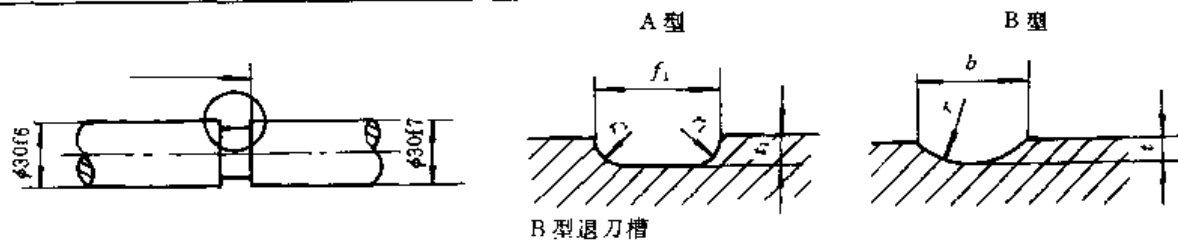
(mm)

F 型	相配件	轴					
		h min	r <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	b	f max
		4	1.0	0.4	0.25	1.2	0.2
		5	1.6	0.6	0.4	2.0	
		8	2.5	1.0	0.6	3.2	
		12.5	4.0	1.6	1.0	5.0	0.4
		20	6.0	2.5	1.6	8.0	
		30	10.0	4.0	2.5	12.5	

注: r<sub>1</sub>=10 不适用于光整。

表 2.10-16 公称直径相同具有不同配合的退刀槽

(mm)



r	t	b
2.5	0.25	2.2
4	0.4	3.4
6	0.4	4.9
10	0.6	7.0
16	0.6	9.0
25	1.0	13.9

注: 1. A 型退刀槽长度 f<sub>1</sub> 包括在公差带较小的一段长度内; 各部尺寸根据直径 d<sub>1</sub> 的大小按表 2.10-12 选取。

2. B 型退刀槽各部尺寸由本表中查。

- A 型(轴的配合表面需磨削,轴肩不磨削)
- B 型(轴的配合表面及轴肩皆需磨削)
- 2) 适用于对受载无特殊要求的磨削件
- C 型(轴的配合表面需磨削,轴肩不磨削)
- D 型(轴的配合表面不磨削,轴肩需磨削)
- E 型(轴的配合表面及轴肩皆需磨削)
- F 型(相配件为锐角的轴的配合表面及轴肩皆需磨削)

(2) 带槽孔的退刀槽

退刀槽直径  $d_2$  可按选用的平键或楔键而定。

退刀槽的深度  $t_2$  一般为 20mm, 因结构原因,  $t_2$  的最小值不得小于 10mm。见图 2.10-1。

(3) 退刀槽的表面粗糙度

一般选用  $R_a 3.2\mu\text{m}$ , 根据需要也可选用  $R_a 1.6$ 、 $0.8$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 。

2.8 插齿、滚齿退刀槽

- 1) 插齿空刀槽(见表 2.10-17)
- 2) 滚人字齿轮退刀槽(见表 2.10-18)

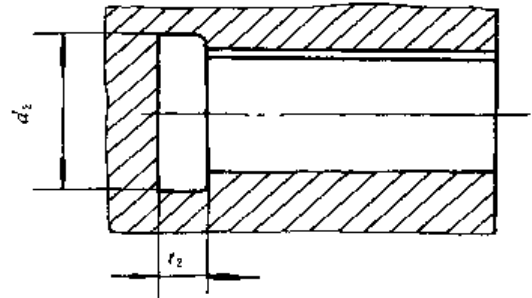
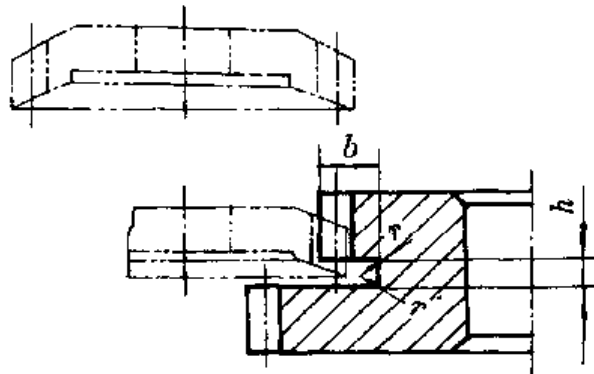


图 2.10-1 带槽孔的退刀槽

表 2.10-17 插齿空刀槽

(mm)



模数	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25
$h_{\text{min}}$	5	6			7			8			9			10			12
$b_{\text{min}}$	5	6	7.5	10.5	13	15	16	19	22	24	28	33	38	42	46	51	58
$r$	0.5		1.0														

表 2.10-18 滚人字齿轮退刀槽

(mm)

法向模数 $m_n$	螺旋角				法向模数 $m_n$	螺旋角			
	25°	30°	35°	40°		25°	30°	35°	40°
	退刀槽最小宽度 $b$					退刀槽最小宽度 $b$			
4	46	50	52	54	18	164	175	184	192
5	58	58	62	64	20	185	198	208	218
6	64	66	72	74	22	200	212	224	234
7	70	74	78	82	25	215	230	240	250
8	78	82	86	90	28	238	252	266	278
9	84	90	94	98	30	246	260	276	290
10	94	100	104	108	32	264	270	300	312
12	118	124	130	136	36	284	304	322	335
14	130	138	146	152	40	320	330	350	370
16	148	158	165	174					

注:退刀槽深度由设计者决定。

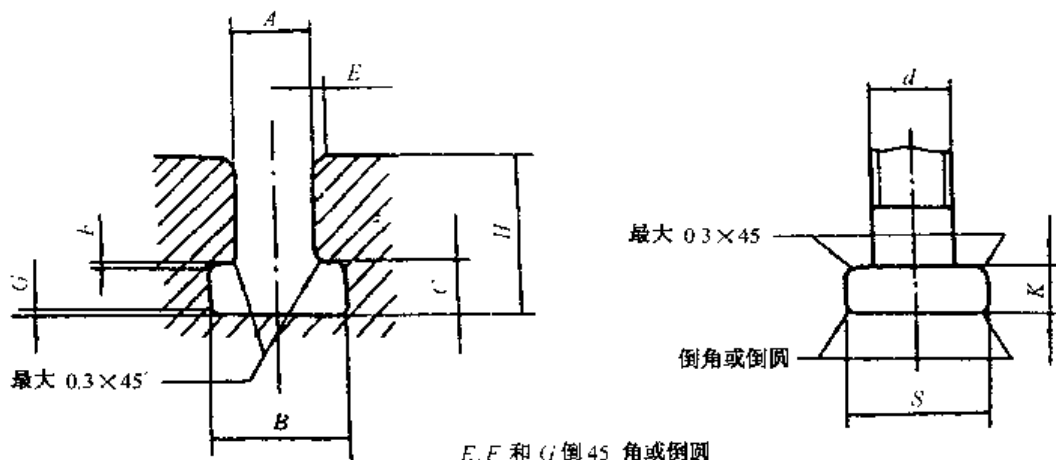
2.9 T形槽(摘自 GB/T158—1996)

1) T形槽及螺栓头部尺寸(见表 2.10-19)

2) T形槽间距的尺寸(见表 2.10-20)

表 2.10-19 T形槽(GB/T158 1996)

(mm)



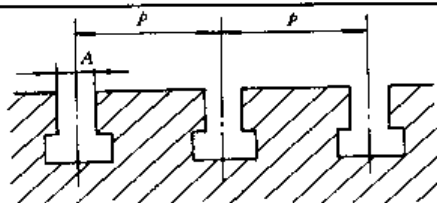
E, F 和 G 倒 45 角或倒圆

T 形 槽							螺 栓 头 部							
A	B		C		H		E	F	G	d	S	K		
基本尺寸	最小尺寸	最大尺寸	最小尺寸	最大尺寸	最小尺寸	最大尺寸	最大尺寸	最大尺寸	最大尺寸	公称尺寸	最大尺寸	最大尺寸		
5	10	11	3.5	4.5	8	10	1	0.6	1	M4	9	3		
6	11	12.5	5	6	11	13				M5	10	4		
8	14.5	16	7	8	15	18				M6	13	6		
10	16	18	7	8	17	21				M8	15	6		
12	19	21	8	9	20	25				M10	18	7		
14	23	25	9	11	23	28	1.6	1	1.6	M12	22	8		
18	30	32	12	14	30	36				M16	28	10		
22	37	40	16	18	38	45			2.5	2.5	M20	34	14	
28	46	50	20	22	48	56					M24	43	18	
36	56	60	25	28	61	71					M30	53	23	
42	68	72	32	36	74	85	2.5	1.6	4	M36	64	28		
48	80	85	36	40	84	95				2	6	M42	75	32
54	90	95	40	44	94	106						M48	85	36

表 2.10-20 T形槽间距尺寸

(GB/T158—1996)

(续)



(mm)

T形槽宽度 A	T形槽间距 P			
18	(63)	80	100	125
22	(80)	100	125	160
28	100	125	160	200
36	125	160	200	250
42	160	200	250	320
48	200	250	320	400
54	250	320	400	500

T形槽宽度 A	T形槽间距 P			
5		20	25	32
6		25	32	40
8		32	40	50
10		40	50	63
12	(40)	50	63	80
14	(50)	63	80	100

注: T形槽间距 P 栏中, 括号内的数值与 T形槽槽底宽度最大值之差值, 可能较小, 应避免采用。

相对于每个 T形槽宽度, 表 2.10-20 中给出三个间距, 应根据使用需要条件选择 T形槽间距。特殊情况需采用其他尺寸的间距时, 则应符合下列原则:

1) 采用数值大于或小于规定 T形槽间距 p 的尺

寸时,应从优先数系 R10 系列的数值中选取;

2) 采用数值在规定 T 形槽间距  $p$  的尺寸范围内, 则应从优先数系 R20 系列的数值中选取。

T 形槽的间距尺寸  $p$  的极限偏差, 如表 2.10-21。

表 2.10-21 T 形槽间距  $p$  尺寸的极限偏差 (GB/T158-1996) (mm)

T 形槽间距 $p$	极限偏差
20	±0.2
25	
32~100	±0.3
125~250	±0.5
320~500	+0.8

注: 任 T 形槽间距的极限偏差都不是累计误差。

3) T 形槽不通端型式及尺寸

T 形槽不通端型式及尺寸应符合表 2.10-22 规定。

4) T 形槽用螺母尺寸

T 形槽用螺母尺寸应符合表 2.10-23 规定。

表 2.10-22 T 形槽不通端型式及尺寸 (GB/T158-1996)

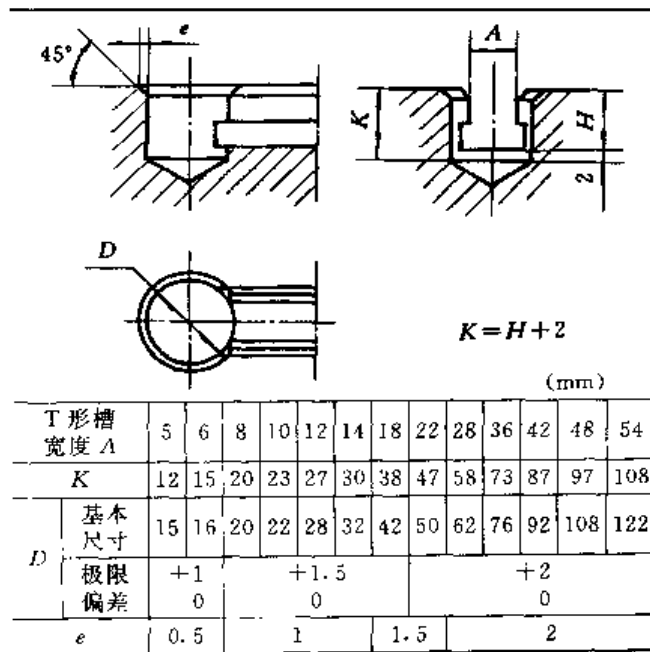
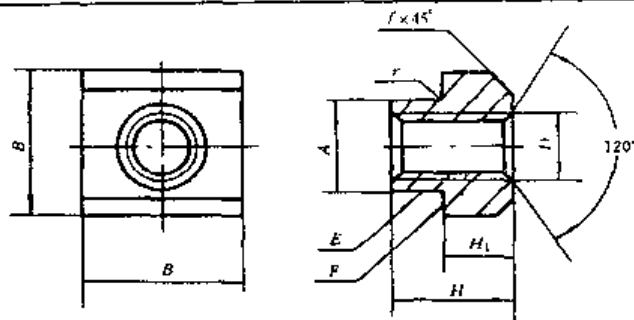


表 2.10-23 T 形槽用螺母尺寸 (GB/T158-1996)



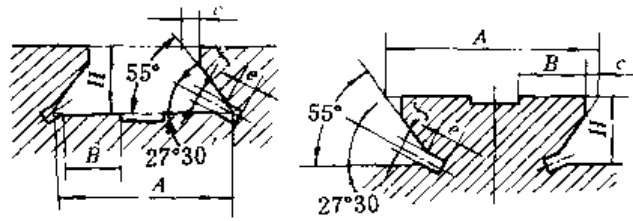
T 形槽宽度 $A$	$D$ 公称尺寸	$A$		$B$		$H_1$		$H$		$f$ 最大尺寸	$r$ 最大尺寸	
		基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
5	M4	5	-0.3	9	±0.29	3	±0.2	6.5	±0.29	1	0.3	
6	M5	6		10		4		8				
8	M6	8		13		6		10		1.6		
10	M8	10	-0.3	15	±0.35	6	±0.29	12	±0.35	2.5	0.4	
12	M10	12		18		7		14				
14	M12	14		22		8		16				
18	M16	18		23		10		20				±0.42
22	M20	22	-0.6	34	±0.5	14	±0.35	28	±0.42	4	0.5	
28	M24	28		43		18		36				
36	M30	36		53		23		44				±0.5
42	M36	42	-0.4	64	±0.6	28	±0.42	52	±0.5	6	0.8	
48	M42	48		75		32		60				±0.6
54	M48	54		85		36		70				±0.6

螺母材料为 45 钢。螺母表面粗糙度(按 GB1031) 最大允许值; 基准槽用螺母的  $E$  面和  $F$  面为  $3.2\mu\text{m}$ ; 其余为  $6.3\mu\text{m}$ 。螺母进行热处理, 硬度为 35HRC, 并发蓝。

### 2.10 燕尾槽

燕尾槽的尺寸见表 2.10-24。

表 2.10-24 燕尾槽



(mm)

A	40~65	50~70	60~90	80~125	100~160	125~200	160~250	200~320	250~400	320~500
B	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
c	1.5~5									
e	1.5		2.0				2.5			
f	2		3				4			
H	8	10	12	16	20	25	32	40	50	65

注:1. “A”的系列为(mm):40,45,50,55,60,65,70,80,90,100,110,125,140,160,180,200,225,250,280,320,360,400,450,500。

2. “c”为推荐值。

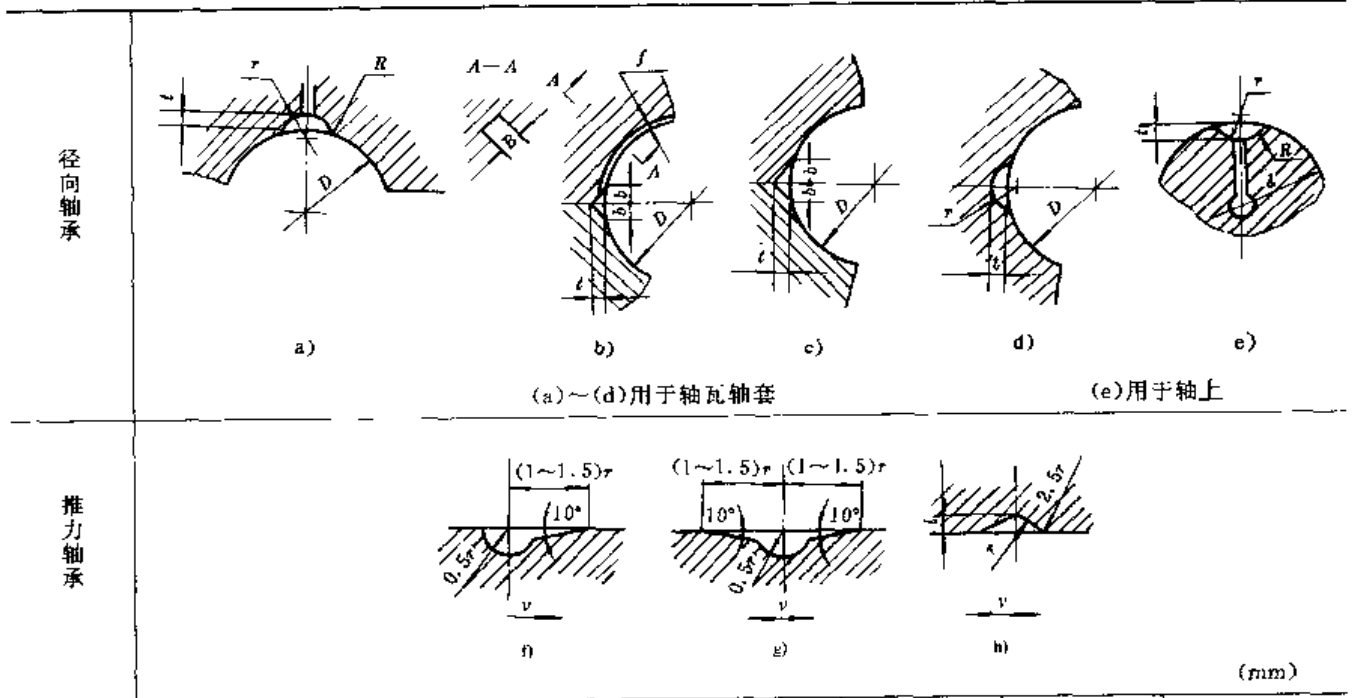
25。

2.11 润滑槽

平面上用的机床导轨用的润滑槽型式与尺寸见表

滑动轴承上用的润滑槽型式与尺寸见表 2.10-25 2.10-26。

表 2.10-25 滑动轴承上用的润滑槽型式与尺寸(GB/T6403.2-1986)



(a)~(d)用于轴瓦轴套

(e)用于轴上

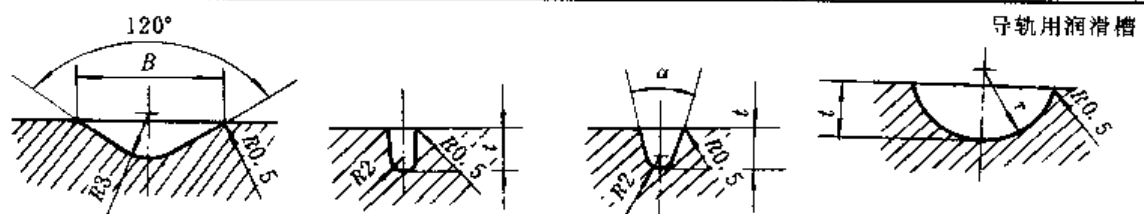
(mm)

直 径		t	r	R	B	f	b
D	d						
≤50		0.8	1.0	1.0	—	—	—
		1.0	1.6	1.6	—	—	—
		1.6	3.0	6.0	5.0	1.6	4.0
>50~120		2.0	4.0	10	8.0	2.0	6.0
		2.5	5.0	16	10	2.0	8.0
		3.0	6.0	20	12	2.5	10
>120		4.0	8.0	25	16	3.0	12
		5.0	10	32	20	3.0	16
		6.0	12	40	25	4.0	20

注:推力轴承润滑槽型式图下箭头说明运动方向为单向或双向。标准中未注明尺寸的棱边,按小于0.5mm倒圆。



表 2.10-26 平面上用的机床导轨用的润滑槽型式与尺寸(GB/T6403.2—1986) (mm)



		导轨润滑槽尺寸			导轨润滑槽尺寸		
B		4	6	10	12	16	
α		15°		30°		45°	
t		3		4		5	

注:标准中未注明尺寸的棱边,按小于 0.5mm 倒圆。

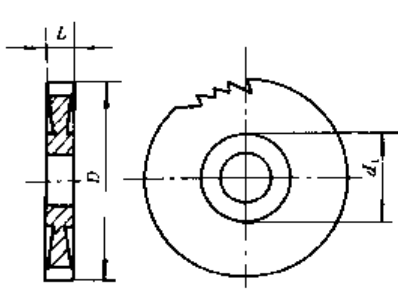
2.12 锯缝尺寸

如表 2.10-27 所示。

锯缝在图样上的标记方法如图 2.10-2 所示。

在设计有锯缝的零件时,应考虑金属锯片的尺寸,

表 2.10-27 锯缝尺寸 (mm)



D	d <sub>1min</sub>	L											
		0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	
80	34	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100	(40)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
125				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
160	47				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
200						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
250	63						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
315	80							✓	✓	✓	✓	✓	✓

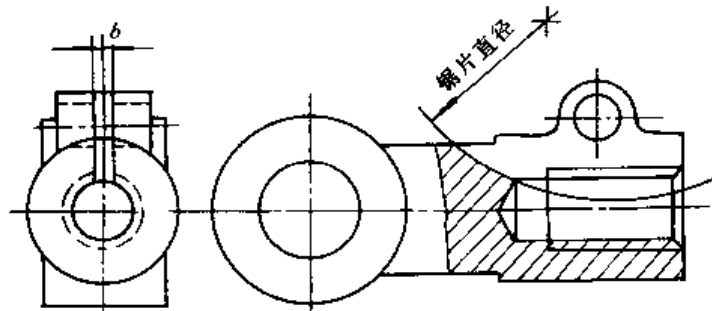

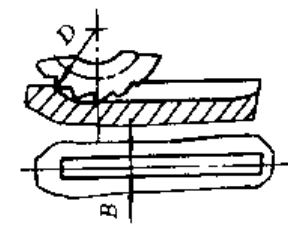


图 2.10-2 锯缝的标记方法

2.13 弧形槽端部半径(见表 2.10-28)

表 2.10-28 弧形槽端部半径 (mm)

花键槽		铣切深度 H					
		5	10	12	25		
		铣切宽度 B					
		4	4	5	10		
		R					
		20~30	30~37.5	37.5	55		
弧形键槽 (摘自半圆键槽铣刀 GB/T1127—81)		键公称尺寸	铣刀	键公称尺寸	铣刀	键公称尺寸	铣刀
		B×d	D	B×d	D	B×d	D
		1×4	4.25	3×16	16.9	6×22	23.20
		1.5×7	7.40	4×16		6×25	26.50
		2×7		5×16		8×28	29.70
		2×10	10.60	4×19	20.10	10×32	33.90
		2.5×10		5×19			
3×13	13.80	5×22	23.20				

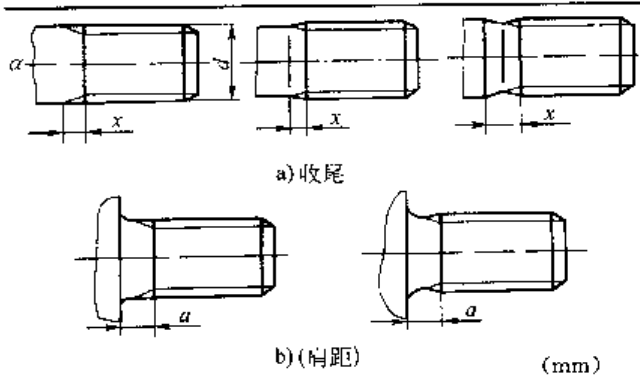
注:d 是铣削键槽时键槽弧形部分的直径。

2.14 普通螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角(摘自 GB/T3—1997)

2.14.1 外螺纹收尾和肩距的型式与尺寸(见表 2.10-29)

螺纹收尾的牙底圆弧半径不应小于对完整螺纹所规定的最小牙底圆弧半径。

表 2.10-29 外螺纹的收尾和肩距



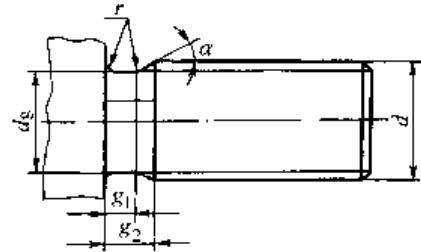
螺距 $P$	收尾 $x$		肩距 $a$		
	max		max		
	一般	短的	一般	长的	短的
0.2	0.5	0.25	0.6	0.8	0.4
0.25	0.6	0.3	0.75	1	0.5
0.3	0.75	0.4	0.9	1.2	0.6
0.35	0.9	0.45	1.05	1.4	0.7
0.4	1	0.5	1.2	1.6	0.8
0.45	1.1	0.6	1.35	1.8	0.9
0.5	1.25	0.7	1.5	2	1
0.6	1.5	0.75	1.8	2.4	1.2
0.7	1.75	0.9	2.1	2.8	1.4
0.75	1.9	1	2.25	3	1.5
0.8	2	1	2.4	3.2	1.6
1	2.5	1.25	3	4	2
1.25	3.2	1.5	4	5	2.5
1.5	3.8	1.9	4.5	6	3
1.75	4.3	2.2	5.3	7	3.5
2	5	2.5	6	8	4
2.5	6.3	3.2	7.5	10	5
3	7.5	3.8	9	12	6
3.5	9	4.5	10.5	14	7
4	10	5	12	16	8
4.5	11	5.5	13.5	18	9
5	12.5	6.3	15	20	10
5.5	14	7	16.5	22	11
6	15	7.5	18	24	12
参考值	$\approx 2.5P$	$\approx 1.25P$	$\approx 3P$	$= 4P$	$- 2P$

注:应优先选用“一般”长度的收尾和肩距;“短”收尾和“短”肩距仅用于结构受限制的螺纹件上;产品等级为 B 或 C 级的螺纹紧固件可采用“长”肩距。

2.14.2 外螺纹退刀槽的型式与尺寸(见表 2.10-30)

过渡角( $\alpha$ )不应小于  $30^\circ$ 。

表 2.10-30 外螺纹的退刀槽



螺距 $P$	$g_1$ max	$g_2$ min	$d_g$	$r$ $\approx$
0.25	0.75	0.4	$d-0.4$	0.12
0.3	0.9	0.5	$d-0.5$	0.16
0.35	1.05	0.6	$d-0.6$	0.16
0.4	1.2	0.6	$d-0.7$	0.2
0.45	1.35	0.7	$d-0.7$	0.2
0.5	1.5	0.8	$d-0.8$	0.2
0.6	1.8	0.9	$d-1$	0.4
0.7	2.1	1.1	$d-1.1$	0.4
0.75	2.25	1.2	$d-1.2$	0.4
0.8	2.4	1.3	$d-1.3$	0.4
1	3	1.6	$d-1.6$	0.6
1.25	3.75	2	$d-2$	0.6
1.5	4.5	2.5	$d-2.3$	0.8
1.75	5.25	3	$d-2.6$	1
2	6	3.4	$d-3$	1
2.5	7.5	4.4	$d-3.6$	1.2
3	9	5.2	$d-4.4$	1.6
3.5	10.5	6.2	$d-5$	1.6
4	12	7	$d-5.7$	2
4.5	13.5	8	$d-6.4$	2.5
5	15	9	$d-7$	2.5
5.5	17.5	11	$d-7.7$	3.2
6	18	11	$d-8.3$	3.2
参考值	$\approx 3P$	—	—	—

注:1.  $d$  为螺纹公称直径代号。

2.  $d_g$  公差为:  $h13(d > 3mm)$ ;

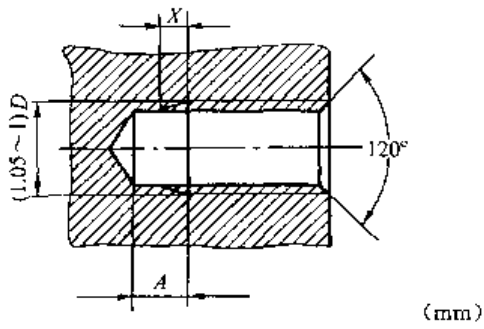
$h12(d \leq 3mm)$ 。

2.14.3 外螺纹始端端面的倒角

一般为  $45^\circ$ ,也可采用  $60^\circ$ 或  $30^\circ$ 倒角;倒角深度应大于或等于螺纹牙型高度。对搓(滚)丝加工的外螺纹,其始端不完整螺纹的轴向长度不能大于  $2P$ 。

2.14.4 内螺纹收尾和肩距的型式与尺寸(见表 2.10-31)

表 2.10-31 内螺纹收尾和肩距

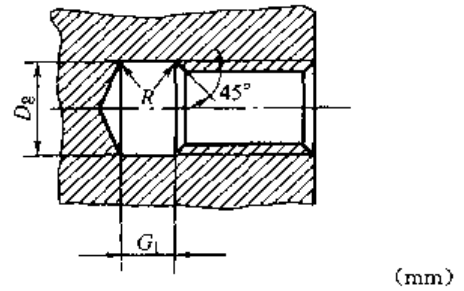


螺距 $P$	收尾 $X$		肩距 $A$	
	max		一般	长的
	一般	短的	一般	长的
0.2	0.8	0.4	1.2	1.6
0.25	1	0.5	1.5	2
0.3	1.2	0.6	1.8	2.4
0.35	1.4	0.7	2.2	2.8
0.4	1.6	0.8	2.5	3.2
0.45	1.8	0.9	2.8	3.6
0.5	2	1	3	4
0.6	2.4	1.2	3.2	4.8
0.7	2.8	1.4	3.5	5.6
0.75	3	1.5	3.8	6
0.8	3.2	1.6	4	6.4
1	4	2	5	8
1.25	5	2.5	6	10
1.5	6	3	7	12
1.75	7	3.5	9	14
2	8	4	10	16
2.5	10	5	12	18
3	12	6	14	22
3.5	14	7	16	24
4	16	8	18	26
4.5	18	9	21	29
5	20	10	23	32
5.5	22	11	25	35
6*	24	12	28	38
参考值	$=4P$	$=2P$	$\approx 6\sim 5P$	$\approx 8\sim 6.5P$

注：应优先选用“一般”长度的收尾和肩距；容屑需要较大空间时可选用“长”肩距，结构限制时可选用“短”收尾。

2.14.5 内螺纹退刀槽型式与尺寸(见表 2.10-32)

表 2.10-32 内螺纹的退刀槽



螺距 $P$	$G_1$		$D_s$	$R \approx$	
	一般	短的			
0.5	2	1	$D+0.3$	0.2	
0.6	2.4	1.2		0.3	
0.7	2.8	1.4		0.4	
0.75	3	1.5		0.4	
0.8	3.2	1.6		0.4	
1	4	2	$D+0.5$	0.5	
1.25	5	2.5		0.6	
1.5	6	3		0.8	
1.75	7	3.5		0.9	
2	8	4		1	
2.5	10	5		1.2	
3	12	6		1.5	
3.5	14	7		1.8	
4	16	8		2	
4.5	18	9		2.2	
5	20	10		2.5	
5.5	22	11		2.8	
6	24	12		3	
参考值	$=4P$	$=2P$		—	$\approx 0.5P$

注：1. “短”退刀槽仅在结构受限制时采用。  
2.  $D_s$  公差为 H13。  
3.  $D$  为螺纹公称直径代号。

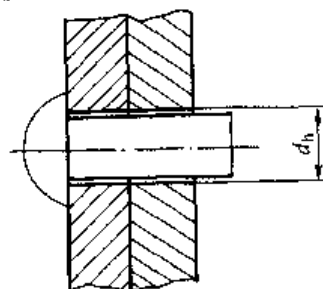
2.14.6 内螺纹入口端面的倒角

一般为 120°，也可采用 90°倒角，端面倒角直径为  $(1.05\sim 1)D$ 。

2.15 紧固件 沉孔

2.15.1 紧固件 铆钉用通孔(GB/T152.1—1988)(见表 2.10-33)

表 2.10-33 铆钉用通孔



mm(续)

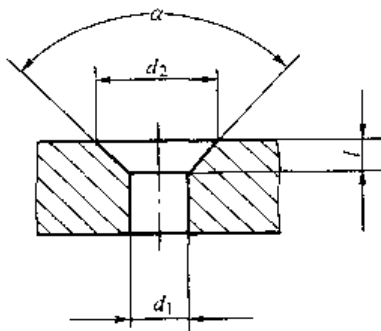
铆钉公称直径 $d$	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
$d_b$ 精装配	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	5.2	6.2	8.2
铆钉公称直径 $d$	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36				
$d_b$	精装配	10.3	12.4	14.5	16.5	—	—	—	—	—	—				
	粗装配	11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38			

2.15.2 紧固件 沉头用沉孔(GB/T152.2—1988)(见表 2.10-34)

孔尺寸。表(2)适用于沉头自攻螺钉及半沉头自攻螺钉用的沉孔尺寸。表(3)适用于沉头木螺钉及半沉头木螺钉用的沉孔尺寸。

其中表(1)适用于沉头螺钉及半沉头螺钉用的沉

表 2.10-34 紧固件 沉头用沉孔



表(1)适用于沉头螺钉及半沉头螺钉用的沉孔尺寸

(mm)

螺纹规格	M1.6	M2	M2.5	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
$d_2$	3.7	4.5	5.6	6.4	8.4	9.6	10.6	12.8	17.6	20.3	24.4	28.4	32.4	40.0
$t \approx$	1	1.2	1.5	1.6	2.4	2.7	2.7	3.3	4.6	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0
$d_1$	1.8	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	17.5	22
$\alpha$	$90^\circ \begin{smallmatrix} -2^\circ \\ -4^\circ \end{smallmatrix}$													

注:尺寸  $d_1$  和  $d_2$  的公差带均为 H13。

表(2)适用于沉头自攻螺钉及半沉头自攻螺钉用的沉孔尺寸

螺钉规格	ST2.2	ST2.9	ST3.5	ST4.2	ST4.8	ST5.5	ST6.3	ST8	ST9.5
$d_2$	4.4	6.3	8.2	9.4	10.4	11.5	12.6	17.3	20
$t \approx$	1.1	1.7	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	4.6	5.2
$d_1$	2.4	3.1	3.7	4.5	5.1	5.8	6.7	8.4	10
$\alpha$	$90^\circ \begin{smallmatrix} -2^\circ \\ -4^\circ \end{smallmatrix}$								

注:尺寸  $d_1$  和  $d_2$  的公差带均为 H12。

表(3)适用于沉头木螺钉及半沉头木螺钉用的沉孔尺寸

公称规格	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	10
$d_2$	3.7	4.5	5.4	6.6	7.7	8.6	10.1	11.2	12.1	13.2	15.3	17.3	21.9
$t \approx$	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.7	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.8
$d_1$	1.8	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.0	5.5	6.0	6.6	7.6	9.0	11.0
$\alpha$	$90^\circ \begin{smallmatrix} -2^\circ \\ -4^\circ \end{smallmatrix}$												

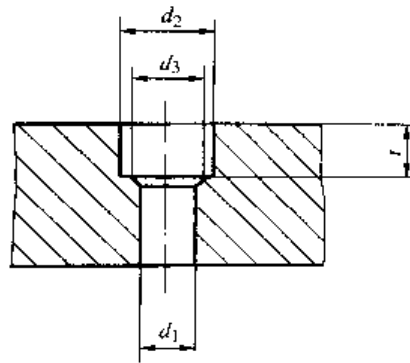
注:尺寸  $d_1$  和  $d_2$  的公差带均为 H13。

2.15.3 紧固件 圆柱头用沉孔(GB/T152.3—1988)(见表 2.10-35)

头螺钉》用的圆柱头沉孔尺寸。表(2)适用于 GB/T6190—1986、GB/T6191—1986《内六角花形圆柱头螺钉》及 GB/T65—2000《开槽圆柱头螺钉》用的圆柱头沉孔尺寸。

其中表(1)适用于 GB/T70.1—2000《内六角圆柱

表 2.10-35 圆柱头用沉孔



表(1)适用于 GB/T70.1—2000《内六角圆柱头螺钉》用的圆柱头沉孔尺寸

(mm)

螺纹规格	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30	M36
$d_2$	3.3	4.3	5.0	6.0	8.0	10.0	11.0	15.0	18.0	20.0	24.0	26.0	33.0	40.0	48.0	57.0
$t$	1.8	2.3	2.9	3.4	4.6	5.7	6.8	9.0	11.0	13.0	15.0	17.5	21.5	25.5	32.0	38.0
$d_3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	18	20	24	28	36	42
$d_1$	1.8	2.4	2.9	3.4	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5	15.5	17.5	22.0	26.0	33.0	39.0

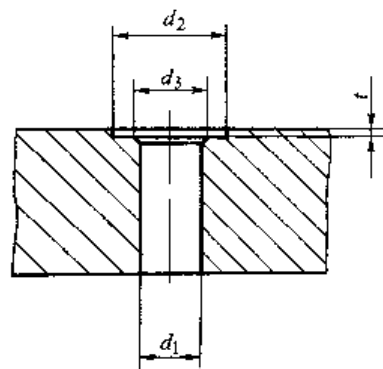
表(2)适用于 GB/T6190、6191—1986《内六角花形圆柱头螺钉》及 GB/T65—2000《开槽圆柱头螺钉》用的圆柱头沉孔尺寸

螺纹规格	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
$d_2$	8	10	11	15	18	20	24	26	33
$t$	3.2	4.0	4.7	6.0	7.0	8.0	9.0	10.5	12.5
$d_3$	—	—	—	—	—	16	18	20	24
$d_1$	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5	15.5	17.5	22.0

注:尺寸  $d_1$ 、 $d_2$  和  $t$  的公差带均为 H13。

2.15.4 紧固件 六角头螺栓和六角螺母用沉孔(GB/T152.4—1988)(见表 2.10-36)

表 2.10-36 六角头螺栓和六角螺母用的沉孔尺寸



(mm)

螺纹规格	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
$d_2$	5	6	8	9	10	11	13	18	22	26	30	33	36	40
$d_3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	18	20	22	24
$d_1$	1.8	2.4	2.9	3.4	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5	15.5	17.5	20.0	22.0
螺纹规格	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64
$d_2$	43	48	53	61	66	71	76	82	89	98	107	112	118	125
$d_3$	26	28	33	36	39	42	45	48	51	56	60	68	72	76
$d_1$	24	26	30	33	36	39	42	45	48	52	56	62	66	70

注:1. 对尺寸  $t$ , 只要能制出与通孔轴线垂直的圆平面即可。

2. 尺寸  $d_1$  的公差带为 H13; 尺寸  $d_2$  的公差带为 H15。

3 切削加工件的结构设计工艺性

3.1 零件工作图的尺寸标注应适应加工工艺要求(见表 2.10-37)

表 2.10-37 零件工作图的尺寸标注

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	加工面与毛坯面的关联尺寸原则上在一个坐标方向,只应当标注一个(当多于一个时,应注明哪一个 是划线基准)			毛坯面本身的尺寸误差大,一个加工面难以同时满足几个毛坯面的尺寸关系
2	零件图上的尺寸、公差、表面粗糙度、技术要求等,尽可能集中标注			阅读方便、清楚、避免加工时出差错
3	尺寸标注应考虑到加工顺序			左图是从精磨的齿轮端面起注尺寸,而此面是最后加工的,应按右图从车削端面起标注为好(有特殊要求者例外)
4	尺寸标注应满足加工时的实际要求			箱体孔不仅要注出孔距测量尺寸,而且要注出加工时所需的坐标尺寸
5	尺寸标注应考虑检验和测量方便			分别注出不同直径的钻削深度,便于测量
6	选择合理的尺寸封闭环			左图未留尺寸封闭环
				封闭环应留在非主要尺寸上

### 3.2 零件应有安装和夹紧的基面(见表 2.10-38)

表 2.10-38 零件安装和夹紧的基面

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	设计基面与工艺基面尽可能一致			键杆支承吊架装在箱体上平面时,尺寸H要求严格,若改到下平面,与安装基面一致,H可为自由尺寸
2	不规则外形应设置工艺凸台(此凸台尽可能布置在装夹压力的作用线上)			锥形零件应作出装夹工艺面
				车床小刀架作出工艺凸台,以便加工下部燕尾导轨面
				为加工立柱导轨面,在斜面上设置工艺凸台
3	大件、沉重刮研件和长轴,应考虑工艺吊装位置			大件、沉重刮研件设置吊装凸耳(或专设吊装孔、吊装螺孔等),以便于加工、刮研、吊运、装配和维修
				长轴一端设置吊挂螺孔或吊挂环,以便于吊运、热处理和保管

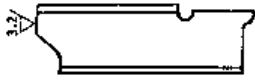

### 3.3 减少装夹和走刀次数(见表 2.10-39)

节省加工时间,保证加工精度。

表 2.10-39 减少装夹和走刀次数

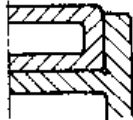
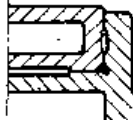
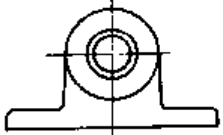
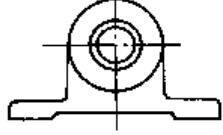
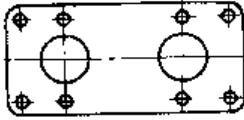
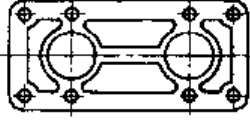
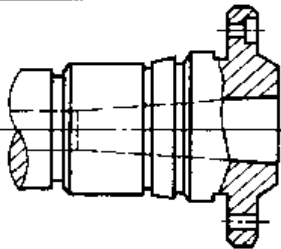
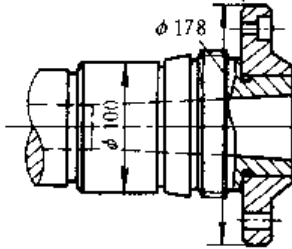
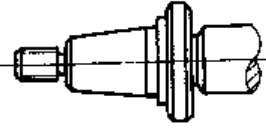
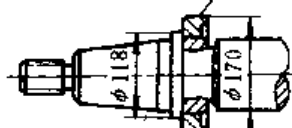
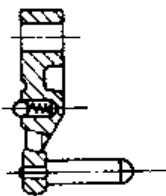
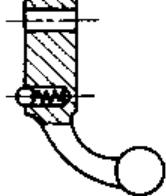
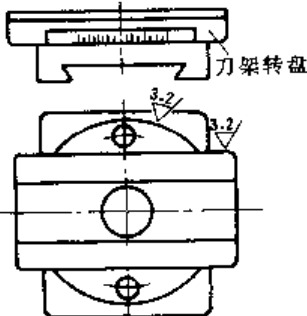
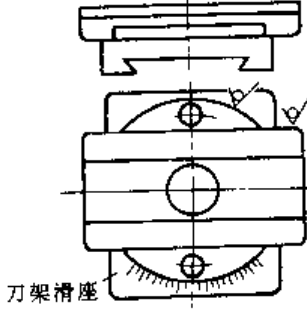
序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	力求加工面布置在同一平面上			将1和2面布置在同一平面上,可以一次走刀加工,缩减加工时间,保证加工面的相对位置精度
2	尽可能避免倾斜的加工面			减少装夹和机床调整时间

(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
3	尽可能避免大件的端面加工			当大件长度超过龙门刨加工宽度时,需落地镗或专用设备,而且装夹费时

3.4 减少加工面积,简化零件形状(见表 2.10-40)

表 2.10-40 减少加工面积简化零件形状

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	减少大面积的加工面			把相配的接触面改成环形带
				整个支承面改成部分支承面
				减少大面积的磨削加工面
2	减少轴类零件的阶梯差			某些车床主轴以热压组合零件代替大台阶整体零件(在成批生产中可采用模锻)
				某些磨床主轴以镶套零件代替凸台
3	采用无切削加工			以精铸手柄代替加工件手柄,无需加工,且外形美观
4	简化工艺复杂的结构			在刀架转盘圆柱面上刻度,四周要进行复杂加工,改在刀架滑座水平面上刻度后,工艺性得到改善



3.5 尽可能避免内凹表面及内表面的加工(见表 2.10-41)

表 2.10-41 避免内凹表面及内表面的加工

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	避免把加工平面布置在低凹处			改进后可采用高效率加工方法(结构有特殊要求者例外)
2	避免在加工平面中间设置凸台			改进后可采用高效率加工方法(结构有特殊要求者例外)
3	避免箱体孔的内端面加工			箱体孔的内端面加工比较困难,可用镶套零件代替
4	精加工孔尽可能做成通孔			研磨孔做成通孔,改善了加工条件,较易保证加工精度,也便于测量
5	以外表面加工代替内表面加工			将配合孔内的内沟槽改为轴上的外沟槽,加工方便
6	设置必要的工艺孔			左图右壁未设工艺孔,镗内孔时要配作镗杆支撑套,不便加工;设工艺孔后,可在箱体外支撑镗杆,改善了加工条件
7	进行合适的组合,减少内凹面的加工			将难加工的内表面改在单独零件上,改善了加工条件,并可提高加工质量

3.6 保证零件加工时的必要的刚性(见表 2.10-42)

表 2.10-42 保证零件加工时必要的刚性

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	增设必要的加强肋			较大面积的薄壁零件,刚性不好,应增设必要的加强肋
2	设置支承用工艺凸台			铣床工作台底座支承面积小,加工小平面及燕尾导轨时,振动大,增设工艺凸台后,提高了刚性,并使装夹容易
3	零件形状适应加工方法			在可能情况下,改为右图,可提高加工时的刚性

3.7 零件结构要适应刀具尺寸要求,并尽可能采用标准刀具(见表 2.10-43)

表 2.10-43 零件结构要适应刀具尺寸

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	应考虑刀具退出时所需的退刀槽			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保证刀具能自由退刀</li> <li>2. 避免刀具损坏和过早磨损</li> <li>3. 提高加工质量</li> <li>4. 避免设备事故</li> </ol>
2	当尺寸差别不大时,零件各结构要素,如沟、槽、孔、窝等,应尽可能一致			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减少刀具种类</li> <li>2. 减少更换刀具等辅助时间</li> </ol>

(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
3	应考虑刀具能正常地进刀和退刀			尽可能避免在斜面上钻孔和钻不完整孔,以防止刀具损坏和提高加工精度及切削用量
				应保证砂轮自由退出和加工的空间
4	尽可能采用标准刀具			尽量不采用接长钻头等非标准刀具

4 自动化生产对零件结构设计工艺性要求(见表 2.10-44)

表 2.10-44 自动化生产对零件结构工艺性要求

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	薄壁平构件的结构要满足输送要求,构件应能互相接触而不阻碍移送			左图锥部极易相互重叠而发生堵塞;改进后把构件下部设计成圆柱形,可以防止构件重叠及堵塞
2	平薄小,不规则等构件必须以固定位置输送给下道工序			左图输送位置不正确,右图构件处于正确输送位置
3	零件形状应便于装卸运输			圆柱头铆钉比圆头铆钉易于装卸、装配
4	加工表面应设计在一个水平面上			右图加工可一次完成,左图则需两次完成

在数控机床上加工时对零件结构的要求:

- 1) 零件上的孔径和螺纹规格不宜过多,尽量减少刀具更换次数。
- 2) 沉割槽的形状及其宽度的规格,不宜过多;最好限制在一种或两种之内。
- 3) 零件不允许有清角时,只须在图样上标明倒角

或倒圆即可,而不要标具体尺寸,因为通常在数控机床上,装有自动倒角装置。

4) 应尽量使加工表面处于同一平面上,以简化编制程序工作。

5) 减少原材料的品种规格,以节省储料空间,简化材料控制手续,减少更换夹头次数。

## 第 11 章 零部件的装配和维修工艺性

- 1 一般装配对零部件结构工艺性的要求
- 1.1 组成单独的部件或装配单元(见表 2-11-1)
  - 1.2 应具有合适的装配基面(见表 2-11-2)
  - 1.3 结合工艺特点考虑结构的合理性(见表 2-11-3)
  - 1.4 考虑装配的方便性(见表 2-11-4)
  - 1.5 考虑拆卸的方便性(见表 2-11-5)
  - 1.6 考虑修配的方便性(见表 2-11-6)
  - 1.7 选择合理的调整补偿环(见表 2-11-7)
  - 1.8 减少修整外观的工作量(见表 2-11-8)

表 2-11-1 组成单独部件或装配单元

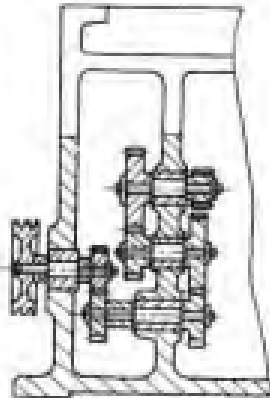
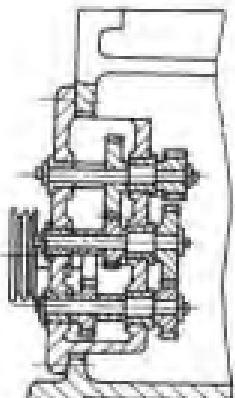
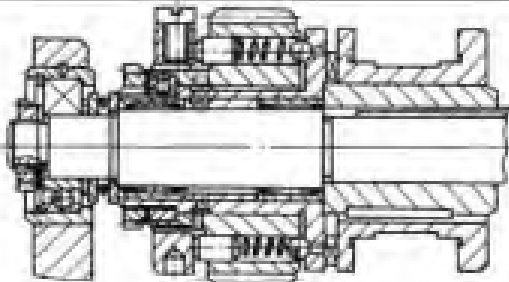
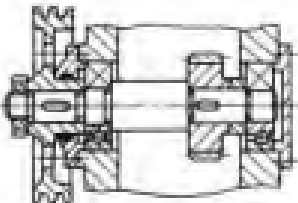
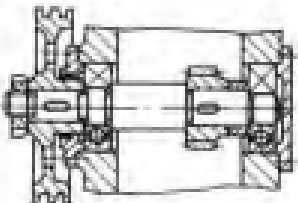
序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	尽可能组成单独的箱体或部件			将传动齿轮组成单独的齿轮箱,以便分别装配,提高工效,便于维修
2	将部件分成若干装配单元,以便组装			如图示,轴上的安全离合器零件可以分别单独装配,然后组装
3	同一轴上的零件,尽可能考虑能从箱体一端或套装卸			左图轴上齿轮大于轴承孔,需在箱内装配;改进后,轴上零件可在组装后一次装入箱体内

表 2.11-2 应具有合适的装配基面

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	零件装配位置应固定，不应有游动的基面			左图中，支架 1 和 2 都是套在大定位面的箱体孔内，调整装配锥齿轮，需用专用夹具，改用右图，作出支架定位基面后，可使装配调整简化
2	避免用螺纹定位			左图由于有螺纹间隙，不能保证端盖孔与液压缸的同轴度，须改用圆柱配合面定位
3	互相定位的零件，应要求按同一基准定位			交换齿轮两根轴不在同一箱体壁上作轴向定位，当孔和轴加工误差较大时，齿轮装配相对偏差加大，应改在同一壁上，作轴向固定
4	挠性的连接部，可用不加工作基面			电动机和液压泵组装置，两端是以电线和油管连结，无配合要求，可用不加工作基面

表 2.11-3 结合工艺特点、考虑结构的合理性

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	轴和毂的配合在锥形轴头上必须留有一充分伸出部分 $a$ ，不许在锥形部分之外加轴肩			使轴和轴毂能保证紧密配合

(续)

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
2	圆形的铸件加工面必须与不加工处留有充分的回隙 $a$			防止铸件圆度有误差, 两件相互干涉
3	定位销的孔应尽可能钻通			销子容易取出
4	螺纹端部应倒角			避免装配时将螺纹端部损坏

表 2-11-4 考虑装配的方便性

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	考虑装配时能方便地找正和定位			为便于装配时找正油孔, 作出环形槽
				有方向性的零件应采用适应方向要求的结构, 改进后的图例可调整孔的位置
2	轴上几个有配合的面, 避免同时装配			轴上几个台阶同时装配, 找正不方便, 且易损坏配合面。右图可改善工艺性
3	轴与套相配部分较长时, 应作退刀槽			避免装配接触面过长
4	尽可能把紧固部位布置在易于拆的部位			左图轴承架需专用工具拆装, 改进后, 比较简便

(续)

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
5	应考虑电气、润滑、冷却等部分安装、布线和接管的要求			在床身、立柱、箱体、罩、盖等设计中,应综合考虑电气、润滑、冷却及其他附属装置布线要求,例如作出凸台、孔、盒及在铸件中敷设钢管等

表 2.11-5 考虑拆卸的方便性

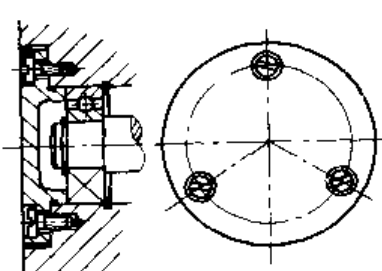
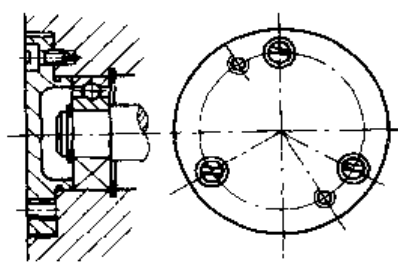
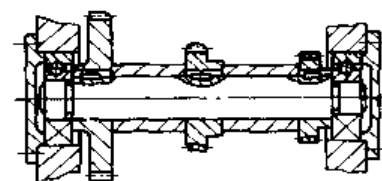
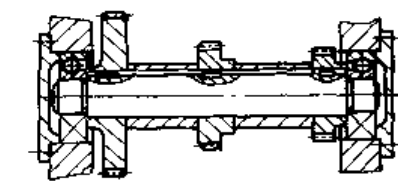
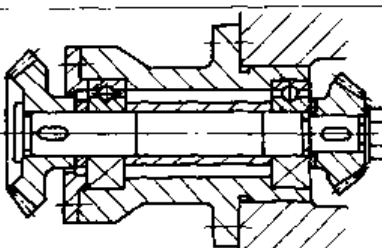
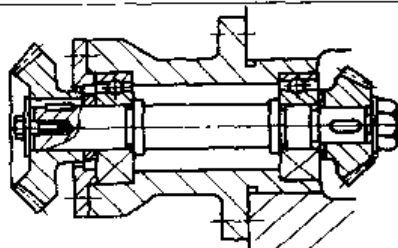
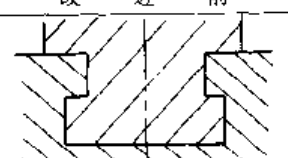
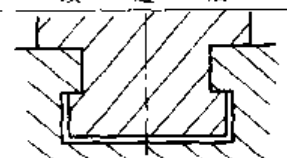
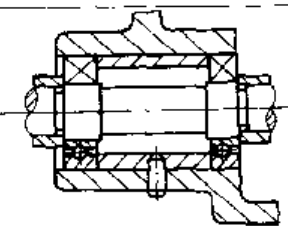
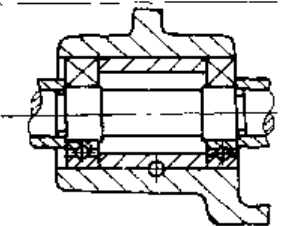
序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	在轴、法兰、压盖、堵头及其他零件的端面,应有必要的工艺螺孔			避免使用非正常拆卸方法易损坏零件
2	作出适当的拆卸切口、孔槽			在隔套上作出键槽,便于安装,拆时不需将键拆下
3	当调整维修个别零件时,避免拆卸全部零件			左图在拆卸左边调整垫圈时,几乎需拆下轴上全部零件

表 2.11-6 考虑修配的方便性

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	尽量减少不必要的配合面			配合面过多,零件尺寸公差要求严格,不易制造,并增加装配时修配工作量
2	应避免配作困难的内部			在便于钻孔部位,将径向销改为切向销,避免切屑带入轴承内部



(续)

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
3	减少装配时的刮研和手配工作量			用键定位的丝杠螺母, 为保证螺母轴线与刀架导轨的平行度, 通常要进行修配; 如用两侧削平的圆柱销来代替键, 就可转动圆柱销来对导轨调整定位, 最后固定圆柱销, 不用修配
4	减少装配时的机加工配作			将箱体上配钻的油孔, 改在轴套上, 预先钻出
				将活塞上配钻销孔的销钉联接改为螺纹联接

表 2-11-7 选择合理的调整补偿环

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	在零件的相对位置需要调整的部位, 应设置调整补偿环, 以补偿尺寸链误差, 简化装配工作			左图锥齿轮的啮合要靠反复修配支承面来调整; 右图可靠修磨调整垫 1 和 2 的厚度来调整
				用调整垫片来调整丝杠支承与螺母的同轴度
2	调整补偿环应考虑测量方便			调整垫尽可能布置在易于拆卸的部位

(续)

序号	注意事项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
3	调整补偿环应考虑调整方便			精度要求不太高的部位,采用调整螺钉代替调整垫,可省去修磨垫片,并避免孔的端面加工

表 2.11-8 减少修整外观的工作量

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	零件的轮廓表面,尽可能具有简单的外形和圆滑地过渡			床身、箱体、外罩、盖、小门等零件,尽可能具有简单外形,便于制造装配,并可使外形很好地吻合
2	部件接合处,可适当采用装饰性凸边			装饰性凸边可掩盖外形不吻合误差,减少加工和修整外形的工作量
3	铸件外形结合面的圆滑过渡处,应避免作为分型面			在圆滑过渡处作分型面,当砂箱偏移时,就需要修整外观
4	零件上的装饰性肋条应避免直接对缝联接			装饰性肋条直接对缝很难对准,反而影响外观整齐
5	不允许一个罩(或盖)同时与两个箱体或部件相连			同时与两件相连时,需要加工两个平面,装配时也不易找正对准,外观不整齐
6	在冲压的罩、盖、门上适当布置凸条			在冲压的零件上适当布置凸条,可增加零件刚性,并具有较好的外观

## 2 自动装配对零件结构设计工艺性的要求

- 1) 结构简单并确保容易组合。
- 2) 能划分成完全互换的装配单元和联接,以保证装配夹具简单又便于引进、抓取、移动、安装和调节。

- 3) 有选择工艺基准定位面的依据。
- 4) 装配单元能互换,从而完全取消修配工作。
- 5) 有选择基准面和配合面的表面粗糙度和装配尺寸公差依据。
- 6) 装配单元高度的通用化和标准化。

7) 装配单元中包含的零件数目应最少。

线的设备, 便于识别、储存和输送。

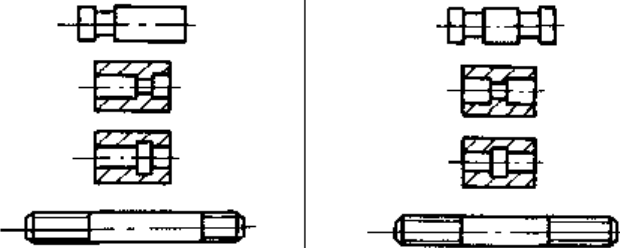

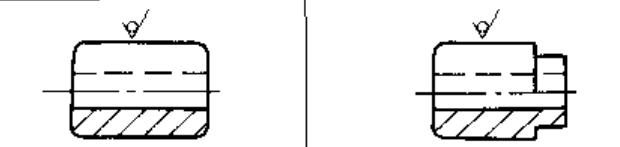
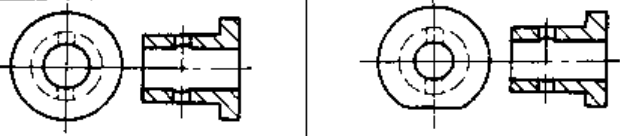
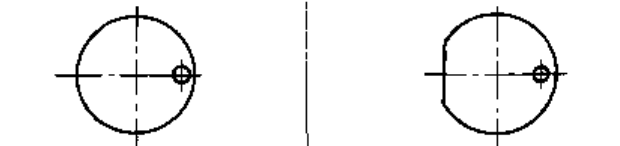

8) 装配时不要用机械加工。

(1) 易于定位

进行自动装配的零、部件结构, 应有助于减少装配

为便于定位的一些措施见表 2.11-9。

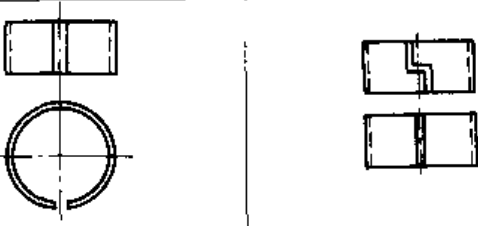
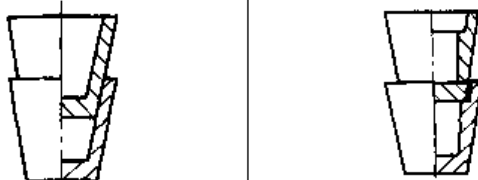
表 2.11-9 易于定位

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	零件形状尽可能设计成对称的			改为对称, 便于确定正确位置, 避免错装
2	为保证装配正确宜在零件上做出记号			孔径不同, 宜在相对于小孔径处切槽或倒角, 以资识别
3	为保证自动装配有时需增加加工面			自由装配时, 宜将夹紧处车削为圆柱面, 使与内孔同轴
4	为保证孔的位置可在零件上加工一小平面			孔的方向要求一定, 若不影响零件性能, 可铣一小平面, 其位置与孔成一定关系, 平面较孔易于定位
5	为保证垫片上偏心位置可加工一小平面			为保证偏心孔正确位置, 可再加一小平面
6	为便于输送可把零件底部设计成弧面			工件底端为弧面时, 便于导向, 有利于自动装配的输送

(2) 避免零件互相缠结

避免零件互相缠结的措施见表 2.11-10。

表 2.11-10 避免零件互相缠结

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	薄壁有通槽的零件容易缠结			零件具有通槽时, 为避免工件相互套住, 可将槽位置错开, 或使槽宽度小于工件壁厚
2	零件具有相同的内外锥度表面时, 容易互相“卡死”			可使内外锥度不等

(续)


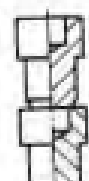


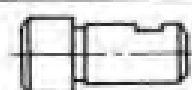
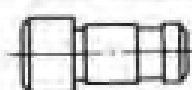
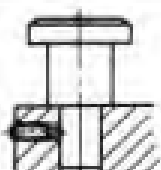
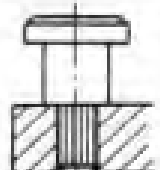
序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	零件的凸出部分易于进入另外同类零件的孔中造成装配困难			宜使凸出部分直径大于孔径

表 2.11-11 简化装配线设备

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	有可能做成一体的两个零件尽可能做成一体			螺钉与垫圈一体时,可节省送料机构
2	定位面要便于安装和调整			改为环形槽,装配时省去按径向调整机构
3	改变互相配合零件的表面可简化装配			轴一端破花,与其配合件为过盈配合效果好

(3) 避免零件互相错位

有些零件在输送时易相互错位(图 2.11-1a,c),可将接触面积加大(图 2.11-1b,d)或增大接触处的角度(图 2.11-1e)。

(4) 简化装配线设备(见表 2.11-11)。

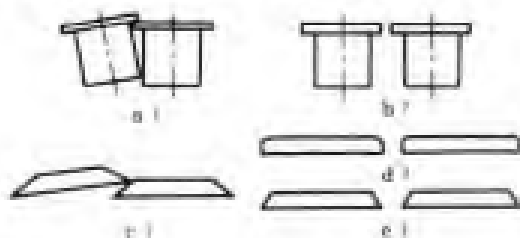


图 2.11-1 避免零件相互错位

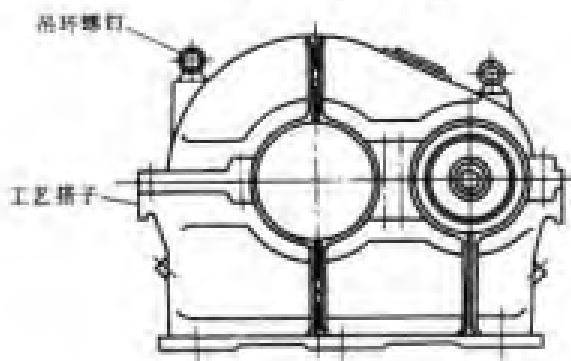


图 2.11-2 用吊环螺钉及工艺搭子起吊

3. 吊运对零件结构设计工艺性的要求

设计中型以上零件时必须考虑起吊问题

- 1) 用吊环螺钉起吊,如图 2-11-2。
- 2) 用预先铸出的洞孔起吊,如图 2-11-3。
- 3) 用预先铸出的工艺搭子起吊,如图 2-11-2。



图 2.11-3 用铸出洞孔起吊

4 零部件的维修工艺性

一个好的设计不仅应考虑其制造阶段所要求的结构工艺性,同时也要考虑机器在使用过程中各个零部件可能出现的问题,如有的机器上某个零件,由于局部工作条件等原因,其使用寿命只有整机规定使用寿命的 15%~20%,甚至更少,就是说,在机器的使用期中,那些易损零件需要多次更新。因此,机器零部件具有良好的维修工艺性,对于方便修理,延长机器使用期和降低生产成本是很重要的。

(1) 考虑零件磨损后修复的可能性和方便性

考虑零件磨损后修复的可能性和方便性见表 2-11-12。

(2) 保证拆卸的方便性(见表 2-11-13)。

1)轴套、环和销等零件,应有自由通路或其它结构措施,使其有拆卸的可能性。

2)轴、法兰、压盖和其它零件如有外露的螺孔或外螺纹时,可以利用带耳环的螺钉或螺母拆下这些零件。也可考虑设置拆卸螺孔等工艺结构。

3)滚动轴承与轴颈配合应严格按照标准所定的配

合配合用,在设计时,必须考虑在装入或拆卸轴承时,最好不用手锤而靠压力或带螺纹的拆装工具。

4)轴头设计装有带轮、大齿轮等类似零件时,轴头最好设计成带有锥度,以便于拆装。

5)在一根轴上的全部零件,最好能从轴的一端套

入。

表 2.11-12 考虑修复的可能性和方便性

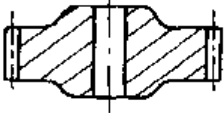

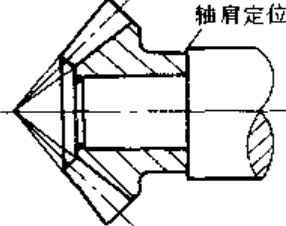
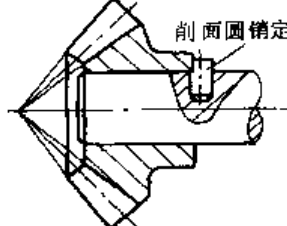
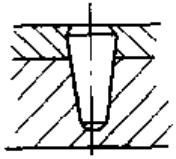
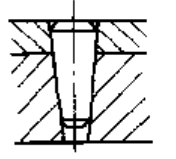
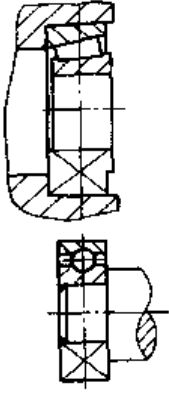
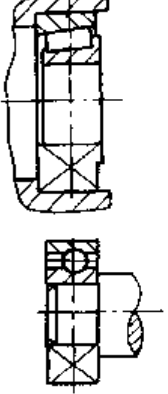
序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	大尺寸齿轮应考虑磨损修复的可能性			右图加套易于修复
2	设计应考虑修配的方式			右图修刮圆销面积小,修配方便

表 2.11-13 保证拆卸的可能性

序号	注 意 事 项	图 例		说 明
		改 进 前	改 进 后	
1	销孔结构钻成通孔便于拆卸			右图销子取出方便
2	轴肩及台肩应按规定尺寸设计			左图台肩及轴肩过高,轴承不易拆卸

参 考 文 献

- 徐灏. 机械设计. 北京:东北工学院出版社,1987
- 机械工程手册电机工程手册编辑委员会编. 机械工程手册:第5卷第25篇、第7卷第39、40、41、44篇. 北京:机械工业出版社,1982
- 机械设计手册联合编写组. 机械设计手册,北京:

- 石油化学工业出版社,1978
- 日本机械学会编. 机械技术手册:第17篇,张志平等译. 北京:机械工业出版社,1984
- 邓文英主编. 金属工艺学. 北京:高等教育出版社,1984
- 机床设计手册编写组. 机床设计手册:第一册. 北京:机械工业出版社,1978

- 7 王绍后主编, 机械制造工艺设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1985
- 8 顾崇銜等编著, 机械制造工艺学. 西安: 陕西科学技术出版社, 1981
- 9 日本鑄物協會編, 鑄物便覽. 日本: 丸善株式会社, 1986
- 10 K. J. PARSLEY, Manufacturing Technology Level 1. Hollen Street Press, 1983
- 11 薰杰主编, 机械设计工艺性手册. 上海: 上海交通大学出版社, 1991

# 第 3 篇 机械工程材料

主 编 方昆凡  
编写人 方昆凡  
黄 英  
单宝峰  
鄂晓宇  
刘宏军

第 2 版  
机械工程材料

主 编 方昆凡  
编写人 方昆凡  
黄 英  
单宝峰  
鄂晓宇  
高 虹  
审 稿 蔡春源



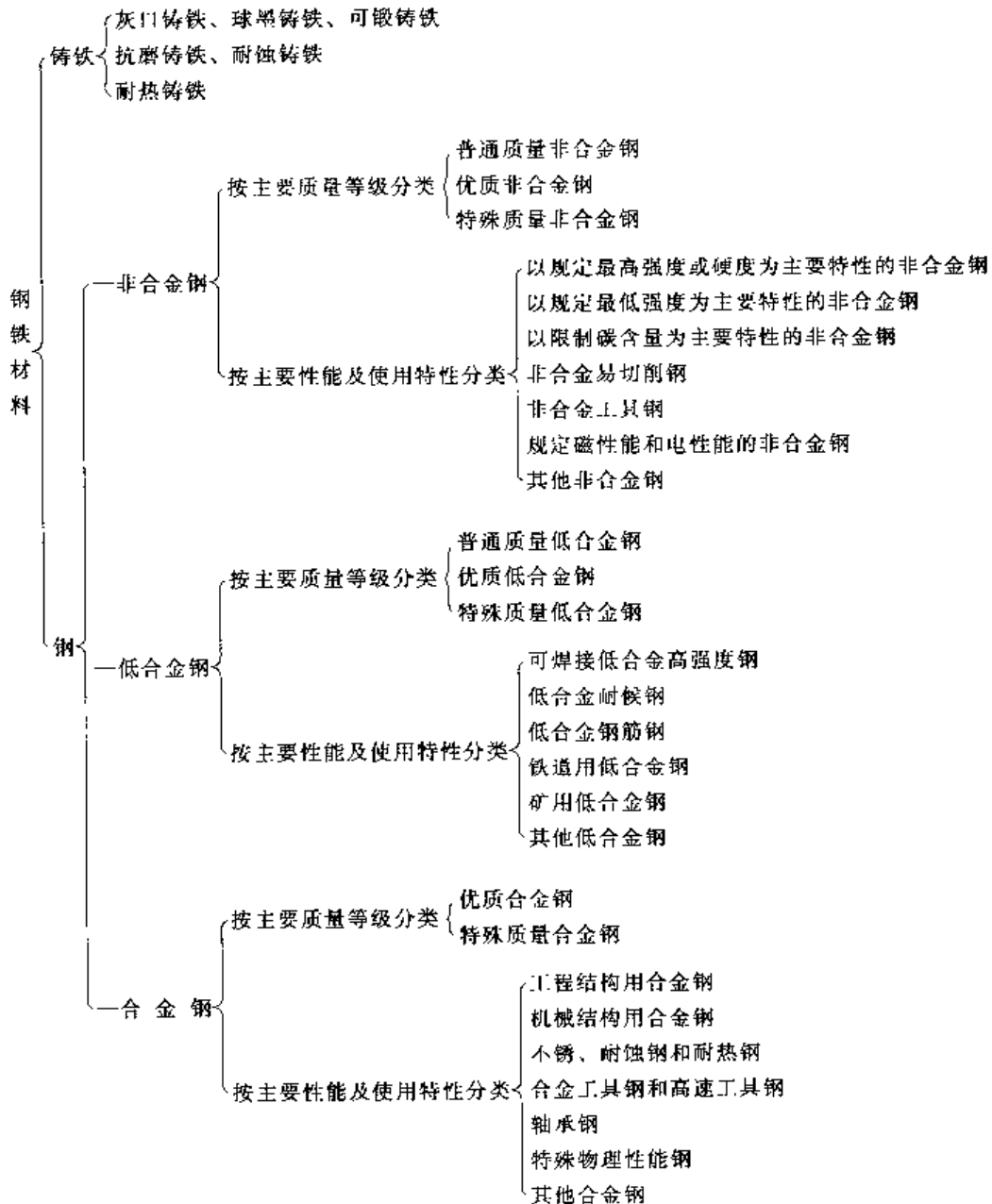
# 第1章 钢铁材料

## 1 概述

### 1.1 钢铁材料的分类

钢铁材料(黑色金属材料)分为铸铁和钢两类。按GB/T15574-1995《钢产品分类》标准的规定,将钢的工业产品分为初产品、半成品、轧制成品和最终产品及锻制条钢;钢的其他产品分为粉末冶金产品、铸件、锻

压产品、光亮产品、冷成型产品、焊接型钢、钢丝和钢丝绳等。按GB/T13304-1991《钢分类》标准的规定,以铁为主要元素,含碳量(质量分数)一般在2%以下,并含有其他元素的材料称为钢;根据此定义,钢应包括铸钢和变形钢。钢分类国家标准按化学成分将钢分为非合金钢、低合金钢和合金钢三大类;按主要质量等级和主要性能及使用特性,对非合金钢、低合金钢和合金钢进行分类。钢铁材料一般分类的体系如下:



## 1.2 钢铁材料牌号表示方法

### 1.2.1 钢铁产品牌号表示方法 (见表 3.1-1~表 3.1-3)

表 3.1-1 常用化学元素符号 (摘自 GB/T221—2000)

元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号
铁	Fe	锂	Li	钐	Sm
锰	Mn	铍	Be	铀	Ac
铬	Cr	镁	Mg	硼	B
镍	Ni	钙	Ca	碳	C
钴	Co	锆	Zr	硅	Si
铜	Cu	锡	Sn	硒	Se
钨	W	铅	Pb	碲	Te
钼	Mo	铋	Bi	砷	As
钒	V	铯	Cs	硫	S
钛	Ti	钡	Ba	磷	P
铝	Al	镧	La	氮	N
铌	Nb	铈	Ce	氧	O
钽	Ta	钕	Nd	氢	H

注：混合稀土元素符号用“RE”表示

表 3.1-2 产品名称、用途、特性和工艺方法表示符号 (摘自 GB/T221—2000)

名称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字体	位置
	汉字	汉语拼音			
炼钢用生铁	炼	LIAN	L	大写	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头
脱碳低磷粒铁	脱炼	TUO LIAN	TL	大写	牌号头
含钒生铁	钒	FAN	F	大写	牌号头
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	NM	大写	牌号头
碳素结构钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
低合金高强度钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
耐候钢	耐候	NAI HOU	NH	大写	牌号尾
保证淬透性钢			H	大写	牌号尾
易切削非调质钢	易非	YIFEI	YF	大写	牌号头
热锻用非调质钢	非	FEI	F	大写	牌号头
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头
电工用冷轧无取向硅钢	无	WU	W	大写	牌号中
电工用冷轧取向硅钢	取	QU	Q	大写	牌号中
电工用冷轧取向高磁感硅钢	取高	QU GAO	QG	大写	牌号中
(电讯用)取向高磁感硅钢	电高	DIAN GAO	DG	大写	牌号头
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头
塑料模具钢	塑模	SU MO	SM	大写	牌号头
(滚珠)轴承钢	滚	GUN	G	大写	牌号头
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	U	大写	牌号头
铆螺钢	铆螺	MAO LUO	ML	大写	牌号头
锚链钢	锚	MAO	M	大写	牌号头

(续)

名称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字体	位置
	汉字	汉语拼音			
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	大写	牌号头
船用钢			采用国际符号		
汽车大梁用钢	梁	LIANG	L	大写	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	K	大写	牌号尾
压力容器用钢	容	RONG	R	大写	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	q	小写	牌号尾
锅炉用钢	锅	GUO	g	小写	牌号尾
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	HP	大写	牌号尾
车辆车轴用钢	辆轴	LIANG ZHOU	LZ	大写	牌号头
机车车轴用钢	机轴	JI ZHOU	JZ	大写	牌号头
管线用钢			S	大写	牌号头
沸腾钢	沸	FEI	F	大写	牌号尾
半镇静钢	半	BAN	b	小写	牌号尾
镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	牌号尾
特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	TZ	大写	牌号尾
质量等级			A、B、C、D、E	大写	牌号尾

注：没有汉字及汉语拼音的，采用符号为英文字母。

表 3.1-3 钢铁产品牌号表示方法及示例

(摘自 GB/T221—2000、GB/T5612 1985、GB/T5613—1995)

产品种类	牌号表示方法	牌号示例
碳素结构钢和合金结构钢	<p>通用结构钢牌号采用代表屈服点的拼音字母“Q”，屈服点数值（单位为MPa）和规定的质量等级、脱氧方法等用符号表示，例如：</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>“屈”字 汉语拼音 首位字母</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>Q 235 A F</p> </div> </div> <p style="margin-left: 150px;">脱氧方法符号，F—沸腾钢 (见表 3.1-2)</p> <p style="margin-left: 100px;">质量等级符号，分为 A、B、C、D 级别</p> <p style="margin-left: 100px;">屈服点数值（单位为 MPa）</p>	<p>Q235BZ</p> <p>Q345C</p> <p>Q345D</p>
	<p>在牌号组成中，碳素结构钢表示镇静钢的符号“Z”和特殊镇静钢的符号“TZ”可以省略；低合金高强度钢分为镇静钢和特殊镇静钢，在牌号组成中没有表示脱氧方法的符号</p>	<p>Q345R</p> <p>Q295HP</p> <p>Q420q、Q340NH</p>
<p>专用结构钢一般采用屈服点符号“Q”，屈服点数值和规定的代表产品用途的符号组成牌号，例如锅炉用钢 Q390g</p>		
<p>优质碳素结构钢用阿拉伯数字或阿拉伯数字和规定的符号组成牌号，其中以二位阿拉伯数字表示平均含碳量（质量分数），以万分之几的数字表示；沸腾钢在牌号尾部注“F”，半镇静钢在牌号尾部注“b”，镇静钢一般不注符号。较高含锰量的优质碳素结构钢，在平均含碳量数字之后加注锰元素 Mn 符号</p> <p>高级优质碳素结构钢，在牌号后加注符号“A”，特级优质碳素结构钢，在牌号后加注符号“E”</p> <p>专用优质碳素结构钢采用阿拉伯数字（平均含碳量、质量分数）和规定的代表产品用途的符号表示牌号</p>	<p>08F</p> <p>10b</p> <p>45</p> <p>50Mn</p> <p>20A</p> <p>45E</p> <p>20g</p>	

(续)

产品种类	牌号表示方法	牌号示例
优质碳素弹簧钢	优质碳素弹簧钢的牌号表示方法与优质碳素结构钢相同	70 65Mn
易切削钢	加硫易切削钢和加硫、磷易切削钢,用符号“Y”和表示平均含碳量(质量分数以万分之几计)的阿拉伯数字组成牌号 较高含锰量的加硫或加硫、磷易切削钢,在符号“Y”和阿拉伯数字后加注锰元素符号 含钙、铅等易切削元素的易切削钢,在符号“Y”和阿拉伯数字后加注易切削元素符号	Y15 Y40Mn Y15Pb Y45Ca
合金结构钢	合金结构钢牌号采用阿拉伯数字和合金元素符号表示,用一位阿拉伯数字表示平均含碳量(质量分数以万分之几计),放在牌号头部。合金元素含量(质量分数)表示方法为:平均含量小于1.50%时,牌号中只标明元素符号,一般不注明含量;平均含量为1.50%~2.49%、2.50%~3.49%、3.50%~4.49%、4.50%~5.49%、……时,在合金元素符号后相应写成2、3、1、5…… 高级优质合金结构钢、特级优质合金结构钢在牌号尾部加注符号“A” 专用合金结构钢,在牌号头部(或尾部)加注规定的代表产品用途的符号	30CrMnSi 20CrNi3 30CrMnSiA 30CrMnSiE ML30CrMnSi
合金弹簧钢	合金弹簧钢牌号表示方法与合金结构钢相同	60Si2Mn 60Si2MnA
非调质机械结构钢	非调质机械结构钢牌号的头部用符号“YF”、“F”分别表示易切削非调质机械结构钢和热锻用非调质机械结构钢,头部之后的牌号表示方法与合金结构钢相同	YF35V F45V
碳素工具钢	碳素工具钢的牌号用规定符号和阿拉伯数字表示,阿拉伯数字表示千分之几的平均含碳量(质量分数)。普通含锰量碳素工具钢的牌号为符号“T”后加注阿拉伯数字;较高含锰量碳素工具钢,在“T”和阿拉伯数字后加注锰元素符号;高级优质碳素工具钢,在牌号尾部加符号“A”	T9 T8Mn T10A
合金工具钢和高速工具钢	合金工具钢和高速工具钢牌号表示方法与合金结构钢相同,用合金元素符号和阿拉伯数字表示,但一般不标明含碳量数字,当平均含碳质量分数小于1.00%时,可采用一位数字表示含碳质量分数(以千分之几计);平均含铬质量分数小于1%的低铬合金工具钢,在含量(以千分之几计)前加数字“0”,如平均含铬质量分数为0.60%的合金工具钢,其牌号为“Cr06”	Cr12MoV W6Mo5Cr4V2 8MnSi
塑料模具钢	塑料模具钢的牌号,头部符号为“SM”,牌号表示方法与优质碳素结构钢和合金工具钢相同,如SM45表示平均含碳(质量分数)为0.45%的碳素塑料模具钢;SM3Cr2Mo表示平均含碳(质量分数)为0.34%,含铬(质量分数)为1.70%,含钼(质量分数)为0.42%的合金塑料模具钢	SM45 SM3Cr2Mo
轴承钢	高碳铬轴承钢,在牌号头部加符号“G”,但不标明含碳质量分数,含铬质量分数以千分之几计,其他合金元素按合金结构钢的合金含量表示,例如:平均含铬质量分数为1.50%的轴承钢,其牌号为“GCr15” 渗碳轴承钢采用合金结构钢牌号表示方法,在牌号头部加符号“G”,例如:平均含碳质量分数为0.20%,含铬质量分数为0.35%~0.65%,含镍质量分数为0.40%~0.70%,含钼质量分数为0.10%~0.35%的渗碳轴承钢,其牌号为“G20CrNiMo” 高级优质渗碳轴承钢,在牌号尾部加注符号“A” 高碳铬不锈钢轴承钢和高温轴承钢,采用不锈钢和耐热钢的牌号表示方法,牌号头部不加符号“G”,如“9Cr18”表示平均含碳质量分数为0.90%,含铬质量分数为18%的高碳铬不锈钢轴承钢;“10Cr14Mo4”表示平均含碳质量分数为1.02%,含铬质量分数为14%,含钼质量分数为1%的高温轴承钢	GCr15 G20CrNiMo G20CrNiMoA 9Cr18 10Cr14Mo4

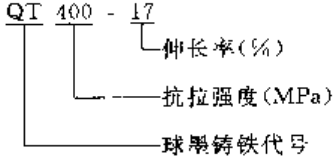
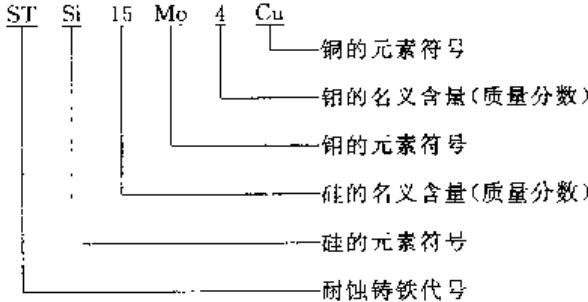
(续)

产品种类	牌号表示方法	牌号示例
焊接用钢	焊接用钢包括焊接用碳素钢、焊接用合金钢和焊接用不锈钢等，其牌号是在各类焊接用钢牌号之前部加注符号“H”，高级优质焊接用钢，在牌号尾部加符号“A”	H08 H08Mn2Si H1Cr19Ni9 H08A H08Mn2SiA
不锈钢耐热钢	不锈钢和耐热钢牌号采用规定的合金元素符号和阿拉伯数字表示，易切削不锈钢和耐热钢在牌号头部加“Y”。一般用一位阿拉伯数字表示平均含碳质量分数（以千分之几计）；当平均含碳质量分数不小于1.00%时，采用二位阿拉伯数字表示；当含碳质量分数上限小于0.1%时，以“0”表示含碳质量分数；当含碳质量分数上限不大于0.03%，大于0.01%时（超低碳），以“03”表示含碳质量分数；当含碳质量分数上限不大于0.01%时（极低碳），以“01”表示含碳质量分数。含碳质量分数没有规定下限时，采用阿拉伯数字表示含碳质量分数的上限数字。合金元素含量表示方法同合金结构钢。例如：平均含碳质量分数为0.20%，含铬质量分数为13%的不锈钢，其牌号表示为“2Cr13”；含碳质量分数上限为0.08%，平均含铬质量分数为18%，含镍质量分数为9%的铬镍不锈钢，其牌号表示为“0Cr18Ni9”；含碳质量分数上限为0.12%，平均含铬质量分数为17%的加硫易切削铬不锈钢，其牌号表示为“Y1Cr17”；平均含碳质量分数为1.10%，含铬质量分数为17%的高碳铬不锈钢，其牌号表示为“11Cr17”；含碳质量分数上限为0.03%，平均含铬质量分数为19%，含镍质量分数为10%的超低碳不锈钢，其牌号表示为“03Cr19Ni10”；含碳质量分数上限为0.01%，平均含铬质量分数为19%，含镍质量分数为11%的极低碳不锈钢。其牌号表示为“01Cr19Ni11”	2Cr13 0Cr18Ni9 Y1Cr17 11Cr17 03Cr19Ni10 01Cr19Ni11
电工用硅钢	硅钢牌号采用规定的符号和阿拉伯数字表示，阿拉伯数字表示典型产品（某一厚度的产品）的厚度和最大允许铁损值（W/kg） 电工用热轧硅钢，在牌号头部加符号“DR”，之后为表示最大允许铁损值100倍的阿拉伯数字。如果是在高频率（400Hz）下检验的，在表示铁损值的阿拉伯数字后加符号“G”，不加“G”的，表示在频率50Hz下检验，在铁损值或在符号“G”后加一条横线，横线后为产品公称厚度（单位：mm）100倍的数字。例如：频率为50Hz时，厚度为0.50mm，最大允许铁损值为4.40W/kg的电工用热轧硅钢，其牌号表示为“DR440-50”；频率为400Hz时，厚度为0.35mm，最大允许铁损值为17.50W/kg的电工用热轧硅钢，其牌号表示为“DR1750G-35” 电工用冷轧无取向硅钢和取向硅钢，在牌号中间为分别表示无取向硅钢符号“W”和取向硅钢符号“Q”，在符号之前为产品公称厚度（单位：mm）100倍的数字，符号之后为铁损值100倍的数字。例如：“30Q130”、“35W300”。取向高磁感硅钢，其牌号应在符号“Q”和铁损值之间加符号“G”，例如：“27QG100” 电信用取向高磁感硅钢牌号采用规定的符号和阿拉伯数字表示，阿拉伯数字表示电磁性能级别，从1至6表示电磁性能从低到高。例如：“DG5”	DR1750G-35 30Q130 27QG100 DG5
电磁纯铁	电磁纯铁采用规定符号“DT”和阿拉伯数字表示，阿拉伯数字表示不同牌号的顺序号，如“DT3”；电磁性能不同，在牌号尾部加注质量等级符号“A”、“C”、“E”。例如“DT4E”、“DT4C”	DT4 DTA
高电阻电热合金	高电阻电热合金采用规定的化学元素和阿拉伯数字表示，其方法与不锈钢和耐热钢的牌号表示方法相同，镍铬基合金不标明含碳量。例如，平均含铬质量分数为25%、含铝质量分数为5%、含碳质量分数不大于0.06%，余量为铁的高电阻电热合金，其牌号为0Cr25Al5	0Cr25Al5

(续)

产品种类	牌号表示方法	牌号示例
铸钢	<p>铸钢的符号用“ZG”表示</p> <p>工程用铸钢在牌号中“ZG”后面的两组数字表示力学性能，第一组数字表示屈服强度，第二组数字表示抗拉强度，中间用“-”隔开</p> <p>铸造碳钢在牌号中“ZG”后面一组数字表示其名义的万分碳含量</p> <p>铸造合金钢在牌号中“ZG”后面的一组数字表示铸钢的名义万分碳含量，当平均碳含质量分数大于1%时，在牌号中不表示其名义含量；当平均碳含质量分数小于0.1%时，其第一位数字为“0”；只给出碳含量上限，未给出下限的铸钢，牌号中碳的含量用上限表示。铸造合金钢的合金元素含量在碳的名义含量数字后面排列各主要合金元素符号，每个元素符号后面用整数标出名义百分含量</p> <p>锰元素平均含质量分数小于0.9%时，在牌号中不标元素符号；平均含质量分数0.9%~1.4%时，只标符号不注含量，其他合金元素平均含质量分数为0.9%~1.4%时，在该元素符号后面标注数字1</p> <p>钼元素的平均含质量分数小于0.15%，其他元素平均含质量分数小于0.5%时，在牌号中不标元素符号；钼元素的平均含质量分数大于0.15%，小于0.9%，在牌号中只标元素符号不标含量</p> <p>当钛、钒元素平均含质量分数小于0.9%，铌、硼、氮、稀土等微量合金化元素的平均含质量分数小于0.5%时，在牌号中标注其化学符号，但不标含量</p> <p>当主要合金化元素多于3种时，可以在牌号中只标注前两种或前三种元素的名义含量</p> <p>当牌号须标注两种以上主要合金化元素时，各元素符号的标注顺序按其名义含量的递减顺序排列，若两种元素名义含量相同，则按元素符号的字母顺序排列</p> <p>在特殊情况下，当同一牌号分为几个品种时，可在牌号后面用“-”隔开，用阿拉伯数字标注品种序号</p> <p>例如：</p> <div style="text-align: center;"> <p>ZG 200 400        ↓        ↓        ↓        屈服强度，MPa    抗拉强度，MPa        铸钢代号</p> </div> <p>铸钢牌号表示方法符合 GB/T5613 的规定</p> <div style="text-align: center;"> <p>ZG 15 Cr 1 Mo 1 V        ↓        ↓        ↓        ↓        ↓        碳的名义万分含量(质量分数)    铬的元素符号    铬的名义含量(质量分数)    钼的元素符号    钼的名义质量分数    钒的元素符号,其名义含量(质量分数)小于0.9%        铸钢代号</p> </div>	<p>ZG200-400</p> <p>ZG25</p> <p>ZG15Cr1Mo1V</p>

(续)

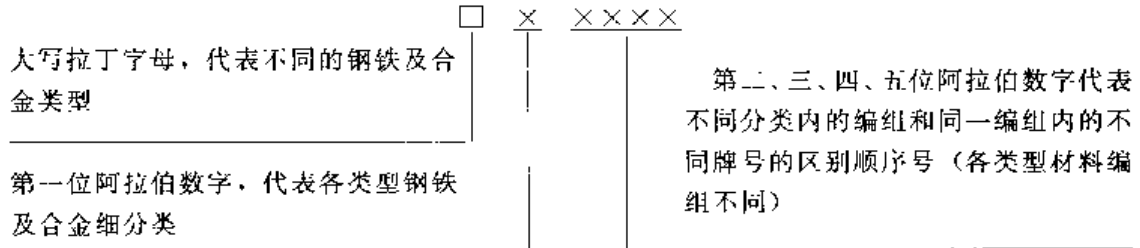
产品种类	牌号表示方法		牌号示例	
铸铁	1) 用各种铸铁相应的汉语拼音的第一大写字母作为铸铁的代号,当两种铸铁名称的代号字母相同时,可在大写字母后加小写字母表示。同一名称铸铁需要细分时,取其细分特点的汉语拼音第一个大写字母排列在后面。各种铸铁的代号如下:			
	灰铸铁	HT	抗磨白口铸铁	K <sub>m</sub> TB
	蠕墨铸铁	RuT	抗磨球墨铸铁	K <sub>m</sub> TQ
	球墨铸铁	QT	冷硬铸铁	LT
	黑心可锻铸铁	KTH	耐蚀铸铁	ST
	白心可锻铸铁	KTB	耐蚀球墨铸铁	STQ
	珠光体可锻铸铁	KTZ	耐热铸铁	RT
	耐磨铸铁	MT	耐热球墨铸铁	RTQ
			奥氏体铸铁	AT
	2) 在牌号中常规定碳、硅、锰、硫、磷元素一般不标注,有特殊作用时,才标注其元素符号及含量。合金化元素的含量(质量分数)大于或等于1%时,用整数表示,小于1%时,一般不标注,只有对该合金特性有较大影响的,才予标注。合金化元素按其含量递减次序排列,含量相同者,按元素符号的字母顺序排序。			HT100 RuT400 QT400-17 KTH300-06 KTB350-04 KTZ450-06 MTCu1PTi-150 K <sub>m</sub> Cu1P K <sub>m</sub> TBMn5Mo2Cu K <sub>m</sub> TQMn6 LTCrMoRE STSi15RE STQA15Si5 RTCr2 RTQA16
3) 牌号中代号后面的一组数字表示抗拉强度值,有两组数字时,第一组表示抗拉强度值,第二组表示伸长率值,两组数字之间用“-”隔开。当牌号中标注元素符号及含量还需标注抗拉强度时,抗拉强度值置于元素符号及含量之后,之间用“-”隔开。				
例如:				
				
				
铸铁牌号表示方法符号 GB/T5612 的规定				

1.2.2 钢铁及合金牌号统一数字代号体系

GB/T17616-1998《钢铁及合金牌号统一数字代号体系》与 GB/T221-2000《钢铁产品牌号表示方法》同时并用,作为钢铁及合金产品牌号的两种表示方法在现行国家标准和行业标准中并列有效使用。

GB/T17616 标准规定的统一数字代号体系,以固定的6位符号结构型式,统一了钢铁及合金的所有产品牌号表示形式,便于现代化数据处理设备进行贮存和检索,便于生产管理和使用。

统一数字代号的结构型式为6位符号组成,左边第一位为大写的拉丁字母,后接5位阿拉伯数字,其型式及含意如下:



钢铁及合金的类型和每个类型产品牌号统一数字编组及其产品牌号统一数字代号，请参见 GB/T17616 1998。见表 3.1-4；各类型钢铁及合金的细分类和主要

表 3.1-4 钢铁及合金的类型与统一数字代号（摘自 GB/T17616—1998）

钢铁及合金的类型	英文名称	前缀字母	统一数字代号
合金结构钢	Alloy structural steel	A	A×××××
轴承钢	Bearing steel	B	B×××××
铸铁、铸钢及铸造合金	Cast iron, cast steel and cast alloy	C	C×××××
电工用钢和纯铁	Electrical steel and iron	E	E×××××
铁合金和生铁	Ferro alloy and pig iron	F	F×××××
高温合金和耐蚀合金	Heat resisting and corrosion resisting alloy	H	H×××××
精密合金及其他特殊物理性能材料	Precision alloy and other special physical character materials	J	J×××××
低合金钢	Low alloy steel	L	L×××××
杂类材料	Miscellaneous materials	M	M×××××
粉末及粉末材料	Powders and powder materials	P	P×××××
快淬金属及合金	Quick quench metals and alloys	Q	Q×××××
不锈、耐蚀和耐热钢	Stainless, corrosion resisting and heat resisting steel	S	S×××××
工具钢	Tool steel	T	T×××××
非合金钢	Unalloy steel	U	U×××××
焊接用钢及合金	Steel and alloy for welding	W	W×××××

### 1.3 金属材料主要力学性能指标项目

表 3.1-5 金属材料主要力学性能指标项目的说明

指标项目	单位	意义说明
比例极限 $\sigma_p$	MPa	金属材料应力与应变成正比例关系的最大应力，即拉伸图上开始偏离直线时的应力称为比例极限 $\sigma_p$ ， $\sigma_p = P_p / A_0$ ，式中 $P_p$ 为比例极限负荷 (N)， $A_0$ 为试样原始截面积 ( $\text{mm}^2$ )。比例极限精确测定困难，标准规定以拉伸曲线的切线与负荷轴间夹角的正切值较弹性直线部分之值增加 50% 作为偏离值，其应力称为规定比例极限，也可将偏离值为 25% 或 10% 分别以 $\sigma_{p25}$ 或 $\sigma_{p10}$ 表示
弹性极限 $\sigma_e$	MPa	金属在弹性变形范围内，试样不产生塑性变形时所能承受的最大应力称为弹性极限 $\sigma_e$ ， $\sigma_e = P_e / A_0$ ，式中 $P_e$ 为弹性极限负荷 (N)， $A_0$ 为试样原始截面积 ( $\text{mm}^2$ )。弹性极限精确测定困难，标准规定以残余伸长为 0.01% 的应力作为规定弹性极限，弹性极限和比例极限数值很相近，常以规定的 $\sigma_p$ 值代替 $\sigma_e$



(续)

指标项目	单位	意义说明
弹性模量	MPa	金属在弹性变形阶段, 其应力和应变成正比例关系 (即符合胡克定律), 其比例系数称为弹性模量。拉伸时: $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = PL / (A \Delta l)$ , 式中, $\sigma$ 为正应力 (MPa), $\epsilon$ 为应变, 用百分数表示, $P$ 为垂直力 (N), $A$ 为试样原始截面积 ( $\text{mm}^2$ ), $L$ 为试样原长 (mm), $\Delta l$ 为绝对伸长 (mm), $E$ 称为正弹性模量。剪切时: $G = \frac{\tau}{\gamma} = ML_c / (\varphi_1 - \varphi_2) I_p$ , 式中 $\tau$ 为切应力 (MPa), $\gamma$ 为切应变, 即相对扭转滑移, $M$ 为扭转力矩, $L_c$ 为试样计算长度, $\varphi_1$ 和 $\varphi_2$ 为计算长度两端的扭转角度, $I_p$ 为扭转时试样截面相对于轴线的截面二次极矩, $G$ 为切变模量。弹性模量可视为衡量材料产生弹性变形难易程度的指标, 其值越大, 使材料发生一定弹性变形的应力也越大, 即材料刚度越大, 亦即在一定应力作用下, 发生弹性变形越小
屈服点	MPa	在拉伸过程中, 负荷不增加, 试样还继续发生变形的最小应力称为屈服点 $\sigma_s$ , $\sigma_s = P_s / A_0$ , 式中, $P_s$ 为屈服负荷 (N), $A_0$ 为试样原始截面积 ( $\text{mm}^2$ ), 材料发生 0.2% 残余伸长时的应力称为条件屈服强度, $\sigma_{0.2} = P_{0.2} / A_0$ , 式中, $P_{0.2}$ 为产生 0.2% 残余伸长的负荷 (N)
抗拉强度 $\sigma_b$	MPa	金属材料拉断前最大负荷的应力称为抗拉强度, $\sigma_b = P_b / A$ , 式中, $P_b$ 为拉断前试样所能承受的最大负荷 (N), $A$ 为试样原始截面积 ( $\text{mm}^2$ )
抗弯强度 $\sigma_{bb}$	MPa	金属材料弯曲断裂前的最大应力称为抗弯强度, 对于脆性材料 $\sigma_{bb} = M_b / W$ , 式中, $M_b$ 为断裂弯曲力矩 (N·mm), $W$ 为试样截面系数 ( $\text{mm}^3$ )
抗剪强度 $\tau$	MPa	金属材料剪切断裂前的最大应力称为抗剪强度, $\tau = P_s / A_s$ , 式中, $P_s$ 为剪切断裂时的剪切力 (N), $A_s$ 为试样原始截面积 ( $\text{mm}^2$ )
抗扭强度 $\tau_b$	Mpa	金属材料受扭转力断裂前的最大应力称为抗扭强度, $\tau_b = 3M_b / 4W_p$ (用于钢材), $\tau_b = M_b / W_p$ (用于铸铁), 式中, $M_b$ 为断裂扭转力矩 (N·mm), $W_p$ 为扭转时试样截面的截面系数 ( $\text{mm}^3$ )
抗压强度 $\sigma_{bc}$	MPa	材料受压力断裂前的最大应力称为抗压强度。此项指标主要适用于铸铁、木材、塑料等低塑性材料, $\sigma_{bc} = P_{bc} / A_c$ , 式中, $P_{bc}$ 为断裂压力 (N), $A_c$ 为试样横截面积 ( $\text{mm}^2$ )
持久强度 $\sigma_{b(t)}$	MPa	金属材料在高温条件下, 经过规定时间发生断裂时的应力称为持久强度。通常所指的持久强度, 是在一定的温度条件下, 试样经 $10^5$ h 后的断裂强度
蠕变强度 $\sigma_{\substack{\text{蠕变} \\ \text{应变} / \text{时间}}}$	MPa	金属材料在高于一定温度下受到应力作用, 即使应力小于屈服强度, 试件也会随着时间的增长而缓慢地产生塑性变形, 此种现象称为蠕变。在给定温度下和规定的使用时间内, 使试样产生一定蠕变变形量的应力称为蠕变强度, 例如 $\sigma_{\substack{1\% \\ 10^5 \text{ h} \\ 500^\circ \text{C}}}$ = 100MPa, 表示材料在 500°C 温度下, $10^5$ h 后应变量为 1% 的蠕变强度为 100MPa。蠕变强度是材料在高温长期负荷下对塑性变形抗力的性能指标
布氏硬度	MPa	将一定直径的压头, 在一定的载荷下垂直压入试样表面, 保持规定的时间后卸载, 压痕表面所承受的平均应力值称为布氏硬度值, 以 HB 表示, $HB = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ , 式中 $F$ 为压头上负荷 (N), $D$ 为压头直径 (mm), $d$ 为压痕直径 (mm) 压头为钢球时, 用 HBS, 适用于布氏硬度值在 450 以下的材料; 压头为硬质合金球时, 用 HBW, 适用于布氏硬度值在 650 以下的材料

(续)

指标项目	单位	意义说明									
洛氏硬度	无量纲	用规定的载荷,将顶角为120°的圆锥形金刚石压头或直径为1.59mm的淬硬钢球压入金属表面,取其压痕深度计算硬度的大小,这种硬度称为洛氏硬度HR。HR=K- $\frac{bd}{0.002}$ 。 式中bd的压痕深度(mm),k为常数。GB/T230-1991规定的硬度标尺、硬度符号、压头类型等如下:									
		硬度标尺	A	B	C	D	E	F	G	H	K
		硬度符号	HRA	HRB	HRC	HRD	HRE	HRF	HRG	HRH	HRK
		压头类型	金刚石圆锥	1.5875mm钢球	金刚石圆锥	金刚石圆锥	3.175mm钢球	1.5875mm钢球	1.5875mm钢球	3.175mm钢球	3.175mm钢球
		总试验力	588.4N	980.7N	1.471kN	980.7N	980.7N	588.4N	1.471kN	588.4N	1.471kN
		洛氏硬度范围	20~88	20~100	20~70	40~77	70~100	60~100	30~94	80~100	40~100
		HRA	HRB	HRC	HRD	HRE	HRF	HRG	HRH	HRK	
维氏硬度	MPa	用49~981N的载荷,将顶角为136°的金刚石四方角锥体压头压入金属表面,以其压痕面积除载荷所得之商称为维氏硬度HV。它适用于测定厚度为0.3~0.5mm的薄层材料,或厚度为0.03~0.05mm的表面硬化层(如渗碳、渗氮、碳氮共渗层)的硬度									
断面收缩率 $\psi$	%	金属受外力被拉断后,其横截面的缩小量与原来横截面积相比的百分数称为断面收缩率,即 $\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$ ,式中, $A_0$ 为试样原横截面积, $A_1$ 为试样断裂处的横截面积									
伸长率 $\delta$	%	金属受外力作用拉断后,在标距内总伸长量同原标距长度之比的百分数称为伸长率(延伸率)。标距长度为其试样直径5倍时,用 $\delta_5$ 表示,标距长度为直径10倍时,用 $\delta_{10}$ 表示									
冲击初度 $a_K$	J/cm <sup>2</sup>	在摆锤式一次试验机上,将一定尺寸和形状的标准试样冲断所消耗的功 $A_K$ 与断口横截面积之比称为冲击初度 $a_K$ 。按国标规定, $a_{KU}$ 为夏比U形缺口试样冲击初度值, $A_{KU}$ 为夏比U形缺口试样冲击时所消耗的冲击吸收功(J); $a_{KV}$ 为夏比V形缺口试样冲断时所消耗的冲击初度值, $A_{KV}$ 为夏比V形缺口试样冲断时所消耗的冲击吸收功(J)									
冲击吸收功 $A_K$	J										
疲劳极限 $\sigma_{-1}, \sigma_{-1n}$	MPa	金属材料在交变负荷作用下,经无限次应力循环而不产生断裂的最大循环应力称为疲劳极限。国标规定,对于钢铁材料,应力循环次数采用 $10^7$ 次,对于有色金属材料采用 $10^8$ 或更多的周次。 $\sigma_{-1}$ 表示光滑试样的对称弯曲疲劳极限; $\sigma_{-1n}$ 表示缺口试样的对称弯曲疲劳极限									
摩擦因数 $\mu$	无量纲	摩擦力与施加在摩擦部位上垂直载荷的比值称为摩擦因数									
磨耗量	g或cm <sup>3</sup>	试样在规定试验条件下经过一定时间或一定距离摩擦之后,以试样被磨去的质量(g)或体积(cm <sup>3</sup> )之量称为磨耗量(或磨损量)。以磨去质量表示者称为质量磨耗W,用磨去体积表示者称为体积磨耗V									
相对耐磨系数 $\epsilon$	无量纲	在模拟耐磨试验机上,采用65Mn(52~53HRC)作为标准试样,在相同条件下,标准试样的绝对磨耗量与被测定材料的绝对磨耗值之比称为被测材料的相对耐磨系数									

## 2 铸铁

### 2.1 灰铸铁

1) GB/T9439-1988灰铸铁的牌号为HT100、HT150、HT200、HT250、HT300、HT350,共6个牌号,单铸试棒直径30mm,其室温最小抗拉强度 $\sigma_b$ 分别为100、150、200、250、300、350(单位均为

MPa)。在保证力学性能的条件下,灰铸铁的化学成分和生产方法由供方确定。验收时,某牌号的灰铸铁,其抗拉强度数值应在 $n$ 至 $(n+100)$ MPa的范围内( $n$ 为某牌号的最小抗拉强度 $\sigma_b$ )。

2) 灰铸铁的力学性能与铸件壁厚有关,表3.1-6给出了各牌号不同壁厚的灰铸铁件预计能达到的力学性能的参考数值,经供需双方协议后,也可以此作为验收的依据;各牌号的应用举例见表3.1-6。

表 3.1-6 灰铸件铸件预计的力学性能及应用举例 (摘自 GB/T9439 1988)

牌 号	铸件壁厚/mm		$\sigma_b$ /MPa $\geq$	应 用 举 例
	>	$\leq$		
HT100	2.5	10	130	机床中受轻负荷, 磨损无关重要的铸件, 如托盘、盖、罩、手轮、把手、重锤等形状简单且性能要求不高的零件; 冶金矿山设备中的高炉平衡锤、炼钢炉重锤、钢锭模
	10	20	100	
	20	30	90	
	30	50	80	
HT150	2.5	10	175	承受中等弯曲应力, 摩擦面间压强高于 500kPa 的铸件, 如多数机床的底座, 有相对运动和磨损的零件, 如溜板、工作台等, 汽车中的变速箱、排气管、进气管等; 拖拉机中的配气轮室盖, 液压泵进、出油管, 鼓风机底座, 后盖板, 高炉冷却壁, 热风炉篦, 流渣槽, 渣缸, 炼焦炉保护板, 轧钢机托辊, 夹板, 加热炉盖, 冷却头, 内燃机车水泵壳, 止回阀体, 阀盖, 吊车滑轮, 泵体, 电动机轴承盖, 汽轮机操纵座外壳, 缓冲器外壳
	10	20	145	
	20	30	130	
	30	50	120	
HT200	2.5	10	220	承受较大弯曲应力, 要求保持气密性的铸件, 如机床立柱, 刀架, 齿轮箱体, 多数机床床身, 滑板, 箱体, 液压缸, 泵体, 阀体, 刹车毂, 飞轮, 气缸盖, 分离器本体, 左半轴、右半轴壳, 鼓风机座, 带轮, 轴承盖, 叶轮, 压缩机机身, 轴承架, 冷却器盖板, 炼钢浇注平台, 煤气喷嘴, 真空过滤器销气盘, 喉管, 内燃机车气缸体, 阀套, 汽轮机、气缸中部, 隔板套, 前轴承座主体, 中机架, 电动机接力器缸, 活塞, 导水套筒, 前缸盖
	10	20	195	
	20	30	170	
	30	50	160	
HT250	4.0	10	270	炼钢用轨道板, 气缸套, 齿轮, 机床立柱, 齿轮箱体, 机床床身, 磨床转体, 液压缸泵体, 阀体
	10	20	240	
	20	30	220	
	30	50	200	
HT300	10	20	290	承受高弯曲应力, 拉应力, 要求保持高度气密性的铸件, 如重型机床床身, 多轴机床主轴箱, 卡盘齿轮, 高压油缸, 泵体, 阀体, 水泵出水段, 进水段, 吸入盖, 双螺旋分级机左机座, 右机座, 锥齿轮, 大型卷筒, 轧钢机座, 焦化炉导板, 汽轮机隔板, 泵壳, 收缩管, 轴承支架, 主配阀壳体, 环形缸座
	20	30	250	
	30	50	230	
HT350	10	20	340	轧钢滑板, 辊子, 炼焦柱塞, 圆筒混合机齿圈, 支承轮座, 挡轮座
	20	30	290	
	30	50	260	

注: 1. 当一定牌号的铁液浇注壁厚均匀而形状简单的铸件时, 壁厚变化所造成抗拉强度的变化, 可从本表查出参考性数据, 当铸件壁厚不均匀, 或有型芯时, 此表仅能近似地给出不同壁厚处的大致的抗拉强度值, 铸件设计应根据关键部位的实测值进行。

2. 当供需双方协商同意时, 也可从预计有上述性能的铸件上取样, 测定其抗拉强度值作为验收依据。

3. 应用举例非标准所列资料, 只供参考。

3) 当铸件壁厚大于 20mm, 重量又超过 200kg 时, 对特殊要求的铸件, 经供需双方协议, 可采用附铸试棒(块)进行测定, 其抗拉强度值见表 3.1-7。

4) 灰铸铁的硬度常为需方所重视, 在 GB/T9439—1988 附录中, 根据灰铸铁的布氏硬度将灰铸铁硬度分为 6 种, 见表 3.1-8。

硬度和抗拉强度之间, 存在一定的对应关系, 其经验式为:

当  $\sigma_b \geq 196\text{MPa}$  时

$$HB = RH(100 - 0.438\sigma_b) \quad (3.1-1)$$

当  $\sigma_b < 196\text{MPa}$  时

$$HB = RH(44 + 0.724\sigma_b) \quad (3.1-2)$$

式中, RH 称为相对硬度, 其数值由原材料, 熔化工工艺, 处理工艺及铸件的冷却速度等因素确定。在某一个铸造车间内, 对于同样牌号、壁厚和质量相近的灰铸铁件, 上述因素大致保持一定, 因此, 对某一个铸造车间而言, 就给出了硬度和相应的抗拉强度。

灰铸铁相对硬度值 (RH) 的变化范围为 0.8~1.20, 可利用单铸试棒测定出抗拉强度和硬度(或在铸件上测定出抗拉强度和硬度), 利用式 (3.1-1) 和式 (3.1-2) 即可计算灰铸铁的 RH 值。

由式 (3.1-1) 得

$$RH = \frac{HB}{100 + 0.438\sigma_b} \quad (3.1-3)$$

由式 (3.1-2) 得

$$RH = \frac{HB}{44 - 0.724\sigma_b} \quad (3.1-4)$$

当确定了相对硬度 RH 数值之后, 即可根据在铸件上实测得的 HB 硬度值, 由式 (3.1-1、2) 计算出该铸件的抗拉强度值。

由式 (3.1-1) 得

$$\sigma_b = \frac{HB}{0.438RH} - \frac{100}{0.438} \quad (3.1-5)$$

表 3.1-7 灰铸铁铸件附铸试棒 (块) 的力学性能 (摘自 GB/T9439—1988)

牌 号	铸件壁厚 /mm		$\sigma_b$ /MPa $\geq$				铸件 (仅供 参考)
			附铸试棒		附铸试块		
	>	$\leq$	$\phi 30$ /mm	$\phi 50$ /mm	R15 /mm	R25 /mm	
HT150	20	40	130		(120)		120
	40	80	115	(115)	110		105
	80	150		105		100	90
	150	300		100		90	80
HT200	20	40	180		(170)		165
	40	80	160	(155)	150		145
	80	150		145		140	130
	150	300		135		130	120
HT250	20	40	220		(210)		205
	40	80	200	(190)	190		180
	80	150		180		170	165
	150	300		165		160	150
HT300	20	40	260		(250)		245
	40	80	235	(230)	220		215
	80	150		210		200	195
	150	300		195		185	180
HT350	20	40	300		(290)		285
	40	80	270	(265)	260		255
	80	150		240		230	225
	150	300		215		210	205

- 注: 1. HT100 牌号的灰铸铁铸件在厚断面处强度太低, 没有实用价值。  
 2. 当铸件壁厚超过 300mm 时, 其力学性能应由供需双方协商确定。  
 3. 括弧内的数值仅适于铸件壁厚大于试样直径时使用。

表 3.1-8 灰铁铸件硬度牌号 (摘自 GB/T9439—1988)

硬度牌号	铸件上的硬度范围 (HBS)
H145	最大不超过 170
H175	150~200
H195	170~220
H215	190~240
H235	210~260
H255	230~280

由式 (3.1-2) 得

$$\sigma_b = \frac{HB}{0.724RH} - \frac{44}{0.724} \quad (3.1-6)$$

如果供需双方协定, 采用铸件某一指定部位上的硬度代替铸铁的抗拉强度, 则应从有代表性铸件上切取试样或在单铸试棒上切取试样测定硬度与抗拉强度, 计算确定 RH 值, 再根据式 (3.1-1、2) 确定抗拉强度值。

表 3.1-9 给出在 RH 值为 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2 时, 按式 (3.1-1、2) 计算出的 HB 值所对应的抗拉强度值。

表 3.1-9 灰铸铁的硬度与抗拉强度间的关系 (摘自 GB/T9439—1988)

RH \ $\sigma_b$ /MPa	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
	HBS				
80	82	92	102	112	122
100	93	105	116	128	140
120	105	118	131	144	157
140	116	131	145	160	174
160	129	144	160	176	192
180	139	157	174	192	209
200	150	169	188	206	225
220	157	177	196	216	236
240	164	185	205	226	247
260	171	192	214	235	257
280	178	200	223	245	267
300	185	208	231	255	278
320	192	216	240	264	288
340	199	224	249	274	298
360	205	232	258	283	309
380	213	240	266	293	320
400	220	248	275	303	330

## 2.2 可锻铸铁

可锻铸铁的牌号、力学性能及应用举例见表 3.1-10

表 3.1-10 可锻铸铁牌号、力学性能及应用举例 (摘自 GB/T9440—1988)

牌 号	试样 直径 $d$ /mm	$\sigma_b$ /MPa $\geq$	$\sigma_{0.2}$ /MPa $\geq$	$\delta$ (%) $L_0=3d$ $\geq$	HBS	应 用 举 例
KTH300-06	12 或 15	300	-	6	$\leq 150$	黑心可锻铸铁比灰铸铁强度高,塑性、韧性更好,可承受冲击和扭转负荷,具有良好的耐蚀性,切削性能良好,制作薄壁铸件,多用于机床零件,运输机零件,升降机械零件,管道配件,低压阀门,KTH300-06、KTH330-08 能耐 800~1400kPa 的压力(气压、水压),可用于自来水管路、配件,高压锅炉管路配件,压缩空气管道配件以及农机零件。KTH350-10 和 KTH370-12 能承受较大的冲击负荷,在寒冷环境(-40℃)下工作,不产生低温脆断,在汽车和拖拉机中用作后桥外壳,转向机构,弹簧钢板支座,农机中的收割机升降机构,护刃器,压刃器,捆束器等
KTH330-08 <sup>①</sup>		330	-	8		
KTH350-10		350	200	10		
KTH370-12 <sup>①</sup>		370	-	12		
KTZ450-06	12 或 15	450	270	6	150~200	珠光体可锻铸铁的塑性、韧性比黑心可锻铸铁稍差,但其强度高,耐磨性好,低温性能优于球墨铸铁,加工性良好,可替代有色金属合金、低合金钢及低中碳钢制作较高强度和耐磨性的零件。KTZ450-06 用于制作插销,轴承座。KTZ550-04 用于制作一定强度、韧性适当的零件,如汽车前轮轮毂,发动机支架,传动箱及拖拉机履带轨板。KTZ650-02 用于制作较高强度的零件,如柴油机活塞、差速器壳、摇臂及农业机械的犁刀,犁片,齿轮箱。KTZ700-2 用于制作高强度的零件,如曲轴,万向接头,传动齿轮,凸轮轴,活塞环等
KTZ550-04		550	340	4	180~250	
KTZ650-02		650	430	2	210~260	
KTZ700-02		700	530	2	240~290	
KTB350-04	9 12 15	340 350 360	- - -	5 4 3	$\leq 230$	将低碳低硅的白口铸铁和氧化铁一起加热,进行脱碳软化后的铸铁称为白心可锻铸铁,断面呈白色,表面层大量脱碳形式铁素体,心部为珠光体基体,且有少量残余游离碳,因而心部韧性难于提高,一般仅限于薄壁件的制造,由于工艺较复杂,生产周期长,性能较差,国内在机械工业中较少应用,KTB380-12 适用于对强度有特殊要求和焊接后不需进行热处理的零件
KTB380-12	9	320	170	13	$\leq 220$	
	12	380	200	12		
KTB400-05	15	400	210	8	$\leq 220$	
	9	360	200	8		
KTB450-07	12	400	220	5	$\leq 220$	
	15	420	230	4		
KTB450-07	9	400	230	10	$\leq 220$	
	12	450	260	7		
	15	480	280	4		

注: 1. 对珠光体试样两种直径,如需方无要求,供方可以任选其中一种。

2. 白心可锻铸铁试样直径,由需方和供方按铸件壁厚尺寸双方协定。

3. 如果采用正确的工艺,所有牌号的白心可锻铸铁均可焊接。

4. 当需方对屈服强度有要求时,供需双方协议才进行测定。

5. 硬度值仅作参考,如需规定硬度值,则由供需双方协定。

① 为推荐牌号。

## 2.3 球墨铸铁

球墨铸铁的牌号、单铸试块的力学性能及应用

举例见表 3.1-11,球墨铸铁件附铸试块的力学性能见表 3.1-12,球墨铸铁件的硬度等级见表 3.1-13。

表 3.1-11 球墨铸铁牌号、单铸试块力学性能及应用举例 (摘自 GB/T1348-1988)

牌 号	$\sigma_b$ /MPa ≥	$\sigma_{0.2}$ /MPa ≥	$\delta$ (%) ≥	HBS	特性及应用举例
QT900-2	900	600	2	280~360	具有高强度、高耐磨性,较高的弯曲疲劳强度,用于制作内燃机中的凸轮轴,拖拉机的减速齿轮,汽车中的螺旋锥齿轮,农机中的耙片,犁铧
QT800-2	800	480	2	245~335	具有较高的强度和耐磨性及一定的韧性,用于制作部分机床的主轴,空压机,冷冻机,制氧机,泵的曲轴,缸体,缸套,球磨机齿轴,矿车轮,桥式起重机大小车滚轮,小型水轮发电机主轴,5~4000HP柴油机的曲轴,部分轻型柴油机的凸轮轴,气缸套,进排气门座,连杆,脱粒机齿条,畜力犁铧,小负荷齿轮
QT700-2	700	420	2	225~305	
QT600-3	600	370	3	190~270	
QT500-7	500	320	7	170~230	具有中等的强度和韧性,用于制作内燃机中油泵齿轮,汽轮机的中温气缸隔板,水轮机阀门体,机车车辆轴瓦,输电线路的联板、碗头
QT450-10	450	310	10	160~210	
QT400-15	400	250	15	130~180	韧性高,低温性能较好,且有一定的耐蚀性,用于制作汽车拖拉机中的牵引杆,轮毂,驱动桥壳体,离合器壳体,差速器壳体,减速器壳,离合器拨叉,弹簧吊耳,16~64大气压阀门的阀体,阀盖,支架,压缩机中较高温度的高低压气缸,输气管,铁道的垫板,农机中的犁型,犁柱,犁托,犁侧板,牵引架,收割机的导架,护刃器
QT400-18	400	250	18	130~180	

注:本表牌号适于砂型(或导热性与砂型相近)铸造的普通和低合金球墨铸铁件,不适于球墨铸铁管件和连续铸造的球铸件。

表 3.1-12 球墨铸铁件附铸试块力学性能 (摘自 GB/T1348-1988)

牌 号	参考壁厚 $e$ /mm	最小抗拉强度 /MPa	最小屈服强度 /MPa	最小伸长率 (%)	仪 供 参 考	
					HBS	主要金相组织
QT700-2A	$30 < e \leq 60$	700	400	2	220~320	珠光体
	$60 < e \leq 200$	650	380	1		
QT600-3A	$30 < e \leq 60$	600	360	2	180~270	珠光体+铁素体
	$60 < e \leq 200$	550	340	1		
QT500-7A	$30 < e \leq 60$	450	300	7	170~240	铁素体+珠光体
	$60 < e \leq 200$	420	290	5		
QT400-15A	$30 < e \leq 60$	390	250	15	130~180	铁素体
	$60 < e \leq 200$	370	240	12		
QT400-18A	$30 < e \leq 60$	390	250	15	130~180	铁素体
	$60 < e \leq 200$	370	240	12		

注:牌号后面的字母 A 表示该牌号在附铸试块上测定的力学性能,以区别表 3.1-11 的单铸试块测定的性能。

表 3.1-13 球墨铸铁铸件硬度等级 (摘自 GB/T1348-1988)

硬 度 等 级	HBS	主要金相组织	参 考 值		
			最小抗拉强度 /MPa	最小屈服强度 /MPa	最小伸长率 (%)
QT-H330	280~360	贝氏体或回火马氏体	900	600	2
QT-H300	245~335	珠光体或回火组织	800	480	2
QT-H265	225~305	珠光体	700	420	2
QT-H230	190~270	珠光体和铁素体	600	370	3
QT-H200	170~230	铁素体和珠光体	500	320	7
QT-H185	160~210	铁素体	450	310	10
QT-H155	130~180	铁素体	400	250	15
QT-H130	130~180	铁素体	400	250	15

## 2.4 蠕墨铸铁

蠕墨铸铁的牌号、力学性能及应用举例见表 3.1-14。

表 3.1-14 蠕墨铸铁牌号、单铸试块力学性能及应用举例 (摘自 JB/T4403-1999)

牌号	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	伸长率 $\delta$ (%)	硬度 (HBS)	蠕化率 VG (%)	性能特点及应用举例
	/MPa	/MPa				
RuT420	420	335	0.75	200~280	50	蠕墨铸铁是一种很有发展前景的新型材料,即蠕虫状石墨铸铁,材质性能介于球铁和灰铸铁之间,它既有球铁的强度、刚度及一定的韧性,且有良好的耐磨性;同时它的铸造性及热传导性又相近于灰铸铁,它较快地用于制造液压件、排气管件、底座、大型机床床身、钢锭模及飞轮等铸件,铸件的重量有的已高达数十吨
RuT380	380	300	0.75	193~274		
RuT340	340	270	1.0	170~249		具有较高的强度、硬度、耐磨性及导热率,适于制造较高强度、刚度及耐磨的零件,如大型齿轮箱体、盖、底座刹车鼓、大型机床件、飞轮、起重机卷筒、烧结机滑板等
RuT300	300	240	1.5	140~217		具有良好的强度和硬度、一定的塑性及韧性,较高的导热率,致密性良好,适于制造较高强度及耐热疲劳的零件,如汽缸盖、变速箱体、纺织机械零件、液压件、排气管、钢锭模及小型烧结机篦条等
RuT260	260	195	3.0	121~197		强度不高,硬度较低,有较高的塑性、韧性及导热率,铸件需经退火热处理,适用于制造受冲击及热疲劳的零件,如汽车及拖拉机的底盘零件、增压机废气进气壳体

- 注: 1. 蠕墨铸铁件的力学性能以单铸试块的抗拉强度为验收条件, RuT260 增加伸长率验收项目。  
 2. 铸铁金相组织中石墨的蠕化率一般按本表规定,但可根据供需双方协商,另定蠕化率的要求。  
 3. 本表规定的力学性能可经热处理之后达到。  
 4. 各牌号主要基体金相组织: RuT420、RuT380 为珠光体, RuT340 为珠光体+铁素体, RuT300 为铁素体+珠光体, RuT260 为铁素体。

## 2.5 耐热铸铁

耐热铸铁牌号及化学成分见表 3.1-15, 其室温及高温短时力学性能及应用举例见表 3.1-16。

表 3.1-15 耐热铸铁牌号及化学成分 (摘自 GB/T9437-1988)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al
RTCr	3.00~3.80	1.50~2.50	1.00	0.200	0.120	0.50~1.00	—
RTCr2	3.00~3.80	2.00~3.00	1.00	0.200	0.120	1.00~2.00	—
RTCr16	1.60~2.40	1.50~2.20	1.00	0.100	0.050	15.0~18.0	—
RTSi5	2.40~3.20	4.50~5.50	0.80	0.200	0.120	0.50~1.00	—
RQTSi4	2.40~3.20	3.50~4.50	0.70	0.100	0.030	—	—
RQTSi4Mo	2.70~3.50	3.50~4.50	0.50	0.100	0.030	Mo 0.30~0.70	—
RQTSi5	2.40~3.20	4.50~5.50	0.70	0.100	0.030	—	—
RQTA14Si4	2.50~3.00	3.50~4.50	0.50	0.100	0.020	—	4.00~5.00
RQTA15Si5	2.30~2.80	4.50~5.20	0.50	0.100	0.020	—	5.00~5.80
RQTA122	1.60~2.20	1.00~2.00	0.70	0.100	0.030	—	20.0~24.0

表 3.1-16 耐热铸铁室温、高温短时力学性能及应用举例 (摘自 GB/T9437-1988)

牌 号	室温力学性能		高温短时力学性能 $\sigma_s$ /MPa					应用举例
	$\sigma_s$ /MPa	HBS	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	
RTCr	200	189~288	225	114				在空气、炉气中耐热温度 550°C, 制作炉条, 高炉支架式水箱, 金属型玻璃模
RTCr2	150	207~288	243	166	—	—		在空气、炉气中耐热 600°C, 制作煤气炉内灰盆, 矿山烧结车挡板
RTCr16	340	400~450		—	—	144	88	在空气、炉气中耐热 900°C, 室温及高温下有耐磨性, 耐硝酸腐蚀, 制作退火罐, 煤粉烧嘴, 炉棚, 水泥焙烧炉零件, 化工机械零件
RTSi5	140	160~270	—	—	41	27	—	在空气、炉气中耐热 700°C, 制作炉条, 煤粉烧嘴, 锅炉用梳形定位板, 换热器针状管, 二硫化碳反应瓶
RQTSi4	480	187~269	—	—	75	35	—	在空气、炉气中耐热 650°C, 硅含量为上限时可到 750°C, 制作玻璃窑烟道闸门, 玻璃引上机墙板, 加热炉两端管架
RQTSi4Mo	540	197~280	—	—	101	46	—	在空气、炉气中耐热 680°C, 硅含量为上限时可到 780°C, 高温力学性能好, 制作罩式退火炉导向器, 烧结机中后热筛板, 加热炉吊梁
RQTSi5	370	228~302	—	—	67	30	—	在空气、炉气中耐热 800°C, 硅含量上限时可到 900°C, 制作煤粉烧嘴, 炉条, 辐射管, 烟道闸门, 加热炉中间管架
RQTA14Si4	250	285~341	—	—	—	82	32	在空气、炉气中耐热 900°C, 制作烧结机篦条, 炉用件
RQTA15Si5	200	302~363	—	—	—	167	75	在空气、炉气中耐热 1050°C, 制作焙烧机篦件, 炉用件
RQTA122	300	241~364	—	—	—	130	77	在空气、炉气中耐热 1100°C, 抗高温硫化性好, 制作锅炉用侧密封块, 链式加热炉炉爪, 黄铁矿焙烧炉零件

## 2.6 高硅耐蚀铸铁

高硅耐蚀铸铁牌号及化学成分见表 3.1-17, 其力学性能及应用举例见表 3.1-18。

表 3.1-17 高硅耐蚀铸铁的牌号及化学成分 (摘自 GB/T8491-1987)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)								RE 残留量 最大值
	C 最大值	Si	Mn 最大值	P 最大值	S 最大值	Cr	Mo	Cu	
STSi11Cu2CrRE	1.20	10.00~12.00	0.50	0.10	0.10	0.60~0.80	—	1.80~2.20	0.1
STSi15RE	1.00	14.25~15.75				—	—	—	
STSi15Mo3RE	0.90	14.25~15.75				3.00~4.00	—	—	
STSi15Cr4RE	1.40	14.25~15.75				4.00~5.00	—	—	
STSi17RE	0.80	16.00~18.00				—	—	—	

表 3.1-18 高硅耐蚀铸铁力学性能及应用 (摘自 GB/T8491-1987)

牌 号	最小抗弯强度 $\sigma_w$ /MPa	最小挠度 f/mm	最大硬度 (HRC)	特 性 及 应 用
STSi11 Cu2CrRE	190	0.80	42	具有较好的力学性能, 可以用一般的机械加工方法进行生产, 在质量分数 $\geq 10\%$ 硫酸, 质量分数 $\leq 46\%$ 硝酸, 上述两者的混合酸, 质量分数 $\geq 70\%$ 的硫酸加氯、苯、苯磺酸等介质中具有较稳定的耐蚀性能, 但不允许有急剧的交变负荷, 冲击负荷和温度突变, 用于制造化工设备及零部件, 如卧式离心机、潜水泵、阀门、旋塞、塔罐、冷却排水管、变头等
STSi15RE STSi17RE	140 130	0.66 0.66	48 48	在氧化性酸 (各种温度和浓度的硝酸、硫酸、铬酸)、各种有机酸和一系列盐溶液中具有较好的耐蚀性, 但在卤素酸、盐液 (氟化物、氢氟酸) 和强碱溶液中不耐蚀, 不允许有急剧的交变负荷, 冲击负荷及温度突变。如制作离心机、阀、旋塞、管道配件、塔罐、低压容器及各种非标准零部件



(续)

牌 号	最小抗弯强度 $\sigma_w$ /MPa	最小挠度 $f$ /mm	最大硬度 (HRC)	特 性 及 应 用
STSi15 Mo3RE	130	0.66	48	在各种浓度和温度的硫酸、硝酸、盐酸中,在碱水液和盐水液中,当同一铸件上各部位温差不大于30°C时,且没有动负荷、交变负荷和脉冲负荷时,具有特别高的耐腐蚀性能。如制作各种离心泵,阀类,旋塞,管道配件,塔罐,低压容器及各种非标准零部件
STSi15 Cr4RE	130	0.66	48	具有优良的耐电化学腐蚀性能,并有改善抗氧化性条件的耐蚀性能,高硅铬铸件中的铬可提高其钝化性和点蚀击穿电位,不允许有急剧交变负荷和温度突变,如制作在外加电流的阴极保护系统中,大量用作辅助阳极铸件

注:1. 高硅耐蚀铸铁力学性能一般不作要求,在需方要求时,应符合本表的规定。

2. 铸件的其他工艺要求参见 GB/T8491—1987 的有关规定。

## 2.7 中锰抗磨球墨铸铁

中锰抗磨球墨铸铁牌号及力学性能见表 3.1-19。

表 3.1-19 中锰抗磨球墨铸铁牌号及力学性能 (摘自 GB/T3180—1982)

牌 号	锰含量 (%)	抗弯强度 $\sigma_b$ /MPa		挠度 $f$ /mm		冲击初度 $\alpha_K$ /J·cm <sup>-2</sup>	硬度 HRC
		砂型	金属型	砂型	金属型		
		试棒直径/mm		支距/mm			
		30	50	300	500		
MQTMn6	5.5~6.5	510	392	3.0	2.5	8	44
MQTMn7	>6.5~7.5	471	441	3.5	3.0	9	41
MQTMn8	>7.5~9.0	432	491	4.0	3.5	10	38

注:1. 表中锰含量范围、挠度和砂型铸造直径 30mm 的试棒抗弯强度值,除订货协议有规定外,不作为验收依据。

2. 中锰抗磨球墨铸铁的基体组织以马氏体和奥氏体为主,具有较好的强度和韧性,一定的受冲击载荷能力。可代替高锰钢和锻钢,制作磨料磨损工作条件的零件,如选矿用螺旋分级机叶片、磨机衬板、煤粉机锤头、粉碎机锤片、农机和水泥工业中的耐磨件等。

3. 中锰抗磨球墨铸铁的基体组织以马氏体和奥氏体为主,主要用作选矿用螺旋分级机叶片,磨机衬板等。表中的锰含量范围、挠度和砂型铸造直径 30mm 的抗弯试棒的抗弯强度值,除订货协议有规定外,不作为验收依据。

## 2.8 抗磨白口铸铁

抗磨白口铸铁牌号及化学成分见表 3.1-20,其力学性能及应用见表 3.1-21。

表 3.1-20 抗磨白口铸铁牌号及化学成分 (摘自 GB/T8263—1999)

牌 号	化学成分(%) (质量分数)								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	S	P
KmTBNi4Cr2-DT	2.4~3.0	≤0.8	≤2.0	1.5~3.0	≤1.0	3.3~5.0	—	≤0.15	≤0.15
KmTBNi4Cr2-GT	3.0~3.6	≤0.8	≤2.0	1.5~3.0	≤1.0	3.3~5.0	—	≤0.15	≤0.15
KmTBCr9Ni5	2.5~3.6	≤2.0	≤2.0	7.0~11.0	≤1.0	4.5~7.0	—	≤0.15	≤0.15
KmTBCr2	2.1~3.6	≤1.2	≤2.0	1.5~3.0	≤1.0	≤1.0	≤1.2	≤0.10	≤0.15
KmTBCr8	2.1~3.2	1.5~2.2	≤2.0	7.0~11.0	≤1.5	≤1.0	≤1.2	≤0.06	≤0.10
KmTBCr12	2.0~3.3	≤1.5	≤2.0	11.0~14.0	≤3.0	≤2.5	≤1.2	≤0.06	≤0.10
KmTBCr15Mo	2.0~3.3	≤1.2	≤2.0	14.0~18.0	≤3.0	≤2.5	≤1.2	≤0.06	≤0.10
KmTBCr20Mo	2.0~3.3	≤1.2	≤2.0	18.0~23.0	≤3.0	≤2.5	≤1.2	≤0.06	≤0.10
KmTBCr26	2.0~3.3	≤1.2	≤2.0	23.0~30.0	≤3.0	≤2.5	≤2.0	≤0.06	≤0.10

表 3.1-21 抗磨白口铸铁力学性能及应用(摘自 GB/T8263 1999)

牌 号	硬 度						特 性 及 应 用
	铸态或铸态并 去应力处理		硬化态或硬化 态并去应力处理		软化退火态		
	HRC	HBW	HRC	HBW	HRC	HBW	
KmTBNi4Cr2-DT	≥53	≥550	≥56	≥600	—	—	可用于中等冲击载荷的磨料磨损
KmTBNi4Cr2-GT	≥53	≥550	≥56	≥600	—	—	用于较小冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr9Ni5	≥50	≥500	≥56	≥600	—	—	有很好淬透性,可用于中等冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr2	≥46	≥450	≥56	≥600	≤41	≤400	用于较小冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr8	≥46	≥450	≥56	≥600	≤41	≤400	有一定耐蚀性,可用于中等冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr12	≥46	≥450	≥56	≥600	≤41	≤400	可用于中等冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr15Mo	≥46	≥450	≥58	≥650	≤41	≤400	可用于中等冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr20Mo	≥46	≥450	≥58	≥650	≤41	≤400	有很好淬透性。有较好耐蚀性。可用于较大冲击载荷的磨料磨损
KmTBCr26	≥46	≥450	≥56	≥600	≤41	≤400	有很好淬透性。有良好耐蚀性和抗高温氧化性。可用于较大冲击载荷的磨料磨损

抗磨白口铸铁中碳主要以碳化物的形式分布于金属基体中,具有优良的磨料磨损性能,适用于制造矿山、冶金、电力、建材和机械制造等行业的易磨损零件

- 注:1. 牌号中的“DT”和“GT”分别为“低碳”和“高碳”的拼音字母的首位字母,表示含碳量的高低。  
2. 铸铁的热处理规范和金相组织,参见 GB/T8263—1999。  
3. 铸件在清理铸件或处理铸件缺陷过程中,不能采用火焰切割、电弧切割、电焊切割和补焊。

### 3 钢

#### 3.1 铸钢

##### 3.1.1 一般工程用铸造碳钢(见表 3.1-22、表 3.1-23)

表 3.1-22 一般工程用铸造碳钢的牌号及化学成分(摘自 GB/T11352—1989)

牌 号	元素最高含量(质量分数)(%)									
	C <sup>①</sup>	Si	Mn <sup>①</sup>	S	P	残余元素 <sup>②</sup>				
						Ni	Cr	Cu	Mo	V
ZG200-400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.30	0.35	0.30	0.20	0.05	
ZG230-450	0.30		0.90							
ZG270-500	0.40	0.60								
ZG310-570	0.50									
ZG340-640	0.60									

- ① 对上限每减少 0.01% 的 C, 允许增加 0.04% 的 Mn, 对 ZG200—400Mn 含量最高至 1.00%, 其余四个牌号 Mn 含量最高至 1.20%。  
② 残余元素总量不超过 1.00%, 如需方无要求, 残余元素可不进行分析(含量均指质量分数)。

表 3.1-23 一般工程用铸造碳钢的力学性能及应用举例(摘自 GB/T11352—1989)

牌 号	最小值						特 点	应用举例
	$\sigma_s$ 或 $\sigma_{0.2}$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ (%)	按合同规定				
				$\psi$ (%)	$A_K$ /J	$a_K$ /kJ·m <sup>-2</sup>		
ZG200-400 (ZG15)	200	400	25	40	30	600	低碳铸钢,韧性及塑性均好,但强度和硬度较低,低温冲击韧性大,脆性转变温度低,导磁、导电性能良好,焊接性好,但铸造性差	机座、电气吸盘、变速箱体等受力不大,但要求韧性的零件
ZG230-450 (ZG25)	230	450	22	32	25	450		用于负荷不大、韧性较好的零件,如轴承盖、底板、阀体、机座、侧架、轧钢机架、铁道车辆摇枕、箱体、犁柱、砧座等
ZG270-500 (ZG35)	270	500	18	25	22	350	中碳铸钢,有一定的韧性和塑性,强度和硬度较高,切削性良好,焊接性尚可,铸造性能比低碳钢好	应用广泛,用于制作飞轮,车辆车钩,水压机工作缸,机架,蒸汽锤汽缸,轴承座,连杆,箱体,曲拐
ZG310-570 (ZG45)	310	570	15	21	15	300		用于重负荷零件,如联轴器,大齿轮,缸体,气缸,机架,制动轮,轴及棍子
ZG340-640 (ZG55)	340	640	10	18	10	200	高碳铸钢,具有高强度、高硬度及高耐磨性,塑性韧性低,铸造焊接性均差,裂纹敏感性较大	起重运输机齿轮,联轴器,齿轮,车轮,棘轮,叉头

- 注:1. 试验环境温度(20±10)°C。  
 2. 需方无要求时,断面收缩率和冲击值由供方任选其一。  
 3. 需方无特殊要求,热处理工艺由供方决定,常用的热处理工艺为:  
 退火,加热超过 Ac<sub>3</sub>,炉冷;正火,加热超过 Ac<sub>3</sub>,空冷;  
 淬火,加热超过 Ac<sub>1</sub>,快冷;回火,加热低于 Ac<sub>1</sub>。  
 4. 牌号中加括号者,表示相当于旧标准 GB979-67 的牌号。

3.1.2 焊接结构用碳素钢铸件(见表 3.1-24)

表 3.1 24 焊接结构用碳素钢铸件的牌号、化学成分和力学性能(摘自 GB/T7659—1987)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)不大于											力学性能					
	C	Si	Mn	S	P	残 余 元 素						$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$A_{KV}$ /J	$a_{KU}$ /J·cm <sup>-2</sup>
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	总和						
ZG200-400H	0.20	0.50	0.80	0.01	0.04							200	400	25	40	30	59
ZG230-450H	0.20	0.50	1.20	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.80	230	450	22	35	25	44
ZG275-485H	0.25	0.50	1.20	0.04	0.04							275	485	20	35	22	34

- 注:1. 本表适用于一般工程结构用,且焊接性好的碳素钢铸件;  
 2. 冲击性能中,当供方尚不具备夏比(V型缺口)试样加工条件时,允许按夏比(U型缺口)试样的冲击韧度值 a<sub>KU</sub> 交货;  
 3. 铸件热处理工艺由供方决定,常用热处理类型为:退火;正火;正火加回火(回火温度不低于 550°C)。

3.1.3 一般工程与结构用低合金铸钢件(见表 3.1-25)

表 3.1-25 一般工程与结构用低合金铸钢件牌号及力学性能(摘自 GB/T14408—1993)

牌 号	最 小 值				最高含量(质量分数)(%)	
	屈服点或屈服强度 $\sigma_s$ 或 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	收缩率 $\psi$ (%)	S	P
ZGD270-480	270	480	18	35	0.040	0.040
ZGD290-510	290	510	16	35		
ZGD345-570	345	570	14	35		
ZGD410-620	410	620	13	35		
ZGD535-720	535	720	12	30		
ZGD650-830	650	830	10	25		
ZGD739-910	730	910	8	22	0.035	0.035
ZGD840-1030	840	1030	6	20		

- 注:1. 表中力学性能值取自 28mm 厚标准试块。  
 2. 若以冲击吸收功作为检验指标,可代替断面收缩率。冲击试样应采用 V 型缺口,具体数值由供需双方协商确定。  
 3. 各牌号化学成分中的硫、磷含量应符合表中规定,除非供需双方另有规定,各牌号的化学成分由供方确定,并且除硫、磷外,其他元素不作为验收依据。

3.1.4 高锰钢铸件(见表 3.1-26)

表 3.1-26 高锰钢铸件的牌号、化学成分、力学性能及应用举例(摘自 GB/T5680 1998)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)					力学性能			应用举例
	C	Mn	Si	S ≤	P ≤	$\sigma_b$ MPa	$\delta_5$ (%)	硬度 (HBS)	
ZGMn13-1	1.00 ~ 1.45		0.30 ~ 1.00	0.040	0.090	635	20	—	高锰钢铸件具有高强度,良好塑性和韧性,在使用中受冲击和强大压力而变形时,产生高耐磨的表面层,里层仍具有优良韧性,故能承受冲击载荷,用于铸造各种耐冲击、抗磨损的零件。ZGMn13-1 和 ZGMn13-2 适用于铸造形状结构简单,耐磨为主的低冲击零件,如破碎壁、辊套、齿板、衬板、铲齿等。ZGMn13-3 的耐冲击能力高于 ZGMn13-3,此两个牌号适用于结构复杂,要求以韧性为主的承受强烈冲击负荷的零件,如斗前壁,提梁和履带板等
ZGMn13-2	0.90 ~ 1.35		1.00	0.040	0.070	685	25	≥147	
ZGMn13-3	0.95 ~ 1.35	11.00 ~ 14.00	0.30 ~ 0.80	0.035	0.070	735	30	≤300	
ZGMn13-4	0.90 ~ 1.30		0.80	0.040	0.070	735	20	—	
ZGMn13-5	0.75 ~ 1.30		0.30 ~ 1.00	0.040	0.070	—	—	—	

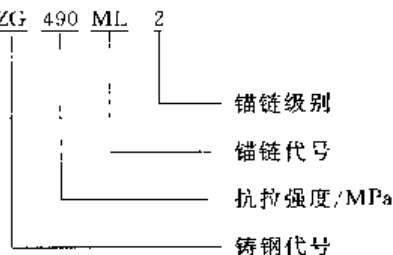
- 注: 1. ZGMn13-4 含 Cr1.50%~2.50%, ZGMn13-5 含 Mo0.90%~1.20%(均指质量分数)。  
2. 铸件均匀加热和保温,水韧处理温度不低于 1040°C,保证铸件中碳化物均匀,固溶,其力学性能符合本表规定。  
3. ZGMn13-4 的  $\sigma_b \geq 390$ MPa。  
4. 铸件尺寸公差按 GB/T6414—1986《铸件尺寸公差》中 CT13 级规定,形位公差按 GB/T5680—1998 附录的有关规定。

3.1.5 铸造锚链钢(见表 3.1-27)

表 3.1-27 铸造锚链钢牌号、化学成分和力学性能(摘自 GB/T552—1996)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数)(%) ≤										抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa ≥	伸长率 $\delta_5$ (%) ≥	夏比 V 型缺口 冲击吸收功 $A_{KV}$ /J 试验温度 0°C ≥	断面收 缩率 $\psi$ (%) ≥	热处理
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V						
ZG490ML2	0.32	1.20	0.40	0.03	0.03	—	—	—	—	—	490	22	—	—	调质
ZG690ML3	0.26	1.20	0.40	0.03	0.03	0.09	0.70	0.15	0.10	—	690	17	59	35	正火加 调质

- 注: 1. 铸造锚链钢按抗拉强度分为两类: 二级,其  $\sigma_b$  下限大于 490MPa; 三级,其  $\sigma_b$  下限大于 690MPa。  
2. 热处理工艺由制造厂决定。  
3. 牌号说明: ZG 490 ML 2



3.1.6 大型铸件用低合金铸钢(见表 3.1-28、表 3.1-29)

表 3.1-28 大型铸件用低合金铸钢的牌号及化学成分(摘自 JB/T6402—1992)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数)(%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG30Mn	0.27~0.34	0.30~0.50	1.20~1.50	≤0.035	—	—	—	—	—
ZG40Mn	0.35~0.45	0.30~0.45	1.20~1.50	≤0.035	—	—	—	—	—
ZG40Mn2	0.35~0.45	0.20~0.40	1.60~1.80	≤0.035	—	—	—	—	—

(续)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG50Mn2	0.45~0.55	0.20~0.40	1.50~1.80	≤0.035			—	—	
ZG20Mn (ZG20SiMn)	0.12~0.22	0.60~0.80	1.00~1.30	≤0.035		—	≤0.40	—	
ZG35Mn (ZG35SiMn)	0.30~0.40	0.60~0.80	1.10~1.40	≤0.035		—			
ZG35SiMnMo	0.32~0.40	1.10~1.40	1.10~1.40	≤0.035			—	0.20~0.30	≤0.30
ZG35CrMnSi	0.30~0.40	0.50~0.75	0.90~1.20	≤0.035		0.50~0.80		—	
ZG20MnMo	0.17~0.23	0.20~0.40	1.10~1.40	≤0.035			—	0.20~0.35	≤0.30
ZG55CrMnMo (ZG5CrMnMo)	0.50~0.60	0.25~0.60	1.20~1.60	≤0.035		0.60~0.90	—	0.20~0.30	≤0.30
ZG40Cr1 (ZG40Cr)	0.35~0.45	0.20~0.40	0.50~0.80	≤0.035		0.80~1.10	—	—	—
ZG34Cr2Ni2Mo (ZG34CrNiMo)	0.30~0.37	0.30~0.60	0.60~1.00	≤0.035		1.10~1.70	1.10~1.70	0.15~0.35	—
ZG20CrMo	0.17~0.25	0.20~0.45	0.50~0.80	≤0.035		0.50~0.80	—	0.40~0.60	—
ZG35Cr1Mo (ZG35CrMo)	0.30~0.37	0.30~0.50	0.50~0.80	≤0.035		0.80~1.20	—	0.20~0.30	—
ZG42Cr1Mo (ZG42CrMo)	0.38~0.45	0.30~0.60	0.60~1.00	≤0.035		0.80~1.20	—	0.20~0.30	
ZG50Cr1Mo (ZG50CrMo)	0.16~0.54	0.25~0.50	0.50~0.80	≤0.035		0.90~1.20	—	0.15~0.25	—
ZG65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	≤0.035		—	—	—	—
ZG28NiCrMo	0.25~0.30	0.30~0.80	0.60~0.90	≤0.035		0.35~0.85	0.40~0.80	0.35~0.55	—
ZG30NiCrMo	0.25~0.35	0.30~0.60	0.70~1.00	≤0.035		0.60~0.90	0.60~1.00	0.35~0.50	—
ZG35NiCrMo	0.30~0.37	0.60~0.90	0.70~1.00	≤0.035		0.40~0.90	0.60~0.90	0.40~0.50	—

注:1. 括号内牌号为传统牌号。

2. 残余元素含量(质量分数):Ni≤0.30%,Cr≤0.30%,Cu≤0.25%,Mo≤0.15%,V≤0.05%,残余元素总含量≤1% (均指质量分数)。如需方无要求,残余元素不作验收依据。

表 3-1-29 大型铸件用低合金铸钢力学性能及应用(摘自 JB/T6402-1992)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ /MPa ≥	$\sigma_b$ /MPa ≥	$\delta$ (%) ≥	$\psi$ (%) ≥	$A_{KU}$ /J ≥	$A_{KV}$ /J ≥	$A_{KUVm}$ /J ≥	HBS	应用举例
ZG30Mn	正火+回火	300	558	18	30	—	—	—	163	
ZG40Mn	正火+回火	295	640	12	30	—	—	—	163	用于承受摩擦和冲击的零件,如齿轮等
ZG40Mn2	正火+回火	395	590	20	55	—	—	—	179	用于承受摩擦的零件,如齿轮等
	调质	685	835	13	45	35	—	35	269~302	
ZG50Mn2	正火+回火	445	785	18	37	—	—	—	—	用于高强度零件,如齿轮、齿轮缘等
ZG20Mn	正火+回火	295	510	14	30	39	—	—	156	焊接及流动性良好,作水压机缸、叶片、喷嘴体、阀、弯头等
	调质	300	500~650	24	—	—	45	—	150~190	
ZG35Mn	正火+回火	345	570	12	20	24	—	—	—	用于承受摩擦的零件
	调质	415	640	12	25	27	—	27	—	
ZG36SiMnMo	正火+回火	395	640	12	20	24	—	—	—	制造负荷较大的零件
	调质	490	690	12	25	27	—	27	—	
GZ35CrMnSi	正火+回火	345	690	14	30	—	—	—	217	用于承受冲击、磨损的零件,如齿轮、滚轮等
ZG20MnMo	正火+回火	295	490	16	—	39	—	—	156	用于受压容器,如泵壳等
ZG55CrMnMo	正火+回火	不规定	不规定	—	—	—	—	—	—	有一定的红硬性,用于锻模等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ /MPa ≥	$\sigma_b$ /MPa ≥	$\delta$ (%) ≥	$\psi$ (%) ≥	$A_{KV}$ /J ≥	$A_{KV}$ /J ≥	$A_{KDVm}$ /J ≥	HBS	应用举例
ZG40Cr1	正火+回火	345	630	18	26	—	—	—	212	用于高强度齿轮
ZG34Cr2Ni2Mo	调 质	700	950~1000	12	—	—	32	—	240~290	用于特别要求的零件,如锥齿轮、小齿轮、吊车行走轮、轴等
ZG20CrMo	调 质	245	460	18	30	24	—	—	—	用于齿轮、锥齿轮及高压缸零件等
ZG35Cr1Mo	调 质	510	740~880	12	—	—	—	27	—	用于齿轮、电炉支承轮轴套、齿圈等
ZG42Cr1Mo	调 质	490	690~830	11	—	—	—	21	200~250	用于高负荷零件、齿轮、锥齿轮等
ZG50Cr1Mo	调 质	520	740~880	11	—	—	—	34	220~260	用于减速器零件、齿轮、小齿轮等
ZG65Mn	正火+回火	不规定	不规定	—	—	—	—	—	—	用于球磨机衬板等
ZG28NiCrMo	—	420	630	20	40	—	—	—	—	适用于直径大于300mm的齿轮铸件
ZG30NiCrMo	—	590	730	17	35	—	—	—	—	适用于直径大于300mm的齿轮铸件
ZG35NiCrMo	—	660	830	14	30	—	—	—	—	适用于直径大于300mm的齿轮铸件

3.1.7 一般用途耐蚀钢铸件(见表 3.1-30~表 3.1-32)

表 3.1-30 一般用途耐蚀钢铸件牌号及化学成分(摘自 GB/T2100-2002)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	其他
ZG15Cr17	≤0.15	≤0.8	≤0.8	≤0.035	≤0.025	11.5~13.5	≤0.5	≤1.0	
ZG20Cr13	0.16 ~ 0.24	≤1.0	≤0.6	≤0.035	≤0.025	12.0 ~ 14.0	—	—	
ZG10Cr12NiMo	≤0.10	≤0.8	≤0.8	≤0.035	≤0.025	11.5~13.0	0.2~0.5	0.8~1.8	
ZG06Cr12Ni4(QT1)	≤0.06	≤1.0	≤1.5	≤0.035	≤0.025	11.5~13.0	≤1.0	3.5~5.0	
ZG06Cr12Ni4(QT2)	≤0.06	≤0.8	≤0.8	≤0.035	≤0.025	15.0~17.0	0.7~1.5	4.0~6.0	
ZG06Cr16Ni5Mo	≤0.06	≤0.8	≤0.8	≤0.035	≤0.025	17.0~19.0	—	9.0~12.0	
ZG03Cr18Ni10	≤0.03	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~19.0	—	9.0~12.0	(0.10~0.20)%N
ZG03Cr18Ni10N	≤0.03	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	18.0~21.0	—	8.0~11.0	
ZG07Cr19Ni9	≤0.07	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	18.0~21.0	—	9.0~12.0	$8 \times \%C \leq \%Nb$ ≤1.00
ZG08Cr19Ni10Nb	≤0.08	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	2.0~2.5	9.0~12.0	
ZG03Cr19Ni11Mo2	≤0.03	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	2.0~2.5	9.0~12.0	(0.10~0.20)%N
ZG03Cr19Ni11Mo2N	≤0.03	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	2.0~2.5	9.0~12.0	
ZG07Cr19Ni11Mo2	≤0.07	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	2.0~2.5	9.0~12.0	
ZG08Cr19Ni11Mo2Nb	≤0.08	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	2.0~2.5	9.0~12.0	$8 \times \%C \leq \%Nb$ ≤1.00
ZG03Cr19Ni11Mo3	≤0.03	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	3.0~3.5	9.0~12.0	
ZG03Cr19Ni11Mo3N	≤0.03	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	3.0~3.5	9.0~12.0	(0.10~0.20)%N
ZG07Cr19Ni11Mo3	≤0.07	≤1.5	≤1.5	≤0.040	≤0.030	17.0~20.0	3.0~3.5	9.0~12.0	
ZG03Cr26Ni5Cu3Mo3N	≤0.03	≤1.0	≤1.5	≤0.035	≤0.025	25.0~27.0	2.5~3.5	4.5~6.5	(2.4~3.5)%Cu (0.12~0.25)%N
ZG03Cr26Ni5Mo3N	≤0.03	≤1.0	≤1.5	≤0.035	≤0.025	25.0~27.0	2.5~3.5	4.5~6.5	(0.12~0.25)%N
ZG03Cr14Ni14Si4	≤0.03	3.5 ~ 4.5	≤0.8	≤0.035	≤0.025	13~15	—	13~15	

注: 1. GB/T2100-2002 等效采用 ISO11972:1998《通用耐蚀铸钢》。

2. 本表的牌号适用于一般耐蚀用途的铸钢件,这些牌号代表了适合在各种不同腐蚀场合广泛应用的合金铸钢件的种类。GB/T2100-2002 规定,可以在订货合同中商定采用 GB/T2100-2002 中未列出的其他牌号。

表 3.1-31 一般用途耐蚀铸钢的热处理及室温力学性能(摘自 GB/T2100-2002)

牌 号	热处理规范	$\sigma_{p0.2}^D$ /MPa min	$\sigma_b^D$ /MPa min	$\delta^D$ (%) min	$A_{KV}^T$ /J min	最大 厚度 /mm
ZG15Cr12	奥氏体化 950~1050°C, 空冷; 650°C~750°C 回火, 空冷	450	620	14	20	150
ZG20Cr13	950°C 退火, 1050°C 油淬, 750~800°C 空冷	440( $\sigma_s$ )	610	16	58( $A_{KU}$ )	300
ZG10Cr12NiMo	奥氏体化 1000~1050°C, 空冷; 620~720°C 回火, 空冷或炉冷	440	590	15	27	300
ZG06Cr12Ni4(QT1)	奥氏体化 1000~1100°C, 空冷; 570~620°C 回火, 空冷或炉冷	550	750	15	45	300
ZG06Cr12Ni4(QT2)	奥氏体化 1000~1100°C, 空冷; 500~530°C 回火, 空冷或炉冷	830	900	12	35	300
ZG06Cr16Ni5Mo	奥氏体化 1020~1070°C, 空冷; 580~630°C 回火, 空冷或炉冷	540	760	15	60	300
ZG03Cr18Ni10	1050°C 固溶处理; 淬火。随厚度增加, 提高空冷速度	180 <sup>①</sup>	440	30	80	150
ZG03Cr18Ni10N		230 <sup>②</sup>	510	30	80	150
ZG07Cr19Ni9		180 <sup>③</sup>	440	30	60	150
ZG08Cr19Ni10Nb		180 <sup>④</sup>	440	25	40	150
ZG03Cr19Ni11Mo2	1080°C 固溶处理; 淬火。随厚度增加, 提高空冷速度	180 <sup>⑤</sup>	440	30	80	150
ZG03Cr19Ni11Mo2N		230 <sup>⑥</sup>	510	30	80	150
ZG07Cr19Ni11Mo2		180 <sup>⑦</sup>	440	30	60	150
ZG08Cr19Ni11Mo2Nb		180 <sup>⑧</sup>	440	25	40	150
ZG03Cr19Ni11Mo3	1120°C 固溶处理; 淬火。随厚度增加, 提高空冷速度	180 <sup>⑨</sup>	440	30	80	150
ZG03Cr19Ni11Mo3N		230 <sup>⑩</sup>	510	30	80	150
ZG07Cr19Ni11Mo3		180 <sup>⑪</sup>	440	30	60	150
ZG03Cr26Ni5Cu3Mo3N	1120°C 固溶处理, 淬火。高温固溶处理之后, 水淬之前, 铸件可冷至 1040~1010°C, 以防止复杂形状铸件的开裂	450	650	18	50	150
ZG03Cr26Ni5Mo3N		450	650	18	50	150
ZG03Cr14Ni14Si4	1050~1100°C 固溶; 水淬	245( $\sigma_s$ )	490	$\delta_s=60$	270( $A_{KU}$ )	150

注: 1. 除另有规定外, 炼钢方法和铸造工艺由供方自行确定。

2. 要求做晶间腐蚀倾向试验的铸件, 应在合同中注明, 其试验方法按 GB/T2100-2002 的规定进行。

①  $\sigma_{p0.2}$ ——0.2% 试验应力;

$\sigma_b$ ——抗拉强度;

$\delta$ ——断裂后, 原始测试长度  $L_0$  的延伸百分比;

$A_{KV}$ ——V 型缺口冲击吸收功;

$A_{KU}$ ——U 型缺口冲击吸收功。

②  $\sigma_{p0.01}$  的最低值高于 25MPa。

表 3.1-32 一般用途耐蚀铸钢的应用

牌号	特 性 及 应 用
ZG15Cr12	铸造性能较好, 具有良好的力学性能, 在大气、水和弱腐蚀介质(如盐水溶液, 稀硝酸及某些体积分数不高的有机酸)和温度不高的情况下, 均有良好的耐蚀性, 可用于承受冲击负荷, 要求韧性高的铸件, 如泵壳, 阀, 叶轮, 水轮机转轮或叶片、螺旋桨等
ZG20Cr13	基本性能与 ZG15Cr12 相似, 含碳量高于 ZG15Cr12, 因而具有较高的硬度, 焊接性较差, 应用与 ZG15Cr12 相似, 可用于较高硬度的铸件, 如热油液油泵、阀门等
ZG03Cr18Ni10	为超低碳不锈钢, 冶炼要求高, 在氧化性介质(如硝酸)中具有良好的耐蚀性及良好的抗晶间腐蚀性能, 焊后不出现刀口腐蚀, 主要用于化学、化肥、化纤及国防工业上重要的耐蚀铸件和铸焊结构件等
ZG07Cr19Ni9	铸造性能比好, 在硝酸、有机酸等介质中具有良好的耐蚀性, 在固溶处理后具有良好的抗晶间腐蚀性能, 但在敏化状态下的抗晶间腐蚀性能会显著下降, 低温冲击性能好, 主要用于硝酸、有机酸、化工石油等工业用泵阀等铸件
ZG03Cr14Ni14Si4	为超低碳高硅不锈钢, 在浓硝酸中具有较强的耐蚀性, 力学性能较高, 对各种配比的浓硝酸、浓硫酸、混合酸的耐蚀性好。焊后不出现刀口腐蚀, 用于化工、纺织、轻工、国防、医药等行业, 制造泵、阀、管接头等

## 3.1.8 工程结构用中、高强度不锈钢铸件(见表 3.1-33、表 3.1-34)

表 3.1-33 工程结构用中、高强度不锈钢铸件的牌号及化学成分(GB6967—1986)

化学成分 <sup>1</sup> (质量分数) (%)	C	Cr	Ni	Si	Mn	Mo	P	S	残余元素				
									Cu	V	W	总量	
牌号													
ZG10Cr13	0.15	11.5~13.5	—	1.00	0.60	—	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	
ZG20Cr13	0.16~0.24	11.5~13.5	—	1.00	0.60	—	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	
ZG10Cr13Ni1	0.15	11.5~13.5	1.00	1.00	1.00	0.50	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	
ZG10Cr13Ni1Mo	0.15	11.5~13.5	1.00	1.00	1.00	0.15~1.00	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	
ZG06Cr13Ni4Mo	0.07%	11.5~13.5	3.5~5.0	1.00	1.00	0.40~1.00	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	
ZG06Cr13Ni6Mo	0.07%	11.5~13.5	5.0~6.5	1.00	1.00	0.10~1.00	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	
ZG06Cr13Ni5Mo	0.06	15.5~17.5	4.5~6.0	1.00	1.00	0.40~1.00	0.035	0.030	0.50	0.03	0.10	0.80	

1. 表中数值除给出范围者外,均为最大值。

2. 铸型结构工程使用时,C $\leq$ 0.06%(质量分数)。

表 3.1-34 工程结构用中、高强度不锈钢铸件的力学性能及应用举例(GB6967—1986)

牌 号	力 学 性 能 $\geq$							应用 举 例
	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	$A_k$ /J	$a_k$ /kJ·m <sup>-2</sup>	HBS	
ZG10Cr13	350	550	18	40	—	—	163~229	耐大气腐蚀好,力学性能较好,可用于承受冲击负荷且韧性较高的零件,可耐有机酸水液、聚乙烯醇、碳酸氢钠、橡胶液,还可做水轮机转轮叶片、水压机阀
ZG20Cr13	400	600	16	35	—	—	170~235	
ZG10Cr13Ni	450	600	16	35	—	—	170~241	
ZG10Cr13Ni1Mo	450	630	16	35	—	—	170~241	综合力学性能高,抗大气腐蚀,水中抗疲劳性能均好,钢的焊接性良好,焊后不必热处理,铸造性能尚好,耐泥沙磨损,可用于制作大型水轮机转轮(叶片)
ZG06Cr13Ni4Mo	560	760	15	35	50	600	217~286	
ZG06Cr13Ni6Mo	560	760	15	35	50	600	221~286	
ZG06Cr16Ni5Mo	600	800	15	35	40	500	221~286	

注:1. 表中牌号为 ZG10Cr13、ZG20Cr13、ZG10Cr13Ni1、ZG10Cr13Ni1Mo 铸钢的力学性能,适用于壁厚 100mm 以下的铸件。牌号为 ZG06Cr13Ni4Mo、ZG06Cr13Ni6Mo、ZG06Cr16Ni5Mo 铸钢适用于壁厚 200mm 以下的铸件。

2. 对于壁厚小于 500mm 的铸件,表中力学性能的相应降低数值,应依据不同制造工艺由双方商定。

## 3.1.9 大型铸件用不锈钢铸钢(见表 3.1-35、表 3.1-36)

表 3.1-35 大型铸件用不锈钢铸钢牌号及化学成分(摘自 JB/T6405—1992)

铸钢牌号	化学成分(质量分数)(%)										
	C	Si $\leq$	Mn	P $\leq$	S $\leq$	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	N
ZG15Cr13 (ZG1Cr13)	$\leq$ 0.15	1.50	$\leq$ 1.00	0.040	0.040	11.5 ~14.0	$\leq$ 1.00	$\leq$ 0.05	—	—	—
ZG20Cr13 (ZG20Cr13)	0.16 ~0.24	1.00	$\leq$ 0.60	0.030	0.035	11.5 ~14.0	—	—	—	—	—
ZG30Cr13 (ZG3Cr13)	0.20 ~0.40	1.50	$\leq$ 1.00	0.040	0.040	11.5 ~14.0	$\leq$ 1.00	$\leq$ 0.05	—	—	—
ZG12Cr18Ni9Ti (ZG1Cr18Ni9Ti)	$\leq$ 0.12	1.50	0.80 ~2.00	0.030	0.040	17.0 ~20.0	8.00 ~11.0	—	5(C 0.03%) ~0.80	—	—
ZG06Cr13Ni4Mo (ZG0Cr13Ni4Mo)	$\leq$ 0.06	1.00	$\leq$ 1.00	0.030	0.030	11.5 ~14.0	3.50 ~4.50	0.40 ~1.00	—	—	—
ZG06Cr13Ni6Mo (ZG0Cr13Ni6Mo)	$\leq$ 0.06	0.70	$\leq$ 0.80	0.030	0.030	12.0 ~14.0	5.50 ~6.50	0.40 ~1.00	—	—	—
ZG08Cr19Ni9 (ZG0Cr19Ni9)	$\leq$ 0.08	2.00	$\leq$ 1.50	0.040	0.040	17.0 ~21.0	8.00 11.00	—	—	—	—



(续)

铸钢牌号	化学成分(质量分数)(%)										
	C	Si ≤	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	N
ZG08Cr19Ni11Mo3 (ZG0Cr19Ni11Mo3)	≤0.08	1.50	≤1.50	0.040	0.040	18.0 ~21.0	9.00 ~13.00	3.00 ~4.00			
ZG12Cr22Ni12 (ZG1Cr22Ni12)	≤0.12	2.00	≤1.50	0.040	0.040	20.0 ~23.0	16.00 ~13.00				
ZG20Cr25Ni20 (ZG2Cr25Ni20)	≤0.20	2.00	≤1.50	0.040	0.040	23.0 ~27.0	19.00 ~31.00				
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N (ZG1Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N)	≤0.12	1.50	8.00 ~10.00	0.060	0.035	16.00 ~19.00	3.00 ~5.00	2.90 ~3.50		2.00 ~2.50	0.16 ~0.26
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN (ZG1Cr18Mn13Mo2CuN)	≤0.12	1.50	12.00 ~14.00	0.060	0.035	17.00 20.00		1.50 ~2.00		1.00 ~1.50	0.19 ~0.26

注: 括号内为传统铸钢牌号。

表 3.1-36 大型铸件用不锈钢的力学性能(摘自 JB/T6405-1992)

牌 号	热 处 理 规 范	$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	HBS
		/MPa	/MPa	(%)	(%)	
ZG15Cr13	1) 加热到 $\geq 995^\circ\text{C}$ , 空冷, 并在 $\geq 595^\circ\text{C}$ 回火或者 2) 在 $\geq 790^\circ\text{C}$ 退火	620	450	18	30	$\leq 211$
ZG20Cr13		588	392	16	35	170~235
ZG30Cr13		690	485	15	25	$\leq 269$
ZG12Cr18Ni9Ti	加热到 $\geq 1040^\circ\text{C}$ , 保持足够时间, 水淬或采用能达到验收条件的其他方法	440	195	25	32	—
ZG06Cr13Ni14Mo	1) 退火应 $> 600^\circ\text{C}$ ; 2) 正火和淬火, 在 $A_{c3}$ 以上进行; 3) 回火: 在 $A_{c1}$ 点上下进行一次或二次回火	760	550	15	35	$\geq 220$
ZG06Cr13Ni6Mo		750	550	15	35	$\geq 220$
ZG08Cr18Ni9	加热到 $\geq 1040^\circ\text{C}$ , 保持足够时间, 水淬或用其他快冷方式	485	205	35	—	—
ZG08Cr19Ni11Mo3		520	240	25	—	—
ZG12Cr22Ni12		485	195	35	—	—
ZG20Cr25Ni20	加热到 $\geq 1093^\circ\text{C}$ , 保持足够时间, 水淬或其他快速冷却方式	450	195	30	—	—
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N	加热到 $1100\sim 1150^\circ\text{C}$ , 保持足够时间, 水淬或其他快速冷却方式	588	294	25	35	—
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN		588	294	30	40	—

## 3.1.10 一般用途耐热钢和合金铸件(见表 3.1-37、表 3.1-38)

表 3.1-37 一般用途耐热钢和合金铸件牌号及化学成分(摘自 GB/T8492-2002)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)									
	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Mo ≤	Ni	其他	
ZG30Cr7Si2	0.20~0.35	1.0~2.5	0.5~1.0	0.04	0.04	6~8	0.5	$\leq 0.5$	—	
ZG40Cr13Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	0.5~1.0	0.04	0.03	12~14	0.5	$\leq 1$	—	
ZG40Cr17Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	0.5~1.0	0.04	0.03	16~19	0.5	$\leq 1$	—	
ZG40Cr24Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	0.5~1.0	0.04	0.03	23~26	0.5	$\leq 1$	—	
ZG40Cr28Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	0.5~1.0	0.04	0.03	27~30	0.5	$\leq 1$	—	
ZGCr29Si2	1.2~1.4	1.0~2.5	0.5~1.0	0.04	0.03	27~30	0.5	$\leq 1$	—	
ZG25Cr18Ni9Si2	0.15~0.35	1.0~2.5	$\leq 2$	0.04	0.03	17~19	0.5	8~10	—	
ZG25Cr20Ni14Si2	0.15~0.35	1.0~2.5	$\leq 2$	0.04	0.03	19~21	0.5	13~15	—	
ZG40Cr22Ni10Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	$\leq 2$	0.04	0.03	21~23	0.5	9~11	—	
ZG40Cr24Ni24Si2Nb	0.25~0.50	1.0~2.5	$\leq 2$	0.04	0.03	23~25	0.5	23~25	Nb 1.2~1.8	
ZG40Cr25Ni12Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	$\leq 2$	0.04	0.03	24~27	0.5	11~14	—	
ZG40Cr25Ni20Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	$\leq 2$	0.04	0.03	24~27	0.5	19~22	—	
ZG40Cr27Ni4Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	$\leq 1.5$	0.04	0.03	25~28	0.5	3~6	—	
ZG45Cr20Co20Ni20Mo3W3	0.35~0.60	$\leq 1.0$	$\leq 2$	0.04	0.03	19~22	2.5 3.0	18~22	Co18~22 W2~3	
ZG10Ni31Cr20Nb1	0.05~0.12	$\leq 1.2$	$\leq 1.2$	0.04	0.03	19~23	0.5	30~34	Nb 0.8~1.5	

(续)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Mo ≤	Ni	其他
ZG40Ni35Cr17Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	≤2	0.04	0.03	16~18	0.5	34~36	
ZG40Ni35Cr26Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	≤2	0.04	0.03	24~27	0.5	33~36	—
ZG40Ni35Cr26Si2Nb1	0.3~0.5	1.0~2.5	≤2	0.04	0.03	24~27	0.5	33~36	Nb 0.8~1.8
ZG40Ni38Cr19Si2	0.3~0.5	1.0~2.5	≤2	0.04	0.03	18~21	0.5	36~39	
ZG40Ni38Cr19Si2Nb1	0.3~0.5	1.0~2.5	≤2	0.04	0.03	18~21	0.5	36~39	Nb 1.2~1.8
ZNiCr28Fe17W5Si2Co.4	0.35~0.55	1.0~2.5	≤1.5	0.04	0.03	27~30	—	47~50	W4~6
ZNiCr50Nb1Co.1	≤0.1	≤0.5	≤0.5	0.02	0.02	47~52	0.5	余量	NO.16 N—C0.2 Nb1.1~ 1.7
ZNiCr19Fe18Si1Co.5	0.4~0.6	0.5~2.0	≤1.5	0.04	0.03	16~21	0.5	50~55	—
ZNiFe18Cr15Si1Co.5	0.35~0.65	≤2	≤1.3	0.04	0.03	13~19	—	64~69	
ZNiCr25Fe20- Co15W5Si1Co.46	0.44~0.48	1~2	≤2	0.04	0.03	24~26	—	33~37	W4~6 Co14~16
ZCoCr28Fe18Co.3	≤0.5	≤1	≤1	0.04	0.03	25~30	0.5	1	Co48~52 Fe20 最大值

注:1. GB/T8492—2002 等效采用 ISO11973:1999《一般用途耐热铸钢和合金》。

2. GB/T8492—2002《一般用途耐热钢和合金铸件》包括的牌号代表了适合在一般工程中不同耐热条件下广泛应用的铸造耐热钢和耐热合金铸件的种类。如果要求采用 GB/T8492—2002 未规定的牌号,则应在订货合同中注明。
3. 除另有规定外,熔炼方法和铸造工艺由供方自行确定。

表 3.1-38 一般用途耐热钢和合金铸件室温力学性能和最高使用温度(摘自 GB/T8492—2002)

牌 号	$\sigma_{0.2}$ /MPa <sup>1</sup> min	$\sigma_b$ /MPa <sup>1</sup> min	$\delta$ (%) min	HBS	最高使用温度 <sup>2</sup> /°C
ZG30Cr7Si2	—	—	—	—	750
ZG40Cr13Si2	—	—	—	300 <sup>3</sup>	850
ZG40Cr17Si2	—	—	—	300 <sup>3</sup>	900
ZG40Cr24Si2	—	—	—	300 <sup>3</sup>	1050
ZG40Cr28Si2	—	—	—	320 <sup>3</sup>	1100
ZGCr29Si2	—	—	—	400 <sup>3</sup>	1100
ZG25Cr18Ni9Si2	230	450	15	—	900
ZG25Cr20Ni14Si2	230	450	10	—	900
ZG40Cr22Ni10Si2	230	450	8	—	950
ZG40Cr24Ni24Si2Nb1	220	490	4	—	1050
ZG40Cr25Ni12Si2	220	450	6	—	1050
ZG40Cr25Ni20Si2	220	450	6	—	1100
ZG45Cr27Ni4Si2	250	400	3	400 <sup>4</sup>	1100
ZG40Cr20Co20Ni20Mo3W3	320	400	6	—	1150
ZG10Ni31Cr20Nb1	170	440	20	—	1000
ZG40Ni35Cr17Si2	220	420	6	—	980
ZG40Ni35Cr26Si2	220	440	6	—	1050
ZG40Ni35Cr26Si2Nb1	220	440	4	—	1050
ZG40Ni38Cr19Si2	220	420	6	—	1050
ZG40Ni38Cr19Si2Nb1	220	420	4	—	1100
ZNiCr28Fe17W5Si2Co.4	220	400	3	—	1200
ZNiCr50Nb1Co.1	230	540	8	—	1050
ZNiCr19Fe18Si1Co.5	220	110	5	—	1100
ZNiFe18Cr15Si1Co.5	200	400	3	—	1100

(续)

牌 号	$\sigma_{0.2}$ /MPa <sup>①</sup> min	$\sigma_s$ /MPa <sup>①</sup> min	$\delta$ (%) min	HBS	最高使用温度 <sup>②</sup> /°C
ZNiCr25Fe20Co15W5Si1Co.46	270	480	5	—	1200
ZCoCr28Fe18Co.3	⑤	⑤	⑤	⑤	1200

注:1. 当供需双方协定要求提供室温力学性能时,其力学性能应按本表规定。

2. ZG30Cr7Si2、ZG40Cr13Si2、ZG40Cr17Si2、ZG40Cr24Si2、ZG40Cr28Si2、ZGCr29Si2 可以在 800°C~850°C 进行退火处理。若需要 ZG30Cr7Si2 也可铸态下供货。其他牌号耐热钢和合金铸件,不需要热处理。若需热处理,则热处理工艺由供需双方商定,并在定货合同中注明。

3. 本表列出的最高使用温度为参考数据,这些数据仅适用于牌号间的比较,在实际应用时,还应考虑环境、载荷等实际使用条件。

① 1MPa=1N/mm<sup>2</sup>

② 最高使用温度取决于实际使用条件,所列数据仅供用户参考。这些数据适用于氧化气氛,实际的合金成分对其也有影响。

③ 退火态最大 HBS 硬度值,铸件也可以铸态提供,此时硬度限制就不适用。

④ 最大 HBS 值。

⑤ 由供需双方协商确定。

### 3.1.11 承压钢铸钢(见表 3.1-39~表 3.1-42)

表 3.1-39 承压钢铸钢件牌号及化学成分(摘自 GB/T16253—1996)

牌 号 <sup>①</sup>	化学成分(质量分数) <sup>②</sup> (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	其他
碳 素 钢									
ZG240-450A	0.25	0.60	1.20	0.035	0.035	—	—	—	—
ZG240-450AG	0.25	0.60	1.20	0.035	0.035	—	—	—	—
ZG240-450B	0.20	0.60	1.00~ 1.60	0.035	0.035	—	—	—	—
ZG240-450BG	0.20	0.60	1.00~ 1.60	0.035	0.035	—	—	—	—
ZG240-450BD	0.20	0.60	1.00~ 1.60	0.030	0.030	—	—	—	—
ZG280-520 <sup>③f</sup>	0.25	0.60	1.20	0.035	0.035	—	—	—	—
ZG280-520G <sup>③g</sup>	0.25	0.60	1.20	0.035	0.035	—	—	—	—
ZG280-520D <sup>③h</sup>	0.25	0.60	1.20	0.030	0.030	—	—	—	—
铁素体和马氏体合金钢									
ZG19MoG	0.15~ 0.23	0.30~ 0.60	0.50~ 1.00	0.035	0.035	0.030	0.40~ 0.60	—	—
ZG29Cr1MoD	0.29	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.030	0.030	0.90~ 1.20	0.15~ 0.30	—	—
ZG15Cr1MoG	0.10~ 0.20	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.035	0.035	1.00~ 1.50	0.45~ 0.65	—	—
ZG14MoVG	0.10~ 0.17	0.30~ 0.60	0.40~ 0.70	0.035	0.035	0.30~ 0.60	0.40~ 0.60	0.40	V:0.22 ~0.32
ZG12Cr2Mo1G	0.08~ 0.15	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.035	0.035	2.00~ 2.50	0.90~ 1.20	—	—
ZG16Cr2Mo1G	0.13~ 0.20	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.035	0.035	2.00~ 2.50	0.90~ 1.20	—	—
ZG20Cr2Mo1D	0.20	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.030	0.030	2.00~ 2.50	0.90~ 1.20	—	—
ZG17Cr1Mo1VG	0.13~ 0.20	0.30~ 0.60	0.50~ 0.80	0.035	0.035	1.20~ 1.60 <sup>④</sup>	0.90~ 1.20	⑥	V:0.15~ 0.35
ZG16Cr5MoG	0.12~ 0.19	0.80	0.50~ 0.80	0.035	0.035	4.00~ 6.00	0.45~ 0.65	—	—

(续)

牌号 <sup>1</sup>	化学成分(质量分数) <sup>2</sup> (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	其他	
ZG14Cr9Mo1G	0.10~ 0.17	0.80	0.50~ 0.80	0.035	0.037	8.00~ 10.0	1.00~ 1.30	-	-	
ZG14Cr12Ni1MoG	0.10~ 0.17	0.80	1.00	0.035	0.033	11.5~ 13.5	0.50	1.00	-	
ZG08Cr12Ni1MoG	0.05~ 0.10	0.80	0.40~ 0.80	0.035	0.033	11.5~ 13.0	0.20~ 0.50	0.80~ 1.80	-	
ZG08Cr12Ni4Mo1G	0.08	1.00	1.50	0.035	0.035	11.5~ 13.5	1.00	3.50~ 5.00	-	
ZG08Cr12Ni4Mo1D	0.08	1.00	1.50	0.035	0.035	11.5~ 13.5	1.00	3.50~ 5.00	-	
ZG23Cr12Mo1NiVG	0.20~ 0.26	0.20~ 0.40	0.50~ 0.70	0.035	0.035	11.3~ 12.3	1.00~ 1.20	0.70~ 1.00	V: 0.25~ 0.35	
ZG14Ni4D	0.14	0.30~ 0.50	0.50~ 0.80	0.030	0.030	-	-	3.00~ 4.00	-	
ZG24Ni2MoD	0.24	0.30~ 0.60	0.80~ 1.20	0.030	0.030	-	0.15~ 0.30	1.50~ 2.00	-	
ZG22Ni3Cr2MoAD	0.22	0.60	0.40~ 0.80	0.030	0.030	1.35~ 2.00	0.35~ 0.60	2.50~ 3.50	-	
ZG22Ni3Cr2MoBD	0.22	0.60	0.40~ 0.80	0.030	0.030	1.50~ 2.00	0.35~ 0.60	2.75~ 3.90	-	
奥氏体不锈钢										
ZG03Cr18Ni10	0.03	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 19.0	-	9.0~ 12.0	-	
ZG07Cr20Ni10	0.07	2.00	2.00	0.045	0.035	18.0~ 21.0	-	8.0~ 11.0	-	
ZG07Cr20Ni10G	0.04~ 0.10	2.00	2.00	0.045	0.035	18.0~ 21.0	-	8.0~ 12.0	-	
ZG07Cr18Ni10D	0.07	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 20.0	-	9.0~ 12.0	-	
ZG08Cr20Ni10Nb	0.08	2.00	2.00	0.045	0.035	18.0~ 21.0	-	9.0~ 12.0	Nb: 8× %C ≤1.0	
ZG03Cr19Ni11Mo2	0.03	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 21.0	2.0~ 2.5	9.0~ 13.0	-	
ZG07Cr19Ni11Mo2	0.07	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 21.0	2.0~ 2.5	9.0~ 13.0	-	
ZG07Cr19Ni11Mo2G	0.04~ 0.10	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 21.0	2.0~ 2.5	9.0~ 13.0	-	
ZG08Cr19Ni11Mo2Nb	0.08	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 21.0	2.0~ 2.5	9.0~ 13.0	Nb: 8× %C ≤1.0	
ZG03Cr19Ni11Mo3	0.03	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 21.0	2.5~ 3.0	9.0~ 13.0	-	
ZG07Cr19Ni11Mo3	0.07	2.00	2.00	0.045	0.035	17.0~ 21.0	2.5~ 3.0	9.0~ 13.0	-	

① 牌号尾部的符号“A”、“B”表示不同级别，“G”表示用于高温，“D”表示用于低温。

② 除规定范围者外，均为最大值。

③ 碳低于最大值时，每降低 0.01% 的碳，允许锰比上限高 0.04%，直到最大锰含量(质量分数)达 1.40% 为止。

④ 对某些产品，经供、需双方同意，可按 C≤0.30%、Mn≤0.99% 供应。

⑤ 对薄截面铸件，铬的最小含量(质量分数)允许为 1.00%。

⑥ 根据壁厚，镍的含量(质量分数)可以小于 1.00%。

表 3.1-40 承压钢铸钢热处理和力学性能(摘自 GB/T16233-1996)

牌 号	力 学 性 能 <sup>1)</sup>						热 处 理 <sup>2)</sup>					铸件主要截面的最大厚度 T/mm
	$\sigma_s$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_{kv}$	类型	奥氏体 化温度 /°C	冷却	回火 温度 /°C	冷却		
	MPa		%		°C						J	
碳 素 钢												
ZG240-450A	240	450~600	22	35	室温	27	A N(-T) (Q-T)	890~980	f a l	— 600~700	—	40
ZG240-450AG	240	450~600	22	35	室温	27	N(+T) Q+T	890~980	a l	600~700	a,f	40
ZG240-450B	240	450~600	22	35	室温	45	A N(+T) (Q+T)	890~980	f a l	— 600~700	— a,f	40
ZG240-450BG	240	450~600	22	35	室温	45	N(-T) Q-T	890~980	a l	600~700	a,f	10
ZG240-450BD	240	450~600	22		40	27	N(-T) Q-T	890~980	a l	600~700	a,f	10
ZG280-520	280	520~670 <sup>3)</sup>	18	30	室温	35	A N(-T) (Q-T)	890~980	f a l	— 600~700	— a,f	40
ZG280-520G	280	520~670 <sup>3)</sup>	18	30	室温	35	N(-T) Q+T	890~980	a l	600~700	a,f	40
ZG280-520D	280	520~670 <sup>3)</sup>	18		33	27	(N+T) Q+T	890~980	a l	600~700	a,f	40
铁 素 体 和 马 氏 体 合 金 钢												
ZG19MoG	250	450~600	21	35	室温	25	N+T Q-T	900~960	a l	630~710	a,f	100
ZG29Cr1Mo1D	370	550~700	16	30	45	27	(N+T) Q-T	850~910	a l	640~690	a,f	75
ZG15Cr1MoG	290	490~640	18	35	室温	27	N-T Q-T	900~960	a l	650~720	a,f	150
ZG14MoVG	320	550~650	17	30	室温	27	N-T	950~1000	a	680~750	a,f	150
ZG12Cr2Mo1G	280	510~660	18	35	室温	25	N+T	930~970	a	680~750	a,f	150
ZG16Cr2Mo1G	390	600~750	18	35	室温	40	(N+T) Nac+T Q+T	930~970	a ac l	680~750	a,f	150
ZG20Cr2Mo1D	390	600~750	18		-30	27	(N+T) (Nac-T) Q-T	930~970	a ac l	680~750	a,f	100
ZG17Cr1Mo1VG	420	590~740	15	35	室温	21	Nac+T Q+T	940~980	ac l	680~750	a,f	150
ZG16Cr5MoG	420	630~780	16	35	室温	25	N+T	930~990	a	620~750	a,f	150
ZG14Cr9Mo1G	420	630~780	16	35	室温	20	N+T	930~990	a	620~750	a,f	150
ZG14Cr12Ni1MoG	450	620~770	14	30	室温	20	N-T	950~1050	a	620~750	a,f	300
ZG08Cr12Ni1MoG	360	540~690	18	35	室温	35	N-T	1000~1050 <sup>3)</sup>	a	650~720	a,f	300
ZG08Cr12Ni4Mo1G	550	750~900	15	35	室温	45	N+T	950~1050	a	570~620	a,f	300
ZG08Cr12Ni4Mo1D	550	750~900	15		80	27	Nac-T (N+T)	950~1050	ac a	570~620	a,f	300
ZG23Cr12Mo1NiVG	540	740~880	15	20	室温 <sup>4)</sup>	21	N+T	1020~1070	a	680~750	a,f	300

(续)

牌 号	力学性能 <sup>①</sup>						热处理 <sup>②,③</sup>					铸件主要截面的最大厚度 T/mm
	$\sigma_s$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_{KV}$	类型	奥氏体 化温度 /°C	冷却	回火 温度 /°C	冷却		
	MPa		(%)		°C						J	
ZG14Ni4D	300	460~ 610	20	—	-70	27	Q+T	820~ 870	1	590~ 660	a <sup>④</sup>	40
ZG24Ni2MoD	380	520~ 670	20	—	35	27	Q-T	900~ 950	1	600~ 670	a <sup>④</sup>	100
ZG22Ni3Cr2MoAD	450	670~ 800	16	—	-80	27	(N+T)	900~ 950	a	580~ 650	a <sup>④</sup>	100
Nac+T												
Q-T												
ZG22Ni3Cr2MoBD	655	800~ 950	13	—	-60	27	(N-T)	900~ 950	a	580~ 650	a <sup>④</sup>	100
Nac+T												
Q-T												
奥氏体不锈钢												
ZG03Cr18Ni10	210	440~ 610	30	—	—	—	S	1040 1100	1 <sup>⑤</sup>	—	—	150
ZG07Cr20Ni10	210	440~ 640	30	—	—	—	S	1040 1100	1 <sup>⑥</sup>	—	—	150
ZG07Cr20Ni10G	230	470~ 670	30	—	—	—	S	1040 1100	1 <sup>⑥</sup>	—	—	150
ZG07Cr18Ni10D	210	410~ 640	30	—	-195 <sup>⑦</sup>	—	S	1040 1100	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG08Cr20Ni10Nb	210	440~ 640	25	—	—	—	S	1040 1100	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG03Cr19Ni11Mo2	210	440~ 620	30	—	—	—	S	≥1050	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG07Cr19Ni11Mo2	210	440~ 640	30	—	—	—	S	≥1050	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG07Cr19Ni11Mo2G	230	470~ 670	30	—	—	—	S	≥1050	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG08Cr19Ni11Mo2Nb	210	440~ 640	25	—	—	—	S	≥1050	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG03Cr19Ni11Mo3	210	440~ 640	30	—	—	—	S	≥1050	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150
ZG07Cr19Ni11Mo3	210	410~ 640	30	—	—	—	S	≥1050	1 <sup>⑧</sup>	—	—	150

注:1. 本表 $\sigma_s$ 对非奥氏体钢为上屈服点 $\sigma_{s0}$ ,或规定总伸长应力 $\sigma_{10}$ ,或规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ ;对奥氏体钢为 $\sigma_{p1.0}$ 。如测定 $\sigma_p$ ,其低于本表值的差额不得超过30MPa。

2.  $\psi$ 和 $A_{KV}$ 由制造厂任选一项检验。

① 除规定范围者外,均为最小值。

② 热处理类型符号的含义:

A:退火(加热到 $A_{c3}$ 以上,炉冷)

N:正火(加热到 $A_c$ 以上,空冷)

Q:淬火(加热到 $A_{c3}$ 以上,液体淬火)

T:回火

Nac:(加热到 $A_{c3}$ 以上,快速空冷)

S:固溶处理

括号内的热处理方法只适用于特定情况。

③ 冷却方式符号的含义:

a:空冷 f:炉冷 l:液体淬火或液冷 ac:快速空冷

④ 如满足最低屈服强度要求,则抗拉强度下限允许降至500MPa。

⑤ 冷却到100°C以下后,可采用亚临界热处理:820~870°C,随后空冷。

⑥ 该铸钢一般用于温度超过525°C的场合。

⑦ 如需方不限制,也可用液冷。

⑧ 根据铸件厚度情况,也可快速空冷。

⑨ 该温度下的冲击值已经过试验验证。

表 3.1-41 承压钢铸钢高温力学性能(摘自 GB/T16253-1996)

牌 号	参考热处理 <sup>①</sup>	下列各温度(°C)下的 $\sigma_{p0.2}$ 或 $\sigma_{p1.0}$ <sup>②</sup> /MPa												
		20	50 <sup>③</sup>	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	
ZG240-450AG	N(+T), Q+T	240	235	215	195	175	160	145	140	135	130	—	—	
ZG240-450BG	N(+T), Q+T	240	235	215	195	175	160	145	140	135	130	—	—	
ZG280-520G	N(+T), Q+T	280	265	250	230	215	200	190	180	170	155	—	—	
ZG19MoG	N+T, Q+T	250	240	230	215	205	185	170	160	155	150	140	—	
ZG15Cr1MoG	N+T, Q+T	290	285	275	260	250	240	230	220	205	195	180	160	
ZG12Cr2Mo1G	N+T, (Q+T)	280	275	270	260	255	245	240	235	230	220	205	180	
ZG16Cr2Mo1G	N+T, Q+T(Nac+T)	390	380	375	365	355	345	340	330	315	300	280	240	
ZG17Cr1Mo1VG	Nac+T, Q+T	420	410	400	395	385	375	365	365	350	335	320	260	
ZG14Cr9Mo1G	N-T	120	410	395	385	375	365	355	335	320	295	265	—	
ZG08Cr12Ni1MoG	N-T	300	335	305	285	275	270	265	260	255	—	—	—	
ZG08Cr12Ni1Mo1G	N-T	550	535	515	500	485	470	455	440	—	—	—	—	
ZG23Cr12Mo1Ni1VG	N-T	540	510	480	460	450	440	430	410	390	370	340	290	
ZG07Cr20Ni10G	Q	230	195	170	—	—	—	130	125	120	116	113	10	
ZG07Cr19Ni11Mo2G	Q	230	195	—	155	145	135	—	125	120	116	113	10	

① 温度及冷却条件见表 3.1-40。

② 对 ZG240-450AG~ZG23Cr12Mo1Ni1VG 共 12 个牌号为  $\sigma_{p0.2}$ ，对 ZG07Cr20Ni10G 和 ZG07Cr19Ni11Mo2G 为  $\sigma_{p1.0}$ 。奥氏体钢的  $\sigma_{p0.2}$  比  $\sigma_{p1.0}$  低 30MPa。

③ 50°C 的应力值是用内插法得到的，仅供设计之用，不作验证。

表 3.1-42 承压钢铸钢高温断裂应力<sup>①</sup>(摘自 GB/T16253-1996)

牌 号	参考热处理 <sup>②</sup>	断裂时间 /10 <sup>4</sup> h	下列各温度(°C)下,计算的断裂平均应力 <sup>③</sup> /MPa																						
			400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600		
ZG240-450AG	N+T Q+T	1	225	208	191	175	160	145	130	117	105	94	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
ZG240-450BG		10	177	157	138	121	105	90	78	68	59	53	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
ZG280-520G		20	163	142	123	105	88	74	63	55	50	45	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
ZG19MoG	N+T Q+T	1	360	346	330	312	293	275	250	228	205	182	160	134	110	90	74	66	—	—	—	—	—		
		10	310	292	273	252	229	205	180	157	132	108	85	68	54	43	35	30	—	—	—	—	—		
		20	290	271	251	229	206	180	156	131	109	88	70	54	41	32	26	23	—	—	—	—	—		
ZG15Cr1Mo-G <sup>④</sup>	N-T Q-T	1	—	—	—	—	—	321	292	265	238	212	187	165	145	127	112	98	—	—	—	—	—		
		10	—	—	—	—	—	244	214	186	160	137	117	98	83	70	61	55	—	—	—	—	—		
		20	—	—	—	—	—	222	191	163	138	116	96	80	67	56	49	44	—	—	—	—	—		
ZG12Cr2-Mo1G	N+T	1	—	—	—	—	—	281	261	241	221	201	182	163	147	133	121	110	96	85	76	68	61		
		3	—	—	—	—	—	255	234	212	191	171	153	137	123	111	100	88	79	70	61	54	48		
		5	—	—	—	—	—	242	220	198	176	157	140	125	113	101	89	80	71	62	54	47	42		
		10	—	—	—	—	—	222	199	177	156	139	124	111	99	85	79	69	59	51	44	38	34		
ZG16Cr-2Mo1G	N+T Nac+T Q-T	1	404	374	348	324	302	282	262	242	224	206	188	170	152	136	120	106	93	81	72	63	58		
		10	324	298	274	254	236	218	201	184	166	150	136	120	106	92	79	66	56	46	38	32	28		
		20	304	278	256	236	218	200	183	166	151	134	120	104	90	76	64	52	42	34	28	24	22		
ZG17Cr-1Mo1VG	Nac+T Q+T	1	479	451	423	395	368	342	316	291	266	243	222	203	187	171	157	144	131	119	107	96	86		
		10	419	390	360	332	303	275	249	224	201	180	160	144	129	114	101	88	76	64	53	41	30		
		20	395	364	335	307	279	253	226	202	180	160	141	125	110	96	83	71	59	47	36	25	14		
ZG23Cr-12Mo1Ni1VG	N+T	1	504	479	454	430	407	383	359	336	313	291	269	248	227	206	185	167	148	130	114	98	83		
		10	426	401	377	354	331	309	288	267	247	227	207	187	171	152	135	118	103	88	74	60	49		
		20	394	369	345	322	300	279	259	241	223	205	187	169	151	134	118	103	88	74	61	49	39		
ZG07Cr-20Ni10G	Q	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	139	131	124	117	110	104	98	91	85	80
		10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	115	108	100	93	86	80	75	69	64	59	55
		25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102	94	88	81	75	70	65	60	56	51	47

① 如能取得更多的数据，表列数值可以修正。

② 温度及冷却条件见表 3.1-40。

③ 下面划有横线的数值是根据试验数据外推得到的，故误差较大。

④ 持久性能是在碳含量(质量分数)为 0.15%~0.20%的铸件上获得的。

### 3.2 结构钢

#### 3.2.1 碳素结构钢

碳素结构钢产量大,成本低,杂质较多,且具有一定的力学性能,一般在热轧状态下供应,适用于一般结

构钢和工程用热轧钢板、钢带、型钢、棒钢。可供焊接、铆接及栓接构件之用,广泛应用于桥梁、船舶、建筑工程中制作各种静负荷的金属结构件、不需热处理的一般机械零件和普通焊接件,是一种用途非常广泛的工程用钢。其化学成分和力学性能见表 3.1-43、表 3.1-44,其应用举例见表 3.1-45。

表 3.1-43 碳素结构钢的牌号及化学成分(摘自 GB/T700—1988)

牌 号	等 级	化学成分(质量分数)(%)					脱氧方法
		C	Mn	Si <sup>a</sup>	S	P	
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65 <sup>b</sup>	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 <sup>b</sup>		0.045		
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

注:1. 钢中残余元素 Cr、Ni、Cu 含量应各不大于 0.30%,如供方能保证,可不作分析。

2. 氧气转炉钢的氮含量应不大于 0.008%(均为质量分数)。

3. F 表示沸腾钢, b 表示半镇静钢, Z 表示镇静钢, TZ 表示特殊镇静钢。

① Q235A、B 级沸腾钢 Mn 含量上限为 0.60%。

② 沸腾钢 Si 含量不大于 0.07%,半镇静钢 Si 含量不大于 0.17%,镇静钢 Si 含量下限值为 0.12%。

表 3.1-44 碳素结构钢的力学性能(摘自 GB/T700-1988)

牌 号	等 级	拉 伸 试 验											冲 击 试 验		冷 弯 试 验																	
		屈服点 $\sigma_s$ /MPa						抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)					温度 /℃	V 型冲击吸收功 /J 不小于	$B=2a$ 180°																
		钢材厚度或直径/mm							钢材厚度或直径/mm							钢材厚度或直径/mm																
		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150		≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150			>150	≤60	>60~100	>100~200													
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	315~430	33	32	—	—	—	—	—	—	纵 a 横 0.5a	—	—														
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~450	31	30	29	28	27	26	—	—	纵 0.5a 横 a	纵 1.5a 横 2a	纵 2a 横 2.5a													
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	27	—	—	—													
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375~500	26	25	24	23	22	21	—	—	纵 a 横 1.5a	纵 2a 横 2.5a	纵 2.5a 横 3a													
	B														—	—				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C														—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	D														—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410~350	24	23	22	21	20	19	—	—	2a	3a	3.5a													
	B														—	—				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490~630	20	19	18	17	16	15	—	—	3a	4a	4.5a													

注:1. 牌号 Q195 的屈服点,仅供参考,不作为交货条件。

2. 进行拉伸或弯曲试验时,钢板、钢带应取横向试样,伸长率允许较本表降低 1%(绝对值),型钢应取纵向试样。

3. 牌号 A 级钢的冷弯试验,在需方要求时才进行。当冷弯试验合格时,抗拉强度上限可以不作为交货条件。

4. 冷弯试验中, B 为试样宽度, a 为钢材厚度(直径)。



表 3.1-45 碳素结构钢的应用举例

牌 号	应 用 举 例	与 GB/T700 1979 牌号对照
Q195	Q195 的化学成分与 GB/T700-1970B <sub>1</sub> 钢相同。力学性能与 A <sub>1</sub> 相同。具有良好的韧性，较高的伸长率。焊接性良好。适于制作地脚螺栓、铆钉、炉撑、钢丝网屏面板、低碳钢丝、焊管、薄板、拉杆、犁板、短轴、心轴、垫圈、支架、小负荷齿轮、焊接件等	B1、A1
Q215A		A2
Q215B		C2
Q235A	韧性良好，有一定的强度和伸长率，铸造性、冲压和焊接性均良好，是一般机械制造中的主要材料，广泛用于制作一般机械零件，如销、轴、拉杆、连杆、套圈、螺栓、螺母、气缸、齿轮、支架、机架及焊接件、建筑结构、桥梁等用的角钢、T字钢、槽钢、垫板、钢筋等	A3
Q235B		C3
Q255A	有相当高的强度，焊接性能尚好，可用于制造强度要求不高的机械零件，如摇杆、拉杆、心轴、轴及螺栓、键；钢结构用的各种型材及钢板	A4
Q255B		C4
Q275	有较高的强度，一定的焊接性，切削加工性及塑性均较好，可用于制作较高强度要求的机械零件，如齿轮、心轴、销轴、转轴、键、螺栓、垫圈、刹车板、农机用型钢和异型钢、农机用各种机架、输送链的链节等	C5

### 3.2.2 优质碳素结构钢

与普通碳素结构钢相比，优质碳素结构钢所含有害杂质（磷、硫）及非金属夹杂物较少，塑性及韧性较高，并可通过热处理强化，多用于较为重要的零件，是极为广泛应用的一种机械制造用钢。一般采用氧气顶吹转炉、平炉及电炉冶炼。交货时，钢的化学成分和力学性能均应同时保证。当钢中锰含量（质量分数）小于 0.7% 时，称为普通含锰量优质碳素钢；当锰含量（质量分数）在 0.7%~1.2% 之间时，称为较高含锰量优质碳素钢，锰的含量增多，可以提高钢的淬透性。因此，其他条件相同时，较高含锰量钢比普通含锰量钢强度高，韧性和塑性稍低，硬度和耐磨性提高。

根据优质碳素钢含碳量的不同，分为低碳钢、中碳钢和高碳钢：

低碳钢的含碳量（质量分数） $\leq 0.25\%$ ，由于含碳量低，因而强度低，硬度低，但塑性、韧性高，可锻性和焊接性均好，冷塑性变形能力高。一般不采用热处理，而在热轧或冷轧供货状况下应用冷加工、热压、焊接等方法，用于制造受载较小，而韧性较高的零件。还可做为渗碳钢，用于制造表面渗碳处理的中小机械零件。

中碳钢的含碳量（质量分数）为 0.30%~0.60%，强度、硬度较高，塑性、韧性稍低，热锻、热压性能良好，

冷作变形能力较好，切削性能较佳，但焊接性较差，主要用于制造较大负载的机械零件。由于含碳量较高，可采用热处理强化，多属于调质钢（40、45、50 钢是最常用的中碳调质钢），碳钢的淬透性较差，工件尺寸较大（截面厚度或直径  $> 15\text{mm}$ ），其淬火效果差，因此，大型零件（截面厚度或直径  $> 50\sim 100\text{mm}$ ）通常采用正火或正火并高温回火处理为佳，当零件强度要求不很高时，亦可直接在热轧供货状况下使用，只有中、小尺寸的零件采用调质处理才能获得比较好的力学性能，当零件要求有高强度、高硬度及良好耐磨性时，可以进行淬火及低温回火处理；当某些耐磨零件（如主轴轴颈、重要齿轮等）承受冲击载荷和重载荷时，常在调质后进行火焰或高频表面淬火以代替渗碳处理。

高碳钢的含碳量（质量分数） $> 0.60\%$ ，经热处理可得到良好的韧性和高强度，冷作变形塑性差，焊接性能低，但切削性尚好。因为含碳量高，所以水淬常产生裂纹，生产中一般采用水淬油冷双液淬火，而小尺寸截面零件一般采用油淬为佳。高碳钢上主要用于耐磨零件及弹簧的制造，一般都在淬火后中温回火或正火或在表面淬火状况下使用。

优质碳素结构钢的化学成分见表 3.1-46，其交货状态下的力学性能见表 3.1-47。优质碳素结构钢的特性及应用举例见表 3.1-48。

表 3.1-46 优质碳素结构钢的牌号及化学成分（摘自 GB/T699-1999）

统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)						
		C	Si	Mn	P $\leq$	S $\leq$	Cr $\leq$	Ni $\leq$
U20080	08F	0.05~0.11	$\leq 0.03$	0.25~0.50	0.035	0.035	0.15	0.25
U20082	08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.10	0.25
U20100	10F	0.07~0.14	$\leq 0.07$	0.25~0.50	0.035	0.035	0.15	0.25
U20102	10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.15	0.25
U20105	15F	0.12~0.19	$\leq 0.07$	0.25~0.50	0.035	0.035	0.25	0.25
U20152	15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.25	0.25
U20202	20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.25	0.25
U20252	25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20302	30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25

(续)

统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)						
		C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr ≤	Ni ≤
U20352	35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20402	40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20452	45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20502	50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20552	55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20602	60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20652	65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20702	70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20752	75	0.72~0.80	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20802	80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U20852	85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.25	0.25
U21152	15Mn	0.12~0.19	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21202	20Mn	0.17~0.24	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21252	25Mn	0.22~0.30	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21302	30Mn	0.27~0.35	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21352	35Mn	0.32~0.40	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21402	40Mn	0.37~0.45	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21452	45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21502	50Mn	0.48~0.56	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21602	60Mn	0.57~0.65	0.17~0.37	0.70~1.00	0.035	0.035	0.25	0.25
U21652	65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	0.035	0.035	0.25	0.25
U21702	70Mn	0.67~0.75	0.17~0.37	0.90~1.20	0.035	0.035	0.25	0.25

表 3.1-47 优质碳素结构钢交货状态下的力学性能(摘自 GB/T699-1999)

牌 号	试样尺寸/mm	热处理	$\sigma_s$ /MPa ≥	$\sigma_b$ /MPa ≥	$\delta_5$ (%) ≥	$\psi$ (%) ≥	$A_k$ /J ≥	HBS	
								未热处理 ≤	退火钢 ≤
08F	25	正火	175	295	35	60	—	131	—
08	25		195	325	33	60	—	131	—
10F	25		185	315	33	55	—	137	—
10	25		205	335	31	55	—	137	—
15F	25		205	355	29	55	—	143	—
15	25		225	375	27	55	—	143	—
20	25		245	410	25	55	—	156	—
25	25		275	450	23	50	71	170	—
30	25		295	490	21	50	63	179	—
35	25		315	530	20	45	55	187	—
40	25		335	570	19	45	47	217	187
45	25		355	600	16	40	39	241	197
50	25		375	630	14	40	31	241	207
55	25		380	645	13	35	—	255	217
60	25	400	675	12	35	—	255	229	
65	25	410	695	10	30	—	255	229	
70	25	420	715	9	30	—	269	229	
75	试样	调质	880	1080	7	30	—	285	241
80			930	1080	6	30	—	285	241
85			980	1130	6	30	—	302	255
15Mn	25	正火	245	410	26	55	—	163	—
20Mn	25		275	450	24	50	—	197	—
25Mn	25		295	490	22	50	71	207	—
30Mn	25		315	540	20	45	63	217	187
35Mn	25		335	560	19	45	55	229	197
40Mn	25		355	590	17	45	47	229	207
45Mn	25		375	620	15	40	39	241	217
50Mn	25		390	645	13	40	31	255	217
60Mn	25		410	695	11	35	—	269	229
65Mn	25		430	735	9	30	—	285	229
70Mn	25		450	785	8	30	—	285	229

注:1.70、80及85钢用留有加工余量的试样进行热处理。

2.对于直径或厚度小于25mm的钢材,热处理是在与成品截面尺寸相同的试样毛坯上进行。

3.表中所列性能仅适用于截面尺寸不大于80mm的钢材,大于80mm的钢材,允许其伸长率 $\delta_5$ ,断面收缩率 $\psi$ 较本表规定分别降低2及5个单位。

4.直径小于16mm的圆钢,厚度小于或等于12mm的方钢、扁钢,不作冲击韧度试验。

表 3.1-48 优质碳素结构钢的特性及应用举例

牌号	特 性	应 用 举 例	牌号	特 性	应 用 举 例
08F 10F	冷变形塑性很好,深冲压等冷加工性和焊接性很高,但成分偏析倾向较大,钢经时效处理后韧性下降较多(时效敏感性较明显),所以冷作件常经水韧处理及消除应力处理来消除时效敏感性,强度和硬度均很低,但生产成本低	常用于生产成钢带、薄板及冷拉钢丝,适用于制作深冲击、深拉伸的制品,如汽车车身、驾驶室、发动机罩、翼子板等不受负载的各种盖罩件,各种贮器,搪瓷设备,仪表板,管子,垫片,还可制作心部强度要求不高的渗碳、碳氮共渗零件,如套筒、支架、靠模和挡块等	15F	特性和 15 钢相近,但是沸腾钢成分偏析倾向较大,热轧或冷轧成低碳薄钢板	用于制作心部强度不高的渗碳或氧化零件,如套筒,挡块,支架,短轴,齿轮,靠模,离合器盘,也可制作塑性良好的零件,如管子,垫片,垫圈,还可用于制作摇杆,吊钩,衬套,螺栓,车钩以及农机中的低负载零件,亦可适于制作板金件及各种冲压件(最深冲压、深冲压等)
08	强度和硬度都很低,是一种极软的低碳钢,韧性和塑性极高,深冲压、深拉伸、弯曲、锻粗等冷加工性均良好,并有良好的焊接性,淬硬性及淬透性极低,且存在一定的时效敏感性,通常在热轧供应状态下或正火后使用,经冷拉或正火处理之后,能提高其切削性能,是一种塑性很好的冷冲压钢	这种钢常轧制成高精度的厚度小于 4mm 的薄钢板或冷轧钢带,广泛用于制造无强度要求,而易加工成形的深冲压、深拉伸的盖罩件及焊接件,可制作心部强度不高而表面需要硬化的渗碳和氧化零件,如离合器盘、齿轮等,经退火处理后,这种钢还可制作具有良好导磁性能、剩磁较少的磁性零件,如电磁吸盘、软性电磁铁等	20	低碳渗碳钢,特性与 15 钢相近,但强度比 15 钢稍高	在热轧或正火状态下用于制作负载不大,但韧性要求高的零件,如重型及通用机械中的锻、压的拉杆、杠杆、钩环、套筒、夹具及衬垫,在一般机械及汽车、拖拉机中,用于制作不甚重要的中、小型渗碳、氧化零件,如手刹车蹄片、杠杆轴、变速叉、被动齿轮、气阀挺杆、拖拉机上的凸轮轴、悬挂平衡器轴、内外衬套,机车车辆上的十字头、活塞、气缸盖等铸件,还可制作压力低于 6MPa,温度低于 450℃ 的无腐蚀介质中使用的管子、导管等锅炉零件
10	渗碳钢,塑性和韧性均高,无回火脆性倾向,在冷拉状态下或经正火处理之后的切削性明显提高,焊接性能高,在冷状态下,易于挤压成形和压模成形,但强度低,且淬透性及淬硬性很差	采用锻、弯曲、冷冲、热压、拉伸及焊接等多种加工方法,制作各种韧性高、负荷小的零件,如卡头,钢管垫片,垫圈,摩擦片,汽车车身,防尘罩,容器,深冲器皿,搪瓷制品,轴承砂架,冷锻螺栓螺母及各种受载较小的焊接件,也可制作渗碳件,如链轮、齿轮、链的滚子和套筒、犁壁等,还可退火后制作电磁吸铁零件			
15	低碳渗碳钢,塑性、韧性高,并且有良好的焊接性及冷冲压性,无回火脆性,切削性低,但经水韧处理或正火之后,即能提高切削性,强度较低,且淬硬性和淬透性较低	用于制作受载不大、韧性要求较高的零件、渗碳件、冲模锻件、紧固件,不需热处理的低负载零件,焊接性能较好的中、小结构件,如螺栓、螺钉,法兰盘,拉条,化工容器,蒸汽锅炉,小轴,挡铁,小模数齿轮,滚子,仿形板,摩擦片,销子,套筒,球轴承(轻载, H 级)的套圈和滚珠,起重钩,农机用链轮、链条,轴套等	25	和 20 钢的性能相近,其强度略高于 20 钢,塑性和韧性较好,且具有一定的强度,冷冲压性和焊接性较好,有较好的切削性能,无回火脆性,但淬透性及淬硬性不高,一般在热轧及正火后使用	用于制作焊接构件,以及经锻造、热冲压和切削加工,且负载较小的零件,如辘子、轴、垫圈、螺栓、螺母、螺钉、连接器,还用于制造压力小于 600MPa,温度低于 450℃ 的应力不大的锅炉零件,如螺栓、螺母等,在汽车拖拉机中,常用作冲击钢板,如厚度 4~11mm 的钢板,可制作横梁、车架、大梁、脚踏板等具有相当载荷的零件,经淬火处理(获得低马氏体)可制造强度和韧性良好的零件,如汽车轮胎螺钉等,还可制作心部强度不高、表面要求良好耐磨性的渗碳和氧化零件

(续)

牌号	特 性	应 用 举 例	牌 号	特 性	应 用 举 例
30	具有一定的强度和硬度,塑性和焊接性较好,通常在正火状态下使用,也可调质,截面尺寸不大的钢材调质处理后,能得到较好的机械综合性能,并且具有良好的切削性能	用于制造受载不大、工作温度低于150℃的截面尺寸小的零件,如化工机械中的螺钉、拉杆、套筒、丝杠、轴、吊环、键等,在自动机床上加工的螺栓、螺母,亦可制作心部强度较高、表面耐磨的渗碳及氰化零件,焊接构件及冷锻零件	45	高强度中碳调质钢,具有一定的塑性和韧性,较高的强度,切削性能良好,采用调质处理可获得很好的综合力学性能,淬透性较差,水淬易产生裂纹,中、小型零件调质后可得到较好的韧性及较高的强度,大型零件(截面尺寸超过80mm)以采用正火处理为宜,但45钢的焊接性能较低,仍可焊接,不过焊前应将焊件进行预热,且焊后应进行退火处理,以消除焊接应力	适用于制造较高强度的运动零件,如空压机、泵的活塞、蒸气透平机的叶轮,重型及通用机械中的轧制轴、连杆、蜗杆、齿条、齿轮、销子等,通常在调质或正火状态下使用,可代替渗碳钢,用以制造表面耐磨的零件,此时,不须经高频或火焰表面淬火,如曲轴、齿轮、机床主轴、活塞销、传动轴等,还用于制造农机中等负荷的轴、脱粒滚筒、凹板钉齿、链轮、齿轮、以及钳工工具等
35	中碳钢,性能与30钢相似,具有一定的强度,良好的塑性,冷变形塑性高,可进行冷拉和冷锻及冷冲压,并具有良好的切削加工性能,其含碳量为规定含碳量的下限时,焊接性能良好;其含碳量为规定含碳量的上限时,焊接性能不好;钢的淬透性差,通常在正火或调质状态下使用,综合力学性能要求不高时,亦可在热轧供货状态下使用	广泛地用于制造负载较大,但截面尺寸较小的各种机械零件、热压件,如轴销、轴、曲轴、横梁、连杆、打杆、星轮、轮圈、垫圈、圆盘、钩环、螺栓、螺钉、螺母等,还可不经热处理制作负载不大的锅炉用(温度低于450℃)螺栓、螺母等紧固件,这种钢通常不用于制作焊接件	50	高强度中碳钢,弹性性能较高,切削加工性能尚好,退火后切削加工率为50%,焊接性差,冷应变塑性低,淬透性较低,水中淬火易产生裂纹,但无回火脆性,一般在正火或淬火、回火以及高频表面淬火之后使用	主要用于制造动负载、冲击载荷不大以及要求耐磨性好的机械零件,如锻造齿轮、轴摩擦盘、机床主轴、发动机曲轴、轧辊、拉杆、弹簧垫圈、不重要的弹簧、农机中掘土犁铧、翻土板、铲子、重载心轴及轴类零件
			55	高强度中碳钢,弹性性能较高,塑性及韧性低,热处理后可获得高强度、高硬度、切削加工性中等,淬透性低,水中淬火有产生裂纹的倾向,焊接性以及冷变形性能均低,一般在正火或淬火、回火后使用	主要用于制造耐磨、强度较高的机械零件以及弹性零件,也可用于制作铸钢件,如连杆、齿轮、机车轮箍、轮缘、轮圈、轧辊、扁弹簧
40	强度较高,切削性能良好,是一种高强度的中碳钢,焊接性差,但可焊接,在焊前采用预热处理至150℃,冷变形塑性中等,适于水淬和油淬,但淬透性低,形状复杂零件,水淬易发生裂纹,多在正火或调质或高频表面淬火热处理后使用	用于制造机器中的运动件,心部强度要求不高,表面耐磨性好的淬火零件及截面尺寸较小,负载较大的调质零件,应力不大的大型正火件,如传动轴、心轴、曲轴、曲柄销、轴、拉杆、连杆、活塞杆、内轮、圆盘、链轮等,一般不适用做焊接件	60	高强度中碳钢,具有相当高的强度、硬度及弹性,切削加工性不高,冷变形塑性低,淬透性低,水中淬火产生裂纹倾向,因此大型零件不适应淬火,多在正火状态下使用,只有小型零件才适于淬火,焊接性差,回火脆性不敏感	主要用于制造耐磨、强度较高、受力较大、摩擦工作以及相当弹性的弹性零件,如轴、偏心轴、轧辊、轮箍、离合器、钢丝绳、弹簧垫圈、弹簧圈、减震弹簧、凸轮及各种垫圈

(续)

牌号	特 性	应 用 举 例	牌号	特 性	应 用 举 例
65	高强度中碳钢,是一种广泛应用的碳素弹簧钢,经适当的热处理,其疲劳强度与合金弹簧钢相近,并能得到良好的弹性和较高的强度,切削加工性差,淬透性低,截面尺寸大于7~18mm时,在油中不能淬透,水淬易产生裂纹,小型零件多采用淬火,大型尺寸零件多采用正火或水淬油冷,回火脆性不敏感,通常在淬火并中温回火状态下使用,也可在正火状态下使用	主要用于制造弹簧垫圈、弹簧环、U形卡、汽门弹簧、受力不大的扁形弹簧、螺旋弹簧等,在正火状态下,可制造轧辊、凸轮、轴、钢丝绳等耐磨零件	15Mn 20Mn	高锰低碳渗碳钢,其性能和15钢相近,但其淬透性、强度和塑性均比15钢有所提高,切削性能也有所提高,低温冲击韧度及焊接性能良好,通常在渗碳或正火或在热轧供货状态下使用,20Mn的含碳量略高于15Mn,因而其强度和淬透性比15Mn略高	主要用于制造中心部力学性能较高的渗碳或氰化零件,如凸轮轴、曲柄轴、活塞销、齿轮、滚动轴承(II级,轻载)的套圈以及圆柱、圆锥轴承中的滚动体等,在正火或热轧状态下用于制造韧性高而应力较小的零件,如螺钉、螺母、支架、铰链及铆焊结构件,还可轧制成板材(4~10mm)、制作低温条件下工作的油罐等容器
			25Mn	强度比25钢和20Mn都较高,其他性能和25钢,20Mn相近	一般用于制造渗碳件和焊接件,如连杆、销、凸轮轴、齿轮、联轴器、铰链等
			30Mn	强度和淬透性比30钢均高,冷变形时塑性尚好,切削加工性良好,焊接性中等,但有回火脆性倾向,因而锻后要立即回火,通常在正火或调质状态下使用	一般用于制造低负荷的各种零件,如杠杆、拉杆、小轴、刹车踏板、螺栓、螺钉及螺母,还可用于制造高应力负载的细小零件(采用冷拉钢制作),如农机中的钩环链的链环、刀片、横向刹车机齿轮等
70	性能和65钢相近,但其强度和弹性均比65钢稍高,由于淬透性低,直径大于12~15mm不能淬透	仅适用于制造强度不高、截面尺寸较小的扁形、圆形、方形弹簧、钢带、钢丝、车轮圈、电车车轮及犁铧等			
75.80	75钢和80钢的性能和65钢相近,其弹性比65钢稍差,而强度较高,淬透性较低,一般在淬火回火状态下使用	用于制造强度不高,截面尺寸较小的螺旋弹簧、板弹簧,也用于制造承受摩擦工作的机械零件	35Mn	强度和淬透性均比30Mn要高,切削加工性好,冷变形时塑性中等,焊接性较差,常用作调质钢	一般用于制造载荷中等的零件,如啮合杆、传动轴、螺栓、螺钉、螺母等,还可用于制造受磨损的零件(采用淬火回火),如齿轮、心轴、叉等
85	高耐磨性的高碳钢,其性能与65钢相近,但强度和硬度均比65、70钢要高,但弹性稍低,淬透性也不好	主要用于制造截面尺寸不大、强度不高的振动弹簧,如普通机械中的扁形弹簧、圆形螺旋弹簧,铁道车辆和汽车拖拉机中的板簧及螺旋弹簧,农机中的清棉机锯片和摩擦盘以及其他用途的钢丝和钢带等	40Mn	淬透性比40钢稍高,经热处理之后的强度、硬度及韧性都较40钢高,切削加工性好,冷变形时塑性中等,存在回火脆性及过热敏感性,水淬时易形成裂纹,并且焊接性差,40Mn既可在正火状态下应用,亦可在淬火与回火状态下应用	经调质处理后,可代替40Cr使用,用于制造在疲劳负载下工作的零件,如曲轴、连杆、靴子、轴以及高应力的螺栓、螺钉、螺母等

(续)

牌号	特 性	应 用 举 例	牌 号	特 性	应 用 举 例
45Mn	中碳调质钢,强度、韧性及淬透性均比45钢高,调质处理可获得较好的综合力学性能,切削加工性还好,但焊接性差,冷变形时塑性低,并且有回火脆性倾向,一般在调质状态下应用,也可在淬火、回火或在正火状态下应用	一般用于较大负载及承受磨损工作条件的零件,如曲轴、花键轴、轴、连杆、方向节轴、汽车半轴、喷合杆、齿轮、离合器盘、螺栓、螺母等	65Mn	高锰弹簧钢,具有高的强度和硬度,弹性良好,淬透性较好,适于油淬、水淬易产生裂纹,直径大于80mm的零件常采用水淬油冷,但热处理后有过热敏感性及回火脆性,退火后的切削性尚好,冷作变形塑性较差,焊接性能不好,一般不适于作焊接构件,通常在淬火、中温回火状态下应用	经淬火及低温回火或调质、表面淬火处理,用于制造受摩擦、高弹性、高强度的机械零件,如收割机铲、犁、切碎机切刀、翻土板、整地机械圆盘、机床主轴、机床丝杠、弹簧卡头、钢轨、螺旋滚子轴承的套圈,经淬火、中温回火处理后,用于制造中等负载的板弹簧(厚度5~15mm)、螺旋弹簧(直径7~20mm)、弹簧垫圈、弹簧卡环、弹簧发条轻型汽车的离合器弹簧、制动弹簧、气门弹簧
50Mn	性能与30钢相近,但淬透性较高,因而热处理之后的强度、硬度及弹性均比50钢要好,但有过热敏感性及回火脆性倾向,焊接性差,一般在淬火、回火后应用,在某些个别情况也允许正火后应用	一般用于制造高耐磨性、高应力的零件,如直径小于80mm的心轴、齿轮轴、齿轮、摩擦盘、板弹簧等,高频淬火后还可制造火车轴、蜗杆、连杆及汽车曲轴等	70Mn	淬透性比70钢要好,经热处理可获得比70钢更好的强度、硬度及弹性,但冷作变形塑性差,焊接性能低,热处理时易产生过热敏感性以及回火脆性,易于脱碳,水淬时易形成裂纹,主要在淬火、回火状态下使用	用于制造耐磨、载荷较大的机械零件,如止推环、离合器盘、弹簧圈、弹簧垫圈、锁紧圈、盘簧等
60Mn	强度较高,淬透性较好,脱碳倾向小,但有过热敏感性及回火脆性倾向,水淬易产生淬火裂纹,通常在淬火回火后应用,退火后的切削加工性良好	用于制造尺寸较大的螺旋弹簧,各种扁、圆弹簧、板簧、弹簧片,弹簧环,发条和冷拉钢丝(直径小于7mm)			

### 3.2.3 低合金高强度结构钢

低合金高强度结构钢是普通低合金钢中产量最多、应用最广泛的钢种。普通低合金钢是含少量合金元素(一般含合金总量(质量分数)小于3%)的普通合金钢,它强度较高,加工和焊接工艺性较好,并具有较好的耐磨、耐蚀、耐低温性能,生产成本和碳素钢相近,可分为结构钢、耐腐蚀钢、低温用钢、耐磨钢,钢筋钢、钢轨钢及其他专业用钢等7类。低合金高强度结构钢含碳量较低(质量分数)(一般在0.10%~0.25%范围内),加入的主要合金元素是锰、硅、钒、铌和钛等,锰、硅能对铁素体起固溶强化作用,以提高强度;钒、钛和

铌能细化晶粒,提高钢的韧性;加入适量的铜、磷可以提高耐腐蚀能力;加入适量稀土有利于脱氧、脱硫和净化钢中其他杂质,改善钢的性能。低合金高强度结构钢,比碳素钢的强度高,耐蚀和耐磨性能优于相应碳素钢,有些钢种的冷脆临界温度比碳素钢低。低合金高强度结构钢一般在热轧退火或正火状态下使用,且不需热处理。按强度分为300MPa、350MPa、400MPa和450MPa4个级别。它广泛用于船舶、车辆、桥梁、高压容器、锅炉、油管、挖掘机械、拖拉机、汽车、起重机械、矿用机械以及钢结构件等。

低合金高强度结构钢的化学成分见表3.1-49,其力学性能见表3.1-50。应用见表3.1-51。

表 3.1-49 低合金高强度结构钢牌号及化学成分(摘自 GB/T1591—1994)

牌号	质量等级	化 学 成 分 (质量分数) (%)										
		C ≤	Mn	Si ≤	P ≤	S ≤	V	Nb	Ti	Al ≥	Cr ≤	Ni ≤
Q295	A	0.16	0.80~1.50	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B	0.16	0.80~1.50	0.55	0.040	0.040	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
Q345	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	—	—	—
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	—	—
	D	0.18	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	—	—
	E	0.18	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025	0.02~0.15	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	—	—
Q390	A	0.20	1.00~1.60	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	B	0.20	1.00~1.60	0.55	0.040	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.30	0.70
	C	0.20	1.00~1.60	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
	D	0.20	1.00~1.60	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
	E	0.20	1.00~1.60	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.30	0.70
Q420	A	0.20	1.00~1.70	0.55	0.045	0.045	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	B	0.20	1.00~1.70	0.55	0.040	0.040	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	—	0.40	0.70
	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.40	0.70
Q460	C	0.20	1.00~1.70	0.55	0.035	0.035	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	D	0.20	1.00~1.70	0.55	0.030	0.030	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70
	E	0.20	1.00~1.70	0.55	0.025	0.025	0.02~0.20	0.015~0.060	0.02~0.20	0.015	0.70	0.70

- 注: 1. Al 为全铝含量, 如化验酸溶铝时, 其含量应不小于 0.010%。  
 2. Q295 碳含量达到 0.18% 也可交货; 当 Q295 钢不加 V、Nb、Ti 时, 当 C ≤ 0.12% 时, Mn 含量上限可提高到 1.80%。  
 3. Q345Mn 含量上限可提高到 1.70%。  
 4. 厚度 ≤ 6mm 板、带和厚度 ≤ 16mm 的热轧板、带的 Mn 含量下限可降低 0.20%。  
 5. 在保证力学性能符合本表时, 用 Nb 作为细化晶粒元素时, 其 Q345、Q390 钢 Mn 含量下限可低于本表的下限含量。

表 3.1-50 低合金高强度结构钢力学性能(摘自 GB/T1591—1994)

牌号	质量等级	屈服点 $\sigma_s$ /MPa				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	冲击吸收功 $A_{KV}$ (纵向)/J				180°弯曲试验 $d$ = 弯心直径 $a$ = 试样厚度(直径)	
		厚度(直径, 边长)/mm						+20°C	0°C	-20°C	-40°C	钢材厚度(直径)/mm	
		≤16	>16~35	>35~50	>50~100							≤16	>16~100
		不小于						不小于				≤16	>16~100
Q295	A	295	275	255	235	390~570	23	—	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	B	295	275	255	235	390~570	23	34	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
Q345	A	345	325	295	275	470~630	21	—	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	B	345	325	295	275	470~630	21	34	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	C	345	325	295	275	470~630	22	—	34	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	D	345	325	295	275	470~630	22	—	—	34	—	$d=2a$	$d=3a$
	E	345	325	295	275	470~630	22	—	—	—	27	$d=2a$	$d=3a$
Q390	A	390	370	350	330	490~650	19	—	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	B	390	370	350	330	490~650	19	34	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	C	390	370	350	330	490~650	20	—	34	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	D	390	370	350	330	490~650	20	—	—	34	—	$d=2a$	$d=3a$
	E	390	370	350	330	490~650	20	—	—	—	27	$d=2a$	$d=3a$
Q420	A	420	400	380	360	520~680	18	—	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	B	420	400	380	360	520~680	18	34	—	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	C	420	400	380	360	520~680	19	—	34	—	—	$d=2a$	$d=3a$
	D	420	400	380	360	520~680	19	—	—	34	—	$d=2a$	$d=3a$
	E	420	400	380	360	520~680	19	—	—	—	27	$d=2a$	$d=3a$

(续)

牌号	质量等级	屈服点 $\sigma_s$ /MPa				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	冲击吸收功 $A_{KV}$ (纵向)/J				180°弯曲试验 $d$ —弯心直径 $a$ —试样厚度(直径)	
		厚度(直径,边长)/mm						-20 C	0 C	20 C	-40 C	钢材厚度(直径)/mm	
		≤16	>16~35	>35~50	>50~100							≤16	>16~100
Q460	C	460	440	420	400	550~720	17	—	34	—	$d=2a$	$d=3a$	
	D	460	440	420	400	550~720	17	—	—	34	$d=2a$	$d=3a$	
	E	460	440	420	400	550~720	17	—	—	—	27	$d=2a$	$d=3a$

注:1. 一般按热轧、控轧、正火及正火加回火状态交货,Q420、Q460的C、D、E级钢可按淬火加回火状态交货,并应在合同中注明,否则由供方自定。

2. 拉伸、弯曲试验时,板、带取横向试样,宽度小于600mm钢带、型钢和钢棒取纵向试样。

3. 板、带的伸长率值允许比本表规定降低1%(绝对值)。

4. 边长或直径大于50~100mm的方钢和圆钢,其伸长率可比本表规定降低1%(绝对值)。

表 3.1-51 低合金高强度结构钢牌号对照及应用(摘自 GB/T1591—1994)

GB/T1591—1994	GB/T1591—1988 旧 牌号对照	特 性 及 应 用 举 例
Q295	09MnV、09Mn2、 09MnNb、12Mn	具有优良的韧性、塑性、冷弯性和焊接性均良好,冲压成形性能良好,一般在热轧或正火状态下使用,适用于制作各种容器、螺旋焊管、车辆用冲压件、建筑用结构件、农机结构件、储油罐、低压锅炉锅筒、输油管道、造船及金属结构等
Q345	12MnV、14MnNb、16Mn、 16MnRE、09MnCuPTi、18Nb、 10MnSiCu、10MnPNiRE	具有良好的综合力学性能,塑性和焊接性良好,冲击韧性较好,一般在热轧或正火状态下使用,适于制作桥梁、船舶、车辆、管道、锅炉、各种容器、油罐、电站、厂房结构,低温压力容器等结构件
Q390	15MnV、15MnTi、 10MnPNbRE、16MnNb	具有良好的综合力学性能,焊接性及冲击韧性较好,一般在热轧状态下使用,适于制作锅炉,中、高压石油化工容器、桥梁、船舶、起重机、较高负荷的焊接件、联接构件等
Q420	15MnVN、 14MnVTiRE	具有良好的综合力学性能,优良的低温韧性,焊接性好,冷热加工性能良好,一般在热轧或正火状态下使用,适于制作高压容器、重型机械、桥梁、船舶、机车车辆、锅炉及其他大型焊接结构件
Q460	—	高强度,在正火加回火或淬火加回火处理后具有很高的综合力学性能,C、D、E级钢可保证良好的韧性。备用钢种,主要用于各种大型工程结构及要求高强度、重负荷的轻型结构

### 3.2.4 合金结构钢

合金结构钢是在碳素结构钢的基础上加入适量的一种或几种合金元素而形成的,它比碳素结构钢的综合性能要好,是合金钢中用量最大的一类钢,它广泛地用于制造各种重要的机器零件和各类工程结构。

当零件的形状复杂、截面尺寸较大、力学性能较高、淬透性较好时,采用碳素结构钢常常难于满足要求,而合金结构钢由于合金元素的作用,能够明显地提高强度、韧性和耐磨性,并具有良好的淬透性。对于大型零件,由于合金结构钢淬透性较高,能够在零件整个大截面上淬透而得到均匀一致的良好综合力学性能,既有高强度又有足够的韧性。因此,强度、韧性要求均高的重要零件或截面尺寸较大、形状复杂的零件采用合金结构钢制造比较理想。

根据含碳量,合金结构钢属于亚共析钢;根据合金元素含量,合金结构钢多数属于低合金钢,一部分为中

合金钢。从我国资源实际出发,我国发展了以硅、锰、钒、钛、硼等为主的合金结构钢系统。

合金结构钢通常需热处理,以获得良好的综合力学性能,按其含碳量和热处理工艺的不同,可将合金结构钢分为合金调质钢与渗碳钢两类。

合金调质钢的含碳量(质量分数)在0.25%~0.50%范围内,一般采用淬火和高温回火的调质处理,可以得到高强度和足够的韧性,为进一步提高零件表面的耐磨性,对某些中碳合金调质钢可在调质后再进行表面火焰或高频淬火,或调质后再进行氮化处理。合金调质钢的淬透性直接影响调质处理后的综合力学性能,因此,选材时应当考虑其临界淬透性直径与工件的截面尺寸的协调。按淬透性的高低,可分为:

1) 低淬透性合金调质钢 其油淬临界直径小于30~40mm。例如:35Mn2、40Mn2、45Mn2、50Mn2、27SiMn、35SiMn、42SiMn、40B、45B、50B、40MnB、45MnB、40MnVB、30Cr、35Cr、40Cr、45Cr、50Cr、



38CrSi等；

2) 中淬透性合金调质钢 其油淬临界直径在40~60mm左右。例如：40CrMn、30CrMnSi、40CrNi、45CrNi等；

3) 高淬透性合金调质钢 其油淬临界直径大于60~100mm，有的钢号可高达200mm。例如：30CrNi3、40CrMnMo、45CrNiMoV等。

合金调质钢多用于制造高强度、高韧性、综合力学性能优良的重要机器零件，如齿轮、各种轴（发动机曲轴、机床主轴）及高强度联接螺栓等。

合金渗碳钢的含碳量（质量分数）在0.15%~0.25%范围内，渗碳淬火处理之后，心部保持足够的韧性，表面具有高硬度和良好的耐磨性。这类钢多数为低

合金渗碳钢（合金元素总含量（质量分数） $\leq 3\%$ ），少数为中合金渗碳钢（合金元素总含量（质量分数）为5%~7%），其热处理工艺通常为渗碳、淬火再低温回火。

低合金渗碳钢常用于中、小型（截面尺寸小于30mm）机械零件。钢号有：15Cr、20Cr、20Mn2、20MnV、20CrMnTi、20CrMo、20CrMnMo、20MnVB、12CrNi2等。

中合金渗碳钢的淬透性高，具有较高的强度和良好的韧性，常用于制造承载复杂、重载荷及截面较大的渗碳件。

合金结构钢的牌号及化学成分见表3.1-52、53，其纵向力学性能见表3.1-54，合金结构钢的特性及应用举例见表3.1-55。

表 3.1-52 合金结构钢的牌号及化学成分（摘自 GB/T3077—1999）

统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V	其 他
A00202	20Mn2	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	—	—
A00302	30Mn2	0.27~ 0.34	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	—	—
A00352	35Mn2	0.32~ 0.39	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	—	—
A00402	40Mn2	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	—	—
A00452	45Mn2	0.42~ 0.49	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	—	—
A00502	50Mn2	0.47~ 0.55	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80	—	—	—	—	—	—
A01202	20MnV	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	1.30~ 1.60	—	—	—	—	0.07~ 0.12	—
A10272	27SiMn	0.24~ 0.32	1.10~ 1.40	1.10~ 1.40	—	—	—	—	—	—
A10352	35SiMn	0.32~ 0.40	1.10~ 1.40	1.10~ 1.40	—	—	—	—	—	—
A10422	42SiMn	0.39~ 0.45	1.10~ 1.40	1.10~ 1.40	—	—	—	—	—	—
A14202	20SiMn2MoV	0.17~ 0.23	0.90~ 1.20	2.20~ 2.60	—	0.30~ 0.40	—	—	0.05~ 0.12	—
A14262	25SiMn2MoV	0.22~ 0.28	0.90~ 1.20	2.20~ 2.60	—	0.30~ 0.40	—	—	0.05~ 0.12	—
A14372	37SiMn2MoV	0.33~ 0.39	0.60~ 0.90	1.60~ 1.90	—	0.40~ 0.50	—	—	0.05~ 0.12	—
A70402	40B	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.60~ 0.90	—	—	—	0.0005~ 0.0035	—	—
A70452	45B	0.42~ 0.49	0.17~ 0.37	0.60~ 0.90	—	—	—	0.0005~ 0.0035	—	—
A70502	50B	0.47~ 0.55	0.17~ 0.37	0.60~ 0.90	—	—	—	0.0005~ 0.0035	—	—
A71402	40MnB	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	—	—	—	0.0005~ 0.0035	—	—
A71452	45MnB	0.42~ 0.49	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	—	—	—	0.0005~ 0.0035	—	—
A72202	20MnMoB	0.16~ 0.22	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	—	0.20~ 0.30	—	0.0005~ 0.0035	—	—

(续)

统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V	其 他
A73152	15MnVB	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	1.20~ 1.60	--	--	--	0.0005~ 0.0035	0.07~ 0.12	--
A73202	20MnVB	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	1.20~ 1.60	--	--	--	0.0005~ 0.0035	0.07~ 0.12	--
A73402	40MnVB	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	--	--	--	0.0005~ 0.0035	0.05~ 0.10	--
A74202	20MnTiB	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	1.30~ 1.60	--	--	--	0.0005~ 0.0035	--	Ti 0.04~ 0.10
A74252	25MnTiBRE	0.22~ 0.28	0.20~ 0.45	1.30~ 1.60	--	--	--	0.0005~ 0.0035	--	Ti 0.04~ 0.10
A20152	15Cr	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.70~ 1.00	--	--	--	--	--
A20153	15CrA	0.12~ 0.17	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.70~ 1.00	--	--	--	--	--
A20202	20Cr	0.18~ 0.24	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.70~ 1.00	--	--	--	--	--
A20302	30Cr	0.27~ 0.34	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	--	--	--	--	--
A20352	35Cr	0.32~ 0.39	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	--	--	--	--	--
A20402	40Cr	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	--	--	--	--	--
A20452	45Cr	0.42~ 0.49	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	--	--	--	--	--
A20502	50Cr	0.47~ 0.54	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	--	--	--	--	--
A21382	38CrSi	0.35~ 0.43	1.00~ 1.30	0.30~ 0.60	1.30~ 1.60	--	--	--	--	--
A30122	12CrMo	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.40~ 0.70	0.40~ 0.55	--	--	--	--
A30152	15CrMo	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.40~ 0.55	--	--	--	--
A30202	20CrMo	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	--	--	--	--
A30302	30CrMo	0.26~ 0.34	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	--	--	--	--
A30303	30CrMoA	0.26~ 0.33	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	--	--	--	--
A30352	35CrMo	0.32~ 0.40	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	--	--	--	--
A30422	42CrMo	0.38~ 0.45	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.90~ 1.20	0.15~ 0.25	--	--	--	--
A31122	12CrMoV	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.30~ 0.60	0.25~ 0.35	--	--	0.15~ 0.30	--
A31352	35CrMoV	0.30~ 0.38	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	1.00~ 1.30	0.20~ 0.30	--	--	0.10~ 0.20	--
A31132	12Cr1MoV	0.08~ 0.15	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.90~ 1.20	0.25~ 0.35	--	--	0.15~ 0.30	--
A31253	25Cr2MoVA	0.22~ 0.29	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	1.50~ 1.80	0.25~ 0.35	--	--	0.15~ 0.30	--
A31263	25Cr2Mo1VA	0.22~ 0.29	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	2.10~ 2.50	0.90~ 1.10	--	--	0.30~ 0.50	--
A33382	38CrMoAl	0.35~ 0.42	0.20~ 0.45	0.30~ 0.60	1.35~ 1.65	0.15~ 0.25	--	--	--	Al 0.70~ 1.10
A23402	40CrV	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	--	--	--	0.10~ 0.20	--

(续)

统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V	其他
A23503	50CrVA	0.47~ 0.54	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10		—	—	0.10~ 0.20	—
A22152	15CrMn	0.12~ 0.18	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	0.40~ 0.70	—	—	—	—	—
A22202	20CrMn	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	0.90~ 1.20	—	—	—	—	—
A22402	40CrMn	0.37~ 0.45	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	0.90~ 1.20	—	—	—	—	—
A24202	20CrMnSi	0.17~ 0.23	0.90~ 1.20	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	—	—	—	—	—
A24252	25CrMnSi	0.22~ 0.28	0.90~ 1.20	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	—	—	—	—	—
A24302	30CrMnSi	0.27~ 0.34	0.90~ 1.20	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	—	—	—	—	—
A24303	30CrMnSiA	0.28~ 0.34	0.90~ 1.20	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	—	—	—	—	—
A24353	35CrMnSiA	0.32~ 0.39	1.10~ 1.40	0.80~ 1.10	1.10~ 1.40	—	—	—	—	—
A34202	20CrMnMo	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	1.10~ 1.40	0.20~ 0.30	—	—	—	—
A34402	40CrMnMo	0.37~ 0.45	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	0.90~ 1.20	0.20~ 0.30	—	—	—	—
A26202	20CrMnTi	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.80~ 1.10	1.00~ 1.30	—	—	—	—	Ti 0.04~ 0.10
A26302	30CrMnTi	0.24~ 0.32	0.17~ 0.37	0.80~ 1.10	1.00~ 1.30	—	—	—	—	Ti 0.04~ 0.10
A40202	20CrNi	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.40~ 0.70	0.45~ 0.75	—	1.00~ 1.40	—	—	—
A40402	40CrNi	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.45~ 0.75	—	1.00~ 1.40	—	—	—
A40452	45CrNi	0.42~ 0.49	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.45~ 0.75	—	1.00~ 1.40	—	—	—
A10502	50CrNi	0.47~ 0.54	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.45~ 0.75	—	1.00~ 1.40	—	—	—
A41122	12CrNi2	0.10~ 0.17	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 0.90	—	1.50~ 1.90	—	—	—
A42122	12CrNi3	0.10~ 0.17	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 0.90	—	2.75~ 3.15	—	—	—
A42202	20CrNi3	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 0.90	—	2.75~ 3.15	—	—	—
A42302	30CrNi3	0.27~ 0.33	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 0.90	—	2.75~ 3.15	—	—	—
A42372	37CrNi3	0.34~ 0.41	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.20~ 1.60	—	3.00~ 3.50	—	—	—
A43122	12Cr2Ni4	0.10~ 0.16	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.25~ 1.65	—	3.25~ 3.65	—	—	—
A43202	20Cr2Ni4	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.25~ 1.65	—	3.25~ 3.65	—	—	—
A50202	20CrNiMo	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.60~ 0.95	0.40~ 0.70	0.20~ 0.30	0.35~ 0.75	—	—	—
A50103	40CrNiMoA	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.60~ 0.90	0.15~ 0.25	1.25~ 1.65	—	—	—
A50183	18CrNiMnMoA	0.15~ 0.21	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	1.00~ 1.30	0.20~ 0.30	1.00~ 1.30	—	—	—

(续)

统一数字代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B	V	其 他
A51453	45CrNiMoVA	0.42~ 0.49	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	0.20~ 0.30	1.30~ 1.80		0.10~ 0.20	
A52183	18Cr2Ni4WA	0.13~ 0.19	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.35~ 1.65	—	4.00~ 4.50	—	—	W 0.80~ 1.20
A52253	25Cr2Ni4WA	0.21~ 0.28	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.35~ 1.65		4.00~ 4.50	—	—	W 0.80~ 1.20

- 注: 1. 本表中,带“A”字标志的牌号仅能作为高级优质钢订货,其他牌号按优质钢订货。  
 2. 经需方要求,25MnTiBRE 钢可以不加入稀土,则牌号改为 25MnTiB,但力学性能和交货状态应按 25MnTiBRE 钢的规定执行。  
 3. 统一数字代号系根据 GB/T 17616 规定列入,优质钢尾部数字为“2”,高级优质钢(带“A”钢)尾部数字为“3”,特级优质钢(带“E”钢)尾部数字为“6”。  
 4. 稀土成分按 0.05% 计算量加入,成品分析结果供参考。  
 5. 热压力加工用钢的铜含量(质量分数)不大于 0.20%。

表 3.1-53 合金结构钢各牌号中硫、磷等元素含量的规定(摘自 GB/T3077 1999)

钢 类	化学成分(质量分数)(%)					
	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo
优质钢	0.035	0.035	0.30	0.30	0.30	0.15
高级优质钢	0.025	0.025	0.25	0.30	0.30	0.10
特级优质钢	0.025	0.015	0.25	0.30	0.30	0.10

表 3.1-54 合金结构钢的力学性能(摘自 GB/T3077 1999)

牌 号	试样 毛坯 尺寸 /mm	热 处 理				力 学 性 能					钢材退火或高 温回火供应状 态布氏硬度 HBS100/3000 ≤
		淬 火		回 火		抗拉强 度 $\sigma_b$ /MPa	屈服点 $\sigma_s$ /MPa	断后伸 长率 $\delta_5$ (%)	断面收 缩率 $\psi$ (%)	冲击吸 收功 $A_{kv2}$ /J	
		加热温度/°C	冷却剂	加热温度/°C	冷却剂						
20Mn2	15	850	—	200	水、油	785	590	10	40	47	187
		880	—	440	水、油						
30Mn2	25	840	—	500	水	785	635	12	45	63	207
35Mn2	25	840	—	500	水	835	685	12	45	55	207
40Mn2	25	840	—	540	水、油	885	735	12	45	55	217
45Mn2	25	840	—	550	油	885	735	10	45	47	217
50Mn2	25	820	—	350	油	930	785	9	40	39	229
20MnV	15	880	—	200	水、油	785	590	10	40	55	187
27SiMn	25	920	—	450	水	980	835	12	40	39	217
35SiMn	25	900	—	570	水	885	735	15	45	47	229
42SiMn	25	880	—	590	水	885	735	15	40	47	229
20SiMn2MoV	试样	900	—	200	油	1380	—	10	45	55	269
25SiMn2MoV	试样	900	—	200	油	1470	—	10	40	47	269
37SiMn2MoV	25	870	—	650	水、油	980	835	12	50	63	269
40B	25	840	—	530	水	785	635	12	45	55	207
45B	25	840	—	550	水	835	685	12	45	47	217
50B	20	840	—	600	油	785	540	10	45	39	207
40MnB	25	850	—	500	油	980	785	10	45	47	207
45MnB	25	840	—	500	油	1030	835	9	40	39	217
20MnMoB	15	880	—	2000	油、空	1080	885	10	50	55	207
15MnVB	15	860	—	200	油	885	635	10	45	55	207

(续)

牌 号	试样 毛坯 尺寸 /mm	热 处 理					力 学 性 能					钢材退火或高 温回火供应状 态布氏硬度 HBS100, 3000 ≤
		淬 火			回 火		抗拉强 度 $\sigma_b$ /MPa	屈服点 $\sigma_s$ /MPa	断后伸 长率 $\delta_5$ (%)	断面收 缩率 $\psi$ (%)	冲击吸 收功 $A_{kv}$ /J	
		第一次 淬火	第二次 淬火	冷却 剂	加热 温度 /°C	冷却 剂						
20MnVB	15	860		油	200	水、空	1080	885	10	45	55	207
40MnVB	25	850		油	520	水、油	980	785	10	45	47	207
20MnTiB	15	860	—	油	200	水、空	1130	930	10	45	55	187
25MnTiBRE	试样	860	—	油	200	水、空	1380	—	10	10	47	229
15Cr	15	880	780~820	水、油	200	水、空	735	490	11	45	55	179
15CrA	15	880	770~820	水、油	180	油、空	685	490	12	45	55	179
20Cr	15	880	780~820	水、油	200	水、空	835	510	10	40	47	179
30Cr	25	860	—	油	500	水、油	885	685	11	45	47	187
35Cr	25	860	—	油	500	水、油	930	735	11	45	47	207
40Cr	25	850	—	油	520	水、油	980	785	9	45	47	207
45Cr	25	840	—	油	520	水、油	1030	835	9	40	39	217
50Cr	25	830	—	油	520	水、油	1080	930	9	40	39	229
38CrSi	25	900	—	油	600	水、油	980	835	12	50	55	255
12CrMo	30	900	—	空	650	空	410	265	24	60	110	179
15CrMo	30	900	—	空	650	空	440	295	22	60	94	179
20CrMo	15	880	—	水、油	500	水、油	885	685	12	50	78	197
30CrMo	25	880	—	水、油	540	水、油	930	785	12	50	63	229
30CrMoA	15	880	—	油	540	水、油	930	735	12	50	71	229
35CrMo	25	850	—	油	550	水、油	980	835	12	45	63	229
42CrMo	25	850	—	油	560	水、油	1080	930	12	45	63	217
12CrMoV	30	970	—	空	750	空	440	225	22	50	78	241
35CrMoV	25	900	—	油	630	水、油	1080	930	10	50	71	241
12Cr1MoV	30	970	—	空	750	空	490	245	22	50	71	179
25Cr2MoVA	25	900	—	油	610	空	930	785	14	55	63	241
25CrMo1VA	25	1040	—	空	700	空	735	590	16	50	47	241
38CrMoAl	30	940	—	水、油	640	水、油	980	835	14	50	71	229
40CrV	25	880	—	油	650	水、油	885	735	10	50	71	241
50CrVA	25	860	—	油	500	水、油	1280	1130	10	40	—	255
15CrMn	15	880	—	油	200	水、空	785	590	12	50	47	179
20CrMn	15	850	—	油	200	水、空	930	735	10	45	47	187
40CrMn	25	840	—	油	550	水、油	980	835	9	45	47	229
20CrMnSi	25	880	—	油	480	水、油	785	635	12	45	55	207
25CrMnSi	25	880	—	油	480	水、油	1080	885	10	40	39	217
30CrMnSi	25	880	—	油	520	水、油	1080	885	10	45	39	229
30CrMnSiA	25	880	—	油	540	水、油	1080	835	10	45	39	229
35CrMnSiA	试样	加热到 880°C, 于 280~310°C 等温淬火					1620	1280	9	40	31	241
20CrMnMo	15	850	—	油	200	水、空	1180	885	10	45	55	217
40CrMnMo	25	850	—	油	600	水、油	980	785	10	45	63	217
20CrMnTi	15	880	870	油	200	水、空	1080	850	10	45	55	217
30CrMnTi	试样	880	850	油	200	水、空	1470	—	9	40	47	229
20CrNi	25	850	—	水、油	460	水、油	785	590	10	50	63	197
40CrNi	25	820	—	油	500	水、油	980	785	10	45	55	241
45CrNi	25	820	—	油	530	水、油	980	785	10	45	55	255
50CrNi	25	820	—	油	500	水、油	1080	835	8	40	39	255

(续)

牌 号	试样 毛坯 尺寸 /mm	热 处 理					力 学 性 能					钢材退火或高 温回火供应状 态布氏硬度 HBS100/3000 ≤
		淬 火		冷 却 剂	回 火		抗拉强 度 $\sigma_b$ /MPa	屈服点 $\sigma_s$ /MPa	断后伸 长率 $\delta_5$ (%)	断面收 缩率 $\psi$ (%)	冲击吸 收功 $A_{Ku2}$ /J	
		加 热 温 度 / $^{\circ}$ C	冷 却 剂		加 热 温 度 / $^{\circ}$ C	冷 却 剂						
		第一 次 淬 火		第二 次 淬 火	第一 次 回 火		第二 次 回 火					
12CrNi2	15	860	780	水、油	200	水、空	785	590	12	50	63	207
12CrNi3	15	860	780	油	200	水、空	930	685	11	50	71	217
20CrNi3	25	830	—	水、油	480	水、油	930	735	11	55	78	241
30CrNi3	25	820	—	油	500	水、油	980	785	9	45	63	241
37CrNi3	25	820	—	油	500	水、油	1130	980	10	50	47	269
12Cr2Ni4	15	860	780	油	200	水、空	1080	835	10	50	71	269
20Cr2Ni4	15	880	780	油	200	水、空	1180	1080	10	45	63	269
20CrNiMo	15	850	—	油	200	空	980	785	9	40	47	197
40CrNiMoA	25	850	—	油	600	水、油	980	835	12	55	78	269
18CrMnNiMoA	15	830	—	油	200	空	1180	885	10	45	71	269
45CrNiMoVA	试样	860	—	油	460	油	1470	1330	7	35	31	269
18Cr2Ni4WA	15	930	850	空	200	水、空	1180	835	10	45	78	269
25Cr2Ni4WA	25	850	—	油	550	水、油	1080	930	11	45	71	269

注:1. 表中所列热处理温度允许调整范围:淬火 $\pm 15^{\circ}$ C,低温回火 $\pm 20^{\circ}$ C,高温回火 $\pm 50^{\circ}$ C。

2. 硼钢在淬火前可先经正火,正火温度应不高于其淬火温度,铬锰钛钢第一次淬火可用正火代替。

表 3.1-55 合金结构钢的性能及应用

牌 号	特 性	应 用 举 例
20Mn2	具有中等强度、较小截面尺寸的20Mn2和20Cr性能相似,低温冲击韧度、焊接性能较20Cr好,冷变形时塑性高,切削加工性良好,淬透性比相应的碳钢要高,热处理时有过热、脱碳敏感性及回火脆性倾向	用于制造截面尺寸小于50mm的渗碳零件,如渗碳的小齿轮、小轴、力学性能要求不高的十字头销、活塞销、柴油机套筒、汽门顶杆、变速齿轮操纵杆、钢套,热轧及正火状态下用于制造螺栓、螺钉、螺帽及铆焊件等
30Mn2	30Mn2通常经调质处理之后使用,其强度高,韧性好,并具有优良的耐磨性能,当制造截面尺寸小的零件时,具有良好的静强度和疲劳强度,拉丝、冷弯、热处理工艺性都良好,切削加工性中等,焊接性尚可,一般不做焊接件,需焊接时,应将零件预热到200C以上,具有较高的淬透性,淬火变形小,但有过热、脱碳敏感性及回火脆性	用于制造汽车、拖拉机中的车架、纵横梁、变速箱齿轮、轴、冷弯螺栓、较大截面的调质件,也可制造心部强度较高的渗碳件,如起重机的后车轴等
35Mn2	比30Mn2的含碳量高,因而具有更高的强度和更好的耐磨性,淬透性也提高,但塑性略有下降,冷变形时塑性中等,切削加工性能中等,焊接性低,且有白点敏感性、过热倾向及回火脆性倾向,水淬易产生裂纹,一般在调质或正火状态下使用	制造小于直径20mm的较小零件时,可代替40Cr,用于制造直径小于15mm的各种冷弯螺栓、力学性能要求较高的小轴、轴套、小连杆、操纵杆、曲轴、风机配件、农机中的锄铲柄、锄铲
40Mn2	中碳调质锰钢,其强度、塑性及耐磨性均优于40Cr,并具有良好的热处理工艺性及切削加工性,焊接性差,当含碳量在下限时,需要预热至100~425C才能焊接,存在回火脆性,过热敏感性,水淬易产生裂纹,通常在调质状态下使用	用于制造重载工作的各种机械零件,如曲轴、车轴、轴、半轴、杠杆、连杆、操纵杆、蜗杆、活塞杆、承载的螺栓、螺钉、加固环、弹簧,当制造直径小于40mm的零件时,其静强度及疲劳性能与40Cr相近,因而可代替40Cr制作小直径的重要零件
45Mn2	中碳调质钢,具有较高的强度、耐磨性及淬透性,调质后能获得良好的综合力学性能,适宜于油淬再高温回火,常在调质状态下使用,需要时也可在正火状态下使用,切削加工性尚可,但焊接性能差,冷变形时塑性低,热处理有 overheating 敏感性和回火脆性倾向,水淬易产生裂纹	用于制造承受高应力和耐磨损的零件,如果制作直径小于60mm的零件,可代替40Cr使用,在汽车、拖拉机及通用机械中,常用于制造轴、车轴、万向接头轴、蜗杆、齿轮轴、齿轮、连杆盖、摩擦盘、车厢轴、电车和蒸汽机车轴、重负载机架、冷拉状态中的螺栓和螺母等

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
50Mn2	中碳调质高强度锰钢,具有高强度、高弹性及优良的耐磨性,并且淬透性亦较高,切削加工性尚好。冷变形塑性低,焊接性能差,具有过热敏感性、白点敏感及回火脆性,水淬易产生裂纹,采用适当的调质处理,可获得良好的综合力学性能,一般在调质后使用,也可在正火及回火后使用	用于制造高应力、高磨损工作的大型零件,如通用机械中的齿轮轴、曲轴、各种轴、连杆、蜗杆、万向接头轴、齿轮等、汽车的传动轴、花键轴,承受强烈冲击负荷的心轴,重型机械中的滚动轴承支撑的主轴、轴及大型齿轮以及用于制造手卷簧、板簧等,如果用于制作直径小于80mm的零件,可代替45Cr使用
27SiMn	27SiMn的性能高于30Mn2,具有较高的强度和耐磨性,淬透性较高,冷变形塑性中等,切削加工性良好,焊接性能尚可,热处理时,钢的韧性降低较少,水淬时仍能保持较高的韧性,但有过热敏感性、白点敏感性及回火脆性倾向,大多在调质后使用,也可在正火或热轧供货状态下使用	用于制造高韧性、高耐磨的热冲压件,不需热处理或正火状态下使用的零件,如拖拉机履带销
35SiMn	合金调质钢,性能良好,可以代替40Cr使用,还可部分代替40CrNi使用,调质处理后具有高的静强度、疲劳强度和耐磨性以及良好的韧性,淬透性良好,冷变形时塑性中等,切削加工性良好,但焊接性能差,焊前应预热,且有过热敏感性、白点敏感性及回火脆性,并且稍易脱碳	在调质状态下用于制造中速、中负载的零件,在淬火回火状态下用于制造高负载、小冲击震动的零件以及制作截面较大、表面淬火的零件,如汽轮机的主轴和轮毂(直径小于250mm,工作温度小于400°C)、叶轮(厚度小于170mm)以及各种重要紧固件,通用机械中的传动轴、主轴、心轴、连杆、齿轮、蜗杆、电车轴、发电机轴、曲轴、飞轮及各种锻件,农机中的锄铲柄、犁铧等耐磨件,另外还可制作薄壁无缝钢管
42SiMn	性能与35SiMn相近,其强度、耐磨性及淬透性均略高于35SiMn,在一定条件下,此钢的强度、耐磨及热加工性能优于40Cr,还可代替40CrNi使用	在高频淬火及中温回火状态下,用于制造中速、中载的齿轮传动件,在调质后高频淬火、低温回火状态下,用于制造较大截面的表面高硬度、较高耐磨的零件,如齿轮、主轴、轴等;在淬火后低、中温回火状态下,用于制造中速、重载的零件,如主轴、齿轮、液压泵转子、滑块等
20MnV	20MnV性能好,可以代替20Cr、20CrNi使用,其强度、韧性及塑性均优于15Cr和20Mn2,淬透性亦好,切削加工性尚可,渗碳后,可以直接淬火,不需要第二次淬火来改善心部组织,焊接性较好,但热处理时,在300~360°C时有回火脆性	用于制造高压容器、锅炉、大型高压管道等的焊接构件(工作温度不超过450~475°C),还用于制造冷轧、冷拉、冷中压加工的零件,如齿轮、自行车链条、活塞销等,还广泛用于制造直径小于20mm的矿用链环
20SiMn2MoV	高强度、高韧性低碳淬火新型结构钢,有较高的淬透性,油淬变形及裂纹倾向很小,脱碳倾向低,锻造工艺性能良好,焊接性较好,复杂形状零件焊前应预热至300°C,焊后缓冷,但切削性差,一般在淬火及低温回火状态下使用	在低温回火状态下可代替调质状态下使用的35CrMo、35CrNi3MoA、40CrNiMoA等中碳合金结构钢使用,用于制造较重载荷、应力状态复杂或低温下长期工作的零件,如石油机械中的吊卡、吊环、射孔器以及其他较大截面的连接件
25SiMn2MoV	性能与20SiMn2MoV基本相同,但强度和淬硬性稍高于20SiMn2MoV,而塑性及韧性又略有降低	用途和20SiMn2MoV基本相同,用该钢制成的石油钻机吊环等零件,使用性能良好,较之35CrNi3Mo和40CrNiMo制作的同类零件更安全可靠,且重量轻,节省材料
37SiMn2MoV	高级调制钢,具有优良的综合力学性能,热处理工艺性良好,淬透性好,淬裂敏感性小。回火稳定性高,回火脆性倾向很小,高温强度较佳,低温韧性亦好,调质处理后能得到高强度和高韧性,一般在调质状态下使用	调质处理后,用于制造重载、大截面的重要零件,如重型机器中的齿轮、轴、连杆、转子、高压无缝钢管等,石油化工用的高压容器及大螺栓,制作高温条件下的大螺栓紧固件(工作温度低于450°C),淬火低温回火后可做为超高强度钢使用,可代替35CrMo、40CrNiMo使用

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
20MnTiB	具有良好的力学性能和工艺性能,正火后切削加工性良好,热处理后的疲劳强度较高	较多地用于制造汽车拖拉机中尺寸较小、中载的各种齿轮及渗碳零件,可代替 20CrMnTi 使用
25MnTiBRE	综合力学性能比 20CrMnTi 好,且具有很好的工艺性能及较好的淬透性,冷热加工性良好,锻造温度范围大,正火后切削加工性较好,RE 加入后,低温冲击韧性提高,缺口敏感性降低,热处理变形比铬钢稍大,但可以控制工艺条件予以调整	常用以代替 20CrMnTi、20CrMo 使用,用于制造中载的拖拉机齿轮(渗碳),推土机和中、小汽车变速箱齿轮和轴等渗碳、碳氮共渗零件
15MnVB	低碳马氏体淬火钢,可完全代替 40Cr 钢,经淬火低温回火后,具有较高的强度,良好的塑性及低温冲击韧度,较低的缺口敏感性,淬透性好,焊接性能亦佳	采用淬火低温回火,用以制造高强度的重要螺栓零件,如汽车上的气缸盖螺栓、半轴螺栓、连杆螺栓,亦可用于制造中负载的渗碳零件
20MnVB	渗碳钢,其性能与 20CrMnTi 及 20CrNi 相近,具有高强度、高耐磨性及良好的淬透性,切削加工性、渗碳及热处理工艺性能均较好,渗碳后可直接降温淬火,但淬火变形、脱碳较 20CrMnTi 稍大,可代替 20CrMnTi、20Cr、20CrNi 使用	常用于制造较大载荷的中小渗碳零件,如重型机床上的轴、大模数齿轮、汽车后桥的主、从动齿轮
40B	硬度、韧性、淬透性都比 40 钢高,调质后的综合力学性能良好,可代替 40Cr 使用,一般在调质状态下使用	用于制造比 40 钢截面大、性能要求高的零件,如轴、拉杆、齿轮、凸轮、拖拉机曲轴柄等,制作小截面尺寸零件,可代替 40Cr 使用
45B	强度、耐磨性、淬透性都比 45 钢好,多在调质状态下使用,可代替 40Cr 使用	用于制造截面较大、强度要求较高的零件,如拖拉机的连杆、曲轴及其他零件,制造小尺寸、且性能不高的零件,可代替 40Cr 使用
50B	调质后,比 50 钢的综合力学性能要高,淬透性好,正火时硬度偏低,切削性尚可,一般在调质状态下使用,因抗回火性能较差,调质时应降低回火温度 50°C 左右	用于代替 50、50Mn、50Mn2,制造强度较高、淬透性较高、截面尺寸不大的各种零件,如凸轮、轴、齿轮、转向拉杆等
40MnB	具有高强度、高硬度,良好的塑性及韧性,高温回火后,低温冲击韧度良好,调质或淬火低温回火后,承受载荷能力有所提高,淬透性和 40Cr 相近,回火稳定性比 40Cr 低,有回火脆性倾向,冷热加工性良好,工作温度范围为 -20~425°C,一般在调质状态下使用	用于制造拖拉机、汽车及其他通用机器设备中的中小重要调质零件,如汽车半轴、转向轴、花键轴、蜗杆和机床主轴、齿轴等,可代替 40Cr 制造较大截面的零件,如卷扬机中轴,制造小尺寸零件时,可代替 40CrNi 使用
45MnB	强度、淬透性均高于 40Cr,塑性和韧性略低,热加工和切削加工性良好,加热时晶粒长大、氧化脱碳、热处理变形都小,在调质状态下使用	用于代替 40Cr、45Cr 和 45Mn2,制造中、小截面的耐磨的调质件及高频淬火件,如钻床主轴、拖拉机拐轴、机床齿轮、凸轮、花键轴、曲轴、惰轮、左右分离叉、轴套等
40MnVB	综合性能优于 40Cr,具有高强度、高韧性和塑性,淬透性良好,热处理的过热敏感性较小,冷拔、切削加工性均好,调质状态下使用	常用于代替 40Cr、45Cr 及 38CrSi,制造低温回火、中温回火及高温回火状态的零件,还可代替 42CrMo、40CrNi 制作重要调质件,如机床和汽车上的齿轮、轴等
38CrSi	具有高强度、较高的耐磨性及韧性,淬透性好,低温冲击韧度较高,回火稳定性好,切削加工性尚可,焊接性差,一般在淬火回火后使用	一般用于制造直径 30~40mm,强度和耐磨性要求较高的各种零件,如拖拉机、汽车等机器设备中的小模数齿轮、拨叉轴、履带轴、小轴、起重钩、螺栓、进气阀、铆钉机压头等



(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
15CrMn	渗碳钢,淬透性好,表面硬度高,耐磨性好,可用于代替15CrMo	用于制造齿轮、蜗轮、塑料模子,汽轮机油封和汽轴套等
20CrMn	渗碳钢,强度、韧性均高,淬透性良好,热处理所得到的性能优于20Cr,淬火变形小,低温韧度良好,切削加工性较好,但焊接性能低,一般在渗碳淬火或调质后使用	用于制造重载大截面的调质零件及小截面的渗碳零件,还可在制造中等负载、冲击较小的中小零件时,代替20CrNi使用,如齿轮、轴、摩擦轮、蜗杆调速器的套筒等
40CrMn	强度高,具有好的淬透性,可代替42CrMo和40CrNi	用于制造高速高弯曲负荷的泵类轴和连杆,无火的冲击负荷的齿轮泵、水泵转子、离合器、高压容器盖板的螺栓等
20CrMnSi	具有较高的强度和韧性,冷变形加工塑性高,冲压性能较好,适于冷拔、冷轧等冷作工艺,焊接性能较好,淬透性较低,回火脆性较大,一般不用于渗碳或其他热处理,需要时,也可在淬火回火后使用	用于制造强度较高的焊接件,韧性较好的受拉力的零件以及厚度小于16mm的薄板冲压件、冷拉零件、冷冲零件,如矿山设备中的较大截面的链条、链环、螺栓等
25CrMnSi	强度高于20CrMnSi,韧性稍差,经热处理后,强度、塑性、韧性均良好	用于制造拉杆、重要的焊接件和冲压零件,高强度的焊接构件
30CrMnSi	高强度调质结构钢,具有很高的强度和韧性,淬透性较高,冷变形塑性中等,切削加工性能良好,有回火脆性倾向,横向的冲击韧性差,焊接性能较好,但厚度大于3mm时,先预热到150°C,焊后热处理,一般调质后使用	多用于制造高负载、高速的各种重要零件,如齿轮、轴、离合器、链轮、砂轮轴、轴套、螺栓、螺母等,也用于制造耐磨、工作温度不高的零件,变载荷的焊接构件,如高压鼓风机叶片、阀板以及非腐蚀管道用管
35CrMnSi	低合金超高强度钢,热处理后具有良好的综合性能,高强度,足够的韧性,淬透性、焊接性(焊前预热)、加工成形性均较好,但耐蚀和抗氧化性能低,使用温度通常不高于200°C,一般是低温回火或等温淬火后使用	用于制造中速、重载、高强度的零件及高强度构件,如飞机起落架等高强度零件、高压鼓风机叶片,在制造中小截面零件时,可以部分替代相应的镍铬铝合金钢使用
40CrV	调质钢,具有高强度和高屈服点,综合性能比40Cr要好,冷变形塑性和切削性均属中等,过热敏感性小,但有回火脆性倾向及白点敏感性,一般在调质状态下使用	用于制造变载、高负荷的各种重要零件,如机车连杆、曲轴、推杆、螺旋桨、横梁、轴套支架、双头螺栓、螺钉、不渗碳齿轮、经氮化处理的各种齿轮和销子、高压锅炉水泵轴(直径小于30mm)、高压气缸、钢管以及螺栓(工作温度小于420°C,300大气压)等
50CrV	合金弹簧钢,具有良好的综合力学性能和工艺性,淬透性较好,回火稳定性良好,疲劳强度高,工作温度最高可达500°C,低温冲击韧度良好,焊接性差,通常在淬火并中温回火后使用	用于制造工作温度低于210°C的各种弹簧以及其他机械零件,如内燃机气门弹簧、喷油嘴弹簧、锅炉安全阀弹簧、轿车缓冲弹簧
20CrMnTi	渗碳钢,也可做为调质钢使用,淬火低温回火后,综合力学性能和低温冲击韧性良好,渗碳后具有良好的耐磨性和抗弯强度,热处理工艺简单,热加工和冷加工性较好,但高温回火时有回火脆性倾向	是应用广泛、用量很大的一种合金结构钢,用于制造汽车拖拉机中的截面尺寸小于30mm的中载或重载、冲击耐磨且高速的各种重要零件,如齿轮轴、齿圈、齿轮、十字轴、滑动轴承支撑的主轴、蜗杆、爪牙离合器,有时,还可以代替20SiMnVB、20MnTiB使用
30CrMnTi	主要用做渗碳钢,有时也可作为调质钢使用,渗碳及淬火后具有耐磨性好、静强度高特点,热处理工艺性好,渗碳后可直接降温淬火,且淬火变形很小,高温回火时有回火脆性	用于制造心部强度特高的渗碳零件,如齿轮轴、齿轮、蜗杆等,也可做调质零件,如汽车、拖拉机上较大截面的主动齿轮等

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
12CrMo	耐热钢, 具有高的热强度, 且无热脆性, 冷变形塑性及切削性良好, 焊接性能尚可, 一般在正火及高温回火后使用	正火回火后用于制造蒸汽温度 510°C 的锅炉及汽轮机之主汽管, 管壁温度不超过 540°C 的各种导管、过热器管, 淬火回火后还可制造各种高温弹性零件
15CrMo	耐热钢, 强度优于 12CrMo, 韧性稍低, 在 500~550°C 温度以下, 持久强度较高, 切削性及冷应变塑性良好, 焊接性尚可 (焊前预热至 300°C, 焊后处理), 一般在正火及高温回火状态下使用	正火及高温回火后用于制造蒸汽温度至 510°C 的锅炉过热器, 中高压蒸汽导管及联箱, 蒸汽温度至 510°C 的主汽管, 淬火回火后, 可用于制造常温工作的各种重要零件
20CrMo	热强性较高, 在 500~520°C 时, 热强度仍高, 淬透性较好, 无回火脆性, 冷应变塑性、切削性及焊接均良好, 一般在调质或渗碳淬火状态下使用	用于制造化工设备中非腐蚀介质及工作温度 250°C 以下, 氮氢介质的高压管和各种紧固件, 汽轮机、锅炉中的叶片、隔板、锻件、轧制型材, 一般机器中的齿轮、轴等重要渗碳零件, 还可以替代 1Cr13 钢使用, 制造中压、低压汽轮机处在过热蒸汽区压力级工作叶片
30CrMo	具有高强度、高韧性, 在低于 500°C 温度时, 具有良好的高温强度, 切削性良好, 冷弯形塑性中等, 淬透性较高, 焊接性能良好, 一般在调质状态下使用	用于制造 300 大气压, 工作温度 400°C 以下的导管, 锅炉、汽轮机中工作温度低于 450°C 的紧固件, 工作温度低于 500°C、高压用的螺母及法兰, 通用机械中受载荷大的主轴、轴、齿轮、螺栓、螺柱、操纵杆, 化工设备中低于 250°C、氮氢介质中工作的高压导管以及焊接件
35CrMo	高温下具有高的持久强度和蠕变强度, 低温韧性较好, 工作温度高温可达 500°C, 低温可至 -110°C, 并具有高的静强度、冲击韧度及较高的疲劳强度, 淬透性良好, 无过热倾向, 淬火变形小, 冷变形时塑性尚可, 切削性能中等, 但有第一类回火脆性, 焊接性不好, 如果需焊接用时, 焊前预热至 150~400°C, 焊后处理以消除应力, 一般在调质处理后使用, 也可在中高频表淬或淬火及低、中温回火后使用	用于制造承受冲击、弯扭、高载荷的各种机器中的重要零件, 如轧钢机人字齿轮、曲轴、锤杆、连杆、紧固件, 汽轮发动机主轴、车轴, 发动机传动零件, 大型电动机轴, 石油机械中的穿孔器, 工作温度低于 400°C 的锅炉用螺栓, 低于 510°C 的螺母, 化工机械中高压无缝壁厚的导管 (温度 450~500°C, 无腐蚀性介质) 等, 还可代替 40CrNi 用于制造高载荷传动轴、汽轮发电机转子, 大截面齿轮、支承轴 (直径小于 500mm) 等
42CrMo	和 35CrMo 的性能相近, 由于碳和铬含量增高, 因而其强度和淬透性均优于 35CrMo, 调质后有较高的疲劳强度和抗多次冲击能力, 低温冲击韧性良好, 且无明显的回火脆性, 一般在调质后使用	一般用于制造比 35CrMo 强度要求更高、断面尺寸较大的重要零件, 如轴、齿轮、连杆、变速箱齿轮、增压器齿轮、发动机气缸、弹簧、弹簧夹, 1200~2000mm 石油钻杆接头、打捞工具以及代替含镍较高的调质钢使用
15CrMnMo	具有高强度、高韧性的高级渗碳钢, 比 20CrMnMo 的强度略低, 塑性及韧性略高, 淬透性、切削性及焊接性均良好, 无回火脆性	适于制造心部韧性好, 高表面硬度、高耐磨性的渗碳件, 如凸轮轴、曲轴、连杆、传动齿轮、石油钻机的牙轮及牙轮钻头、活塞销、球头销, 有时还可代替含镍较高的渗碳钢使用
20CrMnMo	高强度的高级渗碳钢, 强度高于 15CrMnMo, 塑性及韧性稍低, 淬透性及力学性能比 20CrMnTi 较高, 淬火低温回火后具有良好的综合力学性能和低温冲击性能, 渗碳淬火后具有较高的抗弯强度和耐磨性能, 但磨削时易产生裂纹, 焊接性不好, 适于电阻焊接, 焊前预热, 焊后回火处理, 切削加工性和热加工性良好	常用于制造高硬度、高强度、高韧性的较大的重要渗碳件 (其要求均高于 15CrMnMo), 如曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮轴、齿轮、销轴, 还可代替 12Cr2Ni4 使用

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
40CrMnMo	调质处理之后具有良好的综合力学性能,淬透性较好,回火稳定性较高,大多在调质状态下使用	用于制造重载、截面较大的齿轮轴、齿轮、大卡车的后桥半轴、轴、偏心轴、连杆、汽轮机的类似零件,还可代替40CrNiMo使用
12CrMoV	耐热钢,具有较高的高温力学性能,冷变形时塑性好,无回火脆性倾向,切削加工性较好,焊接性尚可(壁厚零件应焊前预热焊后处理消除应力),使用温度范围较大,高温达560°C,低温可至-40°C,一般在高温正火及高温回火状态下使用	用于制造汽轮机温度540°C的主汽管道,转向导叶环,汽轮机隔板以及温度≤570°C的各种过热器管、导管
12Cr1MoV	此钢具有蠕变极限与持久强度数值相近的特点,在持久拉伸时,具有高的塑性,其抗氧化性及热强性均比12CrMoV更高,且工艺性与焊接性良好(焊前应预热,焊后处理消除应力),一般在正火及高温回火后使用	用于制造工作温度不超过570~585°C的高压设备中的过热钢管、导管、散热器管及有关的锻件
25Cr2MoVA	中碳耐热钢,强度和韧性均高,低于500°C时,高温性能良好,无热脆倾向,淬透性较好,切削性尚可,冷变形塑性中等,焊接性差,一般在调质状态下使用,也可在正火及高温回火后使用	用于制造高温条件下的螺母(≤550°C)、螺栓、螺柱(<530°C),长期工作温度至510°C左右的紧固件,汽轮机整体转子、套筒、主汽阀、调节阀,还可作为渗氮钢,用以制作阀杆、齿轮等
38CrMoAl	高级氮化钢,具有很高的渗氮性能和力学性能,良好的耐热性和耐蚀性,经渗氮处理后,能得到高的表面硬度,高的疲劳强度及良好的抗过热性,无回火脆性,切削性尚可,高温工作温度可达500°C,但冷弯形时塑性低,焊接性差,淬透性低,一般在调质及氮化后使用	用于制造高疲劳强度、高耐磨性、热处理后尺寸精确、强度较高的各种尺寸不大的渗氮零件,如气缸套、座套、底盖、活塞螺栓、检验规、精密磨床主轴、车床主轴、摇杆、精密丝杠和齿轮、蜗杆、高压阀门、阀杆、仿模、滚子、样板、汽轮机的调速器、转动套、固定套、塑料挤压机上的一些耐磨零件
15Cr	低碳合金渗碳钢,较之15钢,强度和淬透性均有提高,冷弯形塑性高,焊接性良好,退火后切削性较好,对性能要求不高且形状简单的零件,渗碳后可直接淬火,但热处理变形较大,有回火脆性,一般均做为渗碳钢使用	用于制造表面耐磨、心部强度和韧性较高、较高工作速度但断面尺寸在30mm以下的各种渗碳零件,如曲柄销、活塞销、活塞环、联轴器、小凸轮轴、小齿轮、滑阀、活塞、衬套、轴承圈、螺钉、铆钉等,还可以用作淬火钢,制造要求一定强度和韧性,但变形要求较宽的小型零件
20Cr	比15Cr和20钢的强度和淬透性均有提高,经淬火低温回火后,能得到良好的综合力学性能和低温冲击性能,无回火脆性,渗碳时,钢的晶粒仍有长大的倾向,因而应当二次淬火以提高心部韧性,不宜降温淬火,冷弯形时塑性较高,可进行冷拉丝,高温正火或调质后,切削性良好,焊接性较好(焊前一般应预热至100~150°C),一般作为渗碳钢使用	用于制造小截面(<30mm),形状简单、较高转速、载荷较小、表面耐磨、心部强度较高的各种渗碳或氧化零件,如小齿轮、小轴、阀、活塞销、衬套棘轮、托盘、凸轮、蜗杆、爪形离合器等,对热处理变形小、耐磨性高的零件,渗碳后应高频表面淬火,如小模数(<3)齿轮、花键轴、轴等,也可作调质钢用于制造低速、中载(冲击)的零件
30Cr	强度和淬透性均高于20钢,冷弯形塑性尚好,退火或高温回火后的切削加工性良好,焊接性中等,一般在调质后使用,也可在正火后使用	用于制造耐磨或受冲击的各种零件,如齿轮、滚子、轴、杠杆、摇杆、连杆、螺栓、螺母等,还可用作高频表面淬火用钢,制造耐磨、表面高硬度的零件
35Cr	中碳合金调质钢,强度和韧性较高,其强度比35钢高,淬透性比30Cr略高,性能基本上与30Cr相近	用于制造齿轮、轴、滚子、螺栓以及其他重要调质件,用途和30Cr基本相同

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
40Cr	经调质处理后,具有良好的综合力学性能、低温冲击性及低的缺口敏感性,淬透性良好,油淬时可得到较高的疲劳强度,水淬时复杂形状的零件易产生裂纹,冷弯形塑性中等,正火或调质后切削加工性好,但焊接性不佳,易产生裂纹,焊前应预热到100~150°C,一般在调质状态下使用,还可以氮化和高频淬火处理	使用最广泛的钢种之一,调质处理后用于制造中速、中载的零件,如机床齿轮、轴、蜗杆、花键轴、顶针套等,调质并表面高频淬火后用于制造表面高硬度、耐磨的零件,如齿轮、轴、主轴、曲轴、心轴、套筒、销子、连杆、螺钉、螺母、进气阀等,经淬火及中温回火后用于制造重载、中速冲击的零件,如液压泵转子、滑块、齿轮、主轴、套环等,经淬火及低温回火后用于制造重载、低冲击、耐磨的零件,如蜗杆、主轴、轴、套环等,氮化处理后制造尺寸较大、低温韧度较高的传动零件,如轴、齿轮等,40Cr的代用钢有40MnB、45MnB、35SiMn、42SiMn、40MnVB、42MnV、40MnMoB、40MnWB等
15Cr	强度、耐磨性及淬透性均优于40Cr,但韧性稍低,性能与40Cr相近	与40Cr的用途相似,主要用于制造表面高频淬火的轴、齿轮、套筒、销子等
50Cr	淬透性好,在油淬及回火后,具有高强度、高硬度,水淬易产生裂纹,切削性良好,但冷弯形时塑性低,且焊接性不好,有裂纹倾向,焊前应预热到200°C,焊后处理消除应力,一般在淬火及回火或调质状态下使用	用于制造重载、耐磨的零件,如600mm以下的热轧辊、传动轴、齿轮、止推环、支承辊的心轴、柴油机连杆、挺杆、拖拉机离合器、螺栓、重型矿山机械中耐磨、高强度的油膜轴承套、齿轮,也可制作高频表面淬火零件、中等弹性的弹簧等
20CrNi	具有高强度、高韧性、良好的淬透性,经渗碳及淬火后,心部具有韧性,表面硬度很高,切削性尚好,冷变形时塑性中等,焊接性差,焊前应预热到100~150°C,一般经渗碳及淬火回火后使用	用于制造重载大型重要的渗碳零件,如花键轴、对轴、键、齿轮、活塞销,也可用于制造高冲击韧度的调质零件
40CrNi	中碳合金调质钢,具有高强度、高韧性以及高的淬透性,调质状态下,综合力学性能良好,低温冲击性良好,有回火脆性倾向,水淬易产生裂纹,切削加工性良好,但焊接性差,在调质状态下使用	用于制造锻造和冷冲压且截面尺寸较大的重要调质件,如连杆、圆盘、曲轴、齿轮、轴、螺钉等
45CrNi	性能和40CrNi相近,由于含碳量高,因而其强度和淬透性均稍有提高	用于制造各种重要的调质件,和40CrNi用途相近,如制造变速箱曲轴,内燃机曲轴,汽车、拖拉机主轴、连杆、气门及螺栓等
50CrNi	性能优于45CrNi	用于制造重要的轴、曲轴、传动轴等
12CrNi2	低碳合金渗碳结构钢,具有高强度、高韧性及高淬透性,冷加工时塑性中等,低温韧度较好,切削性和焊接性较好,热加工时有形成白点的倾向,回火脆性倾向小	适于制造心部韧性较高,强度要求不高的受力复杂的中、小渗碳或碳氮共渗零件,如活塞销、轴套、推杆、小轴、小齿轮、齿套等
12CrNi3	高级渗碳钢,淬火低温回火或高温回火后,均具有良好的综合力学性能,低温韧度好,缺口敏感性小,切削加工性及焊接性尚好,但有回火脆性,白点敏感性较高,渗碳后均采用二次淬火,特殊情况还需作冷处理	用于制造表面硬度高、心部力学性能良好、重负荷、冲击、磨损等要求的各种渗碳或碳氮共渗零件,如传动轴、主轴、凸轮轴、心轴、连杆、齿轮、轴套、滑轮、气阀托盘、液压泵转子、活塞胀圈、活塞销、万向联轴器十字头、重要螺杆、调节螺钉
20CrNi3	经调质或淬火低温回火后,均具有良好的综合力学性能,低温冲击韧性较好,但有白点敏感倾向,高温回火有回火脆性倾向,切削性良好,中等焊接性能,通常在调质后使用,也可以作为渗碳钢使用	用于制作高负荷工作的各种重要零件,如凸轮、齿轮、蜗杆、机床主轴、螺栓、螺柱、销钉等

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
30CrNi3	具有极佳的淬透性,强度和韧性较高,经淬火低温回火或高温回火后均具有良好的综合力学性能,切削加工性良好,但冷变形时塑性低,焊接性差,有白点敏感性及回火脆性倾向,一般均在调质状态下使用	用于制造大型、载荷较高的重要零件或热锻、热冲压的负荷高的零件,如轴、蜗杆、连杆、曲轴、传动轴、方向轴、前轴、齿轮、键、螺栓、螺母等
37CrNi3	具有高韧性,淬透性很高,油淬可把 $\phi 150\text{mm}$ 的零件完全淬透,在 $450^{\circ}\text{C}$ 时抗蠕变性稳定,低温冲击韧性良好,在 $450\sim 550^{\circ}\text{C}$ 范围内回火时有第二类回火脆性,热加工时易形成白点,由于淬透性很好,必须采用正火及高温回火来降低硬度,改善切削性,一般在调质状态下使用	用于制造重载、冲击、截面较大的零件或低温、受冲击的零件或热锻、热冲压的零件,如转子轴、叶轮、重要的紧固件等
12Cr2Ni4	合金渗碳钢,具有高强度、高韧性,且淬透性良好,渗碳淬火后表面硬度和耐磨性很高,切削加工性尚好,冷变形时塑性中等,但有白点敏感性及回火脆性,焊接性差,焊前需预热,一般在渗碳及二次淬火、低温回火后使用	采用渗碳及二次淬火、低温回火后,用于制造高载荷的大型渗碳件,如各种齿轮、蜗轮、蜗杆、轴、方向接叉等,也可经淬火及低温回火之后使用,制造高强度、高韧性的机械构件
20Cr2Ni4	强度、韧性及淬透性均高于12Cr2Ni4,渗碳后不能直接淬火,而在淬火前需进行一次高温回火,以减少表层大量残余奥氏体,冷变形塑性中等,切削性尚可,焊接性差,焊前需预热到 $150^{\circ}\text{C}$ ,白点敏感性大,有回火脆性倾向	用于制造要求高于12Cr2Ni4性能的大型渗碳件,如大型齿轴、轴等,也可用作强度、韧性均高的调质件
35CrMoV	强度较高,淬透性良好,焊接性差,冷变形时塑性低,经调质后使用	用于制造高应力下的重要零件,如 $500\sim 520^{\circ}\text{C}$ 以下工作的汽轮机叶轮、高级涡轮鼓风机和压缩机的转子、盖盘、轴盘、发电机轴、强力发动机的零件
20CrNiMo	20CrNiMo钢原系美国AISI,SAE标准中的钢号8720,淬透性能与20CrNi钢相近。虽然钢中Ni含量为20CrNi钢的一半,但由于加入少量Mo元素,使奥氏体等温转变曲线的上部往右移;又因适当提高Mn含量,致使此钢的淬透性仍然很好,强度也比20CrNi钢高	常用于制造中小型汽车、拖拉机的发动机和传动系统中的内齿;亦可代替12CrNi3钢制造要求心部性能较高的渗碳件、氧化件,如石油钻探和冶金露天矿用的牙轮钻头的牙爪和牙轮体
40CrNiMoA	具有高的强度、高的韧性和良好的淬透性,当淬硬到半马氏体硬度时(HRC45),水淬临界淬透直径为 $\phi \geq 100\text{mm}$ ,油淬临界淬透直径为 $\phi \geq 75\text{mm}$ ;当淬硬到90%马氏体时,水淬临界直径为 $\phi 80\sim 90\text{mm}$ ,油淬临界直径为 $\phi 55\sim 66\text{mm}$ ,此钢又具有抗过热的稳定性,但白点敏感性高,有回火脆性,钢的焊接性很差,焊前需经高温预热,焊后要进行消除应力处理	经调质后使用,用于制作要求塑性好,强度高及大尺寸的重要零件,如重型机械中高载荷的轴类、直径大于250mm的汽轮机轴、叶片、高载荷的传动件、紧固件、曲轴、齿轮等;也可用于操作温度超过 $400^{\circ}\text{C}$ 的转子轴和叶片等,此外,这种钢还可以进行氮化处理后来制作特殊性能要求的重要零件
45CrNiMoVA	这是一种低合金超高强度钢,钢的淬透性高,油中临界淬透直径为60mm(96%马氏体),钢在淬火回火后可获得很高的强度,并具有一定的韧性,且可加工成型;但冷变形塑性与焊接性较低,抗腐蚀性能较差,受回火温度的影响,使用温度不宜过高,通常均在淬火、低温(或中温)回火后使用	主要用于制作飞机发动机曲轴、大梁、起落架、压力容器和中小型火箭壳体等高强度结构零、部件。在重型机器制造中,用于制作重载荷的扭力轴、变速箱轴、摩擦离合器轴等

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
18Cr2Ni4WA	高强度,高韧性,淬透性良好,性能优于12Cr2Ni4钢,是一种较高含镍量的高级合金钢。经渗碳及一次淬火并低温回火之后,表面硬度和耐磨性均较高,心部强度和韧性高。工艺性能较差,锻造时变形抗力较大,锻件正火后硬度较高,经长时间高温回火才能软化,切削性较差。通常在渗碳后淬火、回火后使用,也可以在调质状态下使用	适用于制造高强度、良好韧性及缺口敏感性低的大截面渗碳零件,如传动轴、曲轴、花键轴、活塞销、大型齿轮、精密机床控制进刀的蜗轮等;承受重负荷与振动的高强度的调质零件,如重型或中型机械的连杆、曲轴、减速器轴等;调质后再渗氮,可用于制作大功率高速发动机的曲轴
25Cr2Ni4WA	能耐较高的工作温度,综合力学性能良好,可用于渗氮或碳氮共渗处理。其性能和用途与18Cr2Ni4WA相近	用于制作动负荷下工作的大截面零件,如汽轮机主轴、叶轮、挖掘机轴、齿轮等

### 3.2.5 弹簧钢

弹簧钢用于制造弹簧零件,按化学成分可分为碳素弹簧钢和合金弹簧钢,按生产工艺可分为热轧弹簧钢和冷轧弹簧钢。由于弹簧一般在动负荷下工作,因此,弹簧钢应具有高的抗拉强度、屈强比( $\sigma_s/\sigma_b$ )和疲劳强度,且具有足够的塑性和韧性以及良好的表面质量,同时还要求有较好的淬透性及低的脱碳敏感性,在冷热状态下容易绕卷成形。碳素弹簧钢的含碳量(质量分数)一般在0.6%~0.9%之间,常用于制造不太重要的小型弹簧;合金弹簧钢含碳量(质量分数)为0.45%~0.75%,加入的合金元素有Mn、Si、Cr、Mo、W、V和微量的B,常用于制造承载大、截面尺寸较大

的弹簧。

热轧弹簧钢包括用于制造螺旋弹簧的圆钢和方钢及用于制造板簧的扁钢,以热轧后退火和不退火两种状态供货。热轧不退火状态下的弹簧钢材常用于制造大型弹簧(加热成形,再淬火回火处理);热轧退火状态下的钢材,多为合金弹簧钢,一般用于制造中型弹簧(冷卷成形、再淬火回火处理)。

冷轧弹簧钢包括冷拉钢丝和冷轧钢带,其截面尺寸较小,多为碳素、铬钒、硅锰等弹簧钢,用于制造小型弹簧。

弹簧钢的牌号及化学成分见表3.1-56,其力学性能见表3.1-57。弹簧钢的钢材(热轧、冷拉棒材、钢板、钢带)的尺寸规格应符合相应标准规定。

表 3.1-56 弹簧钢的牌号及化学成分(摘自GB/T1222—1984)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)									Ni	Cu	P	S
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	B					
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.25	—	—	—	—	0.25	0.25	0.035	0.035	
70	0.62~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.25	—	—	—	—	0.25	0.25	0.035	0.035	
85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.25	—	—	—	—	0.25	0.25	0.035	0.035	
65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~0.80	≤0.25	—	—	—	—	0.25	0.25	0.035	0.035	
55Si2Mn	0.52~0.60	1.50~2.00	0.60~0.90	≤0.35	—	—	—	—	0.35	0.25	0.035	0.035	
55Si2MnB	0.52~0.60	1.50~2.00	0.60~0.90	≤0.35	—	—	—	0.0005~0.004	0.35	0.25	0.035	0.035	
55SiMnVB	0.52~0.60	0.70~1.00	1.00~1.30	≤0.35	—	0.08~0.16	—	0.0005~0.0035	0.35	0.25	0.035	0.035	
60Si2Mn	0.56~0.64	1.50~2.00	0.60~0.90	≤0.35	—	—	—	—	0.35	0.25	0.035	0.035	
60Si2MnA	0.56~0.64	1.60~2.00	0.60~0.90	≤0.35	—	—	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	
60Si2CrA	0.56~0.64	1.40~1.80	0.40~0.70	0.70~1.00	—	—	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	
60Si2CrVA	0.56~0.64	1.40~1.80	0.40~0.70	0.90~1.20	—	0.10~0.20	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	
55CrMnA	0.52~0.60	0.17~0.37	0.65~0.95	0.65~0.95	—	—	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	
60CrMnA	0.56~0.64	0.17~0.37	0.70~1.00	0.70~1.00	—	—	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	
60CrMnMoA	0.56~0.64	0.17~0.37	0.70~1.00	0.70~0.90	0.25~0.35	—	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	
50CrVA	0.46~0.54	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	—	0.10~0.20	—	—	0.35	0.25	0.030	0.030	

(续)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)											
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	B	Ni	Cu	P	S
60CrMnBA	0.56~0.64	0.17~0.37	0.70~1.00	0.70~1.00	-	-	-	0.0005~0.004	0.35	0.25	0.030	0.030
30W4Cr2VA	0.26~0.34	0.17~0.37	≤40	2.00~2.50	-	0.50~0.80	4~4.5	-	0.35	0.25	0.030	0.030

注:1. 当用平炉或转炉冶炼时,不带“A”钢的磷、硫含量均不大于0.040%。

2. 根据需方要求(在合同中注明),钢中残余铜含量不大于0.20%。

表 3.1-57 弹簧钢的力学性能及应用(摘自 GB/T1222-1984)

牌 号	热 处 理			力 学 性 能 ≥				应 用 举 例	
	淬火温度 /°C	冷却 剂	回火温度 /°C	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%) $\delta_5$ $\delta_{10}$	$\psi$ (%)		
65	840	油	500	800	1000	—	9	35	强度高,塑性及韧性适当,淬透性低,制造汽车、机车车辆、拖拉机及一般机械用的板弹簧及螺旋弹簧
70	830	油	480	850	1050	—	8	30	
85	820	油	480	1000	1150	—	6	30	
65Mn	830	油	540	800	1000	-	8	30	强度高,淬透性好,易产生淬火裂纹,有回火脆性,制作较大尺寸的扁弹簧,座垫弹簧、弹簧发条、弹簧环、气门簧、冷卷簧
55Si2Mn	870	油	480	1200	1300	—	6	30	高温回火可得到良好综合力学性能,用于制作汽车、拖拉机、机车车辆的板簧、螺旋弹簧,安全阀及止回阀用弹簧,工作温度低于250°C的耐热弹簧,高应力的重要弹簧
55Si2MnB	870	油	480	1200	1300	—	6	30	
55SiMnVB	860	油	460	1250	1400	—	5	30	
60Si2Mn	870	油	480	1200	1300	—	5	25	
60Si2MnA	870	油	440	1400	1600	—	5	20	
60Si2CrA	870	油	420	1600	1800	6	—	20	综合力学性能好,强度高,冲击韧度好,过热敏感性低,高温性能较稳定,制作高负荷、耐冲击的重要弹簧,工作温度低于250°C的耐热弹簧
60Si2CrVA	850	油	410	1700	1900	6	—	20	淬透性好,综合性能好,制作大尺寸端面较重要的板弹簧、螺旋弹簧
55CrMnA	830~860	油	460~510	$\sigma_{0.2}$ 1100	1250	9 <sup>0</sup>	—	20	与60CrMnA性能相近,用于制作受载荷大的车辆板簧,直径大的螺旋弹簧
60CrMnA	830~860	油	460~520	$\sigma_{0.2}$ 1100	1250	9 <sup>0</sup>	—	20	
60CrMnMoA	—	—	—	—	—	—	—	—	综合力学性能较高,冲击韧度良好,回火后强度高,高温性能稳定,淬透性好,制作大截面(50mm)高应力螺旋弹簧,工作温度低于300°C的耐热弹簧
55CrVA	850	油	500	1150	1300	10	—	40	与60CrMnA性能相近,用于制作大型弹簧、扭簧、推土机、板簧等
60CrMnBA	830~860	油	460~520	$\sigma_b$ 1100	1250	9 <sup>0</sup>	—	20	高强度,耐热性好,淬透性高,540°C蒸汽电站用弹簧,锅炉安全阀用弹簧
30W4Cr2VA	1050~1100	油	600	1350	1500	7	—	40	

注:1. 除规定热处理温度上下限外,表中热处理温度允许偏差为:淬火 $\pm 20^\circ\text{C}$ ,回火 $\pm 50^\circ\text{C}$ 。根据需方特殊要求,回火可按 $\pm 30^\circ\text{C}$ 进行。

2. 30W4Cr2VA除抗拉强度外,其他性能结果仅供参考。

3. 表中性能适于截面尺寸不大于80mm的钢材。大于80mm的钢材,允许其伸长率、收缩率较表中规定分别降低1个单位及5个单位。

① 试样可采用下列试样中的一种:若按GB228《金属拉力试验法》作拉伸试验时,所测 $\delta$ 值仅供参考。

试样一:标距为50mm,平行长度60mm,直径14mm,肩部半径大于15mm。

试样二:标距为 $4\sqrt{A}$ ,平行长度1.2倍标距长度,肩部半径大于15mm。

### 3.2.6 焊接结构用耐候钢

焊接结构用耐候钢是一种耐大气腐蚀钢，在钢中加入少量的合金元素，如Cu、Cr、Ni等，使其在金属基体表面上形成保护层，提高了钢材的耐候性能，同时，保持钢材具有良好的焊接性能。适用于桥

梁、建筑和其他结构件。钢板和钢带尺寸规格应符合GB/T 709的规定，型钢的尺寸规格应符合有关标准的规定，钢的牌号和化学成分见表3.1-58；钢材以热轧、控轧或正火状态交货，Q460NH牌号的钢材可以淬火加回火状态交货；钢材的力学性能和工艺性能见表3.1-59。

表 3.1-58 焊接结构用耐候钢牌号和化学成分 (摘自 GB/T 4172-2000)

牌号	统一数字代号	化学成分 (%) (质量分数)								与 GB/T 4172-1984 旧牌号对照
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	V	
Q235NH	L52350	≤0.15	0.15~0.40	0.20~0.60	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	--	16CuCr
Q295NH	L52950	≤0.15	0.15~0.50	0.60~1.00	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	---	12MnCuCr
Q355NH	L53550	≤0.16	≤0.50	0.90~1.50	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	0.02~0.10	15MnCuCr
Q460NH	L54600	0.10~0.18	≤0.50	0.90~1.50	≤0.035	≤0.035	0.20~0.50	0.40~0.80	0.02~0.10	15MnCuCr--QT

- 注：1. Q235NH、Q295NH的Si含量可到0.10%，Q355NH的Mn含量下限可到0.60%。(含量均为质量分数)。  
 2. 为了改善钢的性能各牌号均可添加一种或一种以上微量合金元素：(质量分数)Ni≤0.65%，Nb0.015%~0.050%，V0.02%~0.15%，Ti0.02%~0.10%，Mo≤0.30%，Zr≤0.15%，Al≥0.020%。  
 3. 牌号示例：Q355NHC，其中Q—屈服点“屈”字汉语拼音首位字母；NH—分别为“耐”、“候”二字的汉语拼音的首位字母，C—质量等级代号；355—屈服点数值，单位为MPa。

表 3.1-59 焊接结构用耐候钢力学性能和工艺性能 (摘自 GB/T 4172-2000)

牌号	钢材厚度/mm	屈服点 $\sigma_s$ /MPa 不小于	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	断后伸长率 $\delta_5$ (%) 不小于	180° 弯曲试验	V型冲击试验				
						试样方向	质量等级	温度/°C	冲击吸收功/J 不小于	
Q235NH	≤16	235	360~490	25	$d=a$	纵向	C	0	34	
	>16~40	225		25	$d=2a$		D	-20		
	>40~60	215		24			E	-40	27	
	>60	215		23						
Q295NH	≤16	295	420~560	24	$d=2a$		纵向	C	0	34
	>16~40	285		24	$d=3a$			D	-20	
	>40~60	275		23				E	40	27
	>60~100	255		22						
Q355NH	≤16	355	490~630	22	$d=2a$	纵向		C	0	34
	>16~40	345		22	$d=3a$			D	-20	
	>40~60	335		21				E	-40	27
	>60~100	325		20						
Q460NH	≤16	460	550~710	22	$d=2a$		纵向	D	-20	34
	>16~40	450		22	$d=3a$			E	-40	
	>40~60	440		21						
	>60~100	430		20						

注：d为弯心直径，a为钢材厚度。

### 3.2.7 高耐候性结构钢

耐候钢即耐大气腐蚀钢。高耐候钢是在钢中加入

少量的合金元素，如Cu、P、Cr、Ni等，使其在金属基体表面上形成保护层，以提高钢材的耐候性能。此类钢的耐候性能优于焊接结构用耐候钢，称为高耐候性



结构钢。GB/T 4171-2000《高耐候性结构钢》适用于车辆、建筑、塔架和其他结构用的低合金结构钢，如热轧、冷轧钢板和型钢，一般在交货状态下使用，可制作螺栓联接、铆接和焊接等结构件。钢板和钢带的尺寸规格应符合GB/T 708和GB/T 709的规定；型钢的尺寸

规格应符合有关标准的规定。

高耐候性结构钢的牌号及化学成分见表3.1-60；热轧钢材以热轧或控轧或正火状态交货，冷轧钢材一般以退火状态交货；钢材的力学性能和工艺性能见表3.1-61。

表 3.1-60 高耐候性结构钢牌号及化学成分 (摘自 GB/T 4171—2000)

牌号	统一数字代号	化学成分 (%) (质量分数)										与 GB/T 4171 1984 旧牌号对照
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Ti	RE (加入量)	
Q295GNH	L52951	≤0.12	0.20 ~ 0.40	0.20 ~ 0.60	0.07 ~ 0.15	≤0.035	0.25 ~ 0.55	-	-	≤0.10	≤0.15	09CuP (09CuPRE, 09CuP11RE)
Q295GNHL	L52952	≤0.12	0.10 ~ 0.40	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.12	≤0.035	0.25 ~ 0.15	0.30 ~ 0.65	0.25 ~ 0.50	-	-	09CuPCrNi-B
Q345GNH	L53451	≤0.12	0.20 ~ 0.60	0.50 ~ 0.90	0.07 ~ 0.12	≤0.035	0.25 ~ 0.50	-	-	≤0.03	≤0.15	-
Q345GNHL	L53452	≤0.12	0.25 ~ 0.75	0.20 ~ 0.50	0.07 ~ 0.15	≤0.035	0.25 ~ 0.55	0.30 ~ 1.25	~	≤0.65	-	09CuPCrNi-A
Q390GNH	L53901	≤0.12	0.15 ~ 0.65	~	0.07 ~ 0.12	≤0.035	0.25 ~ 0.55	-	-	≤0.10	≤0.12	-

注：1. 牌号示例：Q345GNH，其中Q—屈服点“屈”字汉语拼音首位字母；345—屈服点 $\sigma_s$ 数字，单位为MPa；GNH—分别为“高”“耐”“候”三个汉字的拼音的首位字母；当主要成分含有铬、镍的牌号，在牌号尾部加符号“L”，如Q345GNHL。

2. Q295GNH的Mn含量(质量分数)上限可达到1.00%，Si含量(质量分数)下限可达到0.10% (m/m)。
3. 牌号中加稀土元素(RE)时，其加入量(质量分数)下限为0.02% (m/m)。
4. 为改善钢的性能，各牌号均可添加一种或一种以上的微量合金元素钼、铌、钒等。

表 3.1-61 高耐候性结构钢力学性能和工艺性能 (摘自 GB/T 4171—2000)

牌 号	交货状态	厚 度 /mm	屈服点 $\sigma_s$ /MPa 不小于	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa 不小于	伸长率 $\delta_5$ (%) 不小于	180° 弯曲试验	
Q295GNH	热	≤6	295	390	24	$d=a$	
		>6				$d=2a$	
Q295GNHL		≤6	295	430	24	$d=a$	
		>6				$d=2a$	
Q345GNH	轧	≤6	345	440	22	$d=a$	
		>6				$d=2a$	
Q345GNHL		≤6	345	480		$d=a$	
		>6				$d=2a$	
Q390GNH		≤6	390	490		22	$d=a$
		>6					$d=2a$
Q295GNH	冷 轧	≤2.5	260	390	27	$d=a$	
Q295GNHL			320	450	26		
Q345GNHL							

注：1.  $d$ 为弯心直径， $a$ 为钢材厚度。

2. 根据需方要求，可作冲击试验，V型缺口冲击试验方法和指标应符合GB/T 4171-2000的规定。

## 3.2.8 易切削结构钢 (见表 3.1-62~表 3.1-64)

表 3.1-62 易切钢的牌号、化学成分及应用 (摘自 GB/T8731—1988)

牌 号	化学成分 (质量分数) (%)						应 用 举 例
	C	Si	Mn	S	P	Ph	
Y12	0.08~0.16	0.15~0.35	0.70~1.00	0.10~0.20	0.08~0.15	—	用于制造双头螺柱、螺 栓、螺钉、螺母等标准件
Y12Pb	0.08~0.16	≤0.15	0.70~1.10	0.15~0.25	0.05~0.10	0.15~0.35	
Y15	0.10~0.18	≤0.15	0.80~1.20	0.23~0.33	0.05~0.10	—	切削性优于 Y12, 加工效率比 Y12 提高 30% 以上, 用于制造螺柱、螺栓、螺钉、螺母等
Y15Pb	0.10~0.18	≤0.15	0.80~1.20	0.23~0.33	0.05~0.10	0.15~0.35	
Y20	0.17~0.25	0.15~0.35	0.70~1.00	0.08~0.15	≤0.06	—	用于制造形状较复杂, 加工不易的零件, 如纺织机及计算机中的一些零件
Y30	0.27~0.35	0.15~0.35	0.70~1.00	0.08~0.15	≤0.06	—	
Y35	0.32~0.40	0.15~0.35	0.70~1.00	0.08~0.15	≤0.06	—	
Y40Mn	0.37~0.45	0.15~0.35	1.20~1.55	0.20~0.30	≤0.05	—	用途与 Y20, Y30 相近, 但力学性能要求较高的零件
Y45Ca	0.42~0.50	0.20~0.40	0.60~0.90	0.04~0.08	≤0.04	0.002~0.006 Ca	

注: Y45Ca 钢中残余元素 Ni、Cr、Cu 含量各不大于 0.25%; 供热压力加工用时, 铜含量不大于 0.20%。供方能保证不大于此值时可不作分析。

表 3.1-63 易切钢的力学性能 (摘自 GB/T8731—1988)

牌 号	冷 拉 钢 材					热 轧 钢 材			
	抗 拉 强 度 $\sigma_b$ /MPa			伸 长 率 $\delta_5$ (%)	布 氏 硬 度 (HBS)	抗 拉 强 度 $\sigma_s$ /MPa	伸 长 率 $\delta_5$ (%)	收 缩 率 $\psi$ (%)	布 氏 硬 度 (HBS)
	钢 材 尺 寸 /mm								
	8~20	>20~30	>30	≥	≤	≥	≥	≤	
Y12	530~755	510~735	490~685	7.0	152~217	390~540	22	36	170
Y12Pb	530~755	510~735	490~685	7.0	152~217	390~540	22	36	170
Y15	530~755	510~735	490~685	7.0	152~217	390~540	22	36	170
Y15Pb	530~755	510~735	490~685	7.0	152~217	390~540	22	36	170
Y20	570~785	530~745	510~705	7.0	167~217	450~600	20	30	175
Y30	600~825	560~765	540~735	6.0	174~223	510~655	15	25	187
Y35	625~845	590~785	570~765	6.0	176~229	510~655	14	22	187
Y45Ca	695~920	655~855	635~835	6.0	196~255	690~745	12	26	241
Y40Mn	590~785	590~785	590~785	17	179~229	590~735	14	20	207

注: 1. Y40Mn 以热轧或冷拉后高温回火状态交货, 其他钢号以热轧或冷拉状态交货。

2. 直径小于 8mm 的钢丝, 其力学性能指标由供需双方协定。

表 3.1-64 易切钢材尺寸规格的标准 (摘自 GB/T8731—1988)

钢 材 类 别	热 轧		冷 轧	
	标 准 号	尺 寸 精 度	标 准 号	尺 寸 精 度
圆 钢	GB/T702	2 组	GB/T905	11 级
六 角 钢	GB/T705	—	GB/T907	11 级
方 钢	GB/T702	2 组	GB/T906	11 级
钢 丝	—	—	GB/T342	11 级
银 亮 钢	—	—	GB/T3207	9、10 级

注: 按需方要求, 可按本表规定的更高级的精度交货。

## 3.2.9 非调质机械结构钢 (见表 3.1-65~表 3.1-68)

表 3.1-65 非调质机械结构钢牌号及化学成分 (摘自 GB/T15712—1995)

牌 号	化学成分 (质量分数) (%)						
	C	Si	Mn	S	P	V	其他
YF35V	0.32~0.39	0.20~0.40	0.60~1.00	0.035~0.075	≤0.035	0.06~0.13	
YF40V	0.37~0.44	0.20~0.40	0.60~1.00	0.035~0.075	≤0.035	0.06~0.13	
YF45V	0.42~0.49	0.20~0.40	0.60~1.00	0.035~0.075	≤0.035	0.06~0.13	—
YF35MnV	0.32~0.39	0.30~0.60	1.00~1.50	0.035~0.075	≤0.035	0.06~0.13	—
YF40MnV	0.37~0.44	0.30~0.60	1.00~1.50	0.035~0.075	≤0.035	0.06~0.13	
YF45MnV	0.42~0.49	0.30~0.60	1.00~1.50	0.035~0.075	≤0.035	0.06~0.13	—
F45V	0.42~0.49	0.20~0.40	0.60~1.00	≤0.035	≤0.035	0.06~0.13	—
F35MnVN	0.32~0.39	0.20~0.40	1.00~1.50	≤0.035	≤0.035	0.06~0.13	N≥0.009
F40MnV	0.37~0.44	0.20~0.40	1.00~1.50	≤0.035	≤0.035	0.06~0.13	—

注: 1. 牌号中的 YF 表示易切削非调质机械结构钢, F 表示热锻用非调质机械结构钢。

2. 钢中允许含有不大于 0.30% 铬、镍、铜; 热加工用钢允许含有不大于 0.20% 铜。

表 3.1-66 易切削非调质机械结构钢力学性能 (摘自 GB/T15712—1995)

牌 号	力学性能 ≥										硬度 (HBS)	
	抗拉强度		屈服点		伸长率 (%)		断面收缩率		冲击吸收功 Ak		≤	
	$\sigma_b$ /MPa		$\sigma_s$ /MPa		$\delta_5$		$\psi$ (%)		/J			
	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径 /mm	直径/mm
	≤40	>40~60	≤40	>40~60	≤40	>40~60	≤40	>40~60	≤40	>40~60	≤40	>40~60
YF35V	590	—	390	—	18	—	40	—	47	—	229	—
YF40V	640	—	420	—	16	—	35	—	37	—	255	—
YF45V	685	—	440	—	15	—	30	—	35	—	257	—
YF35MnV	735	710	460	440	17	15	35	33	37	35	257	257
YF40MnV	785	760	490	470	15	13	33	30	32	28	275	265
YF45MnV	835	810	510	490	13	12	28	28	28	25	285	275

注: 1. 本表适用于非调质机械结构钢热轧 (锻制) 状态钢材的力学性能, 尺寸范围指直径或边长。

2. 尺寸大于 60mm 钢材的力学性能可由供需双方协定。

3. 钢材以热轧 (锻制) 状态交货。

表 3.1-67 热锻用非调质机械结构钢力学性能 (摘自 GB/T15712—1995)

牌 号	抗拉强度	屈服点	伸长率	断面收缩率	冲击吸收功	硬度 (HBS)
	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	Ak/J	
	不 小 于					≤
F45V	685	440	15	40	32	257
F35MnVN	785	490	15	40	39	269
F40MnV	785	490	15	40	36	275

注: 本表适用于直径或边长不大于 80mm 的热锻用非调质机械结构钢的直径 25mm 试样毛坯, 经 (950±20)℃, 保温 30min, 正火处理后的力学性能, 尺寸大于 80mm 的钢材, 其试样力学性能及硬度值由供需双方协定。

表 3.1-68 非调质机械结构钢的性能特点及应用

钢 号	性能特点及应用举例
YF35V YF40V	热轧空冷后具有良好的综合力学性能, 加工性能优于调质态的 40 钢 用于制造 CA15 发动机和空气压缩机的连杆及其他零件, 可代替 40 钢
YF45V	属于 685MPa 级易切削非调质钢, 比 YF35V 钢有更高的强度 用于制造汽车发动机曲轴、凸轮轴、连杆, 以及机械行业的轴类、蜗杆等零件, 可代替 45 钢

(续)

钢号	性能特点及应用举例
YF35MnV	与 YF35V 钢相比, 有更好的综合力学性能, 用于制造 CA6102 发动机的连杆及其他零件, 可代替 55 钢
YF40MnV	比 YF35MnV 钢有更高的强度, 其塑性和疲劳性能均优于调质态的 45 钢, 加工性能优于 45、40Cr、40MnB 钢, 可代替 45、40Cr 和 40MnB 钢制造汽车、拖拉机和机床的零部件
YF45MnV	属于 785MPa 级易切削非调质钢, 与 YF40MnV 钢相比, 耐磨性较高, 韧性稍低, 加工性能优于调质态的 45 钢, 疲劳性能和耐磨性亦佳, 主要取代调质态的 45 钢, 用来制造拖拉机、机床等的轴类零件
F45V	有良好的综合力学性能, 强度和塑性 with YF35V 钢相近, 而加工性能略低, 用于制造汽车发动机曲轴、半轴和部分拖拉机零件, 可代替 45 钢
F35MnVN	属于 785MPa 级热锻用非调质钢, 有良好的综合力学性能, 加工性能与中碳调质钢相当, 用于制造汽车发动机连杆及其他零件, 可代替 45、40Cr、40MnB 钢
F40MnV	有良好的综合力学性能, 强度和塑性 with YF40MnV 钢相近, 而加工性能略低, 可代替 45、55 钢等中碳调质钢, 制造汽车和拖拉机连杆、半轴及其他零件

## 3.2.10 冷锻和冷挤压用钢 (见表 3.1-69~表 3.1-77)

表 3.1-69 冷锻和挤压用钢牌号及化学成分 (摘自 GB/T 6478-2001)

钢号	统数字牌号	化学成分 (质量分数) (%)							
		C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Al <sup>②</sup> ≥	其他 <sup>③</sup>
非热处理型冷锻和冷挤压用钢 <sup>①</sup>									
ML04Al	U40048	≤0.06	≤0.10	0.20~0.40	0.035	0.035	—	0.020	—
ML08Al	U40088	0.05~0.10	≤0.10	0.30~0.60	0.035	0.035	—	0.020	—
ML10Al	U40108	0.08~0.13	≤0.10	0.30~0.60	0.035	0.035	—	0.020	—
ML15Al	U40158	0.13~0.18	≤0.10	0.30~0.60	0.035	0.035	—	0.020	—
ML15	U40152	0.13~0.18	0.15~0.35	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
ML20Al	U40208	0.18~0.23	≤0.10	0.30~0.60	0.035	0.035	—	0.020	—
ML20	U40202	0.18~0.23	0.15~0.35	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
表面硬化型冷锻和冷挤压用钢 <sup>②</sup>									
ML18Mn	U41188	0.15~0.20	≤0.10	0.60~0.90	0.030	0.035	—	0.020	—
ML22Mn	U41228	0.18~0.23	≤0.10	0.70~1.00	0.030	0.035	—	0.020	—
ML20Cr	A20204	0.17~0.23	≤0.30	0.60~0.90	0.035	0.035	0.90~1.20	0.020	—
调质型冷锻和冷挤压用钢									
ML25	U40252	0.22~0.29	≤0.20	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
ML30	U40302	0.27~0.34	≤0.20	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
ML35	U40352	0.32~0.39	≤0.20	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
ML40	U40402	0.37~0.44	≤0.20	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
ML45	U40452	0.42~0.50	≤0.20	0.30~0.60	0.035	0.035	—	—	—
ML15Mn	L20158	0.14~0.20	0.20~0.40	1.20~1.60	0.035	0.035	—	—	—
ML25Mn	U41252	0.22~0.29	≤0.25	0.60~0.90	0.035	0.035	—	—	—
ML30Mn	U41302	0.27~0.34	≤0.25	0.60~0.90	0.035	0.035	—	—	—
ML35Mn	U41352	0.32~0.39	≤0.25	0.60~0.90	0.035	0.035	—	—	—
ML37Cr	A20374	0.34~0.41	≤0.30	0.60~0.90	0.035	0.035	0.90~1.20	—	—

(续)

钢号	统一数字牌号	化学成分(质量分数)(%)							
		C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Al <sub>T</sub> <sup>a</sup> ≤	其他 <sup>d</sup>
调质型冷锻和冷挤压用钢									
ML40Cr	A20404	0.38~0.45	≤0.30	0.60~0.90	0.035	0.035	0.90~1.20	--	--
ML30CrMo	A30304	0.26~0.34	≤0.30	0.60~0.90	0.035	0.035	0.80~1.10	--	Mo0.15~0.25
ML35CrMo	A30354	0.32~0.40	≤0.30	0.60~0.90	0.035	0.035	0.80~1.10	-	Mo0.15~0.25
ML42CrMo	A30424	0.38~0.45	≤0.30	0.60~0.90	0.035	0.035	0.90~1.20	-	Mo0.15~0.25
含硼冷锻和冷挤压用钢									
ML20B	A70204	0.17~0.24	≤0.40	0.50~0.80	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035
ML28B	A70284	0.25~0.32	≤0.40	0.60~0.90	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035
ML35B	A70354	0.32~0.39	≤0.40	0.50~0.80	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035
ML15MnB <sup>①</sup>	A71154	0.14~0.20	≤0.40	1.20~1.60	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035
ML20MnB	A71204	0.17~0.24	≤0.40	0.80~1.20	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035
ML35MnB	A71354	0.32~0.39	≤0.40	1.10~1.40	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035
ML37CrB	A20378	0.34~0.41	≤0.40	0.50~0.80	0.035	0.035	0.20~0.40	0.020	B 0.0005~0.0035
ML20MnTiB	A74204	0.19~0.21	≤0.30	1.30~1.60	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035 Ti 0.04~0.10
ML15MnVB	A73154	0.13~0.18	≤0.30	1.20~1.60	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035 V 0.07~0.12
ML20MnVB	A73204	0.19~0.24	≤0.30	1.20~1.60	0.035	0.035	—	0.020	B 0.0005~0.0035 V 0.07~0.12

- ① 非热处理型钢的铝镇静钢，采用碱性电炉冶炼时，钢中硅含量(质量分数)不得大于0.17%。
- ② 表面硬化型钢还包括：ML10Al、ML15Al、ML15、ML20Al、ML20钢。
- ③ Al<sub>T</sub>表示钢中全铝含量。如测定酸溶铝(Al<sub>S</sub>)含量(质量分数)不小于0.015%。应认为是符合GB/T 6478—2001标准的规定。
- ④ 钢中残余元素含量(质量分数)：铬、镍、铜各不大于0.20%。
- ⑤ 根据需方要求，ML15MnB钢的碳含量(质量分数)可降到0.12%~0.18%，但应在合同中注明。

表 3.1-70 非热处理型冷锻和冷挤压用钢热轧状态的力学性能 (摘自GB/T 6478—2001)

钢号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	断面收缩率 $\psi$ (%)	钢号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	断面收缩率 $\psi$ (%)
	(不小于)			(不小于)	
ML04Al	440	60	ML15	530	50
ML08Al	470	60	ML20Al	580	45
ML10Al	490	55	ML20	580	45
ML15Al	530	50	—	—	—

注：非热处理型冷锻和冷挤压用钢一般以热轧状态交货。

表 3.1-71 表面硬化型和调质型（包括含硼钢）冷锻和冷挤压用钢退火状态的力学性能（摘自 GB/T 6478—2001）

钢 号	抗拉强度 $\sigma_b$	断面收缩率 $\psi$	钢 号	抗拉强度 $\sigma_b$	断面收缩率 $\psi$
	/MPa	(%)		/MPa	(%)
	(不小于)			(不小于)	
ML10Al	450	65	ML37Cr	600	60
ML15Al	470	64	ML40Cr	620	58
ML15	470	64	ML20B	500	64
ML20Al	490	63	ML28B	630	62
ML20	490	63	ML35B	570	62
ML20Cr	560	60	ML20MnB	520	62
ML25Mn	540	60	ML35MnB	600	60
ML30Mn	550	59	ML37CrB	600	60
ML35Mn	560	58			

注：1. 钢材一般以热轧状态交货，经供需双方协议，也可以退火状态交货。热轧状态交货的钢材，不作力学性能检验。

2. 钢材直径 $\leq 12\text{mm}$ 时，断面收缩率可降低2%。

表 3.1-72 冷锻和冷挤压用钢的淬火温度和距淬火端部 9mm 处的硬度（摘自 GB/T 6478—2001）

钢 号	淬火温度 /°C	硬 度 HRC	钢 号	淬火温度 /°C	硬 度 HRC
ML20Cr	900+5	23~38	ML15MnB	880+5	$\geq 28$
ML37Cr	850+5	25~43	ML20MnB	880+5	20~41
ML40Cr	850+5	41~58	ML35MnB	850-5	36~55
ML35Mn	870-5	$\leq 28$	ML15MnVB	880-5	$\geq 30$
ML20B	880-5	$\leq 37$	ML20MnVB	880+5	$\geq 32$
ML28B	850+5	22~44	ML37CrB	850+5	30~54
ML35B	850+5	24~52			

表 3.1-73 表面硬化型冷锻和冷挤压用钢的硬度与热处理试样的力学性能（摘自 GB/T 6478-2001）

钢 号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	热轧状态硬度 HBS (不大于)
		(不小于)		
ML10Al	400~700	250	15	137
ML15Al	450~750	260	14	143
ML15	450~750	260	14	—
ML20Al	520~820	320	11	156
ML20	520~820	320	11	—
ML20Cr	750~1100	490	9	—

注：1. 本表摘自 GB/T 6478—2001 附录，所列的力学性能为参考值，不是交货条件，不能作为采购、设计、生产或其他用途的依据。

2. 试样尺寸：直径 $\geq 25\text{mm}$ 的钢材，试样毛坯直径 25mm；直径 $< 25\text{mm}$ 的钢材，按钢材实际尺寸。

3. 试样的热处理制度见表 3.1-75。

表 3.1-74 调质型（包括含硼钢）冷锻和冷挤压用钢的硬度与热处理试样的力学性能（摘自 GB/T 6478-2001）

钢 号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	断面收缩率 $\psi$ (%)	热轧状态硬度 HBS (不大于)
		(不小于)			
ML25	450	275	23	50	170

(续)

钢 号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	断面收缩率 $\psi$ (%)	热轧状态硬度 HBS (不大 F)
ML30	490	295	21	50	170
ML35	530	315	20	45	187
ML40	570	335	19	45	217
ML45	600	355	16	40	229
ML15Mn	880	705	9	40	—
ML25Mn	450	275	23	50	170
ML30Mn	490	205	21	50	179
ML35Mn	630	430	17	—	187
ML37Cr	850	630	14	—	—
ML40Cr	900	660	11	50	—
ML30CrMo	930	785	12	45	—
ML35CrMo	980	835	12	45	—
ML42CrMo	1080	930	12	—	—
ML20B	550	400	16	—	—
ML28B	630	480	14	—	—
ML35B	650	500	14	—	—
ML15MnB	1130	930	9	45	207
ML20MnB	650	500	14	—	—
ML35MnB	800	650	12	—	—
ML37CrB	600	600	12	—	—
ML20MnTiB	930	930	10	45	—
ML15MnVB	720	720	10	45	—
ML20MnVB	940	940	9	45	—

注：1. 本表摘自 GB/T 6478—2001 附录，所列的力学性能为参考值，不是交货条件，不能作为采购、设计、生产或其他用途的依据。

2. 试样尺寸：直径 $\geq 25\text{mm}$ 的钢材，试样毛坯直径 25mm；直径 $< 25\text{mm}$ 的钢材，按钢材实际尺寸。

3. 试样的热处理制度见表 3.1-76。

4. 标准件行业按 GB/T 3098.1 的规定，回火温度范围是 340~425℃。在这种情况下力学性能与本表的数值有较大的差异。

表 3.1-75 表面硬化型冷锻和冷挤压用钢试样的热处理制度 (摘自 GB/T 6478—2001)

钢 号	渗碳温度 /℃	直接淬火温度 /℃	双重淬火温度/℃		回火温度 /℃
			心部淬硬	表面淬硬	
ML10Al	880~900	830~870	880~920	780~820	150~200
ML15Al	880~900	830~870	880~920	780~820	150~200
ML15	880~900	830~870	880~920	780~820	150~200
ML20Al	880~900	830~870	880~920	780~820	150~200
ML20	880~900	830~870	880~920	780~820	150~200
ML20Cr	880~900	820~860	860~900	780~820	150~200

注：1. 本表摘自 GB/T 6478—2001 附录，表中所列的温度为推荐值，实际选择的温度应以使性能达到要求为准。

2. 渗碳温度取决于钢的化学成分和渗碳介质。一般情况下，如果钢材直接淬火，不要超过 950℃。

3. 淬火介质的选择应考虑产品形状、冷却条件和炉子装料的数量。

4. 推荐的回火保温时间至少 1h。

表 3.1-76 调质型(包括含硼钢)冷锻和冷挤压用钢  
试样的热处理制度(摘自 GB/T 6478—2001)

钢号	正火温度 /°C	淬火温度 /°C	淬火介质	回火温度 /°C
ML25	$A_{c_1}+30\sim 50$	—	—	—
ML30	$A_{c_1}+30\sim 50$	—	—	—
ML35	$A_{c_1}-30\sim 50$	—	—	—
ML40	$A_{c_1}-30\sim 50$	—	—	—
ML45	$A_{c_1}-30\sim 50$	—	—	—
ML15Mn	—	880~900	水	180~220
ML25Mn	$A_{c_1}+30\sim 50$	—	—	—
ML30Mn	$A_{c_1}+30\sim 50$	—	—	—
ML35Mn	$A_{c_1}+30\sim 50$	—	—	—
ML37Cr	850~880	830~870	水或油	540~680
ML40Cr	—	820~860	油或水	540~680
ML30CrMo	—	860~900	水或油	490~590
ML35CrMo	—	830~870	油	500~600
ML42CrMo	—	830~870	油	500~600
ML20B	880~910	860~900	水或油	550~660
ML28B	870~900	850~890	水或油	550~660
ML35B	860~890	840~880	水或油	550~660
ML15MnB	—	860~900	水	200~240
ML20MnB	880~910	860~900	水或油	550~660
ML35MnB	860~890	840~880	油	550~660
ML37CrB	855~885	835~875	水或油	550~660
ML20MnTiB	—	840~880	油	180~220
ML15MnVB	—	860~900	油	340~380
ML20MnVB	—	860~900	油	370~410

注: 1. 本表摘自 GB/T 6478—2001 附录, 表中所列的温度为推荐值, 实际选择的温度应以使性能达到要求为准。

2. 奥氏体化保温时间不小于 0.5h; 回火保温时间不小于 1h。

3. 淬火介质的选择应考虑各种参数(产品形状、尺寸和淬火温度等)对性能及裂纹敏感性的影响; 其他淬火介质(如合成淬火剂等)也可以选用。

表 3.1-77 冷锻钢的性能特点与应用

钢号	性能特点及应用举例
ML04Al ML08Al	具有很高的塑性, 冷锻成形性好; 其抗拉强度和屈服强度与 08 钢相近 用于制作铆钉、螺母、螺栓等
ML10Al	塑性和韧性高, 冷锻成形性好; 其强度略高于 ML08Al 钢, 切削加工性能可通过热处理得到改善 用于制作铆钉、螺母、半圆头螺钉、开口销、弹簧插座等
ML15Al ML15	塑性、韧性及冷锻成形性好, 强度高于 ML10Al 钢, 切削加工性较差, 经热处理后可改善 用于制作铆钉、螺母、半圆头螺钉、开口销、弹簧插座等
ML20Al ML20	塑性和韧性好, 强度较高, 经热处理后可改善切削加工性, 无回火脆性 用于制作六角螺钉、螺栓、弹簧座、固定销等
ML20Cr	冷变形塑性好, 强度和淬透性均高于 ML15Cr 和 ML20 钢, 热处理后有良好的综合力学性能及低温冲击韧性, 切削加工性尚好 用于制作耐磨性要求高或受冲击的紧固件, 如螺栓、螺钉、铆钉等
ML25	强度高于 ML20 钢, 冷变形塑性好, 无回火脆性 用于制作螺钉、螺栓、弹簧座、固定销等
ML30 ML35	ML30 强度高于 ML25 钢, 冷变形塑性好, 切削加工性较好; ML35 具有良好的韧性和强度配合, 强度高于 ML25 与 ML30 钢。ML30 和 ML35 可用于制作丝杠、拉杆、螺钉、螺母等, 以及承受较大载荷的紧固件



(续)

钢号	性能特点及应用举例
ML10	强度高, 冷变形塑性中等, 切削加工性较好, 适于制作轴销, 螺栓以及要求高强度的紧固件
ML45	强度高, 抗拉强度可达 600MPa 以上, 屈服强度达 355MPa 以上, 进行球化退火后, 可获得较好的冷变形塑性, 可用于制作螺栓, 轴销及高强度要求的紧固件等
ML15Mn ML25Mn	性能分别与 ML15、ML25 钢相近, 但塑性、强度均有所提高 用于制作要求强度较高的螺钉、螺母等紧固件
ML30Mn ML35Mn	冷变形塑性好, 强度和淬透性分别比 ML30、ML35 钢均有所提高, 切削加工性良好, 有过热敏感性及回火脆性倾向 用于制作要求强度较高的螺栓、螺钉、螺母等紧固件
ML40Mn ML45Mn	冷变形塑性中等, 调质处理后具有良好的综合力学性能, 切削加工性好, 有过热敏感性及回火脆性倾向 用于制作螺栓、螺母、螺钉等要求强度高的紧固件等
ML40Cr	冷变形塑性中等, 具有良好的综合力学性能和较高的疲劳强度, 淬透性和切削加工性均好 用于制作高表面硬度、高耐磨性的紧固件, 如螺钉、螺母、销钉等
ML30CrMo	冷变形塑性中等, 在 500°C 以下有良好的高温强度, 淬透性较高, 切削加工性尚好 用作中型机器的螺栓、螺柱, 500°C 以下高压用法兰、螺母等
ML35CrMo	冷变形塑性中等, 具有高的强度和韧性, 在高温下有高的持久强度和蠕变强度, 疲劳强度较高, 淬透性较好, 切削加工性中等 用于工作温度 450°C 以下的锅炉用螺栓, 500°C 以下用的螺母等
ML42CrMo	性能与 ML35CrMo 钢相近, 而强度和淬透性优于 ML35CrMo 钢, 并有较高的疲劳强度和极强的抗多次冲击能力 用作强度要求比 ML35CrMo 钢更高的紧固件
ML15MnB	经热处理后可获得良好的塑性, 有较高的强度, 淬透性高于 ML15Mn 钢 用于制作重要的紧固件, 如气缸盖螺栓、半轴螺栓、连杆螺栓等
ML20MnTiB	经热处理后具有高的强度、良好的塑性, 晶粒长大倾向小, 正火后切削加工性良好, 淬透性较好 用于制作汽车、拖拉机的重要螺栓
ML15MnVB	经淬火低温回火后具有高的强度、良好的塑性和低温冲击韧性, 较低的缺口敏感性, 淬透性较好 用于制作重要的紧固件, 如气缸盖螺栓、半轴螺栓、连杆螺栓等

### 3.3 工具钢

#### 3.3.1 碳素工具钢

碳素工具钢含碳量(质量分数)在 0.65%~1.35% 范围内, 用于制造工具的高碳钢。按冶炼质量要求的不同, 可分为高级优质碳素工具钢和优质碳素工

具钢。高级优质碳素工具钢的硫、磷及非金属夹杂物含量比优质碳素工具钢低, 力学性能较好。

碳素工具钢一般仅适于制造尺寸较小、小走刀和低速的切削工具以及形状较简单的模具和量具。

碳素工具钢的化学成分及硬度值见表 3.1-78, 其性能特点及应用见表 3.1-79。

表 3.1-78 碳素工具钢的化学成分及力学性能 (摘自 GB/T1298—1986)

牌 号	化学成分 (质量分数) (%)					退火后钢的 硬度 (HBS) ≤	淬火后钢的硬度	
	C	Mn	Si	S ≤	P ≤		淬火温度/°C 及冷却剂	HRC ≥
T7	0.65~0.74	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	187	800~820 水	62

(续)

牌 号	化学成分 (质量分数) (%)					退火后钢的 硬度 (HBS) ≤	淬火后钢的硬度	
	C	Mn	Si	S ≤	P ≤		淬火温度/℃ 及冷却剂	HRC ≥
T8	0.75~0.84	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	187	780~800 水	62
T8Mn	0.80~0.90	0.40~0.60	≤0.35	0.030	0.035	187	780~800 水	62
T9	0.85~0.94	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	192	760~780 水	62
T10	0.95~1.04	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	197	760~780 水	62
T11	1.05~1.14	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	207	760~780 水	62
T12	1.15~1.24	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	207	760~780 水	62
T13	1.25~1.35	≤0.40	≤0.35	0.030	0.035	217	760~780 水	62

注: 1. 平炉冶炼的钢硫含量: 高级优质钢 (钢号后加符号“A”) 不大于 0.025%, 优质钢不大于 0.035%。

2. 高级优质钢的硫含量不大于 0.020%, 磷含量不大于 0.030%。

3. 钢中残余元素允许含量: 铬不大于 0.25%, 镍不大于 0.20%, 铜不大于 0.30%。

表 3-1-79 碳素工具钢的特性及应用

牌 号	特 性	应 用 举 例
T7, T7A	经热处理 (淬火、回火) 之后, 可得到较高的强度和韧性以及相当的硬度, 但淬透性低, 淬火变形大, 而且热硬性低	用于制作承受撞击、震动负荷、韧性较好、硬度中等且切削能力不高的各种工具, 如小尺寸风动工具 (冲头凿子), 木工用的凿和锯, 压模、锻模、钳工工具, 铆钉冲模, 车床顶针、钻头, 钻软岩石的钻头, 镰刀、剪铁皮的剪子, 还可用于制作弹簧、销轴、杆、垫片等耐磨、承受冲击、韧性不高的零件, T7 还可制作手用大锤、钳工锤头、瓦工用抹子
T8, T8A	经淬火回火处理后, 可得到较高的硬度和良好的耐磨性, 但强度和塑性不高, 淬透性低, 加热时易过热, 易变形, 热硬性低, 承受冲击载荷的能力低	用于制造切削刃在工作中不变热的、硬度和耐磨性较高的工具, 如木材加工用的铣刀、埋头钻、铰钻、斧、凿、纵向手锯、圆锯片、滚子、铅锡合金压铸板和型蕊、简单形状的模子和冲头, 软金属切削刀具、打眼工具、钳工装配工具、铆钉冲模, 虎钳口以及弹性垫圈、弹簧片、卡子、销子、夹子、止动圈等
T8Mn, T8MnA	性能与 T8、T8A 相近, 由于合金元素锰的作用, 淬透性比 T8、T8A 为好, 能获得较深的淬硬层, 可以制造截面较大的工具	用途和 T8, T8A 相似
T9, T9A	性能和 T8、T8A 相近	用于制作硬度、韧性较高, 但不受强烈冲击震动的工具, 如冲头、冲模、中心钻、木工工具、切草机刀片、收割机中切割零件
T10, T10A	钢的韧性较好, 强度较高, 耐磨性比 T8、T8A、T9、T9A 均高, 但热硬性低, 淬透性不高, 淬火变形较大	用于制造切削条件较差, 耐磨性较高、且不受强烈震动、要求韧性及锋刃的工具, 如钻头、丝锥、车刀、刨刀、扩孔刀具、螺丝板牙、铣刀、切烟和切纸机的刀刃、锯条、机用细木工具、拉丝模、直径或厚度为 6~8mm、断面均匀的冷切边模及冲孔模、卡板量具以及用于制作冲击不大的耐磨零件, 如小轴、低速传动轴承、滑轮轴、销子等
T11, T11A	具有较好的韧性和耐磨性, 较高的强度和硬度, 而且对晶粒长大和形成碳化物网的敏感性较小, 但淬透性低, 热硬性差, 淬火变形大	用于制造钻头、丝锥、手用锯金属的锯条、形状简单的冲头和阴模、剪边模和剪冲模

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
T12, T12A	具有高硬度和高的耐磨性,但韧性较低、热硬性差、淬透性不好,淬火变形大	用于制造冲击小、切削速度不高、高硬度的各种工具,如铣刀、车刀、钻头、铰刀、扩孔钻、丝锥、板牙、刮刀、切烟丝刀、锉刀、锯片、切黄铜用工具、羊毛剪刀、小尺寸的冷切边模及冲孔模以及高硬度但冲击小的机械零件
T13, T13A	在碳素工具钢中,是硬度和耐磨性都最好的工具钢,韧性较差、不能承受冲击	用于制造要求极高硬度但不受冲击的工具,如刮刀、剃刀、拉丝工具、刻锉刀纹的工具、钻头、硬石加工用的工具、锉刀、雕刻用工具、剪羊毛刀片等

### 3.3.2 高速工具钢

高速工具钢含碳量(质量分数)在0.70%~1.65%之间,合金元素含量(质量分数)在10%~20%范围内,较明显的提高了钢的硬度、淬透性、耐磨性及热硬性,钢中形成各种合金碳化物,在600℃温度时,仍具有高的硬度,宜于制造难加工材料和要求切削速度很高的刀具,也适于制造尺寸较大或尺寸小但要求耐磨性高的刀具,还可以制造模具、轧辊、耐磨性要求很高的机械零件。

按合金元素不同,高速工具钢一般可分为钨高速

钢、钼高速钢、钴高速钢、铝高速钢及高钒高速钢等。按用途和性能的特点,高速工具钢可分为通用型高速钢(包括钨高速钢和钼高速钢)和超硬型高速钢(包括钴高速钢)和铝高速钢;通用型高速钢主要用于制造加工中等硬度、中等强度的金属材料的工具,超硬型高速钢主要用于制造加工硬度很高或韧性很高的难加工金属材料的工具,这些难加工材料包括耐热钢、不锈钢、高强度钢、超高强度钢、高温合金等。

高速工具钢的牌号及化学成分见表3.1-80;交货硬度和淬火硬度见表3.1-81;特性及应用见表3.1-

82。

表 3.1-80 高速工具钢牌号及化学成分(摘自GB/T 9943—1988)

钢 号	化学成分(质量分数)(%)									
	C	Si <sup>1</sup>	Mn	P ≤	S <sup>2</sup> ≤	Cr	Mo	V	W	其他 <sup>③</sup>
W18Cr4V	0.70~	0.20~	0.10~	0.030	0.030	3.80~	<0.30 <sup>3</sup>	1.00~	17.50~	—
	0.80	0.40	0.40			4.40		1.40	19.00	
W18Cr4VCo5	0.70~	0.20~	0.10~	0.030	0.030	3.75~	0.40~	0.80~	17.50~	Co4.25~5.75
	0.80	0.40	0.40			4.50	1.00	1.20	19.00	
W18Cr4V2Co8	0.75~	0.20~	0.20~	0.030	0.030	3.75~	0.50~	1.80~	17.50~	Co7.00~9.50
	0.85	0.40	0.40			5.00	1.25	2.40	19.00	
W12Cr4V5Co5	1.50~	0.15~	0.15~	0.030	0.030	3.75~	<1.00	4.50~	11.75~	Co4.75~5.25
	1.60	0.40	0.40			5.00		5.25	13.00	
W6Mo5Cr4V2	0.80~	0.20~	0.15~	0.030	0.030	3.80~	4.50~	1.75~	5.50~	—
	0.90	0.45	0.40			4.40	5.50	2.20 <sup>④</sup>	6.75	
CW6Mo5Cr4V2	0.95~	0.20~	0.15~	0.030	0.030	3.80~	4.50~	1.75~	5.50~	—
	1.05	0.45	0.40			4.40	5.50	2.20	6.75	
W6Mo5Cr4V3	1.00~	0.20~	0.15~	0.030	0.030	3.75~	4.75~	2.25~	5.00~	—
	1.10	0.45	0.40			4.50	6.50	2.75	6.75	
CW6Mo5Cr4V3	1.15~	0.20~	0.15~	0.030	0.030	3.75~	4.75~	2.75~	5.00~	—
	1.25	0.40	0.40			4.50	6.50	3.25	6.75	
W2Mo9Cr4V2	0.97~	0.20~	0.15~	0.030	0.030	3.50~	8.20~	1.75~	1.40~	—
	1.05	0.55	0.40			4.00	9.20	2.25	2.10	
W6Mo5Cr4V2Co5	0.80~	0.20~	0.15~	0.030	0.030	3.75~	4.50~	1.75~	5.50~	Co 4.50~5.50
	0.90	0.45	0.40			4.50	5.50	2.25	6.50	
W7Mo4Cr4V2Co5	1.05~	0.15~	0.20~	0.030	0.030	3.75~	3.25~	1.75~	6.25~	Co 4.75~5.75
	1.15	0.50	0.60			4.50	4.75	2.25	7.00	
W2Mo9Cr4VCo8	1.05~	0.15~	0.15~	0.030	0.030	3.50~	9.00~	0.95~	1.15~	Co 7.75~8.75
	1.15	0.65	0.40			4.25	10.00	1.35	1.85	

(续)

钢号	化学成分(质量分数)(%)									
	C	Si <sup>1</sup>	Mn	P <sup>1</sup> ≤	S <sup>2</sup> ≤	Cr	Mo	V	W	其他 <sup>3</sup>
W9Mo3Cr4V	0.77~ 0.87	0.20~ 0.40	0.20~ 0.40	0.030	0.030	3.80~ 4.40	2.70~ 3.30	1.30~ 1.70	8.50~ 9.50	
W6Mo5Cr4V2Al	1.05~ 1.20	0.20~ 0.60	0.15~ 0.40	0.030	0.030	3.80~ 4.40	4.50~ 5.50	1.75~ 2.20	5.50~ 6.75	Al 0.80~1.20

① 用电渣炉冶炼的钢种,其硅含量下限不作规定。

② 为了改善钢的切削加工性,经需方要求,硫含量可规定为 $w(S)$  0.06%~0.15%。③ 钢中残余元素含量(质量分数): $Ni \leq 0.30\%$ ,  $Cu \leq 0.25\%$ 。④ 钨系高速钢的钼含量允许 $w(Mo) \leq 1.00\%$ 。钢中钨与钼的关系是:当钼含量超过 $w(Mo)$  0.3%时,钨含量相应减少,在钼含量超过 $w(Mo)$  0.3%的部分,每 $w(Mo)$  1%可代替 $w(W)$  2%,若遇到这种情况,则在该钢号后加“Mo”。⑤ W6Mo5Cr4V2钢可根据供需双方协议,调整钒含量为 $w(V)$  1.60%~2.20%。

表 3.1-81 高速工具钢交货硬度及淬火硬度(摘自 GB/T 9943—1988)

钢号	交货硬度		试样热处理制度及淬火回火硬度					
	HBS(不大于)		预热温度 /°C	淬火温度/°C		淬火剂	回火温度 /°C	硬度 HRC (不小于)
	退火	其他加工方法		盐浴炉	箱式炉			
W18Cr4V	255	269	820~870	1270~1285	1270~1285	油	550~570	63
W18Cr4VCo5	269	285	820~870	1270~1290	1280~1300	油	540~560	63
W18Cr4V2Co8	285	302	820~870	1270~1290	1280~1300	油	540~560	63
W12Cr4V5Co5	277	293	820~870	1220~1240	1230~1250	油	530~550	65
W6Mo5Cr4V2	255	262	730~840	1210~1230	1210~1230	油	540~560	63 <sup>①</sup> 64 <sup>②</sup>
CW6Mo5Cr4V2	255	269	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	65
W6Mo5Cr4V3	255	269	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	64
CW6Mo5Cr4V3	255	269	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	64
W2Mo9Cr4V2	255	269	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	65
W6Mo5Cr4V2Co5	269	285	730~840	1190~1210	1200~1220	油	540~560	64
W7Mo4Cr4V2Co5	269	285	730~840	1180~1200	1190~1210	油	530~550	66
W2Mo9Cr4VCo8	269	285	730~840	1170~1190	1180~1200	油	530~550	66
W9Mo3Cr4V	255	269	820~870	1210~1230	1220~1240	油	540~560	63 <sup>①</sup> 64 <sup>②</sup>
W6Mo5Cr4V2Al	269	285	820~870	1230~1240	1230~1240	油	540~560	65

① 用箱式炉。

② 用盐浴炉。

表 3.1-82 高速工具钢特性及应用

钢号	性能特点	应用举例
W18Cr4V	钨系通用性高速钢,具有较高的硬度、热硬性及高温硬度,淬火不易过热,易于磨削加工;缺点是热塑性低、韧性稍差。该钢种曾经用量最大,但20世纪70年代后使用减少	主要用于制作高速切削的车刀、钻头、铣刀、铰刀等刀具,还用作板牙、丝锥、扩孔钻、拉丝模、锯片等
W18Cr4VCo5	钨系含钴型高速钢,为W18Cr4V的高性能品级,具有较高的热硬性及高温硬度,但韧性较W18Cr4V有所降低	用于制作高速机床刀具和要求耐热并承受一定动载荷的刀具

(续)

钢号	性能特点	应用举例
W18Cr4V2Co8	钨系含钴型高速钢,其热硬性、高温硬度和耐磨性比W18Cr4VCo5高,但韧性降低	适于制作复杂条件下工作的车刀、铣刀、滚刀等刀具,供作对较高强度材料的切削加工
W12Cr4V5Co5	钨系高钒含钴高速钢,引自美国的T15,曾称为“王牌钢”,具有较高的硬度,尤其超高耐磨性,但可磨削性能差,强度与韧性较差,不宜制作用于高速切削的复杂刀具	适于制作要求特殊耐磨的切削刀具,如螺纹梳刀、车刀、铣刀、刮刀、滚刀及成形刀具、齿轮刀具等;还可用于冷作模具
W6Mo5Cr4V2	W-Mo系通用型高速钢,是当今各国用量最大的高速钢钢号(即M2),具有较高的硬度,热硬性及高温硬度,热塑性好,强度和韧性优良;缺点是钢的过热与脱碳敏感性较大	用于制作要求耐磨性和韧性配合良好的并承受冲击力较大的刀具和一般刀具,如插齿刀、锥齿轮刨刀、铣刀、车刀、丝锥、钻头;还用作为高载荷下耐磨性好的工具,如冷作模具等
CW6Mo5Cr4V2	高碳W-Mo系通用型高速钢,由于碳含量提高,淬火后的表面硬度也提高,而且高温硬度、耐磨性和耐热性都比W6Mo5Cr4V2高,但强度和韧性有所降低	适于制作要求切削性能优良的刀具
W6Mo5Cr4V3 CW6Mo5Cr4V3	高碳高钒型高速钢,其耐磨性优于W6Mo5Cr4V2,但可磨削性能也变差,脱碳敏感性较大	用于制作要求特别耐磨的工具和一般刀具,如拉刀、滚刀、螺纹梳刀、车刀、刨刀、丝锥、钻头。由于钢的磨削性能差,制作复杂刀具,需用特殊砂轮加工
W2Mo9Cr4V2	低钨高钼型钢种,相当于美国的M7,具有较高的热硬性和韧性,耐磨性好,但脱碳敏感性较大	主要用于制作螺纹工具,如丝锥、板牙等;还用作为钻头、铣刀及各种车削刀具、各种冷冲模具等
W6Mo5Cr4V2Co5	W-Mo系一般含钴高速钢,其热硬性、耐磨性均比W6Mo5Cr4V2高,故切削性能好,但钢的韧性和强度较差,脱碳敏感性较大	用于制作高速切削机床的刀具和要求耐高温并有一定振动载荷的刀具
W2Mo9Cr4VCo8	W-Mo系高碳含钴超硬型钢种,相当于美国的M42,是一种用量最大的超硬型高速钢钢号,其硬度可达66~70HRC,具有高的热硬性和高温硬度,易磨削加工,但韧性较差	用于制作各种复杂的高精度刀具,如精密拉刀、成形铣刀、专用车刀、钻头以及各种高硬度刀具,可用于对难加工材料如钛合金、高温合金、超高强度钢等的切削加工
W9Mo3Cr4V	我国研制的新型W-Mo系通用型高速钢,使用性能与W18Cr4V(T1)和W6Mo5Cr4V2(M2)相当,但综合工艺性能优于T1和M2,钢的合金成本也较低	可代替W18Cr4V和W6Mo5Cr4V2制作各种工具
W6Mo5Cr4V2Al	我国研制的W-Mo系无钴超硬型高速钢(简称M2Al或501),具有高的硬度、热硬性及高温硬度,切削性能优良,耐磨性和热塑性较好,其韧性优于含钴高速钢,但可磨削性能稍差,钢的过热和脱碳敏感性较大	用于制作各种拉刀、插齿刀、齿轮滚刀、铣刀、刨刀、镗刀、车刀、钻头等各种切削刀具,刀具使用寿命长,切削一般材料时,其使用寿命为W18Cr4V的两倍,切削难加工材料时,接近含钴高速钢的使用寿命

### 3.3.3 合金工具钢

GB/T 1299—2000 合金工具钢按使用加工方法分为压力加工用钢和切削加工用钢。钢材按用途分为量具刃具用钢、耐冲击工具用钢、热作模具用钢、冷作模具用钢、无磁模具用钢和塑料模具用钢。热轧圆钢的尺寸规格应符合GB/T 702的规定;锻制钢材的尺寸规格符合GB/T 908的规定;冷拉钢材的尺寸规格符

合GB/T 905的规定;热轧工具扁钢和锻制扁钢尺寸规格分别符合GB/T 911和GB/T 16761的规定;其他合金工具钢钢材的尺寸规格应符合相应标准的规定。

合金工具钢的牌号及化学成分(熔炼分析)见表3.1-83;钢材交货状态的硬度值和试样淬火硬度值见表3.1-84;合金工具钢的特性及应用见表3.1-85。

表 3.1-83 合金工具钢牌号和化学成分 (摘自 GB/T 1299—2000)

统一数字代号	钢组	牌 号	化学成分 (质量分数) (%)											
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V	其他		
						不大于								
T30100	量具刃具用钢	9SiCr	0.85~ 0.95	1.20~ 1.60	0.30~ 0.60	0.030	0.030	0.95~ 1.25						
T30000		8MnSi	0.75~ 0.85	0.30~ 0.60	0.80~ 1.10	0.030	0.030							
T30060		Cr06	1.30~ 1.45	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	0.50~ 0.70						
T30201		Cr2	0.95~ 1.10	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	1.30~ 1.65						
T30200		9Cr2	0.80~ 0.95	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	1.30~ 1.70						
T30001		W	1.05~ 1.25	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	0.10~ 0.30	0.80~ 1.20					
T40124	耐冲击工具用钢	4CrW2Si	0.35~ 0.45	0.80~ 1.10	≤0.40	0.030	0.030	1.00~ 1.30	2.00~ 2.50					
T40125		5CrW2Si	0.45~ 0.55	0.50~ 0.80	≤0.40	0.030	0.030	1.00~ 1.30	2.00~ 2.50					
T40126		6CrW2Si	0.55~ 0.65	0.50~ 0.80	≤0.40	0.030	0.030	1.10~ 1.30	2.20~ 2.70					
T40100		6CrMnSi2Mo1V	0.50~ 0.65	1.75~ 2.25	0.60~ 1.00	0.030	0.030	0.10~ 0.50		0.20~ 1.35	0.15~ 0.35			
T40300		5Cr3Mn1SiMo1V	0.45~ 0.55	0.20~ 1.00	0.20~ 0.90	0.030	0.030	3.00~ 3.50		1.30~ 1.80	≤0.35			
T21200		Cr12	2.00~ 2.30	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	11.50~ 13.00						
T21202	冷作模具钢	Cr12Mo1V1	1.40~ 1.60	≤0.60	≤0.60	0.030	0.030	11.00~ 13.00		0.70~ 1.20	0.50~ 1.10	Co <sub>1</sub> ≤1.00		
T21201		Cr12MoV	1.45~ 1.70	≤0.10	≤0.40	0.030	0.030	11.00~ 12.50		0.40~ 0.60	0.15~ 0.30			
T20503		Cr5Mo1V	0.95~ 1.05	≤0.50	≤1.00	0.030	0.030	4.75~ 5.50		0.90~ 1.40	0.15~ 0.50			
T20000		9Mn2V	0.85~ 0.95	≤0.40	1.70~ 2.00	0.030	0.030				0.10~ 0.25			
T20111		CrWMn	0.90~ 1.05	≤0.40	0.80~ 1.10	0.030	0.030	0.90~ 1.20	1.20~ 1.60					
T20110		9CrWMn	0.85~ 0.95	≤0.40	0.90~ 1.20	0.030	0.030	0.50~ 0.80	0.50~ 0.80					
T20421	热作模具钢	Cr4W2MoV	1.12~ 1.25	0.40~ 0.70	≤0.40	0.030	0.030	3.50~ 4.00	1.90~ 2.60	0.80~ 1.20	0.80~ 1.10			
T20432		6Cr4W3Mo2VNb	0.60~ 0.70	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.80~ 4.40	2.50~ 3.50	1.80~ 2.50	0.80~ 1.20	Nb <sub>1</sub> 0.20~ 0.35		
T20465		6W6Mo5Cr4V	0.55~ 0.65	≤0.40	≤0.60	0.030	0.030	3.70~ 4.30	6.00~ 7.00	4.50~ 5.50	0.70~ 1.10			
T20104		7CrSiMnMoV	0.65~ 0.75	0.85~ 1.15	0.65~ 1.05	0.030	0.030	0.90~ 1.20		0.20~ 0.50	0.15~ 0.30			
T20102		5CrMnMo	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	0.030	0.030	0.60~ 0.90		0.15~ 0.30				

(续)

统一数字代号	钢组	牌 号	化学成分 (质量分数) (%)									
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V	其他
T20103	热作模具钢	5CrNiMo	0.50~ 0.60	≤0.40	0.50~ 0.80	0.030	0.030	0.50~ 0.80	—	0.15~ 0.30	—	Ni: 1.40~ 1.80
T20280		3Cr2W8V	0.30~ 0.40	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	2.20~ 2.70	7.50~ 9.00	—	0.20~ 0.50	—
T20403		5Cr4Mo3SiMnVAI	0.47~ 0.57	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	0.030	0.030	3.80~ 4.30	—	2.80~ 3.40	0.80~ 1.20	Al: 0.30~ 0.70
T20323		3Cr3Mo3W2V	0.32~ 0.42	0.60~ 0.90	≤0.65	0.030	0.030	2.80~ 3.30	1.20~ 1.80	2.50~ 3.00	0.80~ 1.20	—
T20452		5Cr4W5Mo2V	0.40~ 0.50	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.40~ 4.10	4.50~ 5.30	1.50~ 2.10	0.70~ 1.10	—
T20300		8Cr3	0.75~ 0.85	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.20~ 3.80	—	—	—	—
T20101		4CrMnSiMoV	0.35~ 0.45	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	0.030	0.030	1.30~ 1.50	—	0.40~ 0.60	0.20~ 0.40	—
T20303		4Cr3Mo3SiV	0.35~ 0.45	0.80~ 1.20	0.25~ 0.70	0.030	0.030	3.00~ 3.75	—	2.00~ 3.00	0.25~ 0.75	—
T20501		4Cr5MoSiV	0.33~ 0.43	0.80~ 1.20	0.20~ 0.50	0.030	0.030	4.75~ 5.50	—	1.10~ 1.60	0.30~ 0.60	—
T20502		4Cr5MoSiV1	0.32~ 0.45	0.80~ 1.20	0.20~ 0.50	0.030	0.030	4.75~ 5.50	—	1.10~ 1.75	0.80~ 1.20	—
T20520		4Cr5W2VSi	0.32~ 0.42	0.80~ 1.20	≤0.40	0.030	0.030	4.50~ 5.50	1.60~ 2.40	—	0.60~ 1.00	—
T23152		无磁模具钢	7Mn15Cr2Al3V2 WMo	0.65~ 0.75	≤0.80	14.50~ 16.50	0.030	0.030	2.00~ 2.50	0.50~ 0.80	0.50~ 0.80	1.50~ 2.00
T22020	塑料模具钢	3Cr2Mo	0.28~ 0.40	0.20~ 0.80	0.60~ 1.00	0.030	0.030	1.40~ 2.00	—	0.30~ 0.55	—	—
T22024		3Cr2MnNiMo	0.32~ 0.45	0.20~ 0.40	1.10~ 1.50	0.030	0.030	1.70~ 2.00	—	0.25~ 0.40	—	Ni: 0.85~ 1.15

注：1. 5CrNiMo 钢经供需双方同意允许钒含质量分数小于 0.20%。

2. 钢中残余铜含质量分数应不大于 0.30%，‘铜+镍’含质量分数应不大于 0.55%。

表 3.1-84 合金工具钢的硬度值 (摘自 GB/T 1299—2000)

钢组	牌 号	交货状态	试 样 淬 火		
		布氏硬度 HBW10/3 000	淬火温度/°C	冷却剂	洛氏硬度 HRC 不小于
量具刃具用钢	9SiCr	241~197	820~860	油	62
	8MnSi	≤229	800~820	油	60
	Cr06	241~187	780~810	水	64
	Cr2	229~179	830~860	油	62
	9Cr2	217~179	820~850	油	62
	W	229~187	800~830	水	62

(续)

钢组	牌 号	交货状态	试 样 淬 火		洛氏硬度 HRC 不小于
		布氏硬度 HBW10/3 000	淬火温度/°C	冷却剂	
耐冲击工具用钢	4CrW2Si	217~179	860~900	油	53
	5CrW2Si	255~207	860~900	油	55
	6CrW2Si	285~229	860~900	油	57
	6CrMnSi2Mo1V	≤229	677°C±15°C 预热, 885°C (盐浴) 或 900°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 5~15min 油冷, 58~204°C 回火		58
	5Cr3Mn1SiMo1V	—	677°C±15°C 预热, 941°C (盐浴) 或 955°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 5~15min 空冷, 56~204°C 回火		56
冷作模具钢	Cr12	269~217	950~1000	油	60
	Cr12Mo1V1	≤255	820°C±15°C 预热, 1000°C (盐浴) 或 1010°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 10~20min 空冷, 200°C±6°C 回火		59
	Cr12MoV	255~207	950~1000	油	58
	Cr5Mo1V	≤255	790°C±15°C 预热, 940°C (盐浴) 或 950°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 5~15min 空冷, 200°C±6°C 回火		60
	9Mn2V	≤229	780~810	油	62
	CrWMn	255~207	800~830	油	62
	9CrWMn	241~197	800~830	油	62
	Cr4W2MoV	≤269	960~980, 1020~1040	油	60
	6Cr4W3Mo2VNb	≤255	1100~1160	油	60
	6W6Mo5Cr4V	≤269	1180~1200	油	60
	7CrSiMnMoV	≤235	淬火: 870~900 回火: 150±10	油冷或空冷 空冷	60
	热作模具钢	5CrMnMo	241~197	820~850	油
5CrNiMo		241~197	830~860	油	
3Cr2W8V		≤255	1075~1125	油	
5Cr4Mo3SiMnVA1		≤255	1090~1120	油	
3Cr3Mo3W2V		≤255	1060~1130	油	
5Cr4W5Mo2V		≤269	1100~1150	油	
8Cr3		255~207	850~880	油	
4CrMnSiMoV		241~197	870~930	油	
4Cr3Mo3SiV		≤229	790°C±15°C 预热, 1010°C (盐浴) 或 1020°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 5~15min 空冷, 550°C±6°C 回火		
4Cr5MoSiV		≤235	790°C±15°C 预热, 1000°C (盐浴) 或 1010°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 5~15min 空冷, 550°C±6°C 回火		
4Cr5MoSiV1		≤235	790°C±15°C 预热, 1000°C (盐浴) 或 1010°C (炉控气氛) ±6°C 加热, 保温 5~15min 空冷, 550°C±6°C 回火		
无磁 模具钢	7Mn15Cr2Al3 V2WMo	—	1170~1190 固溶 650~700 时效	水 空	45



(续)

钢组	牌 号	交货状态	试 样 淬 火		
		布氏硬度 HBW10/3 000	淬火温度/°C	冷却剂	洛氏硬度 HRC 不小于
塑料	3Cr2Mo	—	—	—	—
模具钢	3Cr2MnNiMo				

注：1. 保温时间是指试样达到加热温度后保持的时间。

a) 试样在盐浴中进行，在该温度保持时间为 5min，对 Cr12Mo1V1 钢是 10min。

b) 试样在炉控气氛中进行，在该温度保持时间为：5~15min，对 Cr12Mo1V1 钢是 10~20min。

2. 回火温度 200°C 时应一次回火 2h，550°C 时应二次回火，每次 2h。

3. 7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢可以热轧状态供应，不作交货硬度。

4. 供方若能保证试样淬火硬度值符合本表规定时可不作检验。

5. 供需双方协议，螺纹刀具用退火状态交货的 9SiCr 钢材，其布氏硬度值为 187~229HBW10/3000。

6. 热作模具钢不检验试样淬火硬度。

表 3.1-85 合金工具钢的特性及应用

牌 号	特 性	应 用 举 例
9SiCr	淬透性比铬钢好， $\phi 45\text{mm} \sim 50\text{mm}$ 的工件在油中可以淬透，耐磨性高，具有较好的回火稳定性，加工性差，热处理时变形小，但脱碳倾向较大	适用于耐磨性高、切削不剧烈、且变形小的刀具，如板牙、丝锥、钻头、铰刀、齿轮铣刀、拉刀等，还可用作冷冲模及冷轧辊
8MnSi	韧性、淬透性与耐磨性均优于碳素工具钢	多用作木工凿子、锯条及其他工具，制造穿孔器与扩孔器工具以及小尺寸热锻模和冲头、热压锻模、螺栓、道钉冲模、拔丝模、冷冲模及切削工具
Cr06	淬火后的硬度和耐磨性都很高，淬透性不好，较脆	多经冷轧成薄钢带后，用于制作剃刀、刀片及外科医疗刀具，也可用作刮刀、刻刀、锉刀等
Cr2	淬火后的硬度、耐磨性都很高，淬火变形不大，但高温塑性差	多用于低速、走刀量小、加工材料不很硬的切削刀具，如车刀、插刀、铣刀、铰刀等，还可用作量具、样板、量规、偏心轮、冷轧辊、钻套和拉丝模，还可作大尺寸的冷冲模
9Cr2	性能与 Cr2 相近	用于制作冷作模具、冲头、冷轧辊、压延辊、压印模及木工工具等
W	淬火后的硬度和耐磨性较碳工钢好，热处理变形小，水淬不易开裂	多用于工作温度不高、切削速度不大的刀具，如小型麻花钻、丝锥、板牙、铰刀、锯条、辊式刀具等
4CrW2Si	高温时有较好的强度和硬度，且韧性较高	适用于剪切机刀片、冲击振动较大的风动工具、中应力热锻模、受低热的压铸模
5CrW2Si	特性同 4CrW2Si，但在 650°C 时硬度稍高，可达 41~43HRC 左右，热处理时对脱碳、变形和开裂的敏感性不大	用于手动和风动凿子、空气锤工具、铆钉工具、冷冲模、重震动的切割器，作为热加工用钢时，可用于冲孔、穿孔工具、剪切模、热锻模、易熔合金的压铸模
6CrW2Si	特性同 5CrW2Si，但在 650°C 时硬度可达 43~45HRC 左右	可用于重负荷下工作的冲模、压模、铸造精整工具、风动凿子等，作为热加工用钢，可生产螺钉和热铆的冲头、高温压铸轻合金的顶头、热锻模等
Cr12	高碳高铬钢，具有高的强度、耐磨性和淬透性，淬火变形小，较脆，导热性差，高温塑性差	多用于制造耐磨性能高、不承受冲击的模具及加工材料不硬的刀具，如车刀、铰刀、冷冲模、冲头及量规、样板、量具、凸轮销、偏心轮、冷轧辊、钻套和拉丝模

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
Cr12Mo1V1	引进美国的钢号,性能与Cr12MoV相近,但淬透性和韧性优于Cr12MoV	应用和Cr12MoV相近
Cr12MoV	淬透性、淬火回火后的硬度、强度、韧性比Cr12高,截面为300~400mm以下的工件可完全淬透,耐磨性和塑性也较好,变形小,但高温塑性差	适用于各种铸、锻、模具,如各种冲孔凹模、切边模、滚边模、缝口模、拉丝模、钢板拉伸模、螺纹搓丝板、标准工具和量具
Cr5Mo1V	引进美国的钢号,空淬性能好,空淬尺寸变形小,碳化物均细,耐磨性好,韧性良好	适于制作耐磨、韧性好的冷作模具成形模、下料模、冲头、冷冲模等
9Mn2V	淬透性和耐磨性比碳工钢高,淬火后变形小	适用于制作各种变形小、耐磨性高的精密丝杆、磨床主轴、样板、凸轮、块规、量具及丝锥、板牙、铰刀以及压铸轻金属和合金的推入装置
CrWMn	淬透性和耐磨性及淬火后的硬度比铬钢及铬锰钢高,且韧性较好,淬火后的变形比CrMn钢更小,缺点是形成碳化物网状程度严重	多用于制造变形小、长而形状复杂的切削刀具,如拉刀、长丝锥、长铰刀、专用铣刀、量规及形状复杂、高精度的冷冲模
9CrWMn	特性与CrWMn相似,但由于含碳量稍低,在碳化物偏析上比CrWMn好些,因而力学性能更好,但热处理后硬度较低	多用于制造变形小、长而形状复杂的切削刀具,如拉刀、长丝锥、长铰刀、专用铣刀、量规及形状复杂、高精度的冷冲模
Cr4W2MoV	系我国自行研制的新型中合金冷作模具钢,其碳化物颗粒细小,分布均匀,具有较高的淬透性、淬硬性,且有较好的力学性能、耐磨性和尺寸稳定性	用于制造冷冲模、冷挤压模、搓丝板等,也可冲裁1.5~6.0mm弹簧钢板
6W6Mo5Cr4V	系我国自行研制的适合于黑色金属挤压用的模具钢,具有高强度、高硬度、耐磨性及抗回火稳定性,有良好的综合性能	适用于作冲头、冷挤压凹模
6Cr4W3Mo2VNb	高强度、高硬度、高韧性,且有较高的疲劳强度,冷热加工性能良好	用于制作冲击负荷及形状复杂的冷作模具、冷挤压模具、冷锻模具、螺钉冲头等
5Cr4Mo3SiMnVAI	较高的强韧性,良好的冷热疲劳性,较好的耐热性、淬透性及淬硬性,是一种热作模具钢,又可以作为冷作模具钢使用,但耐磨性能不太理想	适于制作冲孔凹模、冷锻模、槽用螺栓锻模、热挤压冲头、压铸模等,可替代3Cr2W8V、Cr12MoV使用
5CrMnMo	不含镍的锤锻模具钢,具有良好的韧性、强度和高耐磨性,对回火脆性不敏感,淬透性好	适用于作中、小型热模锻,且边长 $\leq$ 300~400mm
5CrNiMo	特性与5CrMnMo相近,高温下强度、韧性及耐热疲劳性高于5CrMnMo	适用于作形状复杂、冲击负荷重的各种中、大型锤锻模
3Cr2W8V	常用的压铸模具钢,具有较低的含碳量,以保证高韧性及良好的导热性,同时含有较多的易形成碳化物铬、钨高温下有高硬度、强度,相变温度较高,耐热疲劳性良好,淬透性也较好,断面厚度 $\leq$ 100mm可淬透,但其韧性和塑性较差	适于作高温、高应力但不受冲击的压模,如平锻机上的凸凹模、镶块、铜合金挤压模等,还可作螺钉及热剪切刀
3Cr3Mo3W2V	良好的冷热加工性能,较高的热强性,良好的抗冷热疲劳性,耐磨性和淬硬性均好,有一定的耐冲击能力	用于制作热作模具,如锻模、精锻模、辊锻模具、压力机用模具、压铸模等
5Cr4W5Mo2V	系自行研制的热挤压、精密锻造模具钢,具有高热硬性、高耐磨性、高温强度、抗回火稳定性及一定的冲击韧性,可进行一般热处理或等温热处理和化学热处理	多用于制造热挤压模具,可代替3Cr2W8V使用

(续)

牌 号	特 性	应 用 举 例
8Cr3	过共析钢，是一种热顶锻模具钢，淬透性较好	多用于制造承受冲击载荷不大、500℃以下、磨损条件下的模具，如热切边模、螺栓及螺钉热顶模
4CrMnSiMoV	较高的高温力学性能，耐热疲劳性好，可代替5CrNiMo使用	用于制作锤锻模、压力机锻模、校正模、弯曲模
4Cr3Mo3SiV	高淬透性和优良的韧性，高温硬度高，可代替3Cr2W8V使用	用于制作热滚锻模、型压模、热锻模、热冲模等
4Cr5MoSiV	美国成熟钢号，一种空淬硬化热作模具钢，中温以下综合性能好，淬透性好，热处理后变形率低，其性能及使用寿命较3Cr2W8V高	热切边模、模锻锤锻模、铝合金压铸模、热挤压模及螺栓和螺钉模
4Cr5W2VSi	前苏联钢号，为空冷淬火的热作模具钢，中温以下有良好的热硬度及良好的韧性	多用于高速锤用模具与冲头、热挤压模具、芯棒及有色金属压铸模等
4Cr5MoSiV1	性能和4Cr5MoSiV相近	是应用很广的一种热作模具钢
7Mn15Cr2Al3 V2WMo	高强度、高硬度、高耐磨性；低导磁率，采用高温退火能改善切削性能，工作温度可高达700℃~800℃	适于制造无磁轴承、无磁模具、热作模具等
3Cr2Mo	切削性良好，镜面研磨性能好，机械加工成型后，型腔变形及尺寸变化小，经热处理后可提高表面硬度，提高工作寿命	适于制造塑料模及低熔点金属的压铸模等

### 3.4 耐热钢和不锈钢

应具有抗蠕变、抗破断、抗氧化能力、耐一定介质腐蚀的能力、足够的韧性、可加工性及焊接性以及一定的组织稳定性。一般用于锅炉、汽轮机，化工石油设备中。耐热钢的牌号及化学成分、力学性能见表3-1-86~

#### 3.4.1 耐热钢

耐热钢包括热强钢与抗氧化钢，耐热钢在高温下 93。

表 3.1-86 耐热钢的牌号及化学成分 (摘自 GB/T1221—1992)

类 型	序 号	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N	其 他
奥 氏 体 型	1	5Cr21Mo9Ni4N	0.48~ 0.58	≤0.35	8.00~ 10.00	≤0.040	≤0.030	3.25~ 4.50	20.00~ 22.00	—	—	0.35~ 0.50	Ti: 0.90~2.35 Al<0.35 B: 0.001~0.10
	2	2Cr21Ni12N	0.15~ 0.28	0.75~ 1.25	1.00~ 1.60	≤0.035	≤0.030	10.50~ 12.50	20.00~ 22.00	—	—	0.15~ 0.30	
	3	2Cr23Ni13	≤0.20	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~ 15.00	22.00~ 24.00	—	—	—	
	4	2Cr25Ni20	≤0.25	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~ 22.00	24.00~ 26.00	—	—	—	
	5	1Cr16Ni35	≤0.15	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	33.00~ 37.00	11.00~ 17.00	—	—	—	
	6	0Cr15Ni25 Ti2MoAlVB	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	24.00~ 27.00	13.50~ 16.00	1.00~ 1.50	0.10~ 0.50	—	
	7	0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~ 11.00	17.00~ 19.00	—	—	—	
	8	0Cr23Ni13	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~ 15.00	22.00~ 24.00	—	—	—	
	9	0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.50	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~ 22.00	24.00~ 26.00	—	—	—	

(续)

类型	序号	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N	其 他
奥氏体	10	0Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	10.00~18.00	2.00~3.00	—	—	—
	11	4Cr14Ni14W2Mo	0.40~0.50	≤0.80	≤0.70	≤0.035	≤0.030	13.00~15.00	13.00~15.00	0.25~0.40	—	—	W2.00~2.75
	12	3Cr18Mn12Si2N	0.22~0.30	1.40~2.20	10.50~12.50	≤0.060	≤0.030	—	17.00~19.00	—	—	0.22~0.33	—
	13	2Cr20Mn9Ni2Si2N	0.17~0.25	1.80~2.70	8.50~11.00	≤0.060	≤0.030	2.00~3.00	18.00~21.00	—	—	0.20~0.30	—
	14	0Cr19Ni13Mo3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—	—	—
	15	1Cr18Ni9Ti <sup>①</sup>	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—	—	Ti5×(C%~0.02)~0.80
	16	0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~12.00	17.00~19.00	—	—	—	Ti≥5×C
	17	0Cr18Ni11Nb	0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~13.00	17.00~19.00	—	—	—	Nb≥10×C
	18	0Cr8Ni3Si4	≤0.08	3.00~5.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.50~15.00	15.00~20.00	—	—	—	①
	19	1Cr20Ni14Si2	≤0.20	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	19.00~22.00	—	—	—	—
20	1Cr25Ni20Si2	≤0.20	1.50~2.50	≤1.50	≤0.035	≤0.030	18.00~21.00	24.00~27.00	—	—	—	—	
铁素体型	21	2Cr25N	≤0.20	≤1.00	≤1.50	≤0.40	≤0.030	—	23.00~27.00	—	—	≤0.25	②
	22	0Cr13Al	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	11.50~14.50	—	—	—	Al0.10~0.30
	23	00Cr12	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	11.00~13.00	—	—	—	—
	24	1Cr17	≤0.12	≤0.75	≤1.00	≤0.040	≤0.030	—	16.00~18.00	—	—	—	—
马氏体型	25	1Cr5Mo	≤0.15	≤0.50	≤0.60	≤0.035	≤0.030	≤0.60	4.00~6.00	0.45~0.60	—	—	—
	26	4Cr9Si2	0.35~0.50	2.00~3.00	≤0.70	≤0.035	≤0.030	≤0.60	8.00~10.00	—	—	—	—
	27	4Cr10Si2Mo	0.35~0.45	1.90~2.60	≤0.70	≤0.035	≤0.030	≤0.60	9.00~10.50	0.70~0.90	—	—	—
	28	8Cr20Si2Ni	0.75~0.85	1.75~2.25	0.20~0.60	≤0.030	≤0.03	1.15~1.65	19.00~20.50	—	—	—	—
	29	1Cr11MoV	0.11~0.18	≤0.50	≤0.60	≤0.035	≤0.030	≤0.60	10.00~11.50	0.50~0.70	0.25~0.40	—	—
	30	1Cr12Mo	0.10~0.15	≤0.50	0.30~0.50	≤0.035	≤0.030	0.30~0.50	11.50~13.00	0.30~0.60	—	—	②
	31	2Cr12MoVNbN	0.15~0.20	≤0.50	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	③	10.00~13.00	0.30~0.90	0.10~0.40	0.05~0.10	Nb0.20~0.60

(续)

类型	序号	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N	其 他
马氏体	32	1Cr12WMoV	0.12~0.18	≤0.50	0.50~0.90	≤0.035	≤0.030	0.40~0.80	11.00~13.00	0.50~0.70	0.18~0.30	—	W0.70~1.10
	33	2Cr12NiMoWV	0.20~0.25	≤0.50	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	0.50~1.00	11.00~13.00	0.75~1.25	0.20~0.40	—	W0.70~1.25
	34	1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~13.50	—	—	—	—
	35	1Cr13Mo	0.08~0.18	≤0.60	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.00	—	—	—	②
	36	2Cr13	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~14.00	—	—	—	—
	37	1Cr17Ni2	0.11~0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	1.50~2.50	16.00~18.00	—	—	—	—
	38	1Cr11Ni2W2MoV	0.10~0.16	≤0.60	≤0.60	≤0.035	0.030	1.40~1.80	10.50~12.00	0.35~0.50	0.18~0.30	—	W1.50~2.00
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
沉淀硬化型	39	0Cr17Mi4Cu4Nb	≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	3.00~5.00	15.50~17.50	—	—	—	Cu3.00~5.00 Nb0.15~0.45
	40	0Cr17Ni7Al	≤0.09	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	6.50~7.75	16.00~18.00	—	—	—	Cu≤0.50; Al0.75~1.50

- ① 必要时, 可添加上表以外的合金元素;
- ② 允许含有≤0.30%Cu;
- ③ 允许含有≤0.60%Ni.

表 3-1-87 奥氏体型、铁素体型耐热钢的热处理制度及其力学性能 (摘自 GB/T1221—1992)

类型	序号	牌 号	热 处 理	拉伸试验				冲击试验 A <sub>K</sub> /J	硬度试验 (HBS)
				σ <sub>b</sub> /MPa	σ <sub>s</sub> /MPa	δ <sub>5</sub> (%)	ψ (%)		
				不 小 于					
奥氏体型	1	5Cr21Mn9Ni4N	固溶 1100~1200°C 快冷, 时效 730~780°C 空冷	560	885	8	—	—	≥302
	2	2Cr21Ni12N	固溶 1050~1150°C 快冷, 时效 750~800°C 空冷	430	820	26	20	—	≤269
	3	2Cr23Ni13	固溶 1030~1150°C 快冷	205	560	45	50	—	≤201
	4	2Cr25Ni20	固溶 1030~1180°C 快冷	205	590	40	50	—	≤201
	5	1Cr16Ni35	固溶 1030~1180°C 快冷	205	560	40	50	—	≤201
	6	0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	固溶 885~915°C 或 965~995°C 快冷, 时效 700~760°C, 16 h 空冷或缓冷	590	900	15	18	—	≥248
	7	0Cr18Ni9	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	≤187
	8	0Cr23Ni13	固溶 1030~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	≤187
	9	0Cr25Ni20	固溶 1030~1180°C 快冷	205	520	40	50	—	≤187
	10	0Cr17Ni12Mo2	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	≤187
	11	4Cr14Ni14W2Mo	退火 820~850°C 快冷	315	705	20	35	—	≤248
	12	3Cr18Mn12Si2N	固溶 1100~1150°C 快冷	390	680	35	45	—	≤248
	13	2Cr20Mn9Ni2Si2N	固溶 1100~1150°C 快冷	390	635	35	45	—	≤248

(续)

类型	序号	牌 号	热 处 理	拉伸试验				冲击试验	硬度试验
				$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_K$	(HBS)
				/MPa/MPa(%) (%)					
				不 小 于					
奥氏体型	14	0Cr19Ni13Mo3	固溶 1 010~1 150°C 快冷	205	540	40	50		≤187
	15	1Cr18Ni9Ti	固溶 920~1 150°C 快冷	205	520	40	50		≤187
	16	0Cr18Ni10Ti	固溶 920~1 150°C 快冷	205	520	40	50		≤187
	17	0Cr18Ni11Nb	固溶 980~1 150°C 快冷	205	520	40	50		≤187
	18	0Cr18Ni13Si4	固溶 1 010~1 150°C 快冷	205	520	40	60		≤207
	19	1Cr20Ni14Si2	固溶 1 080~1 130°C 快冷	295	590	35	50		≤187
20	1Cr25Ni20Si2	固溶 1 080~1 130°C 快冷	295	590	35	50		≤187	
铁素体型	21	2Cr25N	退火 780~880°C 快冷	275	510	20	40		≤201
	22	0Cr13Al	退火 780~830°C 空冷或缓冷	177	410	20	60		≥183
	23	00Cr12	退火 790~820°C 空冷或缓冷	196	365	22	60		≥183
	24	1Cr17	退火 780~850°C 空冷或缓冷	205	450	22	50		≥183

注: 1. 对于 1Cr18Ni9Ti、0Cr18Ni10Ti 和 0Cr18Ni11Nb 根据需方要求可进行稳定化处理, 此时的热处理温度为 850~930°C。

2. 1Cr18Ni9Ti 与 0Cr18Ni10Ti 牌号, 其力学性能指标一致, 需方可根据耐腐蚀性的差别进行选用。

表 3.1-88 马氏体型耐热钢的热处理制度及其力学性能 (摘自 GB/T1221—1992)

类型	序号	牌 号	热 处 理			退火后的 硬度 (HBS)	经淬回火的力学性能					硬度 试验 HBS
			退 火	淬 火	回 火		拉伸试验				冲击 试验 /J	
							$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$		
						不 小 于						
马氏体型	25	1Cr5Mo	—	900~950°C 油冷	600~700°C 空冷	≤200	390	590	18	—	—	—
	26	4Cr9Si2	—	1 020~1 040°C 油冷	700~780°C 油冷	≤269	590	885	19	50	—	—
	27	4Cr10Si2Mo	—	1 010~1 040°C 油冷	120~160°C 空冷	≤269	685	885	10	35	—	—
	28	8Cr20Si2Ni	800~900°C 缓冷 或约 720°C 空冷	1 030~1 080°C 油冷	700~800°C 快冷	≤321	685	885	10	15	8	≥262
	29	3Cr11MoV	—	1 050~1 100°C 空冷	720~740°C 空冷	≤200	490	685	16	55	47	—
	30	1Cr12Mo	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	950~1 000°C 油冷	700~750 快冷	≤255	650	685	18	60	78	217~248
	31	2Cr12MoVNbN	850~950°C 缓冷	1 100~1 170°C 油冷或空冷	600 以上空冷	≤269	685	835	15	30	—	≤321
	32	1Cr12WMoV	—	1 000~1 050°C 油冷	680~700°C 空冷	—	585	735	15	45	47	—
	33	2Cr12NiMoWV	830~900°C 缓冷	1 020~1 070°C 油冷或空冷	600°C 以上空冷	≤260	735	885	10	25	—	≤341
	34	1Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	950~1 000°C 油冷	700~750°C 快冷	≤200	345	540	25	55	78	≥150
马氏体型	35	1Cr13Mo	830~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	970~1 020°C 油冷	650~750°C 快冷	≤200	490	685	20	60	78	≥192
	36	2Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	920~980 油冷	600~750 快冷	≤223	440	635	20	50	63	≥192
	37	1Cr17Ni12	—	950~1 050°C 油冷	275~350°C 空冷	≤285	—	1080	10	—	39	—
	38	1Cr11Ni2W2MoV	—	1 组 1 000~1 202°C 正火 1 000~1 020°C 油冷或空冷 2 组 1 000~1 020°C 正火 1 000~1 020°C 油冷或空冷	660~710°C 油冷或空冷 540~600°C 油冷或空冷	≤269	735	885	15	55	71	269~321
							885	1080	12	50	55	311~388

表 3.1-89 沉淀硬化型耐热钢的热处理制度及其力学性能 (摘自 GB/T1221—1992)

类型	序号	牌 号	热 处 理		拉 伸 试 验				冲击试验	硬度试验	
			种 类	条 件	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$A_K$ /J	HBS	HRC
沉 淀 硬 化 型	39	0Cr17Ni14Cu4Nb	固溶	1 020~1 060°C 快冷					--	≤363	≤38
			480°C 时效	经固溶处理后, 470~490°C 空冷	≥1 180	≥1310	≥10	≥40	--	≥375	≥10
			550°C 时效	经固溶处理后, 540~560°C 空冷	≥1 000	≥1 060	≥12	≥45	--	≥331	≥35
			580°C 时效	经固溶处理后, 570~590°C 空冷	≥865	≥1 000	≥13	≥45	--	≥302	≥31
			620°C 时效	经固溶处理后, 610~630°C 空冷	≥725	≥930	≥16	≥50	--	≥277	≥28
40	0Cr17Ni7Al	固溶	1 000~1 100°C 快冷	≥380	≥1 030	≥20	--	--	≤229	--	
		565°C 时效	经固溶处理后, 760°C ±15°C 保持 90min, 在 1h 冷却到 15°C 以下, 保持 30min, 再加热到 565°C ±10°C 保持 70min, 空冷	≥960	≥1 140	≥5	≥25	--	≥363	--	
		510°C 时效	经固溶处理后, 955°C ±10°C 保持 10min, 空冷到室温, 在 24h 内冷却到 -73°C ±6°C 保持 8h, 再加热到 510°C ±10°C, 保持 60 min 后空冷	≥1 030	≥1 230	≥4	≥10	--	≥388	--	

表 3.1-90 耐热钢棒的尺寸规格 (摘自 GB/T1221—1992)

品种	精度等级	尺寸允许偏差		弯 曲 度	
		1 组	1 组	1 组	1 组
热 轧	圆、方钢 GB/T 702	1 组	2 组	1 组	2 组
	扁钢 GB/T 704	较高级	普通级	较高级	普通级
	六角钢 GB/T 705 八角钢	1 组	2 组	1 组	2 组
锻 制	圆、方钢 GB/T 908	1 组	2 组	每米长度 ≤4mm 全长不大于总长度的 0.4%	
	扁钢 YB/T 201	按标准规定		按标准规定	

表 3.1-91 耐热钢的高温力学性能

牌号	材料 状态	试验 温度 /°C	热 处 理	高温短时间力学性能						高温长时间力学性能					
				$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$\alpha_K$ /kJ·m <sup>2</sup>	HBS	蠕变强度/MPa			持久强度/MPa		
										$\sigma_1/10^3$	$\sigma_1/10^4$	$\sigma_1/10^5$	$\sigma_b/10^3$	$\sigma_b/10^4$	$\sigma_b/10^5$
1Cr13	调质	20	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	610	410	22	60	1100	--	--	--	--	--	--	--
		20	1030~1050°C 淬油, 680~700°C 回火空冷	711	583	21.7	67.9	1530	--	--	--	--	--	--	--
		100	--	680	520	14	--	--	--	--	--	--	--	--	
		200	--	640	490	12	--	--	--	--	--	--	--	--	
		200	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	540	370	16	60	--	--	--	--	--	--	--	

(续)

牌号	材料状态	试验温度 /°C	热 处 理	高温短时间力学性能					高温长时间力学性能							
				$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	$\alpha_K /$	HBS	蠕变强度/MPa			持久强度/MPa			
				/MPa	/MPa	(%)	(%)	$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$		$\sigma_1/10^3$	$\sigma_1/10^4$	$\sigma_1/10^5$	$\sigma_b/10^3$	$\sigma_b/10^4$	$\sigma_b/10^5$	
1Cr13	调质	300	—	600	480	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		300	1030~1050°C 淬油, 680~700°C 回火空冷	657	564	14.1	66	1890	—	—	—	—	—	—	—	—
		400	—	560	430	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		400	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	500	370	16.5	58	2000	—	123	—	—	—	—	—	—
		430	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300	210	—	—
		450	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	105	—	—	—	—	—
		470	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300	260	220	—
		500	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	370	280	18	64	2400	—	—	95	57	270	220	190	—
		500	1030~1050°C 淬油, 680~700°C 回火空冷	534	453	17.3	69.5	1930	—	—	—	—	—	—	—	—
		500	—	420	300	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		530	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	230	190	160	—
		550	1030~1050°C 淬油, 680~700°C 回火空冷	455	428	19.8	73.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		600	1030~1050°C 淬油, 750°C 回火	230	180	18	70	2250	—	—	—	—	—	—	—	—
		600	1030~1050°C 淬油, 680~700°C 回火空冷	330	320	27.3	85.2	1950	—	—	—	—	—	—	—	—
		700	—	100	70	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	800	—	40	10	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1Cr6Mo	退火	30	860°C 炉冷	470	180	39	80	—	≤163	—	—	—	—	—	—	—
		400	860°C 炉冷	365	145	3	77	—	≤163	—	—	—	—	—	—	—
		450	860°C 炉冷	—	—	—	—	—	—	120	—	—	—	—	—	—
		480	860°C 炉冷	335	140	28	77	—	≤163	—	106	81	—	—	—	—
		500	860°C 炉冷	—	—	—	—	—	—	—	90~100	80	—	140	114	—
		540	860°C 炉冷	310	120	28	74	—	≤163	—	71	53	—	—	—	—



(续)

牌号	材料状态	试验温度 /°C	热 处 理	高温短时间力学性能					高温长时间力学性能						
				$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$a_K$ / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	HBS	蠕变强度/MPa			持久强度/MPa		
										$\sigma_1/10^3$	$\sigma_1/10^4$	$\sigma_1/10^5$	$\sigma_b/10^4$	$\sigma_b/10^4$	$\sigma_b/10^5$
1Cr5Mo	退火	550	860°C 炉冷	—	—	—	—	—	—	—	45	—	92	71	
		550	860°C 炉冷	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	50~40	
		575	860°C 炉冷	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74	57	
		590	860°C 炉冷	240	105	38	87	—	≤163	—	—	—	—	—	
		600	860°C 炉冷	—	—	—	—	—	—	40	20	—	50	45	
		650	860°C 炉冷	180	75	46	91	—	≤163	—	21	12	—	20	
		705	860°C 炉冷	135	70	65	95	—	≤163	—	13	6	—	10	
		760	860°C 炉冷	90	50	65	96	—	≤163	—	—	—	—	—	
	正火, 回火	25	900°C 空冷, 540°C 回火, 6h	1270	1205	17	61	—	353	—	—	—	—	—	
		315	900°C 空冷, 540°C 回火, 6h	1345	1045	13	51.3	—	—	—	—	—	—	—	
		425	900°C 空冷, 540°C 回火, 6h	1250	990	14	55.4	—	—	—	—	—	—	—	
		500	1000°C 空冷, 700°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	228	190	
		525	1000°C 空冷, 700°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	128	
		540	900°C 空冷, 540°C 回火, 6h	905	790	13.5	52.5	—	—	—	—	—	—	—	
		550	1000°C 空冷, 700°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	120	88	
	575	1000°C 空冷, 700°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92	68		
	600	1000°C 空冷, 700°C 回火	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	53		
调质	25	900°C 淬油, 540°C 回火, 6h	1235	1190	17	64.5	—	341	—	—	—	—	—		
	315	900°C 淬油, 540°C 回火, 6h	1170	935	15	55.5	—	—	—	—	—	—	—		
	425	900°C 淬油, 540°C 回火, 6h	1090	900	16.5	60	—	—	—	—	—	—	—		
	540	900°C 淬油, 540°C 回火, 6h	820	690	16.5	62	—	—	—	—	—	—	—		

(续)

牌号	材料状态	试验温度 / °C	热 处 理	高温短时间力学性能						高温长时间力学性能					
				$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	$a_K /$	HBS	蠕变强度 / MPa			持久强度 / MPa		
				/MPa	/MPa	(%)	(%)	$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$		$\sigma_1 / 10^3$	$\sigma_1 / 10^4$	$\sigma_1 / 10^5$	$\sigma_b / 10^4$	$\sigma_b / 10^4$	$\sigma_b / 10^5$
1Cr11MoV	调质	20	1050°C 空冷, 680°C 回火空冷	856	739	17.4	67.7	580	—	—	—	—	—	—	—
		20	1050°C 空冷, 740°C 回火	745	580	19	66	1500	—	—	—	—	—	—	
		20	1050°C 淬油或淬空气, 720~740°C 回火空冷	700	500	15	—	500	—	—	—	—	—	—	
		400	1050°C 淬油或淬空气, 720~740°C 回火空冷	560	420	15	—	800	—	—	—	—	—	—	
		500	1050°C 淬油或淬空气, 720~740°C 回火空冷	480	400	15	—	800	—	—	—	—	—	—	
		500	1050°C 空冷, 680°C 回火空冷	494	366	14.2	79.4	1840	—	—	—	260	196 208	152 170	
		550	1050°C 空冷, 740°C 回火	540	450	16.5	66	—	—	—	90	240	200	130 150	
1Cr12W2MoV	调质	580	1100°C 淬油, 680~700°C 回火, 空或油冷	—	—	—	—	—	—	—	5.5	—	—	120	
4Cr9Si2	调质	20	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	900	650	20	58	—	—	—	—	—	—	—	
		200	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	840	560	18	64	—	—	—	—	—	—	—	
		300	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	800	530	17.6	63	—	—	—	—	—	—	—	
		400	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	800	460	18	62	—	—	—	—	—	—	—	
		475	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	—	—	—	—	—	—	—	130	116	—	—	
		500	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	600	420	17.5	65	—	—	—	110	95	—	—	
		550	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	—	—	—	—	—	—	—	58	60	—	—	
		600	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	530	400	17.5	80	—	—	—	27	20	—	—	
		700	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	220	170	18.5	92	—	—	—	—	—	—	—	
		800	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	80	50	22	92	—	—	—	—	—	—	—	
1000	1100°C 淬油, 800°C 回火油冷	60	30	26	87	—	—	—	—	—	—	—			

(续)

牌号	材料状态	试验温度 /°C	热 处 理	高温短时间力学性能					高温长时间力学性能						
				$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	$\alpha_{K1}$	HBBS	蠕变强度/MPa			持久强度/MPa		
				/MPa	/MPa	(%)	(%)	$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$		$\sigma_r/10^3$	$\sigma_1/10^4$	$\sigma_1/10^5$	$\sigma_b/10^3$	$\sigma_b/10^4$	$\sigma_b/10^5$
4Cr10Si2Mo	调质	20	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	960	680	19	40.5	300	—	—	—	—	—	—	—
		100	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	861	580	13.5	25.5	—	—	—	—	—	—	—	
		200	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	83.5	520	17.5	39	700	—	—	—	—	—	—	
		300	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	850	530	14.5	35.5	830	—	—	—	—	—	—	
		400	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	780	490	13	24	870	—	—	—	—	—	—	
		500	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	680	465	21	41	890	—	—	200	130	300	220	160
		550	—	—	—	—	—	—	—	110	100	40	170	130	90
		600	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	440	375	30	70.5	—	—	—	50	20	—	—	—
	700	1100°C 淬油, 800°C 回火水冷	225	205	41	91.5	1150	—	—	—	—	—	—	—	
1Cr18Ni9Ti	固溶或固溶、时效	20	1050°C 淬水或淬空气	620	280	41	63	—	—	—	—	—	—	—	—
		20	1050~1100°C 空冷 <sup>①</sup>	577	244	69.7	79.6	2800	—	—	—	—	—	—	—
		20	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	655	310	55	75.5	2500	—	—	—	—	—	—	—
		200	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	465	205	38	70	3700	—	—	—	—	—	—	—
		300	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	460	220	29	66	3350	—	—	—	—	—	—	—
		300	1050°C 淬水或淬空气	460	200	31	65	—	—	—	—	—	—	—	—
		400	1050°C 淬水或淬空气	450	180	31	65	—	—	—	—	—	—	—	—
		400	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	445	220	26.5	64	3170	—	—	—	—	—	—	—
		500	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	430	210	30	64.5	3650	—	—	—	—	—	—	—
		500	1050°C 淬水或淬空气	450	180	29	65	—	—	—	—	—	—	—	—
		550	1050~1100°C 空冷 <sup>①</sup>	436	144	37.3	66.2	2880	—	—	—	—	—	—	—
		550	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	455	180	40.5	61	3650	—	—	—	—	240~290	190~240	140~200
		600	1130~1160°C 淬水, 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	360	210	28.5	64.5	3600	—	—	150	75~80	180~220	130~170	90~130
600	1050°C 淬水或淬空气	400	180	25	61	—	—	—	—	—	—	—	—		

(续)

牌号	材料状态	试验温度 / °C	热 处 理	高温短时间力学性能					高温长时间力学性能							
				$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	$\alpha_K$ / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	HBS	蠕变强度/MPa			持久强度/MPa			
										$\sigma_1/10^3$	$\sigma_1/10^4$	$\sigma_1/10^5$	$\sigma_b/10^3$	$\sigma_b/10^4$	$\sigma_b/10^5$	
1Cr18Ni9Ti	固溶或固溶、时效	600	1050~1100°C 空冷 <sup>①</sup>	378	183	31	62.5	3030	—	—	200	76	—	—	—	
		650	1050~1100°C 空冷 <sup>①</sup>	408	132	34.6	65.6	2920	—	—	—	—	—	—	—	
		650	1050~1100°C 空冷 <sup>①</sup>	366	133	20	58.8	3200	—	—	—	—	—	—	—	
		650	1130~1160°C 淬水， 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	355	195	30	68.3	3550	—	—	—	—	110~140	60~100	40~70	
		700	1130~1160°C 淬水， 800°C 时效 10h 或 700°C 时效 20h	275	210	29.5	57.5	3400	—	—	—	—	70~120	50~70	30~50	
		700	1050°C 淬水或淬空气	280	160	26	59	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		800	1050°C 淬水或淬空气	180	100	35	59	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4Cr14Ni14W2Mo	固溶并时效	550	1175°C 淬水，750°C 时效 5h，700°C 时效 1000h	550	275	18	43	—	—	—	—	—	—	—	—	
		600	1175°C 淬水，750°C 时效 5h	501	256	15.6	26.3	670	—	—	180	80	220	180	150	
		600	1175°C 淬水， 750°C 时效 5h	570	270	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		600	550°C 时效 1000h 600°C 时效 1000h 700°C 时效 1000h	570	315	21	19	—	—	—	—	—	—	—	—	
		600		490	260	20	46	—	—	—	—	—	—	—	—	
		650	1175°C 淬水， 750°C 时效 5h	448	241	12.6	24.9	750	—	175	80	40	170	130	100	
		650	1175°C 淬水， 750°C 时效 5h	550	270	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		650	550°C 时效 1000h 600°C 时效 1000h 700°C 时效 1000h	485	300	18.5	24	—	—	—	—	—	—	—	—	
		650		480	275	20	43	—	—	—	—	—	—	—	—	
		700	1175°C 淬水， 750°C 时效 5h	345	223	10.5	22	790	—	90	37	16	78	23	—	
		700	1175°C 淬水， 750°C 时效 5h	410	250	26.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		700	550°C 时效 1000h 600°C 时效 1000h 700°C 时效 1000h	410	285	25	30	—	—	—	—	—	—	—	—	
		700		400	260	17	39	—	—	—	—	—	—	—	—	
750	1175°C 淬水， 750°C 时效 5h	288	201	8.8	17.5	830	—	—	—	—	—	—	—			

注：本表数据供参考之用。

① 管材  $\phi 219\text{mm} \times 12\text{mm}$ 。

表 3.1-92 耐热钢的物理性能

牌号	密度 /g· cm <sup>-3</sup>	熔点 /°C	比热容 $c$ (20°C) /j·(g· °C) <sup>-1</sup>	电阻率 $\rho$ (20 °C)/Ω· mm <sup>2</sup> ·m <sup>-1</sup>	在下列温度间(°C), 线膨胀系数 $\alpha$ /10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>									在下列温度下, 热导率 $\lambda$ /W·(m·°C) <sup>-1</sup>									
					20~ 100	20~ 200	20~ 300	20~ 400	20~ 500	20~ 600	20~ 700	20~ 800	20~ 900	20~ 1000	20	100	200	300	400	500	600	700	800
5Cr21Mn9Ni4N	7.72	-	0.50	0.079	12.2	14.5	15.7	16.5	17.1	17.6	18.1	18.6	-	14.2	-	-	-	-	-	-	24.7	-	
2Cr22Ni11N	7.97	1371 ~1399	-	0.085	14.8	-	15.8	-	17.3	-	18.6	19.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2Cr23Ni13	7.9	1398~ 1454	0.50	0.78	16.0	17.0	-	-	18.0	-	-	18.5	-	18.5	-	-	-	18.8	-	21.8	-	-	
2Cr25Ni20	7.72	1371~ 1427	0.50	0.95	15.5	-	16.5	-	17.5	-	-	18.5	-	14.7	-	-	-	-	-	18.8	-	-	
0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	7.95	-	-	-	15.3	16.1	16.9	17.5	18.2	18.9	19.4	20.6	-	12.1	14.9	-	-	17.4	-	20.1	22.6	23.9	
0Cr23Ni13	8.03	1398~ 1454	0.50	0.78	14.9	-	16.7	-	17.3	18.0	-	-	-	15.5	15.5	-	-	-	-	18.8	-	-	
0Cr25Ni20	8.03	1398~ 1454	0.50	0.88	15.8	-	16.2	-	16.9	17.5	-	-	-	12.1	14.2	-	-	-	-	18.8	-	-	
0Cr17Ni12Mo2	7.9	1371~ 1398	0.50	0.75	16.0	-	16.2	-	17.5	18.5	-	-	-	-	19.7	20.5	21.4	23.0	24.3	25.1	-	-	
4Cr14Ni14W2Mo	8.0	-	①	-	16.6	17.2	17.7	17.9	18.0	18.6	18.9	-	-	-	15.9	17.6	19.3	20.5	22.2	23.9	25.5	27.6	30.1
3Cr18Mn12Si2N	-	-	-	-	15.28	17.69	18.91	19.67	21.11	22.11	21.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2Cr20Mn9Ni2Si2N	-	-	-	-	15.6	16.5	16.8	17.5	17.9	18.5	18.7	18.9	19.1	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0Cr19Ni13Mo3	8.03	1371~ 1399	0.46	0.74	16.0	-	16.2	-	17.5	18.5	-	-	-	16.3	-	-	-	-	-	21.4	-	-	-
1Cr18Ni9Ti	7.9	-	-	0.73	16.6	17.0	17.2	17.5	17.9	18.2	18.5	-	-	-	16.3	17.6	18.8	21.4	23.0	24.7	26.8	-	-
0Cr18Ni11Ti	8.03	1398~ 1427	0.46	0.72	16.7	-	17.1	-	18.5	19.3	-	-	-	15.9	15.9	-	-	-	-	22.2	-	-	-
0Cr18Ni11Nb	7.9	1398~ 1427	0.50	0.75	16.5	17.5	18.0	18.5	19.0	-	-	-	-	-	15.9	17.6	19.3	20.5	22.5	23.0	-	-	-
2Cr25N	7.50	1427~ 1510	0.46	0.64	10.4	-	-	-	-	0~6 11.5	49	-	-	18.0	20.9	-	-	-	-	-	-	-	-

(续)

牌号	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	熔点 /°C	比热容 (20°C) /J·(g·°C) <sup>-1</sup>	电阻率 ρ(20°C) /Ω·mm <sup>2</sup> ·m <sup>-1</sup>	在下列温度间, 线胀系数 α/10 <sup>-6</sup> ·°C <sup>-1</sup>										在下列温度下, 热导率 λ/W·(m·°C) <sup>-1</sup>																										
					20~100	20~200	20~300	20~400	20~500	20~600	20~700	20~800	20~900	20~1000	20~20	20~100	20~200	20~300	20~400	20~500	20~600	20~700	20~800	20~900																	
0Cr13Al	7.75	-	0.46	-	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.8	27.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
1Cr17	7.72	1427~1510	0.46	0.60	10.0	10.0	10.5	10.5	11.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.1	26.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
1Cr5Mo	7.76	-	-	-	(0~425)	12.3	12.5	(0~485)	(0~540)	(0~650)	(0~705)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4Cr9S2	7.63	-	0.473	③	11.5	11.5	12.3	14.0	14.4	14.5	14.4	16.1	9.6	-	-	-	-	-	-	-	16.7	20.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.2		
4Cr10Si2Mo	7.62	-	-	-	10.4	11.0	11.4	11.9	12.1	12.4	12.6	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	19.7	21.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.1		
8Cr20Si2Ni	7.86	1427~1454	-	-	9.6	10.6	11.0	11.3	11.5	11.6	11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.2		
1Cr11MoV	7.75	-	-	-	-	11.4	-	-	11.9	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1Cr12WMoV	7.85	-	-	-	10.5~10.5	10.5~10.7	10.7	11.0~11.2	11.6~11.6	11.5	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.7	
1Cr13	7.7	1500~1530	-	-	10.5	11.0	11.5	12.0	12.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.1	25.9	26.8	28.1	28.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.1	
1Cr17Ni2	7.72	-	0.46	0.70	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.9	21.8	22.6	23.4	24.3	25.1	26.0	26.8	28.1	29.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.9	
1Cr11Ni2W2MoV	7.8	-	-	-	11.0	11.3	11.6	12.0	12.3	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.9	22.2	23.9	25.5	27.1	28.1	28.5	28.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.9
0Cr17Ni-	7.78	1400~	0.46	0.098	10.8	10.98	11.18	11.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4Cr4Nb	7.8	1440	-	0.77	10.8	11.16	11.36	11.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2	18.8	20.1	21.8	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0Cr17-Ni7Al	7.81	1415~1450	0.46	0.80	15.3	-	-	17.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
565°C时效	7.65	-	-	0.825	10.06	-	11.34	11.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
510°C时效	7.65	-	-	0.83	10.25	-	12.24	12.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

① 20~300°C: 0.507, 20~400°C: 0.511, 20~500°C: 0.523, 20~500°C: 0.528。

② 20°C: 0.473, 300°C: 0.490, 600°C: 0.913, 800°C: 0.858, 900°C: 0.984。

③ 100°C: 0.88, 200°C: 0.92, 500°C: 1.00, 600°C: 1.05, 800°C: 1.18。

表 3.1-93 耐热钢的特性及用途 (摘自 GB/T1221—1992)

序号	牌 号	特 性 和 应 用
1	5Cr21Mn9Ni4N	以经受高温强度为主的汽油及柴油机用排气阀
2	2Cr21Ni12N	以抗氧化为主的汽油及柴油机用排气阀
3	2Cr23Ni13	承受 980°C 以下反复加热的抗氧化钢。加热炉部件, 重油燃烧器
4	2Cr25Ni20	承受 1035°C 以下反复加热的抗氧化钢, 炉用部件、喷嘴、燃烧室
5	1Cr16Ni35	抗渗碳, 渗氮性大的钢种, 1035°C 以下反复加热。炉用钢料、石油裂解装置
6	0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	耐 700°C 高温的汽轮机转子, 螺栓、叶片、轴
7	0Cr18Ni9	通用抗氧化钢, 可承受 870°C 以下反复加热
8	0Cr23Ni13	比 0Cr18Ni9 抗氧化性好, 可承受 980°C 以下反复加热。炉用材料
9	0Cr25Ni20	比 0Cr23Ni13 抗氧化性好, 可承受 1035°C 加热。炉用材料, 汽车净化装置用材料
10	0Cr17Ni12Mo2	高温具有优良的蠕变强度, 作热交换用部件, 高温耐蚀螺栓
11	4Cr14Ni14W2Mo	有较高的热强性, 用于内燃机重负荷排气阀
12	3Cr18Mn12Si2N	有较高的高温强度和一定的抗氧化性, 并且有较好的抗硫及抗增碳性。用于吊挂支架, 渗碳炉构件、加热炉传送带、料盘、炉爪
13	2Cr20Mn9Ni2N	特性和用途同 3Cr18Mn12Si2N, 还可用作盐浴坩埚和加热炉管道等
14	0Cr19Ni13Mo3	高温具有良好的蠕变强度, 作热交换用部件
15	1Cr18Ni9Ti	有良好的耐热性及抗腐蚀性, 作加热炉管、燃烧室筒体、退火炉罩
16	0Cr18Ni10Ti	作在 400~900°C 腐蚀条件下使用的部件, 高温用焊接结构部件
17	0Cr18Ni11Nb	作在 400~900°C 腐蚀条件下使用的部件, 高温用焊接结构部件
18	0Cr18Ni13Si4	具有与 0Cr25Ni20 相当的抗氧化性, 汽车排气净化装置用材料
19	1Cr20Ni14Si2	具有较高的高温强度及抗氧化性, 对含硫气氛较敏感, 在 600~800°C 有析出相的脆化倾向, 适于制作承受应力的各种炉用构件
20	1Cr25Ni20Si2	
21	2Cr25N	耐高温腐蚀性强, 1082°C 以下不产生易剥落的氧化皮, 用于燃烧室
22	0Cr13Al	由于冷却硬化少, 作燃气透平压缩机叶片、退火箱、淬火台架
23	00Cr12	耐高温氧化, 作要求焊接的部件, 汽车排气阀净化装置、锅炉燃烧室、喷嘴
24	1Cr17	在 900°C 以下耐氧化部件, 散热器, 炉用部件、油喷嘴
25	1Cr15Mo	能抗石油裂化过程中产生的腐蚀。作再热蒸汽管、石油裂解管、锅炉吊架、汽轮机气缸衬套、泵的零件、阀、活塞杆、高压加氢设备部件、紧固件
26	4Cr9Si2	有较高的热强性, 作内燃机进气阀, 轻负荷发动机的排气阀
27	4Cr10Si2Mo	有较高的热强性, 作内燃机进气阀, 轻负荷发动机的排气阀
28	8Cr20Si2Ni	作耐磨性为主的吸气、排气阀、阀座
29	1Cr11MoV	有较高的热强性, 良好的减震性及组织稳定性。用于透平叶片及导向叶片
30	1Cr12Mo	作汽轮机叶片
31	2Cr12MoVNbN	作汽轮机叶片、盘、叶轮轴、螺栓
32	1Cr12WMoV	有较高的热强性、良好的减震性及组织稳定性。用于透平叶片、紧固件、转子及轮盘
33	2Cr12NiMoWV	作高温结构部件, 汽轮机叶片、盘叶轮轴、螺栓
34	1Cr13	作 800°C 以下耐氧化用部件
35	1Cr13Mo	作汽轮机叶片、高温、高压蒸汽用机械部件

(续)

序号	牌 号	特 性 和 应 用
36	2Cr13	淬火状态下硬度高, 耐腐蚀性良好。汽轮机叶片
37	1Cr17Ni2	作具有较高程度的耐硝酸及有机酸腐蚀的零件、容器和设备
38	1Cr11Ni2W2MoV	具有良好韧性和抗氧化性能, 在淡水和湿空气中有较好的耐腐蚀性
39	0Cr17Ni4Cu4Nb	作燃气透平压缩机叶片、燃气透平发动机绝缘材料
40	0Cr17Ni7Al	作高温弹簧、膜片、固定器、波纹管

3.4.2 不锈钢 (见表 3.1-94~表 3.1-99)

表 3.1-94 不锈钢牌号及化学成分 (摘自 GB/T1220—1992)

类型	序号	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其 他
奥 氏 体 型	1	1Cr17Mn- 6Ni5N	≤0.15	≤1.00	5.50~ 7.50	≤0.060	≤0.030	3.50~ 5.50	16.00~ 18.00	—	—	≤0.25	—
	2	1Cr18Mn8- Ni5N	≤0.15	≤1.00	7.50~ 10.00	≤0.060	≤0.030	4.00~ 6.00	17.00~ 19.00	—	—	≤0.25	—
	3	1Cr18Mn10Ni- 5Mo3N	≤0.10	≤1.00	8.50~ 12.00	≤0.060	≤0.030	4.00~ 6.00	17.00~ 19.00	2.8~ 3.5	—	0.20~ 0.30	—
	4	1Cr17Ni7	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	6.00~ 8.00	16.00~ 18.00	—	—	—	—
	5	1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~ 10.00	17.00~ 19.00	—	—	—	—
	6	Y1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≥0.15	8.00~ 10.00	17.00~ 19.00	①	—	—	—
	7	Y1Cr18Ni9Se	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≤0.060	8.00~ 10.00	17.00~ 19.00	—	—	—	Se≥0.15
	8	0Cr18Ni9	≤0.07	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~ 11.00	17.00~ 19.00	—	—	—	—
	9	00Cr19Ni10	≤ 0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~ 12.00	18.00~ 20.00	—	—	—	—
	10	0Cr19Ni9N	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	7.00~ 10.50	18.00~ 20.00	—	—	0.10~ 0.25	—
	11	0Cr19Ni- 10NbN	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	7.50~ 10.50	18.00~ 20.00	—	—	0.15~ 0.30	Nb≤0.15
	12	00Cr18Ni10N	≤ 0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.50~ 11.50	17.00~ 19.00	—	—	0.12~ 0.22	—
	13	1Cr18Ni12	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.50~ 13.00	17.00~ 19.00	—	—	—	—
	14	0Cr23Ni13	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~ 15.00	22.00~ 24.00	—	—	—	—
	15	0Cr25Ni20	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	19.00~ 22.00	24.00~ 26.00	—	—	—	—
	16	0Cr17Ni- 12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~ 14.00	16.00~ 18.50	2.00~ 3.00	—	—	—
	17	1Cr18Ni- 12Mo2Ti®	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~ 14.00	16.00~ 19.00	1.80~ 2.50	—	—	Ti5×(C%- 0.02)~0.80
	18	0Cr18Ni- 12Mo2Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~ 14.00	16.00~ 19.00	1.80~ 2.50	—	—	Ti5×C% 0.70



(续)

类型	序号	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其 他
奥氏体 型	19	00Cr17Ni-14Mo2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~15.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	—
	20	0Cr17Ni-12Mo2N	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	0.10~0.22	—
	21	00Cr17Ni-13Mo2N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.50~14.50	16.00~18.50	2.00~3.00	—	0.12~0.22	—
	22	0Cr18Ni-12Mo2Cu2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	10.00~14.50	17.00~19.00	1.20~2.75	1.00~2.50	—	—
	23	00Cr18Ni-14Mo2Cu2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	12.00~16.00	17.00~19.00	1.20~2.75	1.00~2.50	—	—
	24	0Cr19Ni-13Mo3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—	—	—
	25	00Cr19Ni-13Mo3	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~15.00	18.00~20.00	3.00~4.00	—	—	—
	26	1Cr18Ni-12Mo3Ti <sup>①</sup>	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	2.50~3.50	—	—	Ti5×(C%-0.02)~0.80
	27	0Cr18Ni-12Mo3Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.00~14.00	16.00~19.00	2.50~3.50	—	—	Ti5×C%-0.70
	28	0Cr18Ni16Mo5	≤0.040	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	15.00~17.00	16.00~19.00	4.00~6.00	—	—	—
	29	1Cr18Ni9Ti <sup>②</sup>	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.00~11.00	17.00~19.00	—	—	—	Yi5 (C%-0.02)~0.80
	30	0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~12.00	17.00~19.00	—	—	—	Ti≥5×C%
	31	0Cr18Ni11Nb	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	9.00~13.00	17.00~19.00	—	—	—	Nb≥10×C%
32	0Cr18Ni9Cu3	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.50~10.50	17.00~19.00	—	3.00~4.00	—	—	
33	0Cr18Ni13Si4	≤0.08	3.00~5.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	11.50~15.00	15.00~20.00	—	—	—	②	
奥氏体、铁素体型	34	0Cr26Ni5Mo2	≤0.08	≤1.00	≤1.50	≤0.35	≤0.30	3.00~6.00	23.00~28.00	1.00~3.00	—	—	②
	35	1Cr18Ni11Si-4AlTi	0.10~0.18	3.40~4.00	≤0.80	≤0.035	≤0.030	10.00~12.00	17.50~19.50	—	—	—	Al0.10~0.30 Ti0.40~0.70
	36	00Cr18Ni5Mo-3Si2	≤0.030	1.30~2.00	1.00~2.00	≤0.035	≤0.030	4.50~5.50	18.00~19.50	2.50~3.00	—	—	—
铁素体型	37	0Cr13Al	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~14.50	—	—	—	Al0.10~0.30
	38	00Cr12	≤0.030	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.00~13.00	—	—	—	—
	39	1Cr17	≤0.12	≤0.75	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	—	—	—	—
	40	Y1Cr17	≤0.12	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	16.00~18.00	①	—	—	—
	41	1Cr17Mo	≤0.12	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~18.00	0.75~1.25	—	—	—
	42	00Cr30Mo2 <sup>④</sup>	≤0.010	≤0.40	≤0.40	≤0.030	≤0.020	—	28.50~32.00	1.50~2.50	—	≤0.015	—
	43	00Cr27Mo <sup>⑤</sup>	≤0.010	≤0.40	≤0.40	≤0.030	≤0.020	—	25.00~27.50	0.75~1.50	—	≤0.015	—

(续)

类型	序号	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)													
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其 他			
马 氏 体 型	44	1Cr12	≤0.15	≤0.50	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~ 13.090							
	45	1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~ 13.50							
	46	0Cr13	≤0.08	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~ 13.50							
	47	Y1Cr13	≤0.15	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.15	③	12.00~ 14.00	①						
	48	1Cr13Mo	0.08~ 0.18	≤0.60	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	11.50~ 14.00	0.30~ 0.60						
	49	2Cr13	0.16~ 0.25	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~ 14.00	-						
	50	3Cr13	0.26~ 0.35	≤1.00	≤1.00	≤0.0035	≤0.030	③	12.00~ 14.00							
	51	Y3Cr13	0.26~ 0.40	≤1.00	≤1/25	≤0.060	≥0.15	③	12.00~ 14.00	①						
	52	3Cr13Mo	0.28~ 0.35	≤0.80	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	12.00~ 14.00	0.50~ 1.00	-	-	-	-	-	-
	53	4Cr13	0.36~ 0.45	≤0.60	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	12.00~ 14.00	-						
	54	1Cr17Ni2	0.11~ 0.17	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	1.50~ 2.50	16.00~ 18.00	-						
	55	7Cr17	0.60~ 0.75	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~ 18.00	④						
	56	8Cr17	0.75~ 0.95	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~ 18.00	④						
	57	9Cr18	0.90~ 1.00	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	17.00~ 19.00	④						
	58	11Cr17	0.95~ 1.20	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	③	16.00~ 18.00	④						
	59	Y11Cr17	0.95~ 1.20	≤1.00	≤1.25	≤0.060	≥0.19	③	16.00~ 18.00	④						
60	9Cr18Mo	0.95~ 1.10	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	16.00~ 18.00	0.40~ 0.70	-	-	-	-	-	-	
61	9Cr18MoV	0.85~ 0.95	≤0.80	≤0.80	≤0.035	≤0.030	③	17.00~ 19.00	1.00~ 1.30	-	-	-	-	-	VO.07~0.12	
沉 淀 硬 化 型	62	0Cr17Ni4Cu- 4Nb	≤0.07	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	3.00~ 5.00 6.50~	15.50~ 17.50 16.00~	-	3.00~ 5.00	-	-	-	Nb0.15~0.45	
	63	0Cr17Ni7Al	≤0.09	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	7.75 6.50~	18.00 14.00~	-	≤0.50	-	-	-	Al0.75~1.50	
	64	0Cr15Ni7Mo- 2Al	≤0.09	≤1.00	≤1.00	≤0.035	≤0.030	6.50~ 7.50	14.00~ 16.00	2.00~ 3.00	-	-	-	-	Al0.75~1.50	

- ① 可加入小于等于0.60%钼;
- ② 必要时,可添加上表以外的合金元素;
- ③ 允许含有小于等于0.60%镍;
- ④ 可以加入小于等于0.75%钨;
- ⑤ 00Cr30Mo2、00Cr27Mo 允许含有小于等于0.50%镍,小于等于0.20%铜,而Ni+Cu≤0.50%,必要时,可添加上表以外的合金元素。
- ⑥ 此牌号除专用外,一般情况下不推荐使用。

表 3.1-95 不锈钢奥氏体型、奥氏体-铁素体型、铁素体型的  
的热处理制度及其力学性能 (摘自 GB/T1220—1992)

类型	序号	牌 号	热 处 理	拉 伸 试 验				冲击试验	硬 度 试 验		
				$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$		$A_k$	HBS	HRB
				/MPa	/MPa	(%)	(%)	不 小 于			
奥氏体型	1	1Cr17Mn6Ni5N	固溶 1010~1120°C 快冷	275	520	40	45	—	241	100	253
	2	1Cr18Mn8Ni5N	固溶 1010~1120°C 快冷	275	520	40	45	—	207	95	218
	3	1Cr18Mn10Ni5Mo3N	固溶 1010~1130°C 快冷	345	685	45	65	—	—	—	—
	4	1Cr17Ni7	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	5	1Cr18Ni9	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	6	Y1Cr18Ni9	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	50	—	187	90	200
	7	Y1Cr18Ni9Se	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	50	—	187	90	200
	8	0Cr18Ni9	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	9	00Cr19Ni10	固溶 1010~1150°C 快冷	177	480	40	60	—	187	90	200
	10	0Cr19Ni9N	固溶 1010~1150°C 快冷	275	550	35	50	—	217	95	220
	11	0Cr19Ni10NbN	固溶 1010~1150°C 快冷	345	685	35	50	—	250	100	260
	12	00Cr18Ni10N	固溶 1010~1150°C 快冷	245	550	40	50	—	217	95	220
	13	1Cr18Ni12	固溶 1010~1150°C 快冷	177	480	40	60	—	187	90	200
	14	0Cr23Ni13	固溶 1030~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	15	0Cr25Ni20	固溶 1030~1180°C 快冷	205	520	40	50	—	187	90	200
	16	0Cr17Ni12Mo2	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	17	1Cr18Ni12Mo2Ti	固溶 1000~1100°C 快冷	205	530	40	55	—	187	90	200
	18	0Cr18Ni2Mo2Ti	固溶 1000~1100°C 快冷	205	530	40	55	—	187	90	200
	19	00Cr17Ni14Mo2	固溶 1010~1150°C 快冷	177	480	40	60	—	187	90	200
	20	0Cr17Ni12Mo2N	固溶 1010~1150°C 快冷	275	550	35	50	—	217	95	220
	21	00Cr17Ni13Mo2N	固溶 1010~1150°C 快冷	245	550	40	50	—	217	95	220
	22	0Cr18Ni12Mo2Cu2	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	23	00Cr18Ni14Mo2Cu2	固溶 1010~1150°C 快冷	177	400	40	60	—	187	90	200
	24	0Cr19Ni13Mo3	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	187	90	200
	25	00Cr19Ni13Mo3	固溶 1010~1150°C 快冷	177	480	40	60	—	187	90	200
	26	1Cr18Ni12Mo3Ti	固溶 1000~1100°C 快冷	205	530	40	55	—	187	90	200
	27	0Cr18Ni12Mo3Ti	固溶 1000~1100°C 快冷	205	530	40	55	—	187	90	200
	28	0Cr18Ni16Mo5	固溶 1030~1180°C 快冷	177	480	40	45	—	187	90	200
	29	1Cr18Ni9Ti	固溶 920~1150°C 快冷	205	520	40	50	—	187	90	200
	30	0Cr18Ni10Ti	固溶 920~1150°C 快冷	205	520	40	50	—	187	90	200
	31	0Cr18Ni11Nb	固溶 980~1150°C 快冷	205	520	40	50	—	187	90	200
	32	0Cr18Ni9Cu3	固溶 1010~1150°C 快冷	177	480	40	60	—	187	90	200
	33	0Cr18Ni13Si4	固溶 1010~1150°C 快冷	205	520	40	60	—	207	95	218
奥氏体、铁素体型	34	0Cr26Ni5Mo2	固溶 950~1100°C 快冷	390	590	18	40	—	277	29	292
	35	1Cr18Ni11Si4AlTi	固溶 930~1050°C 快冷	440	715	25	40	63	—	—	—
	36	00Cr18Ni5Mo3Si2	固溶 920~1150°C 快冷	390	590	20	40	—	—	30	300
铁素体型	37	0Cr13Al	退火 780~830°C 空冷或缓冷	177	410	20	60	78	183	—	—
	38	00Cr12	退火 700~820°C 空冷或缓冷	196	265	22	60	—	183	—	—
	39	1Cr17	退火 780~850°C 空冷或缓冷	205	450	22	50	—	183	—	—
	40	Y1Cr17	退火 680~820°C 空冷或缓冷	205	450	22	50	—	183	—	—
	41	1Cr17Mo	退火 780~850°C 空冷或缓冷	205	450	22	60	—	183	—	—

(续)

类型	序号	牌 号	热 处 理	拉 伸 试 验				冲 击 试 验	硬 度 试 验		
				$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_k$	HBS	HRB	HV
				/MPa /MPa (%) (%)				/J	不 大 于		
铁素 体型	42	00Cr30Mo2	退火 900~1050°C 快冷	295	450	20	45	—	228		
	43	00Cr27Mo	退火 900~1050°C 快冷	245	410	20	45	—	219		

注：1. 对于 0Cr18Ni10Ti、0Cr18Ni11Nb、1Cr18Ni9Ti、0Cr18Ni12Mo2Ti、0Cr18Ni12Mo3Ti 和 1Cr18Ni12Mo3Ti 根据需方要求可进行稳定化处理此时的热处理温度为 850~930°C，但必须在合同中注明。

2. 1Cr18Ni9Ti 与 0Cr18Ni10Ti、1Cr18Ni2Mo2Ti 与 0Cr18Ni12Mo2Ti、1Cr18Ni12Mo3Ti 与 0Cr18Ni12Mo3Ti 牌号，力学性能指标一致，需方可根据耐腐蚀性能的差别来选用。

表 3.1-96 不锈钢马氏体型钢的热处理制度及其力学性能 (摘自 GB/T1220 1992)

类 型	序 号	牌 号	热 处 理			退火后的 硬度 (HBS) 不大于	经 淬 回 火 的 力 学 性 能						
			退 火	淬 火	回 火		拉 伸 试 验				冲 击 试 验	硬 度 试 验	
							$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_k$	HBS	HRC
							/MPa /MPa (%) (%)				/J	不 小 于	
马 氏 体 型	44	1Cr12	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	950~1000°C 油冷	700~750°C 快冷	200	390	590	25	55	118	170	—
	45	1Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	950~1000°C 油冷	700~750°C 快冷	200	345	540	25	55	78	159	—
	46	0Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	950~1000°C 油冷	700~750°C 快冷	183	345	490	24	60	—	—	—
	47	Y1Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	950~1000°C 油冷	700~750°C 快冷	200	345	510	25	55	78	159	—
	48	1Cr13Mo	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	970~1020°C 油冷	650~750°C 快冷	200	490	685	20	60	78	192	—
	49	2Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	920~980°C 油冷	600~750°C 快冷	223	440	635	20	50	63	192	—
	50	3Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	920~980°C 油冷	600~750°C 快冷	235	540	735	12	40	24	217	—
	51	Y3Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	920~980°C 油冷	600~750°C 快冷	235	540	735	12	40	24	217	—
	52	3Cr13Mo	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	1025~1075°C 油冷	200~300°C 油、水、空冷	207	—	—	—	—	—	—	50
	53	4Cr13	800~900°C 缓冷 或约 750°C 快冷	1050~1100°C 油冷	200~300°C 空冷	201	—	—	—	—	—	—	50
54	1Cr17Ni2	680~700°C 高温回火空冷	950~1050°C 油冷	275~350°C 空冷	285	—	1080	10	—	39	—	—	

(续)

类型	序号	牌 号	热 处 理			退火后的 硬度 (HBS) 不大于	经 淬 回 火 的 力 学 性 能			
			退 火	淬 火	回 火		拉 伸 试 验		冲 击 试 验	硬 度 试 验
							$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ /MPa (%)	$\psi$ /MPa (%)	A <sub>K</sub> /J
马氏体	55	7Cr17	800~920°C 缓冷	1010~1070°C 油冷	100~180°C 快冷	255	不 小 于			54
	56	8Cr17	800~920°C 缓冷	1010~1070°C 油冷	100~180°C 快冷	255				— 56
	57	9Cr18	800~920°C 缓冷	1000~1050°C 油冷	200~300°C 油、空冷	255				— 55
	58	11Cr17	800~920°C 缓冷	1010~1070°C 油冷	100~180°C 快冷	269				— 58
	59	Y11Cr17	800~920°C 缓冷	1010~1070°C 油冷	100~180°C 快冷	269				— 58
	60	9Cr18Mo	800~900°C 缓冷	1000~1050°C 油冷	200~300°C 空冷	269				— 55
	61	9Cr18MoV	800~920°C 缓冷	1050~1075°C 油冷	100~200°C 空冷	269				— 55

表 3-1-97 不锈钢沉淀硬化型钢的热处理制度及其力学性能 (摘自 GB/T1220—1992)

类型	序号	牌 号	热 处 理		拉 伸 试 验				硬 度 试 验	
			种 类	条 件	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	HBS	HRC
沉 淀 硬 化 型	62	0Cr17Ni4Cu4Nb	固溶	1020~1060°C 快冷	—	—	—	—	≤363	≤38
			480°C 时效	经固溶处理后, 470~490°C 空冷	≥1180	≥1310	≥10	≥40	≥375	≥40
			550°C 时效	经固溶处理后, 540~560°C 空冷	≥1000	≥1060	≥12	≥45	≥331	≥35
			580°C 时效	经固溶处理后, 570~590°C 空冷	≥865	≥1000	≥13	≥45	≥302	≥31
			620°C 时效	经固溶处理后, 610~630°C 空冷	≥725	≥930	≥16	≥50	≥277	≥28
	63	0Cr17Ni7Al	固溶	1000~1100°C 快冷	≤380	≤1030	≥20	—	≤229	—
			565°C 时效	经固溶处理后, 于 (760±15)°C 保持 90min, 在 1h 内冷却到 15°C 以上, 保持 30min, 再加热到 (565±10)°C 保持 90min	≥960	≥1140	≥5	≥25	≥363	—
			510°C 时效	经固溶处理后, (955±10)°C 保持 10min, 空冷到室温, 在 24h 以内冷却到 (-73±6)°C, 保持 8h, 再加热到 (510±10)°C 保持 60min 后空冷	≥1030	≥1230	≥4	≥10	≥388	—
	64	0Cr15Ni7Mo2Al	固溶	1000~1100°C 快冷	—	—	—	—	≤269	—
			565°C 时效	经固溶处理后, 于 (760±15)°C 保持 90min, 在 1h 内冷却到 15°C 以下, 保持 30min 再加热到 (565±10)°C 保持 90min 空冷	≥1100	≥1210	≥7	≥25	≥375	—
			510°C 时效	经固溶处理后, 于 (955±10)°C 保持 10min, 空冷到室温在 24h 内冷却到 (-73±6)°C 保持 8h, 再加热到 (510±10)°C 保持 60min 后空冷	≥1210	≥1320	≥6	≥20	≥388	—

表 3.1-98 不锈钢的耐腐蚀性能

牌号	介质条件			腐蚀深度 /mm·a <sup>-1</sup>	介质条件			腐蚀深度 /mm·a <sup>-1</sup>	介质条件			腐蚀深度 /mm·a <sup>-1</sup>
	介质	质量分数 (%)	温度/°C		介质	质量分数 (%)	温度/°C		介质	质量分数 (%)	温度/°C	
0Cr18Ni12Mo2Ti	硝酸	1~3	20	<0.1	硫酸	0.5	20	<0.1	草酸	2.5	20	<0.1
		1~5	80	<0.1		1	20	<0.1		2.5	60	<0.1
		5	沸腾	<0.1		3	20	<0.1		2.5	沸	<0.1
		20	20~80	<0.1		40	20	<0.1		10	20	<0.1
		50	20~50	<0.1		80	20	0.1~1.0		10	沸	1.0~3.0
		50	80	<0.1		98	20	<0.1		50	沸	0.1~1.0
		50	沸	<0.1	亚硫酸	2	20	<0.1	氢氧化钾	25	沸	<0.1
		60	20~60	<0.1		20	20	<0.1		50	20	<0.1
		60	沸	0.1~1.0	氢氟酸	10	20	<0.1	50	沸	<0.1	
		65	20	<0.1		10	100	1.0~3.0	68	120	<0.1	
		65	85	<0.1	氢氧化钠	10~20	沸	<0.1	高锰酸钾	5~10	20	<0.1
		65	沸	0.1~1.0		30	100	<0.1		10	沸	<0.1
		90	20	<0.1		40	90	<0.1	盐酸	0.5		1.0~3.0
		90	70	0.1~1.0		50	90	<0.1		3		<0.1
		90	沸	1.0~3.0		50	100	<0.1		5		<0.1
		99	20	0.1~1.0		60	90	<0.1		10		0.1~1.0
99	沸	3.0~1.0	70	90	<0.1	30		3.0~10				
0Cr18Ni9	硝酸	1~5	20	<0.1	硫酸	0.4	36~40	0.0001	盐酸	0.5	20	0.1~1.0
		1~5	80	<0.1		2	20	0~0.014		0.5	沸腾	>10
		5	沸腾	<0.1		2	100	3.0~6.5		3	20	0.1~1.0
		20	20~80	<0.1		5	50	3.0~4.5		5	20	0.1~1.0
		50	20~50	<0.1		10~50	20	2.0~5.0		10	20	0.1~1.0
		50	80	<0.1		10~65	50~100	不可用		30	20	>10
		50	沸腾	<0.1	90~95	20	0.006~0.008	氢氟酸	10	20	0.1~1.0	
		60	20~60	<0.1	亚硫酸	2	20		<1.0	10	100	3.0~10
		60	沸腾	0.1~1.0		20	20	<0.1	氢氧化钠	10	90	<0.1
		65	20	<0.1	磷酸	1	20	<0.1		50	90	<0.1
		65	85	<0.1		1	沸腾	<0.1	50	100	0.1~0.1	
		65	沸腾	0.1~1.0	10	20	<0.1	高锰酸钾	90	300	1.0~3.0	
		90	20	<0.1	10	沸腾	<0.1		熔盐	318	3.0~10	
		90	70	0.1~1.0	氟化钠	40	100	0.1~1.0	5~10	20	<0.1	
		90	沸腾	1.0~3.0		65	80	<0.1	10	沸腾	<0.1	
		99	20	0.1~1.0		65	110	>10	苯	5	20	0.1~1.0
99	沸腾	3.0~10	80	60		<0.1	纯苯	20~沸		<0.1		
1Cr17	硝酸	5	20	<0.1	磷酸	10	20	<1.0	醋酸	10	20	<0.1
		5	沸	<0.1		10	沸	<1.0		10	100	1.0~3.0
		20	20	<0.1	硫酸	50	20	<1.0	5	20	>10.0	
		20	沸	<1.9								
		30	80	0.03								
		65	85	<1.0								
		65	沸	2.20								
		90	70	1.0~3.0								
90	沸	1.0~3.0										

(续)

牌 号	介质条件			腐蚀深度 /mm·a <sup>-1</sup>	介质条件			腐蚀深度 /mm·a <sup>-1</sup>	介质条件			腐蚀深度 /mm·a <sup>-1</sup>	
	介质	质量分数 (%)	温度/°C		介质	质量分数 (%)	温度/°C		介质	质量分数 (%)	温度/°C		
2Cr13	硝酸	5	20	<0.1	硝酸	65	沸	3.0~10.0	醋酸	10	20	<1.0	
		5	沸	3.0~10.0		90	20	<0.1		5	沸	>10.0	
		20	20	<0.1		90	沸	<10.0	柠檬酸	1	20	<0.1	
	20	沸	1.0~3.0	硼酸	50~饱和	100	<0.1	20		沸	<10.0		
	50	20	<0.1		醋酸	1	90	<0.1	氢氧化钠	20	50	<0.1	
	50	沸	<3.0	5		20	<1.0						
	65	20	<0.1										
3Cr13	硫酸	2~50	20~100	腐蚀破坏	硫酸	52	60	8.6	硫酸	65	20	0.03	
		52	15	2.11		63.4	15	2.1					
1Cr17Ni2	硝酸	10	50	<0.1	醋酸	10	75	<3.0	氢氧化钠	10	90	<0.1	
		10	85	<0.1		10	90	3.0~10.0		20	50		
		30	60	<0.1		15	20	<1.0		20	沸		
		30	沸	<0.1		15	40	>3.0		30	沸		
		50	50	<0.1		25	50	<1.0		30	100		<1.0
		50	80	0.1~1.0		25	90	<3.0					
		50	沸	<3.0		25	沸	3.0~10.0					
	硫酸	1	20	3.0~10.0	磷酸	5	20	<0.1	50	100	<1.0		
		5	20	>10.0		5	85	<0.1	60	90			
		10	20	>10.0		10	20	<3.0	氢氧化钾	25		沸	<0.1
	硫酸铝	10	50	<0.1	盐酸	1	20	<3.0		50	20	<0.1	
		10	沸	1.0~3.0		2	20	3.0~10.0	50	沸	<1.0		
						5	20	>10.0	68	120	<1.0		
								熔体	300	>10.0			

注：本表数据供参考之用。

表 3.1-99 不锈钢的特性和应用 (摘自 GB/T1220-1992)

类型	序号	牌 号	特 性 和 用 途
奥 氏 体 型	1	1Cr17Mn6Ni5N	节镍钢种，代替牌号 1Cr17Ni7，冷加工后具有磁性。铁道车辆用
	2	1Cr18Mn3Ni5N	节镍钢种，代替牌号 1Cr18Ni9
	3	1Cr18Mn10Ni5Mo3N	对尿素有良好的耐蚀性，可制造尿素腐蚀的设备
	4	1Cr17Ni7	经冷加工有高的强度，铁道车辆，传送带螺栓螺母用
	5	1Cr18Ni9	经冷加工有高的强度，但伸长率比 1Cr17Ni7 稍差。建筑用装饰部件
	6	Y1Cr18Ni9	提高切削性，耐烧蚀性，最适用于自动车床。螺栓螺母
	7	Y1Cr18Ni9Se	提高切削性，耐烧蚀性。最适用于自动车床。铆钉、螺钉
	8	0Cr18Ni9	作为不锈钢耐热钢使用最广泛，食品用设备，一般化工设备，原子能工业用设备
	9	00Cr19Ni10	比 0Cr19Ni9 碳含量更低的钢，耐晶间腐蚀性优越，为焊接后不进行热处理部件类
	10	0Cr19Ni9N	在牌号 0Cr19Ni9 上加 N，强度提高，塑性不降低。使材料的厚度减少。作为结构用强度部件
	11	0Cr19Ni10NbN	在牌号 0Cr19Ni9 上加 N 和 Nb 具有与 0Cr19Ni9 相同的特性和用途
	12	00Cr18Ni10N	在牌号 00Cr19Ni10 上添加 N，具有以上牌号同样特性，用途与 0Cr19Ni9N 相同，但耐晶间腐蚀性更好
	13	1Cr18Ni12	与 0Cr19Ni9 相比，加工硬化性低，旋压加工，特殊拉拔，冷墩用

(续)

类型	序号	牌 号	特 性 和 用 途	
奥氏体	14	0Cr23Ni13	耐腐蚀性, 耐热性均比 0Cr19Ni9 好	
	15	0Cr25Ni20	抗氧化性比 0Cr23Ni13 好, 实际上多作为耐热钢使用	
	16	0Cr17Ni12Mo2	在海水和其他各种介质中, 耐腐蚀性比 0Cr19Ni9 好, 主要作耐点蚀材料	
	17	1Cr18Ni12Mo2Ti	用于抵抗硫酸、磷酸、蚁酸、醋酸的设备, 有良好耐晶间腐蚀性	
	18	0Cr18Ni12Mo2Ti	用于抵抗硫酸、磷酸、蚁酸、醋酸的设备, 有良好耐晶间腐蚀性	
	19	00Cr17Ni14Mo2	为 0Cr17Ni12Mo2 的超低碳钢, 比 0Cr17Ni12Mo2 耐晶间腐蚀性好	
	20	0Cr17Ni12Mo2N	在牌号 0Cr17Ni12Mo2 中加入 N, 提高强度, 不降低塑性, 使材料的厚度减薄。作耐腐蚀性较好的强度较高的部件	
	21	00Cr17Ni13Mo2N	在牌号 00Cr17Ni14Mo2 中加入 N, 具有以上牌号同样特性, 用途与 0Cr17Ni12Mo2N 相同, 但耐晶间腐蚀性更好	
	22	0Cr18Ni12Mo2Cu2	耐腐蚀性, 耐点腐蚀性比 0Cr17Ni12Mo2 好, 用于耐硫酸材料	
	23	00Cr18Ni14Mo2Cu2	为 0Cr18Ni12Mo2Cu2 的超低碳钢, 比 0Cr18Ni12Mo2Cu2 的耐晶间腐蚀性好	
	24	0Cr19Ni13Mo3	耐点腐蚀性比 0Cr17Ni12Mo2 好, 作染色设备材料等	
	25	00Cr19Ni13Mo3	为 0Cr19Ni13Mo3 的超低碳钢, 比 0Cr19Ni13Mo3 耐晶间腐蚀性好	
	26	1Cr18Ni12Mo3Ti	用于抵抗硫酸、磷酸、蚁酸、醋酸的设备, 有良好耐晶间腐蚀性	
	27	0Cr18Ni12Mo3Ti	用于抵抗硫酸、磷酸、蚁酸、醋酸的设备, 有良好耐晶间腐蚀性	
	28	0Cr18Ni16Mo5	吸取含氯离子溶液的热交换器, 醋酸设备, 磷酸设备, 漂白装置等, 在 00Cr17Ni14Mo2 和 00Cr19Ni13Mo3 不能适用的环境中使用	
	29	1Cr18Ni9Ti	作焊芯, 抗磁仪表、医疗器械、耐酸容器及设备衬里输送管道等设备和零件	
	30	0Cr18Ni10Ti	添加 Ti 提高耐晶间腐蚀性, 不推荐作装饰部件	
	31	0Cr18Ni11Nb	含 Nb 提高耐晶间腐蚀性	
	32	0Cr18Ni9Cu3	在牌号 0Cr19Ni9 中加入 Cu, 提高冷加工性的钢种。冷墩用	
	33	0Cr18Ni13Si4	在牌号 0Cr19Ni9 中增加 Ni。添加 Si, 增加耐应力腐蚀断裂性。用于含氯离子环境	
	奥氏体—铁素体型	34	0Cr26Ni5Mo2	具有双相组织, 抗氧化性, 耐点腐蚀性好。具有高的强度, 作耐海水腐蚀用等
		35	1Cr18Ni11Si4AlTi	制作抗高温浓硝酸介质的零件和设备
	铁素体型	36	00Cr18Ni5Mo3Si2	具有铁素体—奥氏体型双相组织, 耐应力腐蚀断裂性好, 耐点蚀性能与 00Cr17Ni13Mo2 相当, 具有较高的强度适于含氯离子的环境, 用于炼油、化肥、造纸、石油、化工等工业热交换器和冷凝器等
		37	0Cr13Al	从高温下冷却不产生显著硬化, 汽轮机材料, 淬火用部件, 复合钢材
		38	00Cr12	比 0Cr13 含碳量低, 焊接部位弯曲性能, 加工性能, 耐高温氧化性能好。作汽车排气处理装置, 锅炉燃烧室、喷嘴
		39	1Cr17	耐蚀性良好的通用钢种, 建筑内装饰用, 重油燃烧器部件, 家庭用具, 家用电器部件
		40	Y1Cr17	比 1Cr17 提高切削性能。自动车床用, 螺栓、螺母等
41		1Cr17Mo	为 1Cr17 的改良钢种, 比 1Cr17 抗盐溶液性强, 作为汽车外装材料使用	
42		00Cr30Mo2	高 Cr Mo 系, C、N 降至极低, 耐蚀性很好, 作与乙酸、乳酸等有机酸有关的设备, 制造苛性碱设备。耐卤离子应力腐蚀断裂, 耐点腐蚀	
43	00Cr27Mo	要求性能、用途、耐蚀性和软磁性与 00Cr30Mo2 类似		



(续)

类型	序号	牌 号	特 性 和 用 途
马氏体	44	1Cr12	作为汽轮机叶片及高应力部件之良好的不锈钢耐热钢
	45	1Cr13	具有良好的耐蚀性, 机械加工性, 一般用途, 刀具类
	46	0Cr13	作较高韧性及受冲击负荷的零件, 如汽轮机叶片、结构类、不锈钢设备、衬里、螺栓、螺帽等
	47	Y1Cr13	不锈钢中切削性能最好的钢种, 自动车床用
	48	1Cr13Mo	为比 1Cr13 耐蚀性高的高强度钢种, 汽轮机叶片, 高温部件
	49	2Cr13	淬火状态下硬度高, 耐蚀性良好, 作汽轮机叶片
	50	3Cr13	比 2Cr13 淬火后硬度高, 作刀具、喷嘴、阀座、阀门等
	51	Y3Cr13	改善 3Cr13 切削性能的钢种
	52	3Cr13Mo	作较高硬度及高耐磨性的热油泵轴、阀片、阀门轴承、医疗器械、弹簧等零件
	53	4Cr13	作较高硬度及高耐磨性的热油泵轴、阀片、阀门轴承、医疗器械、弹簧等零件
	54	1Cr17Ni2	具有较高强度的耐硝酸及有机酸腐蚀的零件、容器和设备
	55	7Cr17	硬化状态下, 坚硬, 但比 8Cr17、11Cr17 韧性高, 作刀具、量具、轴承
	56	8Cr17	硬化状态下, 比 7Cr17 硬, 而比 11Cr17 韧性高, 作刀具、阀门
	57	9Cr18	不锈钢切片机械刀具及剪切刀具、手术刀片、高耐磨设备零件等
	沉淀硬化型	58	11Cr17
59		Y11Cr17	比 11Cr17 提高了切削性的钢种, 自动车床用
60		9Cr18Mo	轴承套圈及滚动体用的高碳铬不锈钢
61		9Cr18MoV	不锈钢切片机械刀具及剪切工具、手术刀片、高耐磨设备零件等
62		0Cr17Ni4Cu4Nb	添加铜的沉淀硬化型钢种, 轴类、汽轮机部件
	63	0Cr17Ni7Al	添加铝的沉淀硬化型钢种, 作弹簧、热圈、计器部件
	64	0Cr15Ni7Mo2Al	用于有一定耐蚀要求的高强度容器、零件及结构件

### 3.5 轴承钢

#### 3.5.1 渗碳轴承钢 (见表 3.1-100~表 3.1-102)

表 3.1-100 渗碳轴承钢牌号、化学成分及硬度值 (摘自 GB/T 3203-1982)

牌 号	化学成分 (质量分数) (%)									HBS (退火后)
	C	Mn	Si	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	其他	
G20CrMo	0.17~0.23	0.65~0.95	0.20~0.35			0.35~0.65		0.08~0.15		≤229
G20CrNiMo	0.17~0.23	0.60~0.90	0.15~0.40			0.35~0.65	0.40~0.70	0.15~0.30		≤229
G20CrNi2Mo	0.17~0.23	0.40~0.70	0.15~0.40			0.35~0.65	1.60~2.00	0.20~0.30		≤229
				0.030	0.030				Cu 0.25	
G20Cr2Ni4	0.17~0.23	0.30~0.60	0.15~0.40			1.25~1.75	3.25~3.75			≤241
G10CrNi3Mo	0.08~0.13	0.40~0.70	0.15~0.40			1.00~1.40	3.00~3.50	0.08~0.15		≤229
G20Cr2Mn2Mo	0.17~0.23	1.30~1.60	0.15~0.40			1.70~2.00	≤3.00	0.20~0.30		≤229

表 3.1-101 渗碳轴承钢纵向力学性能 (摘自 GB/T 3203-1982)

牌 号	试样毛坯尺寸 /mm	抗拉强度	伸长率	断面收缩率	冲击初度
		$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	$a_K$ /J·cm <sup>-2</sup>
G20CrNiMo	15	1178	9	45	78.5
G20CrNi2Mo	25	980	13	45	78.5
G20Cr2Ni4	15	1175	10	45	78.5
G10CrNi3Mo	15	1080	9	45	78.5
G20Cr2Mn2Mo	15	1275	9	40	68.7

注：本表数据适用于截面尺寸≤80mm的钢材。

表 3.1-102 渗碳轴承钢性能特点及应用

牌 号	性能特点	应用举例
G20CrMo	低合金渗碳钢，渗碳后表面硬度较高，耐磨性较好，而心部硬度低，韧性好，适于制作耐冲击载荷的轴承及零部件	常用作汽车、拖拉机的承受冲击载荷的滚子轴承，也用作汽车齿轮、活塞杆、螺栓等
G20CrNiMo	有良好的塑性、韧性和强度，渗碳或碳氮共渗后表面有相当高的硬度，耐磨性好，接触疲劳寿命明显优于GCr15钢，而心部碳含量低，有足够的韧性承受冲击载荷	制作耐冲击载荷轴承的良好材料，用作承受冲击载荷的汽车轴承和中小型轴承，也用作汽车、拖拉机齿轮及牙轮钻头的牙爪和牙轮体
G20CrNi2Mo	渗碳后表面硬度高，耐磨性好，具有中等表面硬化性，心部韧性好，可耐冲击载荷，钢的冷热加工塑性较好，能加工成棒、板、带及无缝钢管	用于承受较高冲击载荷的滚子轴承，如铁路货车轴承套圈和滚子，也用作汽车齿轮、活塞杆、方向接轴、圆头螺栓等
G10CrNi3Mo	渗碳后表面碳含量高，具有高硬度，耐磨性好，而心部碳含量低，韧性好，可耐冲击载荷	用于承受冲击载荷较高的大型滚子轴承，如轧钢机轴承等
G20Cr2Ni4A	常用的渗碳结构钢用于制作轴承。渗碳后表面有相当高的硬度、耐磨性和接触疲劳强度，而心部韧性好，可耐强烈冲击载荷，焊接性中等，有回火脆性倾向，对白点形成较敏感	制作耐冲击载荷的大型轴承，如轧钢机轴承等，也用作其他大型渗碳件，如大型齿轮、轴等，还可用于制造要求强韧性高的调质件
G20Cr2Mn2MoA	渗碳后表面硬度高，而心部韧性好，可耐强烈冲击载荷。与G20Cr2Ni4A相比，渗碳速度快，渗碳层较易形成粗大碳化物，不易扩散消除	用于高冲击载荷条件下工作的特大型和大型、中型轴承零件，以及轴、齿轮等

3.5.2 高碳铬轴承钢 (见表 3.1-103~表 3.1-105)

表 3.1-103 高碳铬轴承钢牌号、化学成分及硬度 (摘自 GB/T 18254-2002)

统一数字 代号	牌 号	化学成分 (质量分数) (%)											钢材布 氏硬度 HBW		
		C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Ni	Cu	Ni+ Cu	O			
												模注钢		连铸钢	
B00040	GCr4	0.95 ~ 1.05	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.35 ~ 0.50	≤ 0.08	0.025	0.020	0.25	0.20			15×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	179 ~ 207
B00150	GCr15	0.95 ~ 1.05	0.15 ~ 0.35	0.25 ~ 0.45	1.40 ~ 1.65	≤ 0.10	0.025	0.025	0.30	0.25	0.50		15×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	179 ~ 207

(续)

统一数字代号	牌号	化学成分(质量分数)(%)											钢材布氏硬度 HBW				
		C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Ni	Cu	Ni+Cu	O					
		不大于												模注钢	连铸钢		
B01150	GCr15 SiMn	0.95	0.45	0.95	1.40	≤											179
		~	~	~	~		0.025	0.025	0.30	0.25	0.50	15×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	~			
		1.05	0.75	1.25	1.65	0.10											217
B03150	GCr15 SiMo	0.95	0.65	0.20	1.40	0.30											179
		~	~	~	~	~	0.027	0.020	0.30	0.25		15×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	~			
		1.05	0.85	0.40	1.70	0.40											217
B02180	GCr18 Mo	0.95	0.20	0.25	1.65	0.15											179
		~	~	~	~	~	0.025	0.020	0.25	0.25		15×10 <sup>-6</sup>	12×10 <sup>-6</sup>	~			
		1.05	0.40	0.40	1.95	0.25											207

- 注：1. 本表为熔炼分析的化学成分。  
 2. 按需方要求，并在合同中注明，供方应分析 Sn、As、Ti、Sb、Pb、Al 等残余元素，其具体指标由双方协商确定。  
 3. 轴承钢管用钢的残余铜质量分数（熔炼分析）应不大于 0.20%，盘条用钢的硫质量分数（熔炼分析）应不大于 0.020%。  
 4. 成品钢材化学成分分析仅当需方要求，并在合同中注明，供方才进行此项分析。成品钢材化学成分允许偏差（质量分数）：C，±0.03%；Si，±0.02%；Mn，±0.03%；Cr，±0.05%；P，+0.005%；S，+0.005%；Ni，±0.03%；Cu，+0.02%；Mo 含量≤0.10%时，偏差为+0.01%；Mo 含量>0.10%时，偏差为±0.02%。  
 5. 钢材应逐支用火花法或看谱镜检验。  
 6. 球化或软化退火钢材硬度按本表规定。

表 3.1-104 高碳铬轴承钢钢材尺寸规格（摘自 GB/T18254—2002）

尺寸规格	热轧圆钢尺寸及允许偏差应符合 GB/T 702—1986 第 2 组规定（双方另规定，可按第 1 组） 锻制圆钢尺寸及允许偏差应符合 GB/T 908—1987 第 1 组规定 盘条尺寸及允许偏差应符合 GB/T 14981—1994B 级精度规定 冷拉圆钢（直条或盘状）尺寸及允许偏差应符合 GB/T 905—1994 中 h11 级规定				
	钢管种类及生产方法	钢管尺寸	尺寸范围/mm	允许偏差	
钢管 外径、 壁厚及 允许 偏差	热轧 钢管	阿塞尔法轧制 +剥皮	外径	55~148 >148~170	±0.15mm ±0.20mm
			壁厚	4~8 >8~34	+20% +15%
		阿塞尔法 热轧管	外径	60~75 >75~100 >100~170	±0.35 ±0.50 ±0.50%
			壁厚	外径<80mm	<8
	外径≥80mm	≥8		+10%	
	冷拉（轧）钢管	外径	≤65	+0.20mm -0.10mm	
			>65	±0.20mm	
	壁厚	3~4 >4~12	+12% +10%		

(续)

钢材种类		弯曲度/mm·m <sup>-1</sup>	总弯曲度/mm 不大于	钢材长度/mm	
弯曲度 及长度	热轧圆钢	1	0.4%×钢材长度	3000~7000	
	热轧退火圆钢	3	0.3%×钢材长度		
	热锻圆钢	5	0.5%×钢材长度	2000~4000	
	冷拉 圆钢	直径≤25mm	2	0.2%×钢材长度	3000~6000
		直径>25mm	1.5	0.15%×钢材长度	
	钢管	壁厚≤15mm	1	4	3000~5000
壁厚>15mm		1.5			

注：1. GB/T 18254—2002 代替 GB/T 18254—2000。

2. 钢材按下列几种交货状态提供，交货状态应在合同中注明。

热轧和热锻不退火圆钢（简称：热轧、热锻）..... WHR

热轧和热锻软化退火圆钢（简称：热轧软退、热锻软退）..... WHSTAR

热轧球化退火圆钢（简称：热轧球退）..... WHTGR

热轧球化退火剥皮圆钢（简称：热轧球剥）..... WHTGSFR

热轧和热锻软化退火剥皮圆钢（简称：热轧（锻）软剥）..... WHSTASFR

冷拉（轧）圆钢..... WCR

冷拉（轧）磨光圆钢..... WCSFR

热轧钢管..... WHT

热轧退火剥皮钢管..... WHTASFT

冷拉（轧）钢管..... WCT

盘条（热轧或球化退火）..... WHWY

供需双方协定并在合同中注明，亦可以其他状态的冷拉钢材交货，如：“退火+磷化+微拔”、“退火+微拔”等代号为 TASTPWCD、TAWCD。

3. 钢材按加工用途交货：热压力加工用钢（热压加）；冷压力加工用钢（冷压加）；切削加工用钢（切削）或双方协定的其他加工用途要求交货。具体的用途均应在合同中注明。

4. 供热压力加工用热轧不退火钢材，需方要求硬度指标时，其布氏硬度值不小于 302HBW；当需方要求以“退火+磷化+微拔”或“退火+微拔”交货的冷拉钢材（直条或盘状），其布氏硬度值不大于 229HBW。

5. 钢材顶锻试验要求、低倍组织、断口、非金属夹杂物、显微孔隙、显微组织、碳化物不均匀性、脱碳层及表面质量的各项技术要求均应符合 GB/T 18254—2002 的相关规定。

6. GB/T 18254 以规范性附录的形式列出了高碳铬轴承钢标准图谱（中心疏松、一般疏松、偏析、非金属夹杂物、显微孔隙、显微组织、碳化物网状、碳化物带状、碳化物液析），详见标准原件。

表 3-1-105 高碳铬轴承钢性能特点及应用

牌 号 (统一数字代号)	性能特点	应用举例
GCr4 (B00040)	低铬轴承钢，耐磨性比相同碳含量的碳工钢高，冷加工塑性变形和切削加工性能尚好，有回火脆性倾向	用作一般载荷不大、形状简单的机械转动轴上的钢球和滚子
GCr15 (B00150)	高碳铬轴承钢的代表钢种、综合性能良好，淬火与回火后具有高而均匀的硬度，良好的耐磨性和高的接触疲劳寿命，热加工变形性能和切削加工性能均好，但焊接性差，对白点形成较敏感，有回火脆性倾向	用于制造壁厚≤12mm、外径≤250mm 的各种轴承套圈，也用作尺寸范围较宽的滚动体，如钢球、圆锥滚子、圆柱滚子、球面滚子、滚针等；还用于制造模具、精密量具以及其他要求高耐磨性、高弹性极限和高接触疲劳强度的机械零件

(续)

牌 号 (统一数字代号)	性能特点	应用举例
GCr15SiMn (B01150)	在GCr15钢的基础上适当增加硅、锰含量,其淬透性、弹性极限、耐磨性均有明显提高,冷加工塑性中等,切削加工性能稍差,焊接性能不好,对点蚀形成较敏感,有回火脆性倾向	用于制造大尺寸的轴承套圈、钢球、圆锥滚子、圆柱滚子、球面滚子等,轴承零件的工作温度小于180°C;还用于制造模具、量具、丝锥及其他要求硬度高且耐磨的零部件
GCr15SiMo (B03150)	在GCr15钢的基础上提高硅含量,并添加钼而开发的新型轴承钢。综合性能良好,淬透性高,耐磨性好,接触疲劳寿命高,其他性能与GCr15SiMn相近	用于制造大尺寸的轴承套圈、滚珠、滚柱,还用于制造模具、精密量具以及其他要求硬度高且耐磨的零部件
GCr18Mo (B02180)	相当于瑞典SKF24轴承钢,是在GCr15钢的基础上加入钼,并适当提高铬含量,从而提高了钢的淬透性。其他性能与GCr15钢相近	用于制造各种轴承套圈,壁厚从≤16mm增加到≤20mm,扩大了使用范围;其他用途和GCr15钢基本相同

3.5.3 高碳铬不锈钢轴承钢 (见表 3.1-106)

表 3.1-106 高碳铬不锈钢轴承钢牌号、化学成分及应用 (摘自 GB/T 3086—1982)

牌 号	化学成分 (质量分数) (%)							硬度 (HBS) 退火后	性能特点	应用举例
	C	Mn ≤	Si ≤	P ≤	S ≤	Cr	Mo			
G9Cr18	0.90 ~ 1.00	0.80	0.80	0.035	0.030	17.0 ~ 19.0		197~241 (直径大于16mm钢材)	具有高的硬度和抗回火稳定性,淬火冷处理和低温回火后有更高的耐磨性、弹性、硬度和接触疲劳强度、优良的耐腐蚀性和低温性能,切削性及冷冲性良好,磨削和导热性差	用于制造耐腐蚀的轴承套圈及滚动体,如海水、河水、蒸馏水、硝酸、化工石油、原子反应堆中的轴承,还可作耐热高温轴承钢使用(温度不高于250°C),亦可制造高质量的刀具如医用手术刀及耐磨、耐蚀但动载荷较小的其他零件
G9Cr18Mo	0.95 ~ 1.10	0.80	0.80	0.035	0.030	16.0 ~ 18.0	0.40 ~ 0.70			

3.6 锻件用结构钢 (见表 3.1-107、表 3.1-108)

表 3.1-107 锻件用碳素结构钢与合金结构钢牌号、化学成分及力学性能 (摘自 GB/T17107—1997)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										热处 理 状 态	截面尺寸 (直径或厚度) /mm	试样 方 向	力 学 性 能					硬 度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P	Cu				$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ %	$\psi$ %	$A_{ku}$ /J	
	≤	≤	≤	≤	≤	—	—	≤	≤	≤				≥	≥	≥	≥	≥	
Q235	0.14		0.30									≤100	纵向	330	210	23	—	—	
	~		~									100~300	纵向	320	195	22	43	—	
	0.22	≤0.30	0.65	≤0.30	≤0.30			≤0.050	≤0.045	≤0.30		300~500	纵向	310	185	21	38	—	
												500~700	纵向	300	175	20	38	—	

(续)

牌 号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										热处 理 状 态	截面尺寸		力 学 性 能					硬 度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P	Cu		(直径或 厚度) /mm	试样 方向	$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	$A_{kl}$	
														/MPa ≥	/MPa ≥	% ≥	% ≥	/J ≥	
15	0.12	0.17	0.35	≤	≤			≤	≤	≤0.25	≤100	纵向	320	195	27	55	47	97~143	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035		100~300	纵向	310	165	25	50	47	97~143	
	0.19	0.37	0.65								300~500	纵向	300	145	24	45	43	97~143	
20	0.17	0.17	0.35	≤	≤			≤	≤	≤	≤100	纵向	340	215	24	50	43	103~156	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035	0.25	100~250	纵向	330	195	23	45	39	103~156	
	0.24	0.37	0.65								250~500	纵向	320	185	22	40	39	103~156	
											500~1000	纵向	300	175	20	35	35	103~156	
25	0.22	0.17	0.50	≤	≤			≤	≤	≤	≤100	纵向	420	235	22	50	39	112~170	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035	0.25	100~250	纵向	390	215	20	48	31	112~170	
	0.30	0.37	0.80								250~500	纵向	380	205	18	40	31	112~170	
30	0.27	0.17	0.50	≤	≤			≤	≤	≤0.25	≤100	纵向	470	245	19	48	31	126~179	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035		100~300	纵向	460	235	19	46	27	126~179	
	0.35	0.37	0.80								300~500	纵向	450	225	18	40	27	126~179	
											500~800	纵向	440	215	17	35	28	126~179	
35											≤100	纵向	510	265	18	43	28	149~187	
											100~300	纵向	490	255	18	40	24	149~187	
											300~500	纵向	470	235	17	37	24	147~187	
											500~750	纵向	450	225	16	32	20	137~187	
											750~1000	纵向	430	215	15	28	20	137~187	
	0.32	0.17	0.50	≤	≤			≤	≤	≤	≤100	纵向	550	295	19	48	47	156~207	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035	0.25		100~300	纵向	530	275	18	40	39	156~207
	0.40	0.37	0.80									100~300	切向	470	245	13	30	20	—
												300~500	切向	450	225	12	28	20	—
												500~750	切向	430	215	11	24	16	—
											750~1000	切向	410	205	10	22	16	—	
40											≤100	纵向	550	275	17	40	24	143~207	
											100~250	纵向	530	265	17	36	24	143~207	
	0.37	0.17	0.50	≤	≤			≤	≤	≤	250~500	纵向	510	255	16	32	20	143~207	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035	0.25	500~1000	纵向	490	245	15	30	20	143~207	
	0.45	0.37	0.80								≤100	纵向	615	340	18	40	39	196~241	
												100~250	纵向	590	295	17	35	31	189~229
											250~500	纵向	560	275	17	—	—	163~219	
45											≤100	纵向	590	295	15	38	23	170~217	
	0.42	0.17	0.50	≤	≤			≤	≤	≤	100~300	纵向	570	285	15	35	19	163~217	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035	0.25	300~500	纵向	550	275	14	32	19	163~217	
	0.50	0.37	0.80								500~1000	纵向	530	265	13	30	15	156~217	
45											≤100	纵向	630	370	17	40	31	207~302	
											100~250	纵向	590	345	18	35	31	197~286	
											250~500	纵向	590	345	17	—	—	187~255	
	0.42	0.17	0.50	≤	≤			≤	≤	≤	100~300	切向	540	275	10	25	16	—	
	~	~	~	0.25	0.25			0.035	0.035	0.25	300~500	切向	520	265	10	23	16	—	
	0.50	0.37	0.80								500~750	切向	500	255	9	21	12	—	
											750~1000	切向	480	245	8	20	12	—	

(续)

牌号	化 学 成 分 (质量分数) (%)										热处 理 状 态	截面尺寸		力 学 性 能					硬 度 (HBS)	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P	Cu		(直径或 厚度) /mm	试样 方向	$\sigma_b$ /MPa ≥	$\sigma_s$ /MPa ≥	$\delta_5$ %≥	$\phi$ %≥	$A_{ku}$ /J ≥		
50	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	≤ 0.25	≤ 0.25	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.25	—	—	≤100	纵向	610	310	13	35	23	—
													100~300	纵向	590	295	12	33	19	—
													300~500	纵向	570	285	12	30	19	—
													500~750	纵向	550	265	12	28	15	—
													≤16	纵向	700	500	14	30	31	—
													16~40	纵向	650	430	16	35	31	—
													40~100	纵向	630	370	17	40	31	—
55	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	≤ 0.25	≤ 0.25	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.25	—	—	≤100	纵向	645	320	12	35	23	187~229
													100~300	纵向	625	310	11	28	19	187~229
													300~500	纵向	610	305	10	22	19	187~229
30Mn2	0.27 ~ 0.34	0.17 ~ 0.37	1.40 ~ 1.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤100	纵向	685	440	15	50	—	—
													100~300	纵向	635	410	16	45	—	—
35Mn2	0.32 ~ 0.39	0.17 ~ 0.37	1.40 ~ 1.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤100	纵向	620	315	18	45	—	207~241
													100~300	纵向	580	295	18	43	23	207~241
													≤100	纵向	745	590	16	50	47	229~269
45Mn2	0.42 ~ 0.49	0.17 ~ 0.37	1.40 ~ 1.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤100	纵向	690	335	16	38	—	187~241
													100~300	纵向	670	335	15	35	—	187~241
20SiMn	0.16 ~ 0.22	0.60 ~ 0.80	1.00 ~ 1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤600	纵向	470	265	15	30	39	—
													600~900	纵向	450	255	14	30	39	—
													900~1200	纵向	440	245	14	30	39	—
													≤300	切向	490	275	14	30	27	—
													300~500	切向	470	265	13	28	23	—
													500~750	切向	440	245	11	24	19	—
35SiMn	0.32 ~ 0.40	1.10 ~ 1.40	1.10 ~ 1.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤100	纵向	785	510	15	45	47	229~286
													100~300	纵向	735	440	14	35	39	271~265
													300~400	纵向	685	390	13	30	35	215~255
													400~500	纵向	635	375	11	28	31	196~255
42SiMn	0.39 ~ 0.45	1.10 ~ 1.40	1.10 ~ 1.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤100	纵向	785	510	15	45	31	229~286
													100~200	纵向	735	460	14	35	23	217~269
													200~300	纵向	685	440	13	30	23	217~255
													300~500	纵向	635	375	10	28	20	196~255
50SiMn	0.46 ~ 0.54	0.80 ~ 1.10	0.80 ~ 1.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤100	纵向	835	540	15	40	39	229~286
													100~200	纵向	735	490	15	35	39	217~269
													200~300	纵向	685	440	14	30	31	207~255

(续)

牌号	化学成分 (质量分数) (%)							热处理状态	截面尺寸 (直径或厚度) /mm	试样方向	力学性能					硬度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	其他				$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ %	$\psi$ %	$A_{ku}$ /J	
20MnMo	0.17	0.17	0.90	—	—	0.15	—	调质	≤300	纵向	500	305	14	40	39	—
	~	~	~	—	—	~	—		300~500	纵向	470	275	14	40	39	—
	0.23	0.37	1.30	—	—	0.25	—		≤300	切向	500	305	14	32	31	—
	~	~	~	—	—	~	—		300~500	切向	470	275	13	30	31	—
20MnMoNb	0.16	0.17	1.20	—	—	0.45	Nb	调质	100~300	纵向	635	490	15	45	47	187~229
	~	~	~	—	—	~	0.020		300~500	纵向	590	440	15	45	47	187~229
	0.23	0.37	1.50	—	—	0.60	~		500~800	纵向	490	345	15	45	39	—
	~	~	~	—	—	~	0.045		100~300	切向	610	430	12	32	31	—
	0.23	0.37	1.50	—	—	0.60	~		300~500	切向	570	400	12	30	24	—
	~	~	~	—	—	~	~		~	~	~	~	~	~	~	~
42MnMoV	0.38	0.17	1.20	—	—	0.20	0.10	调质	100~300	纵向	765	590	12	40	31	241~286
	~	~	~	—	—	~	~		300~500	纵向	705	540	12	35	23	229~269
	0.45	0.37	1.50	—	—	0.30	0.20		500~800	纵向	635	490	12	45	23	217~241
50SiMnMoV	0.45	0.50	1.50	—	—	0.30	0.20	调质	100~300	纵向	885	535	12	40	31	269~302
	~	~	~	—	—	~	~		300~500	纵向	885	635	12	38	31	255~286
	0.55	0.70	1.80	—	—	0.50	0.30		500~800	纵向	835	610	12	35	23	241~286
37SiMn2MoV	0.33	0.60	1.60	—	—	0.40	0.05	调质	100~200	纵向	865	685	14	40	31	269~302
	~	~	~	—	—	~	~		200~400	纵向	815	635	14	40	31	241~286
	0.39	0.90	1.90	—	—	0.50	0.12		400~600	纵向	765	590	14	40	31	229~269
15Cr	0.12	0.17	0.40	0.70	—	—	—	正火+回火	≤100	纵向	390	195	26	50	39	111~156
	~	~	~	~	—	—	—		100~300	纵向	390	195	23	45	35	111~156
20Cr	0.18	0.17	0.50	0.70	—	—	—	正火+回火	≤100	纵向	430	215	19	40	31	123~179
	~	~	~	~	—	—	—		100~300	纵向	430	215	18	35	31	123~167
	0.24	0.37	0.80	1.00	—	—	—		调质	≤100	纵向	470	275	20	40	35
20Cr	0.18	0.17	0.50	0.70	—	—	—	调质	100~300	纵向	470	245	19	40	31	137~197
	~	~	~	~	—	—	—		~	~	~	~	~	~	~	~
30Cr	0.24	0.37	0.80	1.00	—	—	—	调质	≤100	纵向	615	395	17	40	43	187~229
	0.27	0.17	0.50	0.80	—	—	—		~	~	~	~	~	~	~	~
35Cr	0.34	0.37	0.80	1.10	—	—	—	调质	≤100	纵向	615	395	15	35	39	187~229
	0.32	0.17	0.50	0.80	—	—	—		100~300	纵向	615	395	15	35	39	187~229
	~	~	~	~	—	—	—		~	~	~	~	~	~	~	~
40Cr	0.37	0.17	0.50	0.80	—	—	—	调质	≤100	纵向	735	540	15	45	39	241~286
	~	~	~	~	—	—	—		100~300	纵向	685	490	14	45	31	241~286
	~	~	~	~	—	—	—		300~500	纵向	685	440	10	35	23	229~269
	0.44	0.37	0.80	1.10	—	—	—		500~800	纵向	590	345	8	30	16	217~255
50Cr	0.47	0.17	0.50	0.80	—	—	—	调质	≤100	纵向	835	540	10	40	—	241~286
	~	~	~	~	—	—	—		100~300	纵向	785	490	10	40	—	241~286
12CrMo	0.08	0.17	0.40	0.40	—	0.40	—	正火+回火	≤100	纵向	440	275	20	50	55	≤159
	~	~	~	~	—	~	—		100~300	纵向	440	275	20	45	55	≤159
15CrMo	0.12	0.17	0.40	0.80	—	0.40	—	淬火+回火	≤100	切向	440	275	20	—	55	116~179
	~	~	~	~	—	~	—		100~300	切向	440	275	20	—	55	116~179
	0.18	0.37	0.70	1.10	—	0.35	—		300~500	切向	430	255	19	—	47	116~179



(续)

牌号	化学成分 (质量分数) (%)							热处理状态	截面尺寸 (直径或厚度) /mm	试样方向	力学性能					硬度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	其他				$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_s$ /MPa	$\delta_5$ %	$\psi$ %	$A_{k0}$ /J	
											$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	
25CrMo	0.22	0.17	0.50	0.90		0.15		调质	17~40	纵向	780	600	14	55	—	—
	~	~	~	~	—	~	—		40~100	纵向	690	450	13	60	—	—
	0.29	0.37	0.80	1.20		0.30			100~300	纵向	640	400	16	60	—	—
30CrMo	0.26	0.17	0.40	0.80		0.15		调质	$\leq 100$	纵向	620	410	16	40	49	196~240
	~	~	~	~	—	~	—		100~300	纵向	590	390	15	40	44	196~240
	0.34	0.37	0.70	1.10		0.25										
35CrMo	0.32	0.17	0.40	0.80		0.15		调质	$\leq 100$	纵向	735	540	15	45	47	207~269
	~	~	~	~	—	~	—		100~300	纵向	685	490	15	40	39	207~269
	0.40	0.37	0.70	1.10		0.25			300~500	纵向	635	440	15	35	31	207~269
35CrMo	0.32	0.17	0.40	0.80		0.15		调质	100~300	纵向	590	390	12	30	23	—
	~	~	~	~	—	~	—		500~800	纵向	590	390	12	30	23	—
	0.40	0.37	0.70	1.10		0.25			100~300	切向	635	440	11	30	27	—
35CrMo	~	~	~	~	—	~	—	调质	300~500	切向	590	390	10	24	24	—
	0.40	0.37	0.70	1.10		0.25			500~800	切向	540	345	9	20	20	—
42CrMo	0.38	0.17	0.50	0.90		0.15		调质	$\leq 100$	纵向	900	650	12	50	—	—
	~	~	~	~	—	~	—		100~160	纵向	800	550	13	50	—	—
	0.45	0.37	0.80	1.20		0.25			160~250	纵向	750	500	14	55	—	—
									250~500	纵向	690	460	15	—	—	—
50CrMo	0.46	0.17	0.50	0.90		0.15		调质	500~750	纵向	590	390	16	—	—	—
	~	~	~	~	—	~	—		$\leq 100$	纵向	900	700	12	50	—	—
	0.54	0.37	0.80	1.20		0.30			100~160	纵向	850	650	13	50	—	—
									160~250	纵向	800	550	14	50	—	—
34CrMo	0.30	0.17	0.40	0.70		0.40		调质	250~500	纵向	740	540	14	—	—	—
	~	~	~	~	—	~	—		500~750	纵向	690	490	15	—	—	—
	0.38	0.37	0.70	1.20		0.55			100~300	纵向	765	590	15	40	47	—
									300~500	纵向	705	540	15	40	39	—
16CrMn	0.14	0.17	1.00	0.80		—		渗碳+ 淬火+ 回火	500~750	纵向	665	490	14	35	31	—
	~	~	~	~	—	—	—		750~1000	纵向	635	440	13	35	31	—
	0.19	0.37	1.30	1.10		—										
20CrMn	0.17	0.17	1.10	1.00		—		渗碳+ 淬火+ 回火	$\leq 30$	纵向	980	680	8	35	—	—
	~	~	~	~	—	—	—		30~63	纵向	790	540	10	35	—	—
20CrMnTi	0.17	0.17	0.80	1.00		—	0.04	调质	$\leq 30$	纵向	1080	785	7	40	—	—
	~	~	~	~	—	~	—		30~100	纵向	835	490	15	40	31	—
20CrMnMo	0.23	0.37	1.20	1.40		0.30	—	调质	$\leq 100$	纵向	615	395	17	45	47	—
35CrMnMo	0.30	0.17	1.10	1.10		0.25		调质	$\leq 30$	纵向	885	735	12	40	39	—
	~	~	~	~	—	~	—		100~250	纵向	835	640	12	30	39	—
	0.40	0.37	1.40	1.40		0.35			250~400	纵向	735	530	12	40	31	—
40CrMnMo	0.37	0.17	0.90	0.90		0.20		调质	400~500	纵向	735	480	12	35	23	—
	~	~	~	~	—	~	—									
	0.45	0.37	0.12	0.12		0.30										

(续)

牌号	化 学 成 分 (质量分数) (%)								热处理 状 态	截面尺寸 (直径或 厚度) /mm	试样 方 向	力 学 性 能					硬 度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	其他	$\sigma_b$ /MPa ≥				$\sigma_s$ /MPa ≥	$\delta_5$ %≥	$\psi$ %≥	$A_{kv}$ /J ≥		
20CrMnMoB	0.17	0.17	1.20	1.50	—	0.45	—	加入 量 B 0.001 ~ 0.0035	调 质	≤100	切向	900	785	13	40	39	277~331
	~	~	~	~	—	~	—			100~300	切向	880	735	13	40	39	225~302
	~	~	~	~	—	~	—			300~500	切向	835	685	13	40	39	241~286
	0.23	0.37	1.50	1.80	—	0.55	—			500~800	切向	785	635	13	40	39	241~286
	~	~	~	~	—	~	—			100~300	切向	845	785	12	35	39	269~302
	~	~	~	~	—	~	—			300~600	切向	805	685	12	35	39	255~286
30CrMn2MoB	0.27	0.17	1.40	0.90	—	0.45	—	加入 量 B 0.001 ~ 0.0035	调 质	100~300	纵向	880	715	12	40	31	255~302
	~	~	~	~	—	~	—			300~500	纵向	835	665	12	40	31	225~302
	0.35	0.37	1.80	1.20	—	0.55	—			500~800	纵向	785	615	12	40	31	241~286
32Cr2MnMo	0.28	0.17	1.10	1.70	—	0.40	—	—	调 质	100~300	纵向	830	685	14	45	59	255~302
	~	~	~	~	—	~	—			300~500	纵向	785	635	12	40	49	255~302
	0.36	0.37	1.40	2.10	—	0.50	—			500~750	纵向	735	590	12	35	30	241~286
30CrMnSi	0.27	0.90	0.80	0.80	—	—	—	—	调 质	≤100	纵向	735	590	12	35	35	235~293
	~	~	~	~	—	—	—			100~300	纵向	685	460	13	35	35	228~269
35CrMnSi	0.32	1.10	0.80	1.10	—	—	—	—	调 质	≤100	纵向	785	640	12	35	31	241~293
	~	~	~	~	—	—	—			100~300	纵向	685	540	12	35	31	223~269
12CrMoV	0.08	0.17	0.40	0.30	—	0.25	0.15	—	正火+ 回 火	≤100	纵向	470	245	22	48	39	143~179
	~	~	~	~	—	~	~			100~300	纵向	430	215	20	40	39	123~167
12Cr1MoV	0.08	0.17	0.40	0.90	—	0.25	0.15	—	正火+ 回 火	≤100	纵向	440	245	19	50	39	123~167
	~	~	~	~	—	~	~			100~300	纵向	430	215	19	48	39	123~167
	~	~	~	~	—	~	~			300~500	纵向	430	215	18	40	35	123~167
	0.15	0.37	0.70	1.20	—	0.35	0.30			500~800	纵向	430	215	16	35	31	123~167
24CrMoV	0.20	0.17	0.30	1.20	—	0.50	0.15	—	调 质	100~300	纵向	735	590	16	—	47	—
	~	~	~	~	—	~	~			300~500	纵向	685	540	16	—	47	—
35CrMoV	0.30	0.17	0.40	1.00	—	0.15	0.10	—	调 质	100~200	切向	880	745	12	40	47	—
	~	~	~	~	—	~	~			200~240	切向	860	705	12	35	47	—
30Cr2MoV	0.26	0.17	0.40	2.30	—	0.15	0.10	—	调 质	≤150	纵向	830	735	15	50	47	219~277
	~	~	~	~	—	~	~			150~250	纵向	735	590	16	50	47	219~277
	0.34	0.37	0.70	2.70	—	0.25	0.20			250~500	纵向	635	440	16	50	47	219~277
28Cr2Mo1V	0.22	0.30	0.50	1.50	—	0.60	0.20	—	调 质	≤100	纵向	835	735	15	50	47	269~302
	~	~	~	~	—	~	~			100~300	纵向	735	635	15	40	47	269~302
~	0.32	0.50	0.80	1.80	—	0.80	0.30	—	调 质	300~500	纵向	685	565	14	35	47	269~302
	~	~	~	~	—	~	~			~	~	~	~	~	~	~	~
40CrNi	0.37	0.17	0.50	0.45	1.00	—	—	—	调 质	≤100	纵向	735	590	14	45	47	223~277
	~	~	~	~	~	—	—			100~300	纵向	685	540	13	40	39	207~262
	~	~	~	~	~	—	—			300~500	纵向	635	440	13	35	39	197~235
	0.44	0.37	0.80	0.75	1.40	—	—			500~800	纵向	615	395	11	30	31	187~229
40CrNiMo	0.37	0.17	0.50	0.60	1.25	0.15	—	—	淬 火+ 回 火	≤80	纵向	980	835	12	55	78	—
	~	~	~	~	~	~	—			80~100	纵向	980	835	11	50	74	—
	~	~	~	~	~	~	—			100~150	纵向	980	835	10	45	70	—
	0.44	0.37	0.80	0.90	1.65	0.25	—			150~250	纵向	980	835	9	40	66	—

(续)

牌号	化学成分 (质量分数) (%)							热处理状态	截面尺寸		力学性能					硬度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	其他		(直径或厚度) /mm	试样方向	$\sigma_b$	$\sigma_s$	$\delta_5$	$\psi$	$A_{ku}$	
											/MPa	/MPa	%	%	/J	
40CrNiMo	0.37	0.17	0.50	0.60	1.25	0.15	-	调质	100~300	纵向	785	640	12	38	39	241~293
	~	~	~	~	~	~	-		300~500	纵向	685	540	12	33	35	207~262
34CrNi1Mo	0.44	0.37	0.80	0.90	1.65	0.25	-	调质	≤100	纵向	850	735	15	45	55	277~321
	0.30	0.17	0.50	1.30	1.30	0.20	-		100~300	纵向	765	635	14	40	47	262~311
	~	~	~	~	~	~	-		300~500	纵向	685	540	14	35	39	235~277
	0.40	0.37	0.80	1.70	1.70	0.30	-		500~800	纵向	635	490	14	32	31	212~248
34CrNi3Mo	0.30	0.17	0.50	0.70	2.75	0.25	-	调质	≤100	纵向	900	785	14	40	55	269~241
	~	~	~	~	~	~	-		100~300	纵向	850	735	14	38	47	262~321
	0.40	0.37	0.80	1.10	3.25	0.40	-		300~500	纵向	805	685	13	35	39	241~302
	~	~	~	~	~	~	-		500~800	纵向	755	590	12	32	32	241~302
15Cr2Ni2	0.12	0.17	0.30	1.40	1.40	-	-	渗碳+ 淬火 +回火	≤30	纵向	880	640	9	40	-	-
	~	~	~	~	~	-	-		30~63	纵向	780	540	10	40	-	-
20Cr2Ni	0.17	0.17	0.30	1.25	6.25	-	-	调质	试样毛坯 尺寸φ15	纵向	1175	1080	10	45	62	-
	~	~	~	~	~	-	-									
17Cr2Ni2Mo	0.14	0.17	0.30	1.50	1.40	0.25	-	渗碳+ 淬火 +回火	≤30	纵向	1080	790	8	35	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		30~63	纵向	980	690	8	35	-	-
30Cr2Ni2Mo	0.26	0.17	0.30	1.80	1.80	0.30	-	调质	≤100	纵向	1100	900	10	45	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		100~160	纵向	1000	800	11	50	-	-
	0.34	0.37	0.60	2.20	2.20	0.50	-		160~250	纵向	900	700	12	50	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		250~500	纵向	830	635	12	-	-	-
34Cr2Ni2Mo	0.30	0.17	0.40	1.40	1.40	0.15	-	调质	500~1000	纵向	780	590	12	-	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		≤100	纵向	1000	800	11	50	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		100~160	纵向	900	700	12	55	-	-
	0.38	0.37	0.70	1.70	1.70	0.30	-		160~250	纵向	800	600	13	55	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		250~500	纵向	740	540	14	-	-	-
15CrNiMoV	0.12	0.17	0.40	0.50	0.80	0.20	0.10	调质	500~1000	纵向	690	490	15	-	-	-
	~	~	~	~	~	~	-		100~300	纵向	685	585	15	60	110	190~240
34CrNi3MoV	0.19	0.37	0.70	1.00	1.20	0.35	0.20	调质	300~500	纵向	635	535	14	55	100	190~240
	~	~	~	~	~	~	-		≤100	纵向	900	785	14	40	47	269~321
	0.30	0.17	0.50	1.20	3.00	0.25	0.10		100~300	纵向	855	735	14	38	39	248~311
	~	~	~	~	~	~	~		300~500	纵向	805	685	13	33	31	235~293
37CrNi3MoV	0.40	0.37	0.80	1.50	3.50	0.40	0.20	调质	500~800	纵向	735	590	12	30	31	212~262
	~	~	~	~	~	~	-		≤100	纵向	900	785	13	40	47	269~321
	0.32	0.17	0.25	1.20	3.00	0.35	0.10		100~300	纵向	855	735	12	38	39	248~311
	~	~	~	~	~	~	~		300~500	纵向	805	685	11	33	31	235~293
24Cr2Ni4MoV	0.42	0.37	0.50	1.50	3.50	0.45	0.25	调质	500~800	纵向	735	590	10	30	31	212~262
	~	~	~	~	~	~	-		100~300	纵向	1000	870	12	45	70	-
	0.22	0.17	0.30	1.50	3.30	0.40	0.05		300~500	纵向	950	850	13	50	70	-
	~	~	~	~	~	~	~		500~750	纵向	900	800	15	50	65	-
24Cr2Ni4MoV	0.28	0.37	0.60	1.80	3.80	0.55	0.15	调质	750~1000	纵向	850	750	15	50	65	-
	~	~	~	~	~	~	-									

(续)

牌号	化学成分 (质量分数) (%)							热处理 状态	截面尺寸 (直径或 厚度) /mm	试样 方向	力学性能					硬度 (HBS)
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	其他				$\sigma_n$ /MPa ≥	$\sigma_s$ /MPa ≥	$\delta_5$ %≥	$\psi$ %≥	$A_{ku}$ /J ≥	
18Cr2Ni4W	0.13	0.17	0.30	1.35	4.00			W 0.80	≤100	纵向	1180	835	10	45	78	-
	~	~	~	~	~	-	-	~	80~100	纵向	1180	835	9	40	74	-
	0.19	0.37	0.60	1.65	4.50			~	100~150	纵向	1180	835	8	35	70	-
								1.20	150~250	纵向	1180	835	7	30	66	-

- 注: 1. 锻件必须在性能热处理后表面处理前检验力学性能。  
 2. 力学性能主要检验材料拉伸、冲击性能和硬度;同时作拉伸、冲击和硬度试验时,硬度值供参考。也可做拉伸、冲击和硬度中的某一项试验。  
 3. 当利用横向、切向或径向试样测定锻件的力学性能时,允许力学性能低于纵向力学性能本表规定值,其降低值见表 3.1-108。  
 4. 对于碳素结构钢,除 Q235 以外的其他碳素结构钢牌用废钢冶炼时,Cu 含量不大于 0.30%。  
 5. 锻件用结构钢适用于冶金、矿山、船舶、工程机械等设备中经整体热处理后取样测定力学性能的一般锻件。本表所列力学性能不适于电站设备中高温高速转动的主轴、转子、叶轮和压力容器等锻件。

表 3.1-108 锻件用结构钢非纵向力学性能允许低于纵向力学性能的数值(摘自 GB/T17107-1997)

力学性能指标	试样方向	酸性平炉及电炉钢		碱性平炉钢					
		锻造比		1~25t 钢锭锻件			>25t 钢锭锻件		
		≤5	>5	2~3	>3~5	>5	2~3	>3~5	>5
力学性能允许降低的百分数(%)									
$\sigma_s$	切向	5	5	5	5	5	5	5	5
	横向	5	5	10	10	10	10	10	10
$\sigma_b$	切向	5	5	5	5	5	5	5	5
	横向	5	5	10	10	10	10	10	10
$\delta_5$	切向	25	40	25	30	35	35	40	45
	横向	25	40	25	35	40	40	50	50
$\psi$	切向	20	40	25	30	40	40	40	45
	横向	20	40	30	35	45	45	50	60
$A_k$	切向	25	40	30	30	30	30	40	50
	横向	25	40	35	40	40	40	50	60

注:在利用横向、切向或径向试样测定锻件力学性能时,允许力学性能低于纵向力学性能的数值,其降低程度按本表规定。

4 钢铁材料国内外牌号对照

4.1.1 灰铸铁国内外牌号对照(见表 3.1-109)

4.1 铸铁国内外牌号对照

表 3.1-109 灰铸铁国内外牌号对照

No.	中国	国际标准化	日本	韩国	美国		德国		法国	俄罗斯	英国
	GB	组织 ISO	JIS	KS	AWS	UNS	DIN	W-Nr.	NF	ГОСТ	BS
1	HT100	100	FC100	GC100	No. 20	F11401	C410	Grade 100	GG10	0.6010	EN-GJL-100
2	HT150	150	FC150	GC150	No. 25	F1701	C415	Grade 150	GG15	0.6015	EN-GJL-150
3	HT200	200	FC200	GC200	No. 30	F12101	C418 C420 C421	Grade 180 Grade 220	GG20	0.6020	EN-GJL-200
4	HT250	250	FC250	GC250	No. 35 No. 40	F12801	C424 C425	Grade 260	GG25	0.6025	EN-GJL-250
5	HT300	300	FC300	GC300	No. 45	F13101	C430	Grade 300	GG30	0.6030	EN-GJL-300
6	HT350	350	FC350	GC350	No. 50	F13501	C435	Grade 350	GG35	0.6035	EN-GJL-350
7	-	-	-	-	No. 60	F14101	-	Grade 400	GG40	0.6040	-

4.1.2 球墨铸铁国内外牌号对照(见表 3.1-110)

表 3.1-110 球墨铸铁国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					AWS	UNS			DIN	W Nr.	
1	—	350-22	FCD350 22	GCD370	—	—	B435	350/22	—	—	—
2	QT400-15	400-15	FCD400-15	GCD400	—	—	B440	370/17	GGG 40	0.7040	EN-GJS-400-15
3	QT400-18	400-18	FCD400-18	—	60 40 -18	F32800	—	400/18	—	—	EN-GJS-400-18
4	QT450-10	450-10	FCD450-10	GCD450	65-45 -12	F33100	B445	450/10	—	—	EN-GJS-450-10
5	QT500-7	500-7	FCD500-7	GCD500	80-55 -06	F33800	B450	500/7	GGG-50	0.7050	EN-GJS-500-7
6	QT600-3	600-3	FCD600-3	GCD600	~80- 55 06 ~100- 70-03	F3300 F34800	B460	600/3	GGG-60	0.7060	EN-GJS-600-3
7	QT700-2	700-2	FCD700-2	GCD700	100-70 -03	F34800	B470	700/2	GGG-70	0.7070	EN-GJS-700-2
8	QT800-2	800-2	FCD800-2	GCD800	120-90 -02	F36200	B480	800/2	GGG-80	0.7080	EN-GJS-800-2
9	QT900-2	900-2	—	—	120-90 -02	F36200	~B4100	900/2	—	—	EN-GJS-900-2

4.1.3 可锻铸铁国内外牌号对照(见表 3.1-111)

表 3.1-111 可锻铸铁国内外牌号对照

中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		英国 BS	德国		法国 NF	俄罗斯 ГОСТ
				AWS	UNS		DIN	W-Nr.		
KTH300-06	B30-06	FCMB30 06 FCMB27-05	BMC270	—	—	B30/06	—	—	EN-GJMB-300-6	K430-6
KTH330-08	—	FCMB31-08	BMC310	—	—	B32/10	GTS-35 10	0.8135	—	K433-8
KTH350-10	B35-10	FCMB35-10	BMC340	32510	F22200	B35/12	—	—	EN-GJMB-350-10	K435-10
KTH370-12	—	(FCMB37)	BMC360	35018	22400	—	—	—	—	K437-12
KTZ450-06	P45-06	FCMP45 06 FCMP44-06	PMC440	45006 45008	F23131 F23130	P45/06	GTS-45-06	0.8145	EN-GJMB-450-6	K445-7
—	—	FCMP50-05	PMC490	50005	F23530	P10/05	—	—	EN-GJMB-500-5	K450-5
KTZ550-04	P55-04	FCMP55-04	PMC540	60004	F24130	P55/04	GTS-55 04	0.8155	EN-GJMB-550-4	K455-4
—	—	FCMP60-03	PMC590	70003	F24830	P60/03	—	—	EN-GJMB-600-3	K460-3
KTZ650-02	P65-02	FCMP65-02	—	80002	F25530	P65/02	GTS-65-02	0.8165	EN-GJMB-650-2	K465-3
KTZ700-02	P70-02	FCMP70-02	PMC690	90001	F26230	P690/2	GTS-70-02	0.8170	EN-GJMB-700-2	K470-2
KTB350-04	W35-04	FCMW34 04	WMC330	—	—	W35/04	GTW-35-04	0.8035	EN-GJMW-350-4	—
KTB380-12	W38-12	FCMW38-12	WMC370	—	—	W38/12	GTW-38-12	0.8038	EN-GJMW-360-12	—
KTB400-05	W40-05	FCMW40-05	—	—	—	W40/05	GTW-40-05	0.8040	EN-GJMW-400-5	—
KTB450-07	W45-07	FCMW45-07	WMC440	—	—	W45/07	GTW-45-07	0.8045	EN-GJMW-450-7	—

4.1.4 抗磨铸铁国内外牌号对照(见表 3.1-112)

表 3.1-112 抗磨铸铁国内外牌号对照

中国 GB	德国		法国 NF	英国 BS	美国	
	DIN	W Nr.			ASTM	UNS
KmTBNi4Cr2-DT	G-X260NiCr4 2	0.9620	FBNi4Cr2BC	Grade 2A	I B Ni-Cr-LC	F45001
KmTBNi4Cr2-GT	G-X330NiCr4 2	0.9625	FBNiCr2HC	Grade 2B	I A Ni-Cr-HC	F45000
KmTBCr9Ni5Si2	G-X300CrNiSi9 5 2	0.9630	FBCr9Ni5	Grade 2D Grade 2E	I D Ni-HiCr	F45003
KmTBCr15Mo2-GT	G-X300CrMo15 3	0.9635	—	Grade 3B	I C 15%Cr-Mo-HC	F45006
KmTBCr20Mo2Cu1	G-X260CrMoNi20 2 1	0.9645	FBCr20MoNi	Grade 3C	I D 20%Cr-Mo-LC	F45007 F45008
KmTBCr26	G-X300Cr27 ~G-X300CrMo27 1	0.9650	~FBCr26MoNi	Grade 3D	II A 25%Cr	F45009

4.2 铸钢国内外牌号对照

4.2.1 工程与结构用碳素铸钢国内外牌号对照(见表 3.1-113)。

表 3.1-113 工程与结构用碳素铸钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
1	ZG200-400 (ZG15)	200-400	SC410 (SC42)	SC410 (SC42)	415-205 (60-30)	J03000	15n	—	GS-38	1.0416	—
2	ZG230-450 (ZG25)	230-450	SC450 (SC46)	SC450 (SC46)	450-240 (65-35)	J03101	25n	A1	GS-45	1.0446	GE 230
3	ZG270-500 (ZG35)	270-480	SC480 (SC49)	SC480 (SC49)	485-275 (70-40)	J02501	35n	A2	GS 52	1.0352	GE 280
4	ZG310-570 (ZG45)	—	SCC5	SCC5	(80-40)	J05002	45n	—	GS-60	1.0558	GE 320
5	ZG340-640 (ZG55)	340-550	—	—	—	J05000	—	A5	—	—	GE 370

注:表中括号内为旧牌号。

4.2.2 合金铸钢国内外牌号对照(见表 3.1-114)

表 3.1-114 合金铸钢国内外牌号对照

中国 GB	日本 JIS	韩国 KS	俄罗斯 ГОСТ	美国		德国		法国 NF
				ASTM	UNS	DIN	W-Nr.	
ZG40Mn	SCMn3	SCMn3	—	—	—	GS-40Mn5	1.1168	—
ZG40Cr	—	—	40Xn	—	—	—	—	—
ZG20SiMn	SCW480	SCW480	20XC1	LCC	J02505	GS-20Mn5	1.1120	G20M6
ZG35SiMn	SCSiMn2	SCSiMn2	35XC1	—	—	GS-37MnSi5	1.5122	—
ZG35CrMo	SCCrM3	SCCrM3	35XM1	—	J13048	GS-34CrMo4	1.7220	G35CrMo4
ZG35CrMnSi	SCMnCr3	SCMnCr3	35XM1	—	—	—	—	—

4.2.3 不锈钢铸钢国内外牌号对照(见表 3.1-115)

表 3.1-115 不锈钢铸钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM/ACI	UNS			DIN	W-Nr.	
1	ZG1Cr13	C39CH	SCS1	SCS1	CA-15	J91150	15x13n	410C21	G-X7Cr13 G-X10Cr13	1.4001 1.4006	Z12C13M
2	ZG2Cr13	—	SCS2	SCS2	CA-40	J91153	20x13n	420C29	G-X20Cr14	1.4027	Z20C13M

(续)

No.	中国 GB	国际标 准化组 织 ISO	日 本 JIS	韩 国 KS	美 国		俄罗斯 ГОСТ	英 国 BS	德 国		法 国 NF
					ASTM /ACI	UNS			DIN	W-Nr.	
3	ZGCr28	—	—	—	—	—	—	452C11	G-X70Cr29 G-X120Cr29	1.4085 1.4086	Z130C29M
4	ZG00Cr18Ni10	C46	SCS19A	SCS19A	CF-3	J92500	03X18H11.7	304C12	G-X2CrNi18 9	1.4306	Z2CN18.10M
5	ZG0Cr18Ni9	C47	SCS13 SCS13A	SCS13 SCS13A	CF 8	J92600	07X18H9.1	304C15	G-X6CrNi18 9	1.4308	Z6CN18.10M
6	ZG1Cr18Ni9	C47H	≈SCS12	≈SCS12	CF-20	J92602	10X18H9.1	302C25	G-X10CrNi18 8	1.4312	Z10CN18.9M
7	ZG0Cr18Ni9Ti	C50	SCS21	SCS21	CF-8C	J92710	—	317C17	≈G-X5CrNi Nb18 9	1.4552	Z6CNNb18.10M
8	ZG0Cr18Ni 12Mo2Ti	—	SCS14A	SCS14A	CF-8M	J92900	—	—	G-X6CrNi Mo18 10	—	Z6CND18.12M
9	ZG1Cr18Ni 12Mo2Ti	C60	SCS22	SCS22	—	—	—	—	~G-X5CrNi Mo,Nb18 10	1.4581	Z6CND18.12M
10	ZG0Cr18Ni 12Mo2Ti	—	SCS24	SCS24	CB7Cu-1 CB7Cu	—	—	—	—	—	Z5CNU16.4M

4.2.4 耐热铸钢国内外牌号对照(见表 3.1-116)

表 3.1-116 耐热铸钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	日 本 JIS	韩 国 KS	美 国		德 国		法 国 NF	英 国 BS
				ASTM /ACI	UNS	DIN	W Nr.		
1	ZG30Cr26Ni5	SCH11	SCH11	HD	J93005	G-X40CrNiSi27-4	1.4823	Z30CN26.05M	—
2	ZG35Cr26Ni12	SCH13	SCH13	HH	J93503	G-X40CrNiSi25-12	1.4837	—	309C35
3	ZG30Ni35Cr15	SCH16	SCH16	HT-30	—	—	—	—	330C12
4	ZG40Cr28Ni16	SCH18	SCH18	HI	J94003	—	—	—	—
5	ZG35Ni24Cr18Si2	SCH19	SCH19	HN	J94213	—	—	—	311C11
6	ZG40Cr25Ni20	SCH22	SCH22	HK HK-40	J94224 J94204	G-X40CrNiSi25 20	1.4848	Z40CN25.20M	—
7	ZG40Cr30Ni20	SCH23	SCH23	HL	J94604	—	—	Z40CN30.20M	—
8	ZG45Ni35Cr26	SCH24	SCH24	HP	J95705	G X45CrNiSi35-25	1.4857	—	—

4.2.5 高锰铸钢国内外牌号对照(见表 3.1-117)

表 3.1-117 高锰铸钢国内外牌号对照

中国 GB/JB/YB	日 本 JIS	韩 国 KS	美 国		德 国		俄罗斯 ГОСТ	英 国 BS
			ASTM	UNS	DIN	W-Nr.		
ZGMn13-1 ZGMn13-2	~SCMnH1	~SCMnH1	B4 A	J91149 J91109	G-X120Mn13 G X120Mn12	1.3802 1.3401	Г13.7 11013.7	BW10 (En145)
ZGMn13-3 ZGMn13-4	SCMnH1 SCMnH2 SCMnH3	SCMnH1 SCMnH2 SCMnH3	B1 B2	J91119 J91129	G-X110Mn14	1.3402	100Г13.7	—
ZGMn13-4 ZGMn13Cr2 ZGMn13-5	SCMnH11 SCMnH21	SCMnH11 SCMnH21	C	J91309	—	—	~110Г13X2EPJ	—

4.2.6 承压铸钢国内外牌号对照(见表 3.1-118)

表 3.1-118 承压铸钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标 准化组 织 ISO	日 本 JIS	韩 国 KS	美 国		俄罗斯 ГОСТ	英 国 BS	德 国		法 国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
1	ZG240-450B	C23-45B	SCPH1	SCPH1	WCC	J02503	≈20ГJ	GP240GH	GS-21Mn5 GS-C25	1.1138 1.0619	A420CP -M

(续)

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
2	ZG280-520	C26-52	SCPH2	SCPH2	WCB	J03101	20ГЦ1	GP280GH	GS-20Mn5	1.1120	A480CP-M
3	ZG19MoG	C28H	SCPH11	SCPH11	WC1	J05000	—	G20Mo5	GS-22Mo4	1.5419	20D5-M
4	ZG15Cr1MoG	C32H	SCPH21	SCPH21	WC6	J05002	≈14X21 MP.1	G17CrMo5-5	GS-17CrMo5.5	1.7357	15CD5.05 M
5	ZG12Cr2Mo1G	C34AH	SCPH32	SCPH32	WC9	J02501	—	G17CrMo9-10	GS-18CrMo9.10	1.7379	15CD9.10-M
6	ZG03Cr18Ni10	C46	—	—	CF3	J92500	—	GX2CrNi19-11	—	—	Z2CN18.10-M
7	ZG07Cr20Ni10	C47	SCS13	SCS13	CF8	J92600	07X18H9T	GX5CrNi19-10	G-X6CrNi18.9	1.4308	Z6CN18.10-M
8	ZG07Cr19Ni11Mo3	C61	SCS14A	SCS14A	CF8M	J92900	—	≈GX5CrNiMo19-11-2	G-X6CrNiMo18.10	1.4408	Z6CND18.12-M

### 4.3 变形钢国内外牌号对照

#### 4.3.1 碳素结构钢和工程用钢国内外牌号对照(见表 3.1-119)

表 3.1-119 碳素结构钢和工程用钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
1	Q195	HR2	—	—	A285M Cr. B	—	Cr. 1кв Cr. 1ен Cr. 1вс	S185	S185	1.0035	S185
2	Q215A	HR1	SS330	SS330	A283M Gr. C	—	Cr. 2кв-2,-3 Cr. 2ен-2,-3 Cr. 2вс-2,-3	040A12	USt34-2 RSt34-2	1.0028 1.0034	A34 A34-2NE
3	A215B	—	—	—	A573M Cr. 58	—	—	—	—	—	—
4	Q235A	Fe360A	SS400	SS400	A570 Gr. A	K02501	Cr. 3кв-2	S235JR	S235JR	1.0037	S235JR
5	Q235B	Fe360D	—	—	A570 Gr. D	K02502	Cr. 3кв-3	S235JRG1	S235JRG1	1.0036	S235JRG1
6	Q235C	—	—	—	A283M Gr. D	—	Cr. 3кв-4	S235JRG2	S235JRG2	1.0038	S235JRG2
7	Q235D	—	—	—	—	—	ECr. 3кв-2	—	—	—	—
8	Q255A	—	SM400A	—	A709M Gr. 36	—	Cr. 4кв-2 Cr. 4тв-3	43B	St44-2	1.0044	E28-2
9	Q255D	—	SM400B	—	—	—	ECr. 4кв-2	—	—	—	—
10	Q275	Fe430A	SS490	SS490	—	K02901	Cr. 5кв-2 Cr. 5кв ECr. 5кв-2	S275J2G3 S275J2G4	S275J2G3 S275J2G4	1.0144 1.0145 1.0055	S275J2G3 S275J2G4

#### 4.3.2 优质碳素结构钢国内外牌号对照(见表 3.1-120)

表 3.1-120 优质碳素结构钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM/AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
1	05F	—	—	—	1005	G10050	05кв	015A03	D6-2	1.0314	—
2	08F	—	S9CK	SM9CK	≈1008	—	08кв	—	USt4	1.0336	—
3	08	—	—	—	1008	G10080	08	040A04 050A04	—	—	XC6



(续)

No.	中 国 GB	国际标准化 组织 ISO	日 本 JIS	韩 国 KS	美 国		俄罗斯 ГОСТ	英 国 BS	德 国		法 国 NF
					ASTM AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
4	10F		-	-	≈1010	-	10кн	-	USt13	-	-
5	10	-	S10C	SM10C	1010	G10100	10	040A10 045M10	C10 Ck10	1.0301 1.1121	C10 XC10
6	15	-	S15C	SM15C	1015	G10150	15	040A15 080M15	C15 Ck15	1.0401 1.1141	C12 XC15
7	20	-	S20C	SM20C	1020	G10200	20	C22E 070M20	C22E Ck22	1.1151	C22E XC18
8	25	C25E4	S25C	SM25C	1025	G10250	25	C25E 070M26	C25E Ck25	1.1158	C25E XC25
9	30	C30E4	S30C	SM30C	1030	G10300	30	C30E 080M30	C30E Ck30	1.1178	C30E XC32
10	35	C35E4	S35C	SM35C	1035	G10350	35	C35E 080M36	C35E Ck35	1.1181	C35E XC38
11	40	C40E4	S40C	SM40C	1040	G10400	40	C40E 080M40	C40E Ck40	1.1186	C4E XC42
12	45	C45E4	S45C	SM45C	1450	G10450	45	C40E 080M46	C45E Ck45	1.1191	C45E XC48
13	50	C50E4	S50C	SM50C	1050	G10500	50	C50E 080M50	C50E Ck53	1.1210	C50E
14	55	C55E4	S55C	SM55C	1055	G10550	55	C55E 070M55	C55E Ck55	1.1203	C55E XC55
15	60	C60E4	-	-	1060	G10600	60	C60E 070M60	C60E Ck60	1.1221	C60E XC60
16	65	SL,SM	-	-	1065	G10650	65	060A67	Ck67	1.1231	XC65
17	15Mn	-	-	-	1016	G10160	15Г	080A15	15Mn3	1.0467	12M5
18	20Mn	-	-	-	1022	G10220	20Г	080A20	21Mn4	1.0469	20M5
19	25Mn	-	-	-	1026	G10260	25Г	080A25	-	-	-
20	30Mn	-	-	-	1033	G10330	30Г	080A30	30Mn4	1.1146	32M5
21	35Mn	-	-	-	1037	G10370	35Г	080A35	36Mn4	1.0561	35M5
22	40Mn	SL,SM	-	-	1039	G10390	40Г	080A40	40Mn4	1.1157	40M5
23	45Mn	SL,SM	-	-	1046	G10460	45Г	080A47	-	-	45M5
24	50Mn	SL,SM	-	-	1053	G10530	50Г	080A52	-	-	-
25	60Mn	SL,SM	S58C	-	1062	-	60Г	080A62	60Mn3	1.0642	-

4.3.3 建筑用钢筋国内外牌号对照(见表 3.1-121)

表 3.1-121 建筑用钢筋国内外牌号对照

中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM	德 国 DIN	法 国 NF
Q235	PB240	SR235	Cr. 3кн Cr. 3иc Cr. 3ен	-	-	FeE235
20MnSi 20MnSiV	RB400 RB400W	SD390	-	A706M A615M	BS420S	FeE400 FeTE400
20MnTi	RB400 RB400W	SD390	-	A706M A615M	-	FeE400 FeTE400
25MnSi	RB400 RB400W	SD390	-	-	-	FeE400 FeTE400

## 4.3.4 合金结构钢国内外牌号对照(见表 3.1-122)

表 3.1-122 合金结构钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM /AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
1	20Mn2	22Mn6	SMn420	SMn420	1320	—	20Г2	150M19	20Mn6	1.1169	20M5
2	30Mn2	28Mn6	—	—	1330	G13300	30Г2	150M28	30Mn5	1.1165	32M5
3	35Mn2	36Mn6	SMn433	SMn433	1325	G13350	35Г2	150M36	36Mn5	1.1167	35M5
4	40Mn2	42Mn6	SMn438	SMn438	1340	G13400	40Г2	—	—	—	40M5
5	45Mn2	—	SMn443	SMn443	1345	G13450	45Г2	—	46Mn7	1.0912	45M5
6	50Mn2	—	—	—	—	—	50Г2	—	50Mn7	1.0913	55M5
7	15MnV	—	—	—	—	—	—	—	15MnV5	1.5213	—
8	20MnV	—	—	—	—	—	—	—	20MnV6	1.5217	—
9	42MnV	—	—	—	—	—	—	—	42MnV7	1.5223	—
10	35SiMn	—	—	—	—	—	35CT	—	37MnSi5	1.5122	38MS5
11	42SiMn	—	—	—	—	—	42CT	—	46MnSi4	1.5121	41S7
12	40B	—	—	—	14B35	—	—	170H41	—	—	—
13	45B	—	—	—	14B50	—	—	—	—	—	—
14	40MnB	—	—	—	—	—	—	185H40	—	—	38MB5
15	15Cr	—	SCr415	SCr415	5115	G51150	15X	523A14 523M15	15Cr3	1.7015	12C3
16	20Cr	20Cr4	SCr420	SCr420	5120	G51200	20X	527A20	20Cr4	1.7027	18C3
17	30Cr	—	SCr430	SCr430	5130	G51300	30X	530A30	28Cr4	1.7030	32C4
18	35Cr	34Cr4	SCr435	SCr435	5135	G51350	35X	530A36	34Cr4	1.7033	38C4
19	40Cr	41Cr4	SCr440	SCr440	5140	G51400	40X	530A40 530M40	41Cr4	1.7035	42C4
20	45Cr	—	SCr445	SCr445	5145	G51450	45X	—	—	—	45C4
21	50Cr	—	—	—	5150	G51500	50X	—	—	—	50C4
22	12CrMo	—	—	—	4119	—	12XM	1501-620	13CrMo44	1.7335	12CD4
23	12CrMoV	—	—	—	—	—	12XMΦ	Cr27	—	—	—
24	15CrMo <sup>①</sup>	—	SCM415	SCM415	—	—	15XM	1501-620 Cr31	15CrMo5	1.7262	15CD4.05
25	20CrMo	18CrMo4	SCM420	SCM420	4118	G41180	20XM	CDS12	20CrMo5	1.7264	18CD4
26	25CrMo <sup>②</sup>	—	—	—	—	—	30XM	—	25CrMo4	1.7218	25CD4
27	30CrMo	—	SCM430	SCM430	—	—	—	—	—	—	30CD4
28	35CrMo	34CrMo4	SCM435	SCM435	4135	G41350	35XM	708A37	34CrMo4	1.7220	35CD4
29	35CrMoV	—	—	—	—	—	35XMΦ	CDS13	—	—	—
30	42CrMo	42CrMo4	SCM440	SCM440	4140	G41400	—	708M40	42CrMo4	1.7225	42CD4
31	25Cr2MoVA	—	—	—	—	—	25X2M1Φ	—	24CrMoV55	1.7733	—
32	25Cr2Mo1VA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	20Cr3MoWVA	—	—	—	—	—	3M415	—	21CrVMoW12	—	—
34	38CrMoAl	41Cr AlMo74	—	—	—	—	38X2MOA	905M39	41CrAlMo7	1.8509	40CAJ6.12
35	20CrV	—	—	—	6120	—	—	—	21CrV4	1.7510	—
36	50CrVA	13	SUP10	SPS6	6150	G61500	50XΦA	735A50	51CrV4 (50CrV4)	1.8159	50CV4
37	15CrMn	—	—	—	5115	G51150	15XГ	—	16MnCr5	1.7131	16MC5
38	20CrMn	20MnCr5	SMnC420	SMnC420	5120	G51200	20XГ	—	20MnCr5	1.7147	20MC5
39	20CrMnSi	—	—	—	—	—	20X1C	—	—	—	—
40	30CrMnSi	—	—	—	—	—	30X1C	—	—	—	—
41	35CrMnSiA	—	—	—	—	—	35X1CA	—	—	—	—
42	20CrMnMo	—	SCM421	SCM421	4119	—	18XFM	—	—	—	—
43	40CrMnMo	42CrMo4	SCM440	SCM440	4142	G41420	40XFM	708A42	42CrMo4	1.7225	—
44	20CrMnTi	—	—	—	—	—	18X1T	—	30MnCrTi4	1.8401	—
45	30CrMnTi	—	—	—	—	—	30X1T	—	—	—	—

(续)

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM /AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
46	20CrNi	-	-	-	-	-	20XH	-	-	-	-
47	40CrNi	-	-	-	3140	G31400	40XH	640M40	40NiCr6	1.5711	-
48	50CrNi	-	-	-	-	-	50XH	-	-	-	-
49	12CrNi2	-	SNC415	SNC415	3415	-	12XH2A	-	14NiCr10	1.5732	14NC11
50	12CrNi3	15NiCr13	SNC815	SNC815	3310	G33106	12XH3A	665A12 665M13	14NiCr14	1.5752	14NC12
51	20CrNi3	-	-	-	-	-	20XH3A	-	-	-	20NC11
52	30CrNi3	-	SNC836	SNC836	3435	-	30XH3A	653M31	31NiCr14	1.5755	30NC11
53	12Cr2Ni4	-	-	-	2515	-	12X2H4A	659M15	14NiCr18	1.5860	12NC15
54	20Cr2Ni4	-	≈SNC815	≈SNC815	3316	-	20X2H4A	≈665M13	≈14NiCr14	1.5752	18NC13
55	18Cr2Ni4WA	-	-	-	-	-	18X2H4BA	-	-	-	-
56	20CrNiMo	20NiCrMo2	SNCM220	SNCM220	8620	G86200	20XHM	805M20	21NiCrMo2	1.6523	20NCD2
57	40CrNiMo	-	-	-	-	-	20XHM	-	-	-	-
58	45CrNiMoVA	-	SNCM439	SNCM439	4340	G43400	45X2MΦA	816M40	36CrNiMo4	1.6511	40NCD3

① 中国 YB 标准旧牌号。

4.3.5 易切削结构钢国内外牌号对照(见表 3.1-123)

表 3.1-123 易切削结构钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM /AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
1	Y12	10S20	SUM21	SUM21	B1112	-	A12	-	10S20	1.0721	13MF4
2	Y12Pb	11SMnPb28	-	-	11L08	-	-	-	10SPb20	1.0722	10PbF2
3	Y15	11SMn28	SUM32	SUM32	1115	-	-	220M07 210A15	15S20	1.0723	-
4	Y15Pb	11SMnPb28	SUM22L	SUM22L	12L13	G12134	-	-	9SMnPb28	1.0718	S250Pb
5	Y20	-	-	-	1120	-	A20	-	22S20	1.0724	18MF5
6	Y30	-	-	-	1130	-	A30	-	-	-	-
7	Y35	35S20	-	-	1140	-	-	212M36	35S20	1.0726	35MF6
8	Y40Mn	44SMn28	SUM42	SUM42	1141	G11410	A10Г	212M44	-	-	-

4.3.6 冷镦钢国内外牌号对照(见表 3.1-124)

表 3.1-124 冷镦钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM /AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
1	ML08	CC8X	SWRCH8A	SWCH8A	1010	G10100	08кп	0/1	QSt34-3	1.0213	FB8 FR8
2	ML10	CC8A	SWRCH10K	SWCH10K	1012	G10120	10кп	0/2	QSt36-3	1.0214	XC10 FB10 FR10
3	ML15	CC15A	SWRCH15K	SWCH15K	1015	G10150	15кп	0/3	QSt38-3 Cq15	1.0234 1.1132	FR15 FB18 FR18
4	ML20	CC21A	SWRCH20K	SWCH20K	1020	G10200	20кп	0/4	Cq22	1.1152	XC18 FR20
5	ML25	-	SWRCH25K	SWCH25K	1025	G10250	25	-	-	-	XC25 FR28
6	ML30	CE28E4	SWRCH30K	SWCH30K	1030	G10300	30	1/1	-	-	XC32 FR33

(续)

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM /AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
7	ML35	CE35E4	SWRCH35K	SWCH35K	1034	G10340	35	1/2	Cq35	1.1172	XC38 FR36
8	ML40	CE40E4	SWRCH40K	SWCH40K	1040	G10400	40	1/3	—	—	XC40 FR38
9	ML45	CE45E4	SWRCH45K	SWCH45K	1044	G10440	45	—	Cq45	1.1192	XC45
10	ML25Mn	—	SWRCH25K SWRCH27K	SWCH25K	1026	G10260	—	—	—	—	1C25
11	ML30Mn	CE28E1	SWRCH30K SWRCH33K	SWCH30K	1030	G10300	—	—	—	—	1C30
12	ML35Mn	CE35E4	SWRCH35K SWRCH38K	SWCH35K	1034	G10340	—	2/1	—	—	1C35
13	ML40Mn	CE40E4	SWRCH40K SWRCH43K	SWCH41K	1040	G10400	40 <sup>+</sup>	2/2	—	—	1C40
14	ML45Mn	CE45E4	SWRCH45K SWRCH48K	SWCH45K	1045	G10450	45 <sup>+</sup>	162	—	—	1C45
15	ML15Cr	—	—	—	5115	G51150	15X	—	15Cr2	1.7015	—
16	ML20Cr	20Cr4E	—	—	5120	G51200	20X	—	—	—	—
17	ML40Cr	41Cr4E	—	—	5140	G5140	40X	3/2	41Cr4	1.7035	38C4 42C4
18	ML15MnB	CE20BG2	SWRCHB620	—	1518	G15180	—	9/0	—	—	20MB5
19	ML30CrMo	—	—	—	4130	G41300	30XMA	—	≈25CrMo4	1.7218	30CD4
20	ML35CrMo	34CrMo4E	—	—	4135 A320ML7B	G41350	—	—	34CrMo4	1.7220	34CD4
21	ML42CrMo	42CrMo4E	—	—	4140 A320ML7M	G41400	—	—	42CrMo4	1.7225	42CD4

4.3.7 弹簧钢国内外牌号对照(见表 3.1-125)

表 3.1-125 弹簧钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					AISI	UNS			DIN	W-Nr.	
1	65	Type DC	SUP2	—	1065	G10650	65	060A67	Ck67	1.1231	XC65
2	70	Type DC	—	—	1070	G10700	70	070A72	—	—	XC70
3	85	Type DC	SUP3	SPS1	1086	G10860	85A	060A86	Ck85	1.1269	XC85
4	65Mn	—	—	—	1066	—	65 <sup>+</sup>	080A67	—	—	—
5	55Si2Mn	56SiCr7	—	—	9255	G92550	55C2	250A53	55Si7	1.0904	55S7
6	60Si2Mn	61SiCr7	SUP6	SPS3	—	—	60C2	—	60Si7	1.0909	60S7
7	60Si2CrA 60Si2CrVA	55SiCr6-3	—	—	—	—	60C2XA 60C2XΦA	—	60SiCr7	1.0961	60SC7
8	55CrMnA	55Cr3	SUP9	SPS5	5155	G51550	—	≈527A60	55Cr3	1.7176	55C3
9	60CrMnA	—	SUP9A	SPS5A	5160	G51600	—	527A60	—	—	—
10	60CrMnMoA	60CrMo3-3	SUP13	SPS9	4160	G41610	—	705H60	≈51CrMoV4	1.7701	~51CDV4
11	50CrVA	51CrV4	SUP10	SPS6	6150	G61500	50XΦA	735A50	51CrV4	1.8159	50CrV4
12	60CrMnBA	60Cr1	SUP11A	SPS7	51B60	G51601	55XГP	—	58CrMnB4	—	—
13	30W4Cr2VA	—	—	—	—	—	—	—	30WCrV17.9	1.2243	—

4.3.8 轴承钢国内外牌号对照(见表 3.1-126)

表 3.1-126 轴承钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM /AISI	UNS			DIN	W Nr.	
高碳铬轴承钢											
1	GCr6	—	—	—	50100 E50100	G50986	ИХ6	—	100Cr2 (W1)	1.3501	100C2
2	GCr9	—	SUJ1	STB1	E51100	G51986	ИХ9	—	105Cr4 (W2)	1.3503	100C5
3	GCr9SiMn	100CrMnSi4 4 (B2)	SUJ3	STB3	A485 Cr1	—	—	—	—	—	—
4	GCr15	100Cr6 (B1)	SUJ2	STB2	E52100	G52986	ИХ15	335A99	100Cr6 (W3)	1.3505	100C6
5	GCr15SiMn	100CrMnSi6 -4 (B3)	—	—	—	—	ИХ15Ц	—	100CrMn6 (W4)	1.3502	100CM6
渗碳轴承钢											
6	G20CrMo	≈20MnCrMo4 -2 (B27)	—	—	A534 4118H	—	—	—	20MoCr4	1.7321	—
7	G20CrNiMo	20NiCrMo2 (B28)	SNCM220	SNCM220	A534 8620H	—	—	805A20	21NiCrMo2	1.6523	20NCD2
8	G20CrNi2Mo	20NiCrMo7 (B29)	SNCM420	SNCM420	A534 4320H	—	20\112M (20XHM)	—	—	—	20NCD7
9	G20Cr2Ni4	≈18NiCrMo14 -6 (B31)	—	—	—	—	20\214A	—	—	—	—
10	G10CrNi3Mo	—	—	—	A534 9310H	—	—	832H13	—	—	—
不锈钢轴承钢											
11	9Cr18	—	SUS440C	STS440C	—	—	95X18	—	—	—	—
12	9Cr18Mo	X108CrMo17 (B52)	SUS440C	STS440C	A756 440C	—	—	—	X102CrMo17	1.3543	Z100CD17

4.3.9 阀门用钢国内外牌号对照(见表 3.1-127)

表 3.1-127 阀门用钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国	
					SAE	UNS
1	2Cr21Ni12N	—	SUH 37	STR 37	EV4(21-12)	S63017
2	4Cr14Ni14W2Mo	—	SUH 31	STR 31	—	—
3	5Cr21Mn9Ni4N	X53CrMnNiN21-9	SUH 35	STR 35	EV8(21-4N)	S63008
4	4Cr9Si2	X45CrSi9-3	SUH 1	STR 1	HNV3(Si1)	S65007
5	4Cr10Si2Mo	—	SUH 3	STR3	—	—
6	8Cr20Si2Ni	—	SUH 4	STR 4	HNV6(XB)	S65006

No.	俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
			DIN	W-Nr.	
1	—	381S34	—	—	Z20CN21-21Az
2	45X14H14B2M	331S42	≈X50NiCrWV13-13	≈1.2731	~Z35CNWS14-14
3	55X20r9AH4	349S52	≈X53CrMnNiN21-9	1.4871	Z53CMN21-09Az
4	40X9C2	401S45	X45CrSi9-3	1.4718	Z45CS9
5	40X10C2M	—	X40CrSiMo10-2	1.4731	Z40CSD10
6	80X20H2C2	443S65	X80CrNiSi20	1.4747	Z80CNS20-02

4.3.10 不锈钢国内外牌号对照(见表 3.1-128)

表 3.1-128 不锈钢国内外牌号对照

No.	中国 <sup>①</sup> GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
奥氏体型不锈钢											
1	1Cr17Mn6Ni5N	X12CrMnNi17-7-5	SUS 201	STS 201	201	S20100	—	—	—	—	—
2	1Cr18Mn8Ni5N	—	SUS202	STS 202	202	S20200	12X1719A1H4	284S16	—	—	—
3	1Cr17Ni7	X10CrNi18-8	SUS 301	STS 301	301	S30100	—	301S21	X12CrNi17-7	1.4310	Z12CN17.07 Z12CN18.07
4	1Cr18Ni9	—	SUS 302	STS 302	302	S30200	12X1810	302S25	X12CrNi18-8	1.4300	Z10CN18.09
5	Y1Cr18Ni9	X8CrNiSi18-9	SUS 303	STS 303	303	S30300	—	303S21	X10CrNiSi18-9	1.4305	Z10CNi18.09
6	Y1Cr18Ni9Se	—	SUS 303Se	STS 303Se	303Se	S30323	12X18H10E	303S41	—	—	—
7	0Cr18Ni9 (0Cr18Ni9)	X5CrNi18-10	SUS 304	STS 304	304 304H	S30400	08X18H10	304S15	X5CrNi18-10	1.4301	Z6NC18.09
8	00Cr19Ni10 (00Cr18Ni10)	X2CrNi19-11	SUS 304L	STS 304L	304L	S30403	03X18H11	304S12	X2CrNi19-11	1.4306	Z2CN18.10 Z2CN18.09
9	0Cr19Ni19N	—	SUS 304N1	STS 304N1	304N	S30451	—	—	—	—	—
10	0Cr19Ni10NbN	—	SUS 304N2	STS 304N2	XM21	S30452	—	—	—	—	—
11	00Cr18Ni10N	X2CrNi18-9	SUS 304LN	STS 304LN	304LN	S30453	—	304S62	X2CrNiN18-20	1.4311	Z2CN18.1Az
12	1Cr18Ni12 (1Cr18Ni12Ti)	X6CrNi18 12	SUS 305	STS 305	305	S30500	12X18H12T	305S19	X5CrNi18-12	1.4303	Z8CN18.12
13	0Cr23Ni13	—	SUS 309S	STS 309S	309S	S30908	—	—	X7CrNi23-14	1.4833	Z15CN24.13
14	0Cr25Ni20 (1Cr25Ni20Si2)	—	SUS 310S	STS 310S	310S	S31008	—	304S24	X12CrNi25-21	1.4845	Z12CN25.20
15	0Cr17Ni12Mo2	X5CrNiMo17-12-2	SUS 316	STS 316	316	S31600	—	316S16 316S31	X5CrNiMo17-12-2 X5CrNiMo17-13-3	1.4401 1.4436	Z6CND17.11 Z6CND17.12
16	0Cr18Ni12Mo2Ti	X6CrNiMoTi17-12-2	—	—	316Ti	S31635	08X17H13M2T	320S31 320S17	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	Z6CNDT17.12

(续)

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF	
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.		
奥氏体型不锈钢												
17	00Cr17Ni14Mo2		SUS 316L	STS 316L	316L	S31603	03X17H14M2	316S11 316S12		X2CrNiMo18-14-3	1.4435	Z2CND17.13
18	0Cr17Ni12Mo2N		SUS 316N	STS 316N	316N	S31651						
19	00Cr17Ni13Mo2N	X2CrNiMoN17-11-2	SUS 316LN	STS 316LN	316LN	S31653		316S61		X2CrNiMoN17-12-2 X2CrNiMoN17-13-3	1.4406 1.4429	Z2CND17.12 AzZ2CND17.13Az
20	0Cr18Ni12Mo2Cu2		SUS 316J1	STS 316J1								
21	00Cr18Ni14Mo2Cu2		SUS 316J1L	STS 316J1L								
22	0Cr19Ni13Mo3		SUS 317	STS 317	317	S31700		317S16		X5CrNiMo17-13	1.4449	
23	1Cr18Ni12Mo3Ti						10X17H13M3Ti	320S31				
24	0Cr18Ni12Mo3Ti	X6CrNiTi17 12 2					08X17H15M3Ti	320S17		X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	
25	00Cr19Ni13Mo3 (00Cr17Ni14Mo3)	X2CrNiMo18-15-4	SUS 317L	STS 317L	317L	S31703		317S12		X2CrNiMo18-16-4	1.4438	Z2CND19.15
26	0Cr18Ni16Mo5		SUS 317J1	STS 317J1								
27	1Cr18Ni9Ti	X10CrNiTi18-10	SUS 321	STS 321	321	S32100	12X18H10Ti	321S20		X12CrNiTi18-9	1.4878	Z6CNT18.12
28	0Cr18Ni11Ti (0Cr18Ni9Ti)	X6CrNiTi18-10	SUS 321	STS 321	321	S32100	69X18H10Ti X18H10Ti	321S12 321S31		X6CrNiTi18 10	1.4541	Z6CNT18.10
29	0Cr18Ni11Nb	X6CrNiNb18-10	SUS 347	STS 347	347	S34700	08X18H12Nb	317S17 347S31		X6CrNiNb18-10	1.4550	Z5CENNb18.10
30	0Cr18Ni9Cu3	X3CrNi18-9-4	SUS XM7	STS XM7	XM7					X3CrNiCu18-9	1.4567	Z3CNCU18.10
31	0Cr18Ni13Si4		SUS XM15J1	STS XM15J1	XM15	S38100						
奥氏体-铁素体型不锈钢												
32	0Cr26Ni5Mo2		SUS 329J1	STS 329J1	329	S32900				X8CrNiMo27-5	1.4460	
33	1Cr18Ni11Si4AlTi						15X18H12C4TiO					

(续)

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W.Nr.	
奥氏体 铁素体型不锈钢											
34	00Cr18Ni15Mo3Si2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
铁素体型不锈钢											
35	00Cr13Al	X6CrAl13	SUS 405	STS 405	405	S40500	—	405S17	X6CrAl13	1.4002	Z6CA13
36	00Cr12	—	SUS 410L	STS 410L	—	—	—	—	—	—	Z3C112
37	1Cr17	X6Cr17	SUS 430	STS 430	430	S43000	12X17	430S15	X6Cr17	1.4016	Z8C17
38	YCr17	X14CrMoS17	SUS 430F	STS 430F	430F	S43020	—	—	X12CrMoS17	1.4104	Z10CF17
39	1Cr17Mo	X6CrMo17-1	SUS 434	STS 434	434	S43400	—	434S17	X6CrMo17	1.4113	Z8CD17.01
40	03Cr30Mo2	—	SUS 447J1	STS 447J1	—	—	—	—	—	—	—
41	00Cr27Mo	—	SUS XM27	STS XM27	XM27	S44625	—	—	X1CrMo26-1	1.4131	Z01CD26.01
马氏体型不锈钢											
42	1Cr12	—	SUS 403	STS 403	403	S40300	08X13	403S17	—	—	—
43	0Cr13	X6Cr13	SUS 405	STS 405	405	S40500	—	—	X6Cr13	1.4000	Z6C13
44	1Cr13	X12Cr13	SUS 410	STS 410	410	S41000	12X13	410S21	X10Cr13	1.4006	Z12C13
45	1Cr13Mo	—	SUS 410J1	STS 410J1	—	—	—	420S29	X15Cr13	1.4024	—
46	Y1Cr13	X12CrS13	SUS 416	STS 416	416	S41600	—	416S21	X12CrS13	1.4005	Z12CF13
47	2Cr13	X20Cr13	SUS 420J1	STS 420J1	420	S42000	20X13	420S37	X20Cr13	1.1021	Z20C13
48	3Cr13	X30Cr13	SUS 420J2	STS 420J2	—	—	30X13	420S45	X30Cr13	1.4028	Z30C13
49	4Cr13	X39Cr13	—	—	—	—	40X13	—	X38Cr13	—	Z40C11
50	Y4Cr13	—	SUS 420F	STS 420F	420F	S42000	—	—	—	—	Z30CF13
51	1Cr17Ni2	X17CrNi16-2	SUS 431	STS 431	431	S43100	14X17H2	431S29	X20CrNi17-2	1.4057	Z15CN16.02
52	7Cr17	—	SUS 440A	STS 440A	440A	S44002	—	—	—	—	—
53	8Cr17	—	SUS 440B	STS 440B	440B	S44003	—	—	—	—	—
54	11Cr17(9Cr18)	—	SUS 440C	STS 440C	440C	S44004	95X18	—	—	—	—



(续)

No.	中国 <sup>①</sup> GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W.Nr.	
55	Y11Cr17	—	SUS 440F	STS 440F	440F	S14920	—	—	—	—	—
马氏体型不锈钢											
沉淀硬化型不锈钢											
56	0Cr17Ni4Cu4Nb	X5CrNiCuNb16 4	SUS 630	STS 630	630	S17400	—	—	X5CrNiCuNb17-4	1.4542	Z6CNU17.04
57	0Cr17Ni7Al	X7CrNiAl17-7	SUS 631	STS 631	631	S17700	09\1717KO	—	X7CrNiAl17-7	1.4568	Z8CNA17.07
58	0Cr15Ni7Mo2Al	X8CrNiMoAl15-7-2	SUS 632	STS 632	632	S15700	—	—	X8CrNiMoAl15-7-2	1.4532	Z8CNDAl17.07

① 括号内牌号是 GB 标准旧牌号。

4.3.11 耐热钢国内外牌号对照(见表 3.1-129)

表 3.1-129 耐热钢国内外牌号对照

No.	中国 <sup>①</sup> GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W.Nr.	
奥氏体型耐热钢											
1	5Cr21Mn9Ni4N	—	SUH 35	STR 35	(SAE) S63008	55X20\9AH4	349S52	—	X59CrMnNiN21-9	1.4871	Z52CMN21.09
2	Y5Cr21Mn9Ni4N	—	SUH 36	STR 36	EV8	—	349S54	—	—	—	—
3	2Cr22Ni1N	—	SUH 37	STR 37	—	—	381S34	—	—	—	—
4	3Cr20Ni11Mo2PB	—	SUH 38	STR 38	—	—	—	—	—	—	—
5	2Cr23Ni13 (1Cr23Ni13)	H16	SUH 309	STR 309	309	S30900	309S24	—	X15CrNiSi20-12	1.4828	Z15CNS20.12
6	2Cr25Ni20 (1Cr25Ni20Si2)	H16	SUH310	STR 310	310	S31000	310S31	—	X15CrNiSi25-20	1.4841	Z15CNS25.20
7	1Cr16Ni35	H17	SUH 330	STR330	330	N08330	NA17	—	X12CrNiSi36-15	1.4864	Z12NCS35.16 Z12NC37.18
8	0Cr15Ni25Ti2MoAlVB (0Cr15Ni25Ti2MoVB)	—	SUH 660	STR 660	660	S66286	286S31	—	X5NiCrTi26-15	1.4980	Z6NCTDV25.15

(续)

No.	中国 GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	美国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
奥氏体型耐热钢											
9	1Cr22Ni20Co20Mo3 3W3NbN	—	SUH 661	STR 661	661	K30115	—	—	X12CrCoNi21-20	1.4971	—
10	0Cr9Ni9 (0Cr18Ni9)	11	SUS 304	STS 304	304 304H	S30400	08X18H10	304S15	X5CrNi18-10	1.4301	Z6CNI8.09
11	0Cr23Ni13	H14	SUS 309S	STS 309S	309S	S30908	10X23H13	—	X7CrNi23 14	1.4833	Z15CN24.13
12	0Cr25Ni20 (1Cr25Ni20Si2)	H15	SUS 310S	STS 310S	310S	S31008	~08X23H18	304S24	X12CrNi25-21	1.4845	Z12CN25.20
13	0Cr17Ni12Mo2 (0Cr18Ni12Mo2Ti)	20 20a	SUS 316	STS 316	316	S31600	08X17H13M2T	316S16 316S31	X5CrNiMo17-12-2 X5CrNiMo17-13-3	1.4401 1.4436	Z6CND17.11 Z6CND17.12
14	4Cr14Ni14W2Mo	—	—	—	—	—	45X14H14B2M	—	—	—	—
15	0Cr19Ni13Mo3 (0Cr18Ni12Mo3Ti)	25	SUS 317	STS 317	317	S31700	—	317S16	X3CrNiMo17-13	1.4449	—
16	1Cr18Ni9Ti	—	SUS 321	STS 321	321	S32100	12X18H10T	321S20	X12CrNiTi18 9	1.4878	Z6CNT18.12
17	0Cr18Ni11Ti (0Cr18Ni9Ti)	15	SUS 321	STS 321	321	S32100	09X18H10T	321S12 321S31	X6CrNiTi18-10	1.4541	Z6CNT18.10
18	0Cr18Ni11Nb	16	SUS 347	STS 347	347	S34700	08X18H12E	347S17 347S31	X6CrNiNb18-10	1.4550	Z6CNI18.10
19	0Cr18Ni13Si4	—	SUS XM15J1	STS XM15J1	XM15	S38100	—	—	—	—	—
20	1Cr25Ni20Si2	—	—	—	—	—	20X23H20C2	310S24	X15CrNiSi25-20	1.4841	Z15CNS25.20

(续)

No.	中国 <sup>①</sup> GB	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	LNS			DIN	W Nr.	
铁素体型耐热钢											
21	2Cr25N	H17	SUH 446	STR 446	446	S44600	—	—	—	—	—
22	0Cr13Al	2	SUS 405	STR 405	405	S40500	1X2010	405S17	X6CrAl13	1.4002	Z6CA13
23	00Cr12	—	SUS 410L	STR 410L	—	—	—	—	—	—	—
24	1Cr17	8	SUS 430	STR 430	430	S43000	12X17	430S15	X6Cr17	1.4016	Z8C17
25	1Cr5Mo	—	—	—	502	S51502	15X5M	—	12CrMo19-5	1.7362	—
26	4Cr9Si2	X45CrSi9 3	—	STR1 STR11	(SAE) HNV3	S65000	40X9C2	401S45	X45CrSi9-3	1.4718	Z45CS9
27	4Cr10Si2Mo	2	SUH 3	STR 3	—	—	40X10C2M	—	X40CrSiMo10-2	1.4731	Z40CS10
28	8Cr20Si42Ni	4	SUH 4	STR 4	(SAE) HNV6	S65006	—	143S65	X80CrNiSi20	1.4747	Z80CSN20.02
29	1Cr11MoV	—	—	—	—	—	15X11MΦ	—	—	—	—
30	2Cr12MoVNbN	—	SUH 600	STR 600	—	—	—	—	—	—	Z20CDNBV11
31	2Cr12Ni3MoWV	—	SUH 616	STR 616	616	S42200	—	—	X20CrMoWV12-1	1.4955	—
马氏体型耐热钢											
32	1Cr13	3	SUS 410	STS 410	410	S41000	12X13	410S21	X10Cr13	1.4006	Z12C13
33	1Cr13Mo	X12CrMo12 6	SUS 410J1	STS 410J1	—	—	—	420S29	X15Cr13	1.4024	—
34	1Cr17Ni2	9	SUS 431	STS 431	431	S43100	14X17H2	431S29	X20CrNi17-2	1.4057	Z15CN16.02
35	1Cr11Ni2W2MoV	—	—	—	—	—	11X11H2B2MΦ	—	—	—	—
36	2Cr13	4	SUS 420J1	STS 420J1	420	S42000	20X13	420S37	X20Cr13	1.4021	420F20 Z20C13
沉淀硬化型耐热钢											
37	0Cr17Ni14Cu4Nb	1	SUS 630	STS 630	630	S17400	—	—	X5CrNiCuNb17-4	1.4542	Z6CNU17.04
38	0Cr17Ni7Al	2	SUS 631	STS 631	631	S17700	09X17H70	—	X7CrNiAl17-7	1.4568	Z8CNA17.07

① 括号内牌号为 GB 标准旧牌号。

4.3.12 碳素工具钢国内外牌号对照(见表 3.1-130)

表 3.1-130 碳素工具钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 GOST	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
1	T7	TC70	SK7	STC7	—	—	y7	—	C70W2	1.1620	(C70E2U)
2	T8	TC80	SK5 SK6	STC5 STC6	W1A 8	T72301	y8	—	C80W2	1.1625	(C80E2U)
3	T8Mn	—	SK5	STC5	—	—	y8U	—	C85WS	1.1830	—
4	T9	TC90	—	—	W1A 8 1/2	T72301	y9	—	—	—	C90E2U
5	T10	TC105	SK3 SK4	STC3 STC4	W1A-9 1/2	T72301	y10	BW1B	C105W2	1.1645	(C105E2U)
6	T11	≈TC105	SK3	STC3	W1A-10 1/2	T72301	y11	—	C110W2	1.1654	≈C105E2U
7	T12	TC120	SK2	STC2	W1A-11 1/2	T72301	y12	BW1C	C125W2	1.1663	C120E3U
8	T13	TC140	SK1	STC1	—	—	y13	—	C13W2	1.1673	≈C140E3U
9	T7A	—	—	—	—	—	y7A	—	C70W1	1.1520	C70E2U
10	T8A	—	—	—	—	T72301	y8A	—	C80W1	1.1525	C80E2U
11	T10A	—	—	—	—	T72301	y10A	—	C105W1	1.1545	C105E2U
12	T12A	—	—	—	—	T72301	y12A	—	C110W1	1.1550	—
13	T13A	—	—	—	—	—	y13A	—	C125W1	1.1560	—

4.3.13 高速工具钢国内外牌号对照(见表 3.1-131)

表 3.1-131 高速工具钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 GOST	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
1	W18Cr4V	HS 18-0-1	SKH2	SKH2	T1	T12001	P18	BT1	S 18-0-1	1.3355	HS 18-0-1
2	W18Cr4VCo5	HS 18-1-1-5	SKH3	SKH3	T4	T12004	~P18K5φ2	BT4	S 18-1-2-5	1.3255	HS 18-1-1-5
3	W18Cr4V2Co8	—	~SKH4	~SKH4	T5	T12005	—	BT5	~S18-1-2	1.3265	HS 18-0-2-9
4	W12Cr4V5Co5	HS 12-1-5-5	SKH10	SKH10	T15	T12015	P10K5φ5	BT15	S 12-1-4-5	1.3202	HS 12-1-5-5
5	W6Mo5Cr4V2	HS 6-5-2	SKH9	SKH9	M2 (正常 C)	T11302	P6M5	BM2	S 6-5-2	1.3343	—
6	CW6Mo5Cr4V2	—	—	—	M2 (高 C)	T11302	—	—	SC 6-5-2	1.3342	HS 6-5-2HC
7	W6Mo5Cr4V3	—	SKH52	SKH52	M3 Class 1	T11313	P6M5φ3	—	—	—	—
8	CW6Mo5Cr4V3	HS 6-5-3	SKH53	SKH53	M3 Class 2	T11323	—	—	S 6-5-3	1.3344	HS 6-5-3
9	W2Mo9Cr4V2	HS 2-9-2	—	—	M7	T11307	—	—	S 2-9-2	1.3348	HS 2-9-2
10	W6Mo5Cr4V2Co5	HS 6-5-2-5	SKH55	SKH55	—	—	P6M5K5	—	S 6-5-2-5	1.3243	HS 6-5-2-5
11	W7Mo4Cr4V2Co5	HS 7-4-2-5	—	—	M41	T11341	—	M41	S 7-4-2-5	1.3246	HS 7-4-2-5
12	W2Mo9Cr4VCo8	HS 2-9-1-8	SKH59	SKH59	M42	T11342	—	BM42	S 2-10-1-8	1.3247	HS 2-9-1-8

4.3.14 合金工具钢国内外牌号对照(见表 3.1-132)

表 3.1-132 合金工具钢国内外牌号对照

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 GOST	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
1	9SiCr	—	—	—	—	—	9XC	—	90CrSi5	1.2108	—
2	8MnSi	—	—	—	—	—	—	BW1A	≈C75W	1.1750	—
3	Cr06	—	SKS8	STS8	—	—	X05	—	140Cr3	1.2008	130Cr3
4	Cr2	100Cr2	SUJ2	—	L3	T61203	X	BL1 BL3	100Cr6	1.2067	Y100C6
5	9Cr2	—	—	—	—	—	9X1	BL3	90Cr3	1.2056	—
6	W	—	≈SKS21	≈STS21	F1	T60601	B1	BF1	120W4	1.2414	—
7	4CrW2Si	—	≈SKS41	≈STS41	—	—	4XB2C	—	—	—	—
8	5CrW2Si	≈45WCrV2	—	—	S1	T41901	5XB2C	BS1	≈45WCrV7	1.2542	≈45WCrV8
9	6CrW2Si	≈60WCrV2	—	—	—	—	6XB2C	—	≈60WCrV7	1.2550	(≈55WC20)
10	Cr12	210Cr12	SKD1	STD1	D3	T30403	X12	BD3	X210Cr12	1.2080	X200Cr12
11	Cr12MoV	—	SKD11	STD11	—	—	X12M	—	X165CrMoV12	1.2601	—
12	Cr12Mo1V1	160CrMoV12	—	—	D2	T30402	—	BD2	X155CrMoV12-1	1.2379	X160CrMoV12
13	Cr5Mo1V	100CrMoV5	SKD12	STD12	A2	T30102	—	BA2	X100CrMoV5-1	1.2363	X100CrMoV5
14	9Mn2V	90MnV2	—	—	O2	T31502	—	BO2	90MnCrV8	1.2842	90MnV8
15	CrWMn	105WCr1	SKS31	STS31	—	—	XB1	—	105WCr6	1.2419	105WCr5
16	9CrWMn	95MnWCr1	SKS3	STS3	O1	T31501	9XB1	BO1	100MnCrW4	1.2510	90MnWCrV5
17	5CrMnMo	—	—	—	—	—	5XFM	—	≈40CrMnMo7	1.2311	—

(续)

No.	中国 GB	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	韩国 KS	美国		俄罗斯 ГОСТ	英国 BS	德国		法国 NF
					ASTM	UNS			DIN	W-Nr.	
18	5CrNiMo	55NiCrMoV2	SKT4	STT4	L6	T61206	5XHM	BH224/5	55NiCrMoV6	1.2713	55NiCrMoV7
19	3Cr2W8V	30WCrV9	SKD5	STD5	H21	T20821	3X2B8Φ	BI21	X30WCrV9-3	1.2581	X30WCrV9
20	8Cr3	—	—	—	—	—	8X3	—	—	—	—
21	4Cr3Mo3SiV	—	—	—	H10	T20810	3X3M3Φ	BH10	≈X32CrMoV3-3	1.2365	≈32CrMoV12-28
22	4Cr5MoSiV	35CrMoV5	SKD6	STD6	H11	T20811	4X5MΦC	BH11	X38CrMoV5-1	1.2343	X38CrMoV5
23	4Cr5MoSiV1	40CrMoV5	SKD61	STD61	H13	T20813	4X5MΦ1C	BH13	X40CrMoV5-1	1.2344	X40CrMoV5

5 钢材

5.1.2 热轧六角钢和八角钢(见表 3.1-134)

5.1 型材

表 3.1-134 热轧六角钢和八角钢尺寸规格

(摘自 GB/T 705—1989)

5.1.1 热轧圆钢和方钢(见表 3.1-133)

表 3.1-133 热轧圆钢和方钢尺寸规格

(摘自 GB/T 702—1986)

d, a /mm	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>		d, a /mm	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>	
	圆钢	方钢		圆钢	方钢
5.5	0.186	0.237	42	10.9	13.8
6	0.222	0.283	45	12.5	15.9
6.5	0.260	0.332	48	14.2	18.1
7	0.302	0.385	50	15.4	19.6
8	0.395	0.502	53	17.3	22.0
9	0.499	0.636	55 <sup>d</sup>	18.6	23.7
10	0.617	0.785	56	19.3	24.6
11 <sup>d</sup>	0.746	0.950	58 <sup>d</sup>	20.7	26.4
12	0.888	1.13	60	22.2	28.3
13	1.04	1.33	63	24.5	31.2
14	1.21	1.54	65 <sup>d</sup>	26.0	33.2
15	1.39	1.77	68 <sup>d</sup>	28.5	36.3
16	1.58	2.01	70	30.2	38.5
17	1.78	2.27	75	34.7	44.2
18	2.00	2.54	80	39.5	50.2
19	2.23	2.83	85	44.5	56.7
20	2.47	3.14	90	49.9	63.6
21	2.72	3.46	95	55.6	70.8
22	2.98	3.80	100	61.7	78.5
23 <sup>d</sup>	3.26	4.15	105	68.0	86.5
24	3.55	4.52	110	74.6	95.0
25	3.85	4.91	115	81.5	104
26	4.17	5.31	120	88.8	113
27 <sup>d</sup>	4.49	5.72	125	96.3	123
28	4.83	6.15	130	104	133
29 <sup>d</sup>	5.18	6.60	140	121	154
30	5.55	7.06	150	139	177
31 <sup>d</sup>	5.92	7.54	160	158	201
32	6.31	8.04	170	178	227
33 <sup>d</sup>	6.71	8.55	180	200	254
34	7.13	9.07	190	223	283
35 <sup>d</sup>	7.55	9.62	200	247	314
36	7.99	10.2	220	298	—
38	8.90	11.3	250	385	—
40	9.86	12.6	—	—	—

① 不推荐使用。

注:1. 表中的理论重量按密度为 7.85g/cm<sup>3</sup> 计算;d—圆钢直径,a—方钢边长。

2. 方钢边长为 5.5~200mm。

3. 普通钢材长度,当 d 或 a 小于 25mm,为 4~10m;d 或 a 大于 25mm,为 3~9m;优质钢材的全部规格,其长度为 2~6m,工具钢材 d 或 a 大于 75mm 时,长度为 1~6m。

4. 标记示例:

用 40Cr 钢轧成的直径为 50mm,允许偏差为 2 组的圆钢,其标记为:

圆钢 50-2-GB/T702—1986  
40Cr-GB/T3077—1999

用 45 钢轧成的边长为 75mm,允许偏差为 3 组的方钢,其标记为:

方钢 75-3-GB/T702—1986  
45-GB/T699—1999

对边距离 S/mm	截面面积 A/cm <sup>2</sup>		理论重量/kg·m <sup>-1</sup>	
	六角钢	八角钢	六角钢	八角钢
8	0.5543	—	0.435	—
9	0.7015	—	0.551	—
10	0.866	—	0.680	—
11	1.048	—	0.823	—
12	1.247	—	0.979	—
13	1.464	—	1.15	—
14	1.697	—	1.33	—
15	1.949	—	1.53	—
16	2.217	2.120	1.74	1.66
17	2.503	—	1.96	—
18	2.806	2.683	2.20	2.16
19	3.126	—	2.45	—
20	3.464	3.312	2.72	2.60
21	3.819	—	3.00	—
22	4.192	4.008	3.29	3.15
23	4.581	—	3.60	—
24	4.988	—	3.92	—
25	5.413	5.175	4.25	4.06
26	5.854	—	4.60	—
27	6.314	—	4.96	—
28	6.790	6.492	5.33	5.10
30	7.794	7.452	6.12	8.85
32	8.868	8.479	6.96	6.66
34	10.011	9.572	7.86	7.51
36	11.223	10.731	8.81	8.42
38	12.505	11.956	9.82	9.39
40	13.86	13.25	10.88	10.40
42	15.28	—	11.99	—
45	17.54	—	13.77	—
48	19.95	—	15.66	—
50	21.65	—	17.00	—
53	24.33	—	19.10	—
56	27.16	—	21.32	—
58	29.13	—	22.87	—
60	31.18	—	24.50	—
63	34.37	—	26.98	—
65	36.59	—	28.72	—
68	40.04	—	31.43	—
70	42.43	—	33.30	—

注:1. 表列理论重量系按密度 7.85kg/dm<sup>3</sup> 计算的。

2. 六角钢和八角钢的通常长度为:普通钢 3~8m,优质钢 2~6m。

5.1.3 热轧扁钢(见表 3.1-135)

表 3.1-135 热轧扁钢的尺寸规格(摘自 GB/T704 1988)

宽度 /mm	厚 度 /mm															理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>										
	3	1	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22		25	28	30	32	36	40	45	50	56	60
10	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63																				
12	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75																				
14	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88																				
16	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.15	1.26																		
18	0.42	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41																		
20	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88																
22	0.52	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07																
25	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96	2.16	2.36	2.75	3.14														
28	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	3.08	3.53														
30	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.83	2.12	2.36	2.59	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71												
32	0.75	1.00	1.26	1.51	1.76	2.01	2.26	2.55	2.76	3.01	3.52	4.02	4.52	5.02												
35	0.82	1.10	1.37	1.65	1.92	2.20	2.47	2.75	3.02	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	6.04	6.87	7.69									
40	0.94	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.85	8.79									
45	1.06	1.41	1.77	2.12	2.47	2.83	3.18	3.53	3.89	4.24	4.95	5.65	6.36	7.07	7.77	8.83	9.89	10.60	11.30	12.72						
50	1.18	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.50	6.28	7.06	7.85	8.64	9.81	10.99	11.78	12.56	14.13						
55	1.73	2.16	2.59	3.02	3.45	3.89	4.32	4.75	5.18	5.61	6.04	6.91	7.77	8.64	9.50	10.79	12.09	12.95	13.82	15.54						

(续)

宽度 /mm	厚度 /mm																重量 /kg·m <sup>-1</sup>									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25		28	30	32	36	40	45	50	56	60
60	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.59	7.54	8.48	9.42	10.36	11.78	13.19	14.13	15.07	16.96	18.84	21.20					
65	2.04	2.55	3.06	3.57	4.08	4.59	5.10	5.61	6.12	7.14	8.16	9.18	10.20	11.28	12.76	14.29	15.31	16.33	18.37	20.41	22.96					
70	2.20	2.75	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	6.04	6.59	7.69	8.79	9.89	10.99	12.09	13.74	15.39	16.49	17.58	19.78	21.98	24.73					
75	2.36	2.94	3.53	4.12	4.71	5.30	5.89	6.48	7.07	8.24	9.42	10.60	11.78	12.95	14.72	26.48	17.66	18.84	21.20	23.55	26.49					
80	2.51	3.14	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.54	8.79	10.05	11.30	12.56	12.82	15.70	17.58	18.84	20.10	22.61	25.12	28.26	31.40	35.17			
85		3.34	4.00	4.67	5.34	6.01	6.67	7.34	8.01	9.34	10.68	12.01	13.34	14.68	16.68	18.68	20.02	21.35	24.02	26.69	30.03	33.36	37.37	40.04		
90		3.53	4.24	4.95	5.65	6.36	7.07	7.77	8.48	9.89	11.30	12.72	14.13	15.54	17.66	19.78	21.20	22.61	25.43	28.26	31.79	35.32	39.56	42.39		
95		3.73	4.47	5.22	5.97	6.71	7.46	8.20	8.95	10.44	11.93	13.42	14.92	16.41	18.64	20.88	22.37	23.86	26.85	29.83	33.56	37.29	41.76	44.74		
100		3.92	4.71	5.50	6.28	7.06	7.85	8.64	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70	17.27	19.62	21.98	23.55	25.12	28.26	31.40	35.32	39.25	43.96	47.10		
105		4.12	4.95	5.77	6.59	7.42	8.24	9.07	9.89	11.54	13.19	14.84	16.48	18.13	20.61	23.08	24.73	26.38	29.67	32.97	37.09	41.21	46.16	49.46		
110		4.32	5.18	6.04	6.91	7.77	8.64	9.50	10.36	12.09	13.82	15.54	17.27	19.00	21.59	24.18	25.90	27.63	31.09	34.54	38.86	43.18	48.36	51.81		
120		4.71	5.65	6.59	7.54	8.48	9.42	10.36	11.30	13.19	15.07	16.96	18.84	20.72	23.55	26.38	28.26	30.14	33.91	37.68	42.39	47.10	52.75	56.52		
125			5.89	6.87	7.85	8.83	9.81	10.79	11.78	13.74	15.70	17.66	19.62	21.58	24.53	27.48	29.41	31.40	35.32	39.25	44.16	49.06	54.95	58.88		
130			6.12	7.14	8.16	9.18	10.20	11.23	12.25	14.29	16.33	18.37	20.41	22.45	25.51	28.57	30.62	32.66	36.74	40.82	45.92	51.02	57.15	61.23		
140				7.69	8.79	9.89	10.99	12.09	13.19	15.39	17.58	19.78	21.98	24.18	27.48	30.77	32.97	35.17	39.56	43.96	49.46	54.95	61.54	65.94		
150				8.24	9.42	10.60		12.95	14.13	16.48	18.84	21.20	23.55	25.90	29.44	32.97	35.32	37.68	42.39	47.10	52.99	58.88	65.94	70.65		


注:1. 表中粗线为扁钢分组;第1组:理论重量 $\leq 19\text{kg/m}$ ;第2组:理论重量 $> 19\text{kg/m}$ ;

2. 长度:普通钢:第一组 3~9m,第二组 3~7m;优质钢各规格尺寸 2~6m.

3. 标记示例:用 45 钢轧制的 10mm×30mm 的扁钢,标记为:扁钢<sup>10×30-GB/T704 1988</sup><sub>45-GB/T699-1999</sub>。

5.1.4 弹簧钢热轧平面扁钢(见表 3.1-136~表 3.1-138)

表 3.1-136 弹簧钢热轧平面扁钢的尺寸(摘自 GB/T1222-1984) (mm)



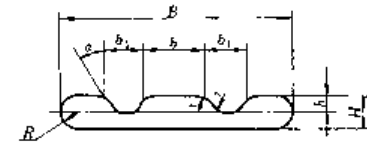
厚度 H \ 宽度 B	5	6	(6.5)	7	8	9	(9.5)	10	11	12	(13)	14	16	18	20	25	30
45	×	×		×	×			×									
50	×	×			×			×									
55		×			×			×									
60		×			×			×									
(63)	×		×		×		×		×								
65		×		×	×			×	×								
70		×	×		×	×		×	×	×							
75		×		×	×	×		×	×	×	×						
(76)					×		×	×	×								
80					×			×	×	×							
90			×	×	×	×	×	×	×	×	×						
100			×		×	×	×	×	×	×	×	×					
120				×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
140					×			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
160								×		×			×		×	×	×

注:带圆括号的尺寸不推荐使用。“×”表示生产此规格产品。

表 3.1-137 弹簧钢热轧平面扁钢截面尺寸允许偏差(摘自 GB/T1222-1984) (mm)

	截面尺寸	允许偏差		
		宽度 ≤ 50	宽度 > 50 ~ 100	宽度 > 100
厚度	< 7	±0.17	±0.18	±0.30
	7 ~ 12	±0.20	±0.25	±0.35
	> 12 ~ 20	—	+0.25 -0.30	±0.40
	> 20 ~ 30	—	—	±0.40
宽度	≤ 50	±0.60		
	> 50 ~ 100	±0.80		
	> 100	±1.1%		

表 3.1-138 弹簧钢单面双槽扁钢的尺寸及允许偏差(摘自 GB/T1222-1984) (mm)

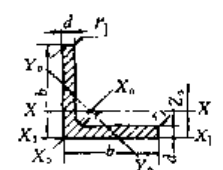


$R \approx 1/2H$   $r = 2 \sim 3\text{mm}$  图中列出的  $R, r, b, b_1, a$  只在孔型上控制,不作为验收条件

尺寸 $H \times B$	$H$	$B$	$h$	$b$	$b_1$	$a$
9 × 75	9 ± 0.25	75	$H/2$	25 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	13 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	30°
10 × 75	10 ± 0.25	75	$H/2$	25 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	13 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	30°
11 × 75	11 ± 0.25	75	$H/2$	25 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	13 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	30°

5.1.5 热轧等边角钢(见表 3.1-139)

表 3.1-139 热轧等边角钢的尺寸规格(摘自 GB/T9787-1988)



尺寸 $H \times B$	$H$	$B$	$h$	$b$	$b_1$	$a$
9 × 75	9 ± 0.25	75	$H/2$	25 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	13 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	30°
10 × 75	10 ± 0.25	75	$H/2$	25 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	13 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	30°
11 × 75	11 ± 0.25	75	$H/2$	25 <sup>0</sup> <sub>-1.0</sub>	13 <sup>+1.0</sup> <sub>0</sub>	30°

$b$ —边宽;  $d$ —边厚;  
 $r$ —内圆弧半径;  $r_1$ —边端内弧半径; ( $r_1 = \frac{1}{3}d$ )  
 $r_2$ —边端外弧半径;  $I$ —惯性矩;  
 $i$ —惯性半径;  $W$ —截面系数;  
 $z_0$ —重心距离



(续)

型号	尺寸/mm			截面面积/cm <sup>2</sup>	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>	外表面积/m <sup>2</sup> ·m <sup>-1</sup>	参考数值										Z <sub>0</sub> /cm
							X-X			X <sub>0</sub> -X <sub>0</sub>			Y <sub>0</sub> -Y <sub>0</sub>			X <sub>1</sub> -X <sub>1</sub>	
	b	d	r				I <sub>X</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>X</sub> /cm	W <sub>X</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>X0</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>X0</sub> /cm	W <sub>X0</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>Y0</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>Y0</sub> /cm	W <sub>Y0</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>X1</sub> /cm <sup>4</sup>	
2	20	3	4	1.132	0.889	0.078	0.40	0.59	0.29	0.63	0.75	0.45	0.17	0.39	0.20	0.81	0.60
		1.459		1.145	0.077	0.50	0.58	0.36	0.78	0.73	0.55	0.22	0.38	0.24	1.09	0.64	
2.5	25	3	4	1.432	1.124	0.098	0.82	0.76	0.46	1.29	0.95	0.73	0.34	0.49	0.33	1.57	0.73
		1.859		1.459	0.097	1.03	0.74	0.59	1.62	0.93	0.92	0.43	0.48	0.40	2.11	0.76	
3.0	30	3	4.5	1.749	1.373	0.117	1.46	0.91	0.68	2.31	1.15	1.09	0.61	0.59	0.51	2.71	0.85
		2.276		1.786	0.117	1.84	0.90	0.87	2.92	1.13	1.37	0.77	0.58	0.62	2.63	0.89	
3.6	36	3	4.5	2.109	1.656	0.141	2.58	1.11	0.99	4.09	1.39	1.61	1.07	0.71	0.76	4.68	1.00
		2.756		2.163	0.141	3.29	1.09	1.28	5.22	1.38	2.05	1.37	0.70	0.93	6.25	1.04	
		3.382		2.654	0.141	3.95	1.08	1.56	6.24	1.36	2.45	1.65	0.70	1.09	7.84	1.07	
4	40	3	5	2.359	1.852	0.157	3.59	1.23	1.23	5.69	1.55	2.01	1.49	0.79	0.96	6.41	1.09
		3.086		2.422	0.157	4.60	1.22	1.60	7.29	1.54	2.58	1.91	0.79	1.19	8.56	1.13	
		3.791		2.976	0.156	5.53	1.21	1.96	8.76	1.52	3.10	2.30	0.78	1.39	10.74	1.17	
4.5	45	3	5	2.659	2.088	0.177	5.17	1.40	1.58	8.20	1.76	2.58	2.14	0.90	1.24	9.12	1.22
		3.486		2.736	0.177	6.65	1.38	2.05	10.56	1.74	3.32	2.75	0.89	1.54	12.18	1.26	
		4.292		3.369	0.176	8.04	1.37	2.51	12.74	1.72	4.00	3.33	0.88	1.81	15.25	1.30	
		5.076		3.985	0.176	9.33	1.36	2.95	14.76	1.70	4.64	3.89	0.88	2.06	18.36	1.33	
5	50	3	5.5	2.971	2.332	0.197	7.18	1.55	1.96	11.37	1.96	3.22	2.98	1.00	1.57	12.50	1.34
		3.897		3.059	0.197	9.26	1.54	2.56	14.70	1.94	4.16	3.82	0.99	1.96	16.69	1.38	
		4.803		3.770	0.196	11.21	1.53	3.13	17.79	1.92	5.03	4.64	0.98	2.31	20.90	1.42	
		5.688		4.465	0.196	13.05	1.52	3.68	20.68	1.91	5.85	5.42	0.93	2.63	25.14	1.46	
5.6	56	3	6	3.343	2.624	0.221	10.19	1.75	2.48	16.14	2.20	4.08	4.24	1.13	2.02	17.56	1.48
		4.390		3.446	0.220	13.18	1.73	3.24	20.92	2.18	5.28	5.46	1.11	2.52	23.43	1.53	
		5.415		4.251	0.220	16.02	1.72	3.97	25.42	2.17	6.42	6.61	1.10	2.98	29.33	1.57	
		8.367		6.568	0.219	23.63	1.68	6.03	37.37	2.11	9.44	9.89	1.09	4.16	47.24	1.68	
6.3	63	4	7	4.978	3.907	0.248	19.03	1.96	4.13	30.17	2.46	6.78	7.89	1.26	3.29	33.35	1.70
		6.143		4.822	0.248	23.17	1.94	5.08	36.77	2.45	8.25	9.57	1.25	3.90	41.73	1.74	
		7.288		5.721	0.247	27.12	1.93	6.00	43.03	2.43	9.66	11.20	1.24	4.46	50.14	1.78	
		9.515		7.469	0.247	34.46	1.90	7.75	54.56	2.40	12.25	14.33	1.23	5.47	67.11	1.85	
		11.657		9.151	0.246	41.09	1.88	9.39	64.85	2.36	14.56	17.33	1.22	6.36	84.31	1.93	
7	70	4	8	5.570	4.372	0.275	26.39	2.18	5.14	41.80	2.76	8.44	10.99	1.40	4.17	45.74	1.86
		6.875		5.397	0.275	32.21	2.16	6.32	51.08	2.73	10.32	13.34	1.39	4.95	57.21	1.91	
		8.160		6.406	0.275	37.77	2.15	7.48	59.93	2.71	12.11	15.61	1.38	5.67	68.73	1.95	
		9.424		7.398	0.275	43.09	2.14	8.59	68.35	2.69	13.81	17.82	1.38	6.34	80.29	1.99	
		10.667		8.373	0.274	48.17	2.12	9.68	76.37	2.68	15.43	19.98	1.37	6.98	91.92	2.03	
7.5	75	5	9	7.412	5.818	0.295	39.97	2.33	7.32	63.30	2.92	11.94	16.63	1.50	5.77	70.56	2.04
		8.797		6.905	0.294	46.95	2.31	8.64	74.38	2.90	14.02	19.51	1.49	6.67	84.55	2.07	
		10.160		7.976	0.294	53.57	2.30	9.93	84.96	2.89	16.02	22.18	1.48	7.44	98.71	2.11	
		11.503		9.030	0.294	59.96	2.28	11.20	95.07	2.88	17.93	24.86	1.47	8.19	112.97	2.15	
		14.126		11.089	0.293	71.98	2.26	13.64	113.92	2.84	21.48	30.05	1.46	9.56	141.71	2.22	
8	80	5	9	7.912	6.211	0.315	48.79	2.48	8.34	77.33	3.13	13.67	20.25	1.60	6.66	85.36	2.15
		9.397		7.376	0.314	57.35	2.47	9.87	90.98	3.11	16.08	23.72	1.59	7.65	102.50	2.19	
		10.860		8.525	0.314	65.58	2.46	11.37	104.07	3.10	18.40	27.09	1.58	8.58	119.70	2.23	
		12.303		9.658	0.314	73.49	2.44	12.83	116.60	3.08	20.61	30.39	1.57	9.46	136.97	2.27	
		15.126		11.874	0.313	88.43	2.42	15.64	140.09	3.04	24.76	36.77	1.56	11.08	171.74	2.35	

(续)

型号	尺寸/mm			截面面积/cm <sup>2</sup>	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>	外表面积/m <sup>2</sup> ·m <sup>-1</sup>	参考数值								Z <sub>0</sub> /cm		
	b	d	r				X-X			X <sub>0</sub> -X <sub>0</sub>			Y <sub>0</sub> -Y <sub>0</sub>			X <sub>1</sub> -X <sub>1</sub>	
							I <sub>x</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> /cm	W <sub>x</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>x0</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>x0</sub> /cm	W <sub>x0</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>y0</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>y0</sub> /cm		W <sub>y0</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>x1</sub> /cm <sup>4</sup>
9	90	10	6	10.637	8.350	0.354	82.77	2.79	12.61	131.26	3.51	20.63	34.28	1.80	9.95	145.87	2.44
			7	12.301	9.656	0.354	94.83	2.78	14.54	150.47	3.50	23.64	39.18	1.78	11.19	170.30	2.48
			8	13.944	10.946	0.353	106.47	2.76	16.42	168.97	3.48	26.55	43.97	1.78	12.35	194.80	2.52
			10	17.167	13.476	0.353	128.58	2.74	20.07	203.90	3.45	32.04	53.26	1.76	14.52	244.07	2.59
			12	20.306	15.940	0.352	149.22	2.71	23.57	236.21	3.41	37.12	62.22	1.75	16.49	293.76	2.67
10	100	12	6	11.932	9.366	0.393	114.95	3.10	15.68	181.98	3.90	25.74	47.92	2.00	12.69	200.07	2.67
			7	13.796	10.830	0.393	131.86	3.09	18.10	208.97	3.89	29.55	54.74	1.99	14.26	233.54	2.71
			8	15.638	12.276	0.393	148.24	3.08	20.47	235.07	3.88	33.24	61.41	1.98	15.75	267.09	2.76
			10	19.261	15.120	0.392	179.51	3.05	25.06	284.68	3.84	40.26	74.35	1.96	18.54	334.48	2.84
			12	22.800	17.898	0.391	208.90	3.03	29.48	330.95	3.81	46.80	86.84	1.95	21.08	402.34	2.91
			16	26.256	20.611	0.391	236.53	3.00	33.73	374.06	3.77	52.90	99.00	1.94	23.44	470.75	2.99
11	110	12	7	15.196	11.928	0.433	177.16	3.41	22.05	280.94	4.30	36.12	73.38	2.20	17.51	310.64	2.96
			8	17.238	13.532	0.433	199.46	3.40	24.95	316.49	4.28	40.69	82.42	2.19	19.39	355.20	3.01
			10	21.261	16.690	0.432	242.19	3.38	30.60	384.39	4.25	49.42	99.98	2.17	22.91	444.65	3.09
			12	25.200	19.782	0.431	282.55	3.35	36.05	448.17	4.22	57.62	116.93	2.15	26.15	534.60	3.16
			14	29.056	22.809	0.431	320.71	3.32	41.31	508.01	4.18	65.31	133.40	2.14	29.14	625.16	3.24
12.5	125	14	8	19.750	15.504	0.492	297.03	3.88	32.52	470.89	4.88	53.28	123.16	2.50	25.86	521.01	3.37
			10	24.373	19.133	0.491	361.67	3.85	39.97	573.89	4.85	64.93	149.46	2.48	30.62	651.93	3.45
			12	28.912	22.696	0.491	423.16	3.83	41.17	671.44	4.82	75.96	174.88	2.46	35.03	783.42	3.53
			14	33.367	26.193	0.490	481.65	3.80	54.16	763.73	4.78	86.41	199.57	2.45	39.13	915.61	3.61
14	140	14	10	27.373	21.488	0.551	514.65	4.34	50.58	817.27	5.46	82.56	212.04	2.78	39.20	915.11	3.82
			12	32.512	25.522	0.551	603.68	4.31	59.80	958.79	5.43	96.85	248.57	2.76	45.02	1099.28	3.90
			14	37.567	29.490	0.550	688.81	4.28	68.75	1093.56	5.40	110.47	284.06	2.75	50.45	1284.22	3.98
			16	42.539	33.390	0.549	770.24	4.26	77.46	1221.81	5.36	123.42	318.67	2.74	55.55	1470.07	4.06
16	160	16	10	31.502	24.729	0.630	779.53	4.98	66.70	1237.30	6.27	109.36	321.76	3.20	52.76	1365.33	4.31
			12	37.441	29.391	0.630	916.58	4.95	78.98	1455.68	6.24	128.67	377.49	3.18	60.74	1639.57	4.39
			14	43.296	33.987	0.629	1048.36	4.92	90.95	1665.02	6.20	147.17	431.70	3.16	68.24	1914.68	4.47
			16	49.067	38.518	0.629	1175.08	4.89	102.63	1865.57	6.17	164.89	484.59	3.14	75.31	2190.82	4.55
18	180	16	12	42.241	33.159	0.710	1321.35	5.59	100.82	2100.10	7.03	165.00	542.61	3.58	78.41	2332.80	4.89
			14	48.896	38.383	0.709	1514.48	5.56	116.25	2407.42	7.02	189.14	621.53	3.58	88.38	2723.48	4.97
			16	55.467	43.542	0.709	1700.99	5.54	131.13	2703.37	6.98	212.40	698.60	3.55	97.83	3115.29	5.05
			18	61.955	48.634	0.708	1875.12	5.50	145.64	2988.24	6.94	234.78	762.01	3.51	105.14	3502.43	5.13
20	200	18	14	54.642	42.894	0.788	2103.55	6.20	144.70	3343.26	7.82	236.40	863.83	3.98	111.82	3734.10	5.46
			16	62.013	48.680	0.788	2366.15	6.18	163.65	3760.89	7.79	265.93	971.41	3.96	123.96	4270.39	5.54
			18	69.301	54.401	0.787	2620.64	6.15	182.22	4164.54	7.75	294.48	1076.74	3.94	135.52	4808.13	5.62
			20	76.505	60.056	0.787	2867.30	6.12	200.42	4554.55	7.72	322.06	1180.04	3.93	146.55	5347.51	5.69
			24	90.661	71.168	0.785	3338.25	6.07	236.17	5294.97	7.64	374.41	1381.53	3.90	166.55	6457.16	5.87

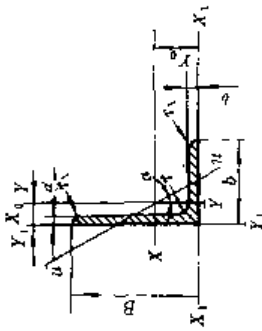
注:1. 本表 r<sub>1</sub>=d/3 和 r 数值用于孔型设计,不做交货条件。  
2. 角钢边宽、边厚的偏差及长度符合下列规定:

角钢号数	边宽偏差 b/mm	边厚偏差 d/mm	长度 /m	角钢号数	边宽偏差 b/mm	边厚偏差 d/mm	长度 /m
2~5.6	±0.8	±0.4	4~12	10~14	±1.8	±0.7	4~19
6.3~9	±1.2	±0.6	4~12	16~20	±2.5	±1.0	6~19

3. 标记示例:碳素结构钢 Q235A, 尺寸为 160mm×160mm×16mm 的热轧等边角钢, 其标记为: 热轧等边角钢 160×160×16—GB/T9787—1988  
Q235A—GB/T700—1988

5.1.6 热轧不等边角钢(见表 3.1-140)

表 3.1-140 热轧不等边角钢的尺寸规格(摘自 GB/T9788-1988)



$B$ —长边宽度;  
 $d$ —边厚度;  
 $r_1$ —边缘内弧半径;  
 $r$ —内圆弧半径;  
 $I$ —惯性矩;  
 $W$ —截面系数;  
 $Y_c$ —重心距离;

参 考 数 值

型号	尺 寸 /mm			截面 面积 /cm <sup>2</sup>	理论 重量 /kg· m <sup>-1</sup>	外表 面积 /m <sup>2</sup> · m <sup>-1</sup>	X-X			Y-Y			X <sub>c</sub> -Y <sub>c</sub>			x-x					
	B	b	d				r	I <sub>x</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> /cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> /cm	I <sub>yc</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>xc</sub> /cm <sup>4</sup>	W <sub>yc</sub> /cm <sup>3</sup>	i <sub>yc</sub> /cm	I <sub>xc</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>xc</sub> /cm	W <sub>xc</sub> /cm <sup>3</sup>	tan α		
2.5/1.6	3	16	3	3.5	1.162	0.912	0.080	0.70	3.78	0.43	0.22	0.44	0.19	1.56	0.86	0.43	0.42	0.14	0.34	0.16	0.392
	4		1.499		1.176	0.079	0.88	0.77	0.55	0.27	0.43	0.24	2.09	0.90	0.59	3.46	0.17	0.34	0.20	0.381	
3.2/2	3	20	3	3.5	1.492	1.171	0.102	1.53	1.01	0.72	0.46	0.55	0.30	3.27	1.08	0.82	3.49	0.28	0.43	0.25	0.382
	4		1.939		1.522	0.101	1.93	1.00	0.93	0.57	0.54	0.39	4.37	1.12	1.12	5.53	0.35	0.42	0.32	0.374	
4/2.5	3	25	3	4	1.890	1.484	0.127	3.08	1.28	1.15	0.93	0.70	0.49	5.39	1.32	1.59	5.59	0.56	0.54	0.40	0.386
	4		2.467		1.936	0.127	3.93	1.26	1.49	1.18	0.69	0.63	8.53	1.37	2.14	6.63	0.71	0.54	0.52	0.381	
4.5/2.8	3	28	3	5	2.149	1.687	0.143	4.45	1.44	1.47	1.34	0.79	0.62	9.10	1.47	2.23	6.64	0.80	0.61	0.51	0.383
	4		2.806		2.203	0.143	5.69	1.42	1.91	1.70	0.78	0.80	12.13	1.51	3.00	6.68	1.02	0.60	0.66	0.380	
5/3.2	3	32	3	5.5	2.431	1.908	0.161	6.24	1.60	1.84	2.02	0.91	0.82	12.49	1.60	3.31	6.73	1.20	0.70	0.68	0.404
	4		3.177		2.494	0.160	8.02	1.59	2.39	2.58	0.90	1.06	16.65	1.65	4.45	6.77	1.53	0.69	0.87	0.402	
5.6/3.6	3	36	3	6	2.743	2.153	0.181	8.88	1.80	2.32	2.92	1.03	1.05	17.54	1.78	4.70	6.80	1.73	0.79	0.87	0.408
	4		3.590		2.818	0.180	11.45	1.79	3.03	3.76	1.02	1.37	23.39	1.82	6.33	6.85	2.23	0.79	1.13	0.408	
	5		4.415		3.466	0.180	13.86	1.77	3.71	4.49	1.01	1.65	29.25	1.87	7.94	6.88	2.67	0.78	1.36	0.404	
6.3/4	4	40	4	7	4.058	3.185	0.202	16.49	2.02	3.87	5.23	1.14	1.70	33.30	2.04	8.63	6.92	3.12	0.88	1.40	0.398
	5		4.993		3.920	0.202	20.02	2.00	4.74	6.31	1.12	2.71	41.63	2.08	10.86	6.95	3.76	0.87	1.71	0.396	
	6		5.908		4.638	0.201	23.36	1.96	5.59	7.29	1.11	2.43	49.98	2.12	13.12	6.99	4.34	0.86	1.99	0.393	
	7		6.802		5.339	0.201	26.53	1.98	6.40	8.24	1.10	2.78	58.07	2.15	15.47	6.97	4.97	0.86	2.29	0.389	

(续)

型号	尺寸 /mm			截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	外表面积 /m <sup>2</sup> ·m <sup>-1</sup>	参 考 数 值													
							X-X			Y-Y			X <sub>1</sub> -X <sub>1</sub>		Y <sub>1</sub> -Y <sub>1</sub>		z-z			
							I <sub>x</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> /cm	W <sub>x</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>y</sub> /cm	W <sub>y</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>z</sub> /cm	W <sub>z</sub> /cm <sup>3</sup>	tan α
7/4.5	70	45	4	4.547	3.570	0.226	23.17	2.26	4.86	7.55	1.29	2.17	45.92	2.24	12.26	1.02	4.40	0.98	1.77	0.410
				5.609	4.403	0.225	27.95	2.23	5.92	9.13	1.28	2.65	57.10	2.28	15.39	1.06	5.40	0.98	2.19	0.407
				6.647	5.218	0.225	32.54	2.21	6.95	10.62	1.26	3.12	68.35	2.32	18.58	1.09	6.35	0.98	2.59	0.404
				7.657	6.011	0.225	37.22	2.20	8.03	12.01	1.25	3.57	79.39	2.36	21.84	1.13	7.16	0.97	2.94	0.402
				6.125	4.808	0.245	34.86	2.39	6.83	12.61	1.44	3.30	70.00	2.40	21.04	1.17	7.41	1.10	2.74	0.435
				7.260	5.699	0.245	41.12	2.38	8.12	14.70	1.42	3.88	84.30	2.44	25.37	1.21	8.54	1.08	3.19	0.435
				9.467	7.431	0.244	52.39	2.35	10.52	18.53	1.40	4.99	112.50	2.52	34.23	1.29	10.87	1.07	4.10	0.429
8/5	80	50	5	11.590	9.098	0.244	62.71	2.33	12.79	21.96	1.38	6.04	140.80	2.60	43.43	1.36	13.10	1.06	4.99	0.423
			6.375	5.005	0.255	41.96	2.56	7.78	12.82	1.42	3.32	85.21	2.60	21.06	1.14	7.66	1.10	2.74	0.388	
			7.560	5.935	0.255	49.49	2.56	9.25	14.95	1.41	3.91	102.53	2.65	25.41	1.18	8.85	1.08	3.20	0.387	
			8.724	6.848	0.255	56.16	2.54	10.58	16.96	1.39	4.48	119.33	2.69	29.82	1.21	10.18	1.08	3.70	0.384	
			9.867	7.745	0.254	62.83	2.52	11.92	18.85	1.38	5.03	136.41	2.73	34.32	1.25	11.38	1.07	4.16	0.381	
			7.212	5.661	0.287	60.45	2.90	9.92	18.32	1.59	4.21	121.32	2.91	29.53	1.25	10.93	1.23	3.49	0.385	
			8.557	6.717	0.286	71.03	2.88	11.74	21.42	1.58	4.96	145.59	2.95	35.58	1.29	12.90	1.23	4.13	0.384	
			9.880	7.756	0.286	81.01	2.86	13.49	24.36	1.57	5.79	169.66	3.00	41.71	1.33	14.67	1.22	4.72	0.382	
9/5.6	90	56	6	11.183	8.779	0.286	91.03	2.85	15.27	27.15	1.56	6.41	194.17	3.04	47.93	1.36	16.34	1.21	5.29	0.380
			9.617	7.550	0.320	99.06	3.21	14.64	30.94	1.79	6.35	199.71	3.24	53.50	1.43	18.42	1.38	5.25	0.394	
			11.111	8.722	0.320	113.45	3.20	19.88	35.26	1.78	7.29	233.00	3.28	59.14	1.47	21.00	1.38	6.02	0.393	
			12.584	9.878	0.319	127.37	3.18	19.08	39.39	1.77	8.21	266.32	3.32	67.88	1.50	23.50	1.37	6.78	0.391	
			15.467	12.142	0.319	153.81	3.15	23.32	47.12	1.74	9.98	333.06	3.40	85.73	1.58	28.33	1.35	8.24	0.387	
			10.637	8.350	0.354	107.04	3.17	15.19	61.24	2.40	10.16	199.83	2.95	102.68	1.97	31.65	1.72	8.37	0.627	
			12.301	9.656	0.354	122.73	3.16	17.52	70.08	2.39	11.71	233.20	3.00	119.98	2.01	36.17	1.72	9.60	0.626	
			13.944	10.946	0.353	137.92	3.14	19.81	78.58	2.37	13.21	266.61	3.04	137.37	2.05	40.58	1.71	10.80	0.625	
10/8	100	80	7	17.167	13.476	0.353	166.87	3.12	24.24	94.65	2.35	16.12	333.63	3.12	172.48	2.13	49.10	1.69	13.12	0.622
			10.637	8.350	0.354	133.37	3.54	17.85	42.92	2.01	7.90	265.78	3.53	69.08	1.57	25.36	1.54	6.59	0.403	
			12.301	9.656	0.354	153.00	3.53	20.60	49.01	2.00	9.09	310.07	3.57	80.32	1.61	28.95	1.53	7.50	0.402	
			13.944	10.946	0.353	172.04	3.51	23.30	54.87	1.98	10.25	254.39	3.62	92.70	1.65	32.45	1.53	8.45	0.401	
11/7	110	70	8	17.167	13.476	0.353	208.39	3.48	28.54	65.88	1.96	12.48	443.13	3.70	116.83	1.72	39.20	1.51	10.29	0.397

(续)

型号	尺寸 /mm			截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	外表面积 /m <sup>2</sup> ·m <sup>-1</sup>	参 考 数 值															
	B	b	d				r	X-X			Y-Y			X <sub>1</sub> -X <sub>1</sub>			Y <sub>1</sub> -Y <sub>1</sub>			u-u		
								I <sub>x</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>x</sub> /cm	W <sub>x</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>y</sub> /cm	W <sub>y</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>x1</sub> /cm <sup>4</sup>	Y <sub>0</sub> /cm	I <sub>y0</sub> /cm <sup>4</sup>	X <sub>0</sub> /cm	I <sub>x0</sub> /cm <sup>4</sup>	Y <sub>0</sub> /cm	I <sub>y0</sub> /cm <sup>4</sup>	I <sub>u</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> /cm
12.5/8	125	80	11	7	14.096	11.066	0.403	227.98	4.02	26.86	74.42	2.30	12.01	454.99	4.01	120.32	1.80	43.81	1.76	9.92	0.408	
				8	15.989	12.551	0.403	256.77	4.01	30.41	83.49	2.28	13.56	519.99	4.06	137.85	1.84	49.15	1.75	11.18	0.407	
				10	19.712	15.474	0.402	312.04	3.96	37.33	100.67	2.26	16.56	950.09	4.14	173.40	1.92	59.45	1.74	13.64	0.404	
				12	23.551	18.330	0.402	364.41	3.95	44.01	116.67	2.24	19.43	780.39	4.22	209.67	2.00	69.35	1.72	16.01	0.400	
14/9	140	90	12	8	18.038	14.160	0.453	365.64	4.50	38.48	120.69	2.59	17.34	730.53	4.50	195.79	2.04	70.83	1.98	14.31	0.411	
				10	22.261	17.475	0.452	445.50	4.17	47.31	146.03	2.56	21.22	913.20	4.58	215.92	2.12	85.82	1.96	17.48	0.409	
				12	26.400	20.724	0.451	521.59	4.44	55.87	169.79	2.54	24.95	1096.09	4.66	296.89	2.19	100.21	1.95	20.54	0.406	
				14	30.456	23.908	0.451	594.10	4.42	64.18	192.10	2.51	28.54	1279.26	4.74	348.82	2.27	114.13	1.94	23.52	0.403	
16/10	160	100	13	10	25.315	19.872	0.512	668.69	5.14	62.13	205.03	2.85	26.56	1362.89	5.24	336.59	2.28	121.74	2.19	21.92	0.390	
				12	30.054	23.592	0.511	784.91	5.11	73.49	239.06	2.82	31.28	1635.56	5.32	405.94	2.36	142.33	2.17	25.79	0.388	
				14	34.709	27.247	0.510	896.30	5.08	84.56	271.20	2.80	35.83	1908.50	5.40	476.42	2.43	162.23	2.16	29.56	0.385	
				16	39.281	30.835	0.510	1003.04	5.05	95.33	301.60	2.77	40.24	2181.79	5.48	548.22	2.51	182.57	2.16	33.44	0.382	
18/11	180	110	14	10	28.373	22.273	0.571	956.25	5.80	78.96	278.11	3.13	32.49	1940.40	5.89	447.22	2.44	166.50	2.42	26.88	0.376	
				12	33.712	26.464	0.571	1124.72	5.78	93.53	325.03	3.10	38.32	2328.38	5.98	538.94	2.52	194.87	2.40	31.66	0.374	
				14	38.967	30.589	0.570	1286.91	5.75	107.76	369.55	3.08	43.97	2716.60	6.06	631.95	2.59	222.30	2.39	36.32	0.372	
				16	44.139	34.649	0.569	1443.06	5.72	121.64	411.85	3.06	49.44	3105.15	6.14	726.46	2.67	248.94	2.38	40.87	0.369	
20/12.5	200	125	14	12	37.912	29.761	0.641	1570.90	6.44	116.73	483.16	3.57	49.99	3193.85	6.54	787.74	2.83	285.79	2.74	41.23	0.392	
				14	43.867	34.436	0.640	1800.97	6.41	134.65	550.83	3.54	57.44	3726.17	6.62	922.47	2.91	326.58	2.73	47.34	0.390	
				16	49.739	39.045	0.639	2023.35	6.38	152.18	615.44	3.52	64.69	4258.86	6.70	1058.86	2.99	356.21	2.71	53.32	0.388	
				18	55.526	43.588	0.639	2238.30	6.35	169.33	677.19	3.49	71.74	4792.00	6.78	1197.13	3.06	404.83	2.70	59.18	0.385	

注:1. 括号内型号不推荐使用。

2. 截面图中的  $r_1 = \frac{1}{3}d$  及表中  $r$  值的数据用于孔型设计,不做交货条件。

3. 角钢边宽、边厚偏差及长度应符合下列规定:

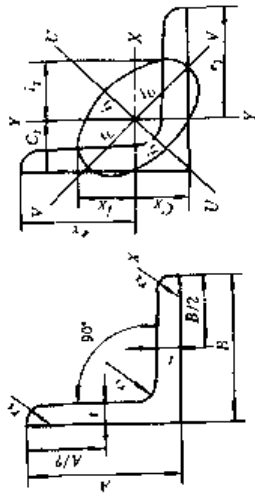
角钢号数	边宽偏差 B, b/mm	边厚偏差 d/mm	长度 /m
2.5/1.6~3.6/3.6	±0.8	±0.4	4~12
6.3/4~9/5.6	±1.5	±0.6	4~12
10/6.3~14/9	±2.0	±0.7	4~19
16/10~20/12.5	±2.5	±1.0	6~19

4. 标记示例:普通碳素钢 Q235A, 尺寸为 160mm×100mm×10mm 热轧不等边角钢, 标记为:

160×100×10—GB/T9788—1988  
 热轧不等边角钢 Q235A—GB/T700—1988

5.1.7 不锈钢热轧等边角钢(见表3.1-141、表3.1-142)

表 3.1-141 不锈钢热轧等边角钢尺寸规格(摘自 GB/T4227-1984)



截面惯性矩  $I = ai^2$   
 截面惯性半径  $r = I/a$   
 截面模数  $Z = I/e$   
 $a$  为截面面积

标准截面尺寸/mm		理论重量/kg·m <sup>-1</sup>				参 考 数												
A×B	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	截面面积/cm <sup>2</sup>	1Cr18Ni9 0Cr19Ni9 00Cr19Ni11 0Cr18Ni11Ti	0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2 0Cr18Ni11Nb	1Cr17	截面惯性矩 /cm <sup>4</sup>				截面惯性半径 /cm				截面模数 /cm <sup>3</sup>		
								C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	f <sub>L</sub>	最小 I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	最大 i <sub>w</sub>	最小 i <sub>v</sub>	Z <sub>x</sub>
20×20	3	4	2	1.127	0.894	0.899	0.868	0.60	0.60	0.39	0.39	0.61	0.16	0.59	0.74	0.38	0.28	0.28
20×25	3	4	2	1.427	1.13	1.14	1.10	0.72	0.72	0.80	0.80	1.26	0.33	0.75	0.94	0.48	0.45	0.45
25×25	4	4	3	1.836	1.46	1.47	1.41	0.79	0.79	0.98	0.98	1.55	0.42	0.73	0.92	0.48	0.57	0.57
30×30	3	4	2	1.727	1.37	1.38	1.33	0.84	0.84	1.42	1.42	2.26	0.59	0.91	1.14	0.58	0.66	0.66
30×30	4	4	3	2.236	1.77	1.78	1.72	0.88	0.88	1.77	1.77	2.81	0.74	0.89	1.12	0.57	0.84	0.84
30×30	5	4	3	2.746	2.18	2.19	2.11	0.92	0.92	2.14	2.14	3.37	0.91	0.88	1.11	0.57	1.03	1.03
30×30	6	4	4	3.206	2.54	2.56	2.47	0.94	0.94	2.41	2.41	3.79	1.04	0.87	1.09	0.57	1.17	1.17
40×40	3	4.5	2	2.336	1.85	1.86	1.80	1.09	1.09	3.53	3.53	5.60	1.46	1.23	1.55	0.79	1.21	1.21
40×40	4	4.5	3	3.045	2.45	2.46	2.38	1.12	1.12	4.46	4.46	7.09	1.84	1.21	1.53	0.78	1.55	1.55
40×40	5	4.5	3	3.755	2.98	3.00	2.89	1.17	1.17	5.42	5.42	8.59	2.25	1.20	1.51	0.77	1.91	1.91
40×40	6	4.5	4	4.415	3.61	3.63	3.51	1.20	1.20	6.19	6.19	9.79	2.58	1.18	1.49	0.76	2.21	2.21
50×50	4	6.5	3	3.892	3.09	3.11	3.00	1.37	1.37	9.06	9.06	14.4	3.76	1.53	1.92	0.98	2.49	2.49
50×50	5	6.5	3	4.802	3.81	3.83	3.70	1.41	1.41	11.1	11.1	17.5	4.58	1.52	1.91	0.98	3.08	3.08
50×50	6	6.5	4.5	5.644	4.48	4.50	4.35	1.44	1.44	12.6	12.6	20.0	5.20	1.50	1.88	0.96	3.55	3.55

(续)

标准截面尺寸/mm			理论重量/kg·m <sup>-1</sup>				参考数										
A×B	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	截面面积/cm <sup>2</sup>	1Cr18Ni9 0Cr19Ni9 00Cr19Ni11 0Cr18Ni11Ti	0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2 0Cr18Ni11Nb	1Cr17	重心位置/cm		截面惯性矩/cm <sup>4</sup>			截面惯性半径/cm			截面模数/cm <sup>3</sup>	
								Cx	Cy	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	i <sub>z</sub>	最小 i <sub>v</sub>	Z <sub>x</sub>
60×60	5	6.5	3	5.802	4.60	4.63	4.47	1.66	1.66	19.6	31.2	8.08	1.84	2.32	1.18	4.52	
60×60	6	6.5	4	6.862	5.44	5.48	5.28	1.69	1.69	22.8	36.1	9.40	1.82	2.29	1.17	5.29	
65×65	5	8.5	3	6.367	5.05	5.08	4.90	1.77	1.77	25.3	40.1	10.5	1.99	2.51	1.28	5.35	
65×65	6	8.5	4	7.527	5.97	6.01	5.80	1.81	1.81	29.4	46.9	12.2	1.98	2.49	1.27	6.26	
65×65	7	8.5	5	8.658	6.87	6.91	6.67	1.84	1.84	32.8	51.6	13.7	1.95	2.45	1.26	7.04	
65×65	8	8.5	6	9.761	7.74	7.79	7.52	1.88	1.88	36.8	58.3	15.3	1.94	2.44	1.25	7.96	
70×70	6	8.5	4	8.127	6.44	6.49	6.26	1.93	1.93	37.1	58.9	15.3	2.14	2.69	1.37	7.33	
70×70	7	8.5	5	9.358	7.42	7.47	7.21	1.97	1.97	41.5	65.7	17.3	2.11	2.65	1.35	8.25	
70×70	8	8.5	6	10.56	8.37	8.43	8.13	2.01	2.01	46.6	74.0	19.3	2.10	2.65	1.35	9.34	
75×75	6	8.5	4	8.727	6.92	6.96	6.72	2.06	2.06	46.1	73.2	19.0	2.30	2.90	1.48	8.47	
75×75	7	8.5	5	10.06	7.98	8.03	7.75	2.09	2.09	51.7	81.9	21.5	2.27	2.85	1.46	9.56	
75×75	8	8.5	6	11.36	9.01	9.07	8.75	2.13	2.13	58.1	92.2	23.9	2.26	2.85	1.45	10.8	
75×75	9	8.5	6	12.69	10.1	10.1	9.77	2.17	2.17	64.4	102	26.7	2.25	2.84	1.45	12.1	
80×80	6	8.5	4	9.327	7.40	7.44	7.18	2.18	2.18	56.4	89.6	23.2	2.46	3.10	1.58	9.70	
80×80	7	8.5	5	10.76	8.53	8.59	8.29	2.22	2.22	62.7	102	23.3	2.41	3.07	1.47	10.8	
80×80	8	8.5	6	12.16	9.64	9.70	9.36	2.25	2.25	71.2	113	29.3	2.42	3.05	1.55	12.4	
80×80	9	8.5	6	13.59	10.8	10.8	10.5	2.30	2.30	79.2	126	32.7	2.41	3.04	1.55	13.9	
90×90	8	10	6	13.82	11.0	11.0	10.9	2.50	2.50	102	165	39.7	2.72	3.46	1.69	15.7	
90×90	9	10	6	15.45	12.3	12.3	11.6	2.54	2.54	114	183	44.4	2.72	3.44	1.70	17.6	
90×90	10	10	7	17.00	13.5	13.6	13.1	2.57	2.57	125	199	51.7	2.71	3.42	1.74	19.5	
100×100	8	10	6	15.42	12.2	12.3	11.9	2.75	2.75	145	230	59.3	3.07	3.86	1.96	20.0	
100×100	9	10	6	17.25	13.7	13.8	13.3	2.79	2.79	160	255	65.3	3.04	3.85	1.95	22.2	
100×100	10	10	7	19.00	15.1	15.2	14.6	2.82	2.82	175	278	72.0	3.05	3.83	1.95	24.4	

注: 角钢长度为4m、5m、6m、(5m设计时尽可能不采用)。

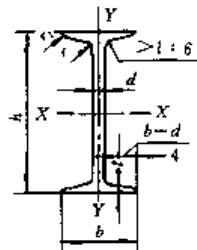
表 3.1-142 不锈钢热轧等边角钢牌号及力学性能(摘自 GB/T4227 1984)

牌 号	热处理制度	力学性能 $\geq$			硬度 $\leq$		
	固溶处理	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ (%)	HBS	HRB	HV
1Cr18Ni9	1010~1150 快冷	206	520	40	187	90	200
0Cr19Ni9	1010~1150 快冷	206	520	40	187	90	200
00Cr19Ni11	1010~1150 快冷	177	481	40	187	90	200
0Cr17Ni12Mo2	1010~1150 快冷	206	520	40	187	90	200
00Cr17Ni14Mo2	1010~1150 快冷	177	481	40	187	90	200
0Cr18Ni11Ti	920~1150 快冷	206	520	40	187	90	200
0Cr18Ni11Nb	980~1150 快冷	206	520	40	187	90	200
1Cr17	退火;780~850 空冷或缓冷	206	450	22	183	88	200

注:牌号的化学成分应符合 GB/T4227—1984 的规定。

5.1.8 热轧普通工字钢(见表 3.1-143)

表 3.1-143 热轧普通工字钢尺寸规格(摘自 GB/T706—1988)



h—高度;  $r_1$ —腿端圆弧半径;  
b—腿宽度; I—惯性矩;  
d—腰厚度; W—截面系数;  
t 平均腿厚度; i—惯性半径;  
r 内圆弧半径; S—半截面的静力矩

型号	尺寸 /mm						截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg · m <sup>-1</sup>	参 考 数 值						
	h	b	d	t	r	r <sub>1</sub>			X-X				Y-Y		
									$I_x$ /cm <sup>4</sup>	$W_x$ /cm <sup>3</sup>	$i_x$ /cm	$I_x^2 /S_x$	$I_y$ /cm <sup>4</sup>	$W_y$ /cm <sup>3</sup>	$i_y$ /cm
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.345	11.261	245	49	4.14	8.59	33.0	9.72	1.52
12.6	126	74	5	8.4	7.0	3.5	18.118	14.223	488	77.5	5.20	10.848	46.9	12.7	1.61
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.516	16.890	712	102	5.76	12.0	64.4	16.1	1.73
16	160	88	6.0	9.9	8.0	4.0	26.131	20.513	1130	141	6.58	13.8	93.1	21.2	1.89
18	180	94	6.5	10.7	8.5	4.3	30.756	24.143	1660	185	7.36	15.4	122	26.0	2.00
20a	200	100	7.0	11.4	9.0	4.5	35.578	27.929	2370	287	8.15	17.2	158	31.5	2.12
20b	200	102	9.0	11.4	9.0	4.5	39.578	31.069	2500	250	7.96	16.9	169	33.1	2.06
22a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	42.128	33.070	3400	309	8.99	18.9	225	40.9	2.31
22b	220	112	9.5	12.3	9.5	4.8	46.528	36.524	3570	325	8.78	18.7	239	42.7	2.27
25a	250	116	8	13	10.0	5.0	48.541	38.105	5020	402	10.20	21.6	280	48.3	2.4
25b	250	118	10	13	10.0	5.0	53.541	42.030	5280	423	9.94	21.3	309	52.4	2.4
28a	280	122	8.5	13.7	10.5	5.3	55.404	43.492	7110	508	11.3	24.6	345	56.6	2.50
28b	280	124	10.5	13.7	10.5	5.3	61.004	47.888	7480	534	11.1	24.2	379	61.2	2.49
32a	320	130	9.5	15	11.5	5.8	67.156	52.777	11100	692	12.8	27.5	460	70.8	2.62
32b	320	132	11.5	15	11.5	5.8	73.556	57.741	11600	726	12.6	27.1	502	76	2.61
32c	320	134	13.5	15	11.5	5.8	79.956	62.765	12200	760	12.3	26.8	544	81.2	2.61
36a	360	136	10.0	15.8	12.0	6.0	76.480	60.037	15800	875	14.4	30.7	552	81.2	2.69
36b	360	138	12.0	15.8	12.0	6.0	83.680	65.689	16500	919	14.1	30.3	582	84.3	2.64
36c	360	140	14.0	15.8	12.0	6.0	90.880	71.341	17300	962	13.8	29.9	612	87.4	2.60
40a	400	142	10.5	16.5	12.5	6.3	86.112	67.598	21700	1090	15.9	34.1	660	93.2	2.77
40b	400	144	12.5	16.5	12.5	6.3	94.112	73.878	22800	1140	15.6	33.6	692	96.2	2.71
40c	400	146	14.5	16.5	12.5	6.3	102.112	80.158	23900	1190	15.2	33.2	727	99.6	2.65
45a	450	150	11.5	18.0	13.5	6.8	102.446	80.420	32200	1430	17.7	38.6	855	114	2.89
45b	450	152	13.5	18.0	13.5	6.8	111.446	87.485	33800	1500	17.4	38.0	894	118	2.84
45c	450	154	15.5	18.0	13.5	6.8	120.446	94.550	35300	1570	17.1	37.6	938	122	2.79



(续)

型号	尺寸 /mm						截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg · m <sup>-1</sup>	参考数值						
	h	b	d	t	r	r <sub>1</sub>			X X				Y Y		
									I <sub>X</sub> /cm <sup>4</sup>	W <sub>X</sub> /cm <sup>3</sup>	i <sub>X</sub> /cm	I <sub>X</sub> <sup>2</sup> /S <sub>X</sub>	I <sub>Y</sub> /cm <sup>4</sup>	W <sub>Y</sub> /cm <sup>3</sup>	i <sub>Y</sub> /cm
50a	500	158	12.0	20.0	14.0	7.0	119.304	93.654	46500	1860	19.7	42.8	1120	142	3.07
50b	500	160	14.0	20.0	14.0	7.0	129.304	101.504	48600	1940	19.4	42.4	1170	146	3.01
50c	500	162	16.0	20.0	14.0	7.0	139.304	109.354	50600	2080	19	41.8	1220	151	2.96
56a	560	166	12.5	21	14.5	7.3	135.435	106.316	65600	2340	22.0	47.7	1370	165	3.18
56b	560	168	14.5	21	14.5	7.3	146.435	115.108	68500	2450	21.6	47.2	1490	174	3.16
56c	560	170	16.5	21	14.5	7.3	157.835	123.9	71400	2550	21.3	46.7	1560	183	3.16
63a	630	176	13.0	22	15	7.5	154.658	121.407	93900	2980	24.6	54.2	1700	193	3.31
63b	630	178	15.0	22	15	7.5	167.258	131.298	98100	3160	24.2	53.5	1810	204	3.29
63c	630	180	17.0	22	15	7.5	180.858	141.189	102000	3300	23.8	52.9	1920	214	3.27
12 <sup>①</sup>	120	74	5.0	8.4	7.0	3.5	17.818	13.987	436	72.7	4.95	10.3	46.9	12.7	1.62
24a <sup>①</sup>	240	116	8.0	13.0	10.0	5.0	47.741	37.477	4570	381	9.77	20.7	280	48.4	2.42
24b <sup>①</sup>	240	118	10.0	13.0	10.0	5.0	52.541	41.245	4800	400	9.57	20.4	297	50.4	2.38
27a <sup>①</sup>	270	122	8.5	13.7	10.5	5.3	54.554	42.825	6550	485	10.9	23.8	345	56.6	2.51
27b <sup>①</sup>	270	124	10.5	13.7	10.5	5.3	59.954	47.064	6870	509	10.7	22.9	366	58.9	2.47
30a <sup>①</sup>	300	126	9.0	14.4	11.0	5.5	61.254	48.084	8950	597	12.1	25.7	400	63.5	2.55
30b <sup>①</sup>	300	128	11.0	14.4	11.0	5.5	67.254	52.794	9400	627	11.8	25.4	422	65.9	2.50
30c <sup>①</sup>	300	130	13.0	14.4	11.0	5.5	73.254	57.504	9850	657	11.6	26.0	445	68.5	2.46
55a <sup>①</sup>	550	168	12.5	21.0	14.5	7.3	134.185	105.335	62900	2290	21.6	46.9	1370	164	3.19
55b <sup>①</sup>	550	168	14.5	21.0	14.5	7.3	145.185	113.970	65600	2390	21.2	46.4	1420	170	3.14
55c <sup>①</sup>	550	170	16.5	21.0	14.5	7.3	156.185	122.605	68400	2490	20.9	45.8	1480	175	3.08

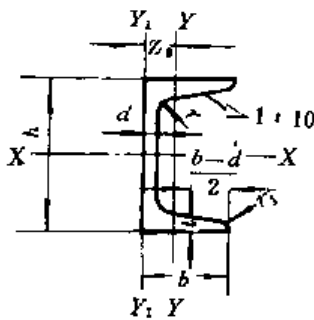
注:1. 工字钢长度:型号 10~18,长度为 5~19m;型号 20~63,长度为 6~19m。

2. 标注示例:普通碳素钢 Q235-A,尺寸为 400mm × 144mm × 12.5mm 的热轧工字钢,标记为:热轧工字钢 100 × 144 × 12.5 GB/T706 1988  
Q235-A GB/T700-1988

① 所列工字钢系经供需双方协定方能供应。

5.1.9 热轧普通槽钢(见表 3.1-144)

表 3.1-144 热轧普通槽钢(摘自 GB/T707-1988)



h—高度;  
b—腿宽度;  
d—腰厚度;  
t—平均腿厚度;  
r—内圆弧半径;  
r<sub>1</sub>—腿端圆角半径;  
I—惯性矩;  
W—截面系数;  
i—惯性半径;  
Z<sub>0</sub>—Y-Y 轴与 Y<sub>1</sub>-Y<sub>1</sub> 轴间距离

型号	尺寸 /mm						截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg · m <sup>-1</sup>	参考数值							
	h	b	d	t	r	r <sub>1</sub>			X-X			Y-Y			Y <sub>1</sub> -Y <sub>1</sub> I <sub>Y</sub> /cm <sup>4</sup>	Z <sub>0</sub> /cm
									W <sub>X</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>X</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>X</sub> /cm	W <sub>Y</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>Y</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>Y</sub> /cm		
5	50	37	4.5	7.0	7.0	3.50	6.928	5.438	10.4	26.0	1.94	3.55	8.3	1.10	20.9	1.35
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.75	8.451	6.634	16.1	50.8	2.453	4.50	11.92	1.19	28.4	1.36
8	80	43	5.0	8.0	8.0	4.0	10.248	8.045	25.3	101	3.15	5.79	16.6	1.27	37.4	1.43
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.25	12.748	10.007	39.7	198	3.95	7.80	25.6	1.41	54.9	1.52
12.6	126	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.692	12.318	62.1	391	4.953	10.2	38	1.57	77.1	1.59
14a	140	58	6.0	9.5	9.5	4.75	18.516	14.535	80.5	564	5.52	13.0	53.2	1.70	107	1.71
14b	140	60	8.0	9.5	9.5	4.75	21.316	16.733	87.1	609	5.35	14.1	61.1	1.69	121	1.67

(续)

型号	尺寸 /mm						截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg · m <sup>-1</sup>	参考数值							
	h	b	d	t	r	r <sub>1</sub>			X-X			Y-Y			Y <sub>1</sub> -Y <sub>1</sub> /cm <sup>4</sup>	Z <sub>0</sub> /cm
									W <sub>X</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>X</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>X</sub> /cm	W <sub>Y</sub> /cm <sup>3</sup>	I <sub>Y</sub> /cm <sup>4</sup>	i <sub>Y</sub> /cm		
16a	160	63	6.5	10.0	10.0	5.0	21.962	17.240	108	866	6.28	16.30	73.3	1.83	144	1.80
16	160	65	8.5	10.0	10.0	5.0	25.162	19.752	117	935	6.10	17	83.4	1.82	161	1.75
18a	180	68	7.0	10.5	10.5	5.25	25.699	20.174	141	1270	7.04	20.0	98.6	1.96	190	1.88
18	180	70	9.0	10.5	10.5	5.25	29.299	23.000	152	1370	6.84	21.5	111	1.95	210	1.84
20a	200	73	7.0	11.0	11.0	5.5	28.837	22.637	178	1780	7.86	24.2	128	2.11	244	2.01
20	200	75	9.0	11.0	11.0	5.5	32.831	25.777	191	1910	7.64	25.9	144	2.09	268	1.95
22a	220	77	7.0	11.5	11.5	5.75	31.846	24.999	218	2390	8.67	28.2	158	2.23	298	2.10
22	220	79	9.0	11.5	11.5	5.75	36.246	28.453	234	2570	8.42	30.1	176	2.21	326	2.03
25a	250	78	7.0	12	12	6	34.917	27.410	270	3370	9.82	30.6	176	2.24	322	2.07
25b	250	80	9.0	12	12	6	39.917	31.335	282	3530	9.41	32.7	196	2.22	353	1.98
25c	250	82	11.0	12	12	6	44.917	35.260	295	3690	9.07	35.9	218	2.21	384	1.92
28a	280	82	7.5	12.5	12.5	6.25	40.034	31.427	340	4760	10.9	35.7	218	2.33	388	2.10
28b	280	84	9.5	12.5	12.5	6.25	45.634	35.823	366	5130	10.6	37.9	242	2.30	428	2.02
28c	280	86	11.5	12.5	12.5	6.25	51.234	40.219	393	5500	10.4	40.3	268	2.29	463	1.95
32a	320	88	8.0	14	14	7	48.513	38.083	475	7600	12.5	46.5	305	2.50	552	2.24
32b	320	90	10.0	14	14	7	54.913	43.107	509	8140	12.2	49.2	336	2.47	593	2.16
32c	320	92	12.0	14	14	7	61.313	48.131	543	8690	11.9	52.6	374	2.47	643	2.09
36a	360	96	9.0	16	16	8	60.910	41.814	660	11900	14.0	63.5	455	2.73	818	2.44
36b	360	98	11.0	16	16	8	68.110	53.466	703	12700	13.6	66.9	497	2.70	880	2.37
36c	360	100	13.0	16	16	8	75.310	59.118	746	13400	13.4	70.0	536	2.67	948	2.34
40a	400	100	10.5	18	18	9	75.068	58.928	879	17600	15.3	78.8	592	2.81	1070	2.49
40b	400	102	12.5	18	18	9	83.068	65.208	932	18600	15.0	82.5	640	2.78	1140	2.44
40c	400	104	14.5	18	18	9	91.068	71.488	986	19700	14.7	86.1	688	2.75	1220	2.42
6.5 <sup>①</sup>	65	40	4.3	7.5	7.5	3.75	8.517	6.709	17.0	55.2	2.54	4.59	12.0	1.19	28.3	1.38
12 <sup>①</sup>	120	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.362	12.059	57.7	346	4.75	10.2	37.4	1.56	77.7	1.62
24a <sup>①</sup>	240	78	7.0	12.0	12.0	6.0	34.217	26.86	254	3050	9.45	30.5	174	2.25	325	2.10
24b <sup>①</sup>	240	80	9.0	12.0	12.0	6.0	39.017	30.628	274	3280	9.17	32.5	194	2.23	355	2.03
24c <sup>①</sup>	240	82	11.0	12.0	12.0	6.0	43.817	34.396	293	3570	8.96	34.4	213	2.21	388	2.00
27a <sup>①</sup>	270	82	7.5	12.5	12.5	6.25	39.284	30.838	323	4360	10.5	35.5	216	2.34	393	2.13
27b <sup>①</sup>	270	84	9.5	12.5	12.5	6.25	44.684	35.077	347	4690.1	10.3	37.7	239	2.31	428	2.06
27c <sup>①</sup>	270	86	11.5	12.5	12.5	6.25	50.084	39.316	372	5018.1	10.1	39.8	261	2.28	467	2.03
30a <sup>①</sup>	300	85	7.5	13.5	13.5	6.75	43.902	34.463	403	6047.9	11.7	41.1	260	2.43	467	2.17
30b <sup>①</sup>	300	87	9.5	13.5	13.5	6.75	49.902	39.173	433	6447.9	11.4	44.0	289	2.41	515	2.13
30c <sup>①</sup>	300	89	11.5	13.5	13.5	6.75	55.902	43.883	463	6947.9	11.2	46.4	316	2.38	560	2.09

注:1. 带“①”者经供需双方协议方可供应。

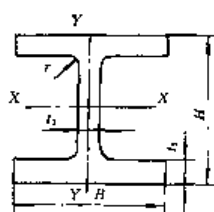
2. 槽钢长度:型号 5~8、>8~18、>18~40 相应长度为 5~12m、5~19m、6~19m。

3. 标记示例:普通碳素钢 Q235-A, 尺寸为 180mm×68mm×7mm 的热轧槽钢标记为:

热轧槽钢  $\frac{180 \times 68 \times 7}{Q235-A}$  GB/T707-1988

### 5.1.10 热轧 H 型钢和剖分 T 型钢(见表 3.1-145~表 3.1-148)

表 3.1-145 热轧 H 型钢尺寸规格(摘自 GB/T11263-1998)



H—高度  
B—宽度  
t<sub>1</sub>—腹板厚度  
t<sub>2</sub>—翼缘厚度  
r—工艺圆角

(续)

类别	型号 (高度×宽度)	截面尺寸/mm				截面 面积 /cm <sup>2</sup>	理论 重量 /kg ·m <sup>-1</sup>	截面特性参数					
		H×B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>	
								I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
HW	100×100	100×100	6	8	10	21.90	17.2	383	134	4.18	2.47	76.5	26.7
	125×125	125×125	6.5	9	10	30.31	23.8	847	294	5.29	3.11	136	47.0
	150×150	150×150	7	10	13	40.55	31.9	1660	564	6.39	3.73	221	75.1
	175×175	175×175	7.5	11	13	51.43	40.3	2900	984	7.50	4.37	331	112
	200×200	200×200	8	12	16	64.28	50.5	4770	1600	8.61	4.99	477	160
		#200×204	12	12	16	72.28	56.7	5030	1700	8.35	4.85	503	167
	250×250	250×250	9	14	16	92.18	72.4	10800	3650	10.8	6.29	867	292
		#250×255	14	14	16	104.7	82.2	11500	3880	10.5	6.09	919	304
	300×300	#294×302	12	12	20	108.3	85.0	17000	5520	12.5	7.14	1160	365
		300×300	10	15	20	120.4	94.5	20500	6760	13.1	7.49	1370	430
		300×305	15	15	20	135.4	106	21600	7100	12.6	7.24	1440	466
	350×350	#344×348	10	16	20	146.0	115	33300	11200	15.1	8.78	1940	646
		350×350	12	19	20	173.9	137	40300	13600	15.2	8.84	2300	776
	400×400	#388×402	15	15	24	179.2	141	49200	16300	16.6	9.52	2540	809
		#394×398	11	18	24	187.6	147	56400	18900	17.3	10.0	2860	951
		400×400	13	21	24	210.5	172	66690	22400	17.5	10.1	3340	1120
		#400×408	21	21	24	251.5	197	71100	23800	16.8	9.73	3560	1170
		#414×405	18	28	24	296.2	233	93000	31000	17.7	10.2	4490	1530
#428×407		20	35	24	361.4	284	119000	39400	18.2	10.4	5580	1930	
*458×417		30	50	24	529.3	415	187000	60500	18.8	10.7	8180	2900	
*498×432		45	70	24	770.8	605	298000	91400	19.7	11.1	12000	4370	
HM	150×100	148×100	6	9	13	27.25	21.4	1040	151	6.17	2.35	140	30.2
	200×150	194×150	6	9	16	39.76	31.2	2740	508	8.30	3.57	283	67.7
	250×175	244×175	7	11	16	56.24	44.1	6120	985	10.4	4.18	502	113
	300×200	294×200	8	12	20	73.03	57.3	11400	1600	12.5	4.69	779	160
	350×250	340×250	9	14	20	101.5	79.7	21700	3650	14.6	6.00	1280	292
	400×300	390×300	10	16	24	136.7	107	38900	7210	16.9	7.26	2000	481
	450×300	440×300	11	18	24	157.4	124	56100	8110	18.9	7.18	2550	541
	500×300	482×300	11	15	28	146.4	115	60800	6770	20.4	6.80	2520	451
		488×300	11	18	28	164.4	129	71400	8120	20.8	7.03	2930	541
	600×300	582×300	12	17	28	174.5	137	103000	7670	24.3	6.63	3530	511
		588×300	12	20	28	192.5	151	118000	9020	24.8	6.85	4020	601
	#594×302	14	23	28	222.4	175	137000	10600	24.9	6.90	4620	701	
HN	100×50	100×50	5	7	10	12.16	9.54	192	14.9	3.98	1.11	38.5	5.96
	125×60	125×60	6	8	10	17.01	13.3	417	29.3	4.95	1.31	66.8	9.75
	150×75	150×75	5	7	10	18.16	14.3	679	49.6	6.12	1.65	90.6	13.2
	175×90	175×90	5	8	10	23.21	18.2	1220	97.6	7.26	2.05	140	21.7
	200×100	198×99	4.5	7	13	23.59	18.5	1610	114	8.27	2.20	163	23.0
		200×100	5.5	8	13	27.57	21.7	1880	134	8.25	2.21	188	26.8
	250×125	248×124	5	8	13	32.89	25.8	3560	255	10.4	2.78	287	41.1
		250×125	6	9	13	37.87	29.7	4080	294	10.4	2.79	326	47.0
	300×150	298×149	5.5	8	16	41.55	32.6	6460	443	12.4	3.26	433	59.4
		300×150	6.5	9	16	47.53	37.3	7350	508	12.4	3.27	490	67.7
	350×175	346×174	6	9	16	53.19	41.8	11200	792	14.5	3.86	649	91.0
		350×175	7	11	16	63.66	50.0	13700	985	14.7	3.93	782	113
	#400×150	#400×150	8	13	16	71.12	55.8	18800	734	16.3	3.21	942	97.9
	400×200	396×199	7	11	16	72.16	56.7	20000	1450	16.7	4.48	1010	145
		400×200	8	13	16	84.12	66.0	23700	1740	16.8	4.54	1190	174
	#450×150	#450×150	9	14	20	83.41	65.5	27100	793	18.0	3.08	1200	106
	450×200	446×199	8	12	20	84.95	66.7	29000	1580	18.5	4.31	1300	159
		450×200	9	14	20	97.41	76.5	33700	1870	18.6	4.38	1500	187
	#500×150	#500×150	10	16	20	98.23	77.1	38500	907	19.8	3.04	1540	121
	500×200	496×199	9	14	20	101.3	79.5	41900	1840	20.3	4.27	1690	185
500×200		10	16	20	114.2	89.6	47800	2140	20.5	4.33	1910	214	
#506×201		11	19	20	131.3	103	56500	2580	20.8	4.43	2230	257	
600×200	596×199	10	15	24	121.2	95.1	69300	1980	23.9	4.04	2330	199	
	600×200	11	17	24	135.2	106	78200	2280	24.1	4.11	2610	228	
	#606×201	12	20	24	153.3	120	91000	2720	24.4	4.21	3000	271	

(续)

类别	型号 (高度×宽度)	截面尺寸/mm				截面 面积 /cm <sup>2</sup>	理论 重量 /kg ·m <sup>-1</sup>	截面特性参数					
		H×B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>	
								I <sub>X</sub>	I <sub>Y</sub>	i <sub>X</sub>	i <sub>Y</sub>	W <sub>X</sub>	W <sub>Y</sub>
HN	700×300	# 692×300	13	20	28	211.5	166	172000	9020	28.6	6.53	4980	602
		700×300	13	24	28	235.5	185	201000	10800	29.3	6.78	5760	722
	* 800×300	* 792×300	14	22	28	243.4	191	254000	9930	32.3	6.39	6400	662
		* 800×300	14	26	28	267.4	210	292000	11700	33.0	6.62	7290	782
	* 900×300	* 890×299	15	23	28	270.9	213	315000	10300	35.7	6.16	7760	688
		* 900×300	16	28	28	309.8	243	411000	12600	36.4	6.39	9140	843
		* 912×302	18	34	28	364.0	286	498000	15700	37.0	6.56	10900	1040

注:1.“#”表示的规格为非常用规格。

2.“\*”表示的规格,目前国内尚未生产。

3.型号属同一范围的产品,其内侧尺寸高度是一致的。

4.截面面积计算公式为“ $t_1(H-2t_2)+2Bt_2+0.858r^2$ 。”

5.H型钢分为三类:HW—宽翼缘;HM—中翼缘;HN—窄翼缘。

6.交货长度应在合同中注明。

7.标记示例:高300mm,宽150mm,腹板厚度6.5mm,长度1000mm的热轧H型钢,标记为:H型钢H300×150×6.5×1000 GB/T11263-1998

表 3.1-146 热轧 H 型钢桩尺寸规格(摘自 GB/T11263-1998)

类 型	型号 (高度× 宽度)	截面尺寸/mm				截面 面积 /cm <sup>2</sup>	理论 重量 /kg ·m <sup>-1</sup>	截面特性参数						
		H×B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>		表面 面积 /m <sup>2</sup> · m <sup>-1</sup>
								I <sub>X</sub>	I <sub>Y</sub>	i <sub>X</sub>	i <sub>Y</sub>	W <sub>X</sub>	W <sub>Y</sub>	
HP	200×200	200×204	12	12	16	72.28	56.7	5030	1700	8.35	4.85	503	167	1.16
	250×250	244×252	11	11	16	82.05	64.4	8790	2940	10.4	5.98	720	233	1.45
		250×255	14	14	16	104.7	82.2	11500	3880	10.5	6.09	919	304	1.46
	300×300	294×302	12	12	20	108.3	85.0	17000	5520	12.5	7.13	1150	365	1.74
		300×300	10	15	20	120.4	94.5	20500	6760	13.1	7.49	1370	450	1.75
		300×305	15	15	20	135.4	106	21600	7110	12.6	7.24	1440	466	1.76
	350×350	338×351	13	13	20	135.3	106	28200	9380	14.4	8.33	1670	535	2.02
		344×354	16	16	20	166.6	131	35300	11800	14.6	8.43	2050	669	2.04
		350×350	12	19	20	173.9	137	40300	13600	15.2	8.84	2300	776	2.04
		350×357	19	19	20	198.4	156	42800	14400	14.7	8.53	2450	809	2.06
	400×400	388×402	15	15	24	179.2	141	49200	16300	16.6	9.52	2540	809	2.31
		394×405	18	18	24	215.2	169	59900	20000	16.7	9.63	3040	986	2.33
		400×400	13	21	24	219.5	172	66900	22400	17.5	10.1	3340	1120	2.33
		400×408	21	21	24	251.5	197	71100	23800	16.8	9.73	3560	1170	2.35
		414×405	18	28	24	296.2	233	93000	31000	17.7	10.2	4490	1530	2.37
	* 500×500	428×407	20	35	24	361.4	284	11900	39400	18.2	10.4	5580	1930	2.40
		* 492×465	15	20	28	260.5	204	118000	33500	21.3	11.4	4810	1440	2.77
* 502×465		15	25	28	307.0	241	147000	41900	21.9	11.7	5860	1800	2.79	
	* 502×470	20	25	28	332.1	261	152000	43300	21.4	11.4	6070	1840	2.80	

注:1.“\*”表示的规格,目前国内尚未生产。

2.型号属同一范围的产品,其内侧尺寸高度是一致的。

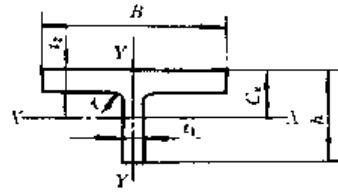
3.截面面积计算公式为“ $t_1(H-2t_2)+2Bt_2+0.858r^2$ 。”

4.HP表示H型钢桩。

5.H型钢桩的断面图形参见表3.1-145。

6.H型钢、H型钢桩和剖分T型钢的牌号,化学成分和力学性能应符合GB/T700或GB/T712或GB/T714或GB/T1591或GB/T4171的有关规定。

表 3.1-147 热轧剖分 T 型钢尺寸规格(摘自 GB/T11263—1998)



类别	型号 (高度×宽度)	截面尺寸/mm					截面面积 /cm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面特性参数							对应 H 型钢系列 型号	
		h	B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>		重心 /cm		
TW	50×100	50	100	6	8	10	10.95	8.56	16.1	66.9	1.21	2.47	4.03	13.4	1.00	100×100	
	62.5×125	62.5	125	6.5	9	10	15.16	11.9	35.0	147	1.52	3.11	6.91	23.5	1.19	125×125	
	75×150	75	150	7	10	13	20.28	15.9	66.4	282	18.1	3.73	10.8	37.6	1.37	150×150	
	87.5×175	87.5	175	7.5	11	13	25.71	20.2	115	492	2.11	4.37	15.9	56.2	1.55	175×175	
	100×200	100	200	8	12	16	32.14	25.2	185	801	2.40	4.99	22.3	80.1	17.3	200×200	
		#100	204	12	12	16	36.14	28.3	256	851	2.66	4.85	32.4	83.5	2.09		
	125×250	125	250	9	14	16	16.09	36.2	412	1820	2.99	6.29	39.5	146	2.08	250×250	
		#125	255	14	14	16	52.31	41.1	589	1940	3.36	6.09	59.4	152	2.58		
	150×300	#147	302	12	12	20	54.16	42.5	858	2760	3.98	7.14	72.3	183	2.83	300×300	
		150	300	10	15	20	60.22	47.3	798	3380	3.64	7.49	63.7	225	2.47		
		150	305	15	15	20	67.72	53.1	1110	3550	4.05	7.24	92.5	233	3.02		
	175×350	#172	348	10	16	20	73.00	57.3	1230	5620	4.11	8.78	84.7	323	2.67	350×350	
		175	350	12	19	20	86.94	68.2	1520	6790	4.18	8.84	104	388	2.86		
	200×400	#194	402	15	15	24	89.62	70.3	2480	8130	5.26	9.52	158	405	3.69	400×400	
		#197	398	11	18	24	93.80	73.6	2050	9460	4.67	10.0	123	476	3.01		
	200×400	200	400	13	21	24	109.7	86.1	2480	11200	4.75	10.1	147	560	3.21	400×400	
#200		408	21	21	24	125.7	98.7	3650	11900	5.39	9.73	229	584	4.07			
#207		405	18	28	24	148.1	116	3620	15500	4.95	10.2	213	766	3.68			
#214		407	20	35	24	180.7	142	4380	19700	4.92	10.4	250	967	3.90			
TM	74×100	74	100	6	9	13	13.63	10.7	51.7	75.4	1.95	2.35	8.80	15.1	1.55	150×100	
	97×150	97	150	6	9	16	19.88	15.6	125	254	2.50	3.57	15.8	33.9	1.78	200×150	
	122×175	122	175	7	11	16	28.12	22.1	289	492	3.20	4.18	29.1	56.3	2.27	250×175	
	147×200	147	200	8	12	20	36.52	28.7	572	802	3.96	4.69	48.2	80.2	2.82	300×200	
	170×250	170	250	9	14	20	50.76	39.9	1020	1830	4.48	6.00	73.1	146	3.09	350×250	
	200×300	195	300	10	16	24	68.37	53.7	1730	3600	5.03	7.26	108	240	3.40	400×300	
	220×300	220	300	11	18	24	78.69	61.8	2680	4060	5.84	7.18	150	270	4.05	450×300	
	250×300	241	300	11	15	28	73.23	57.5	3420	3380	6.83	6.80	178	226	4.90	500×300	
	250×300	244	300	11	18	28	82.23	64.5	3620	4060	6.64	7.03	184	271	4.65	500×300	
	300×300	291	300	12	17	28	87.23	68.5	6360	3830	8.54	6.63	280	256	6.39	600×300	
		294	300	12	20	28	96.25	75.5	6710	4510	8.35	6.85	288	301	6.08		
		#297	302	14	23	28	111.2	87.3	7920	5290	8.44	6.90	399	351	6.33		
	TN	50×50	50	50	5	7	10	6.079	4.79	11.9	7.45	1.40	1.11	3.18	2.98	1.27	100×50
		62.5×60	62.5	60	6	8	10	8.499	6.67	27.5	14.6	1.80	1.31	5.96	4.88	1.63	125×60
		75×75	75	75	5	7	10	9.079	7.14	12.7	24.8	2.17	1.65	7.46	6.61	1.78	150×75
		87.5×90	87.5	90	5	8	10	11.60	9.11	70.7	48.8	2.47	2.05	10.4	10.8	1.92	175×90
100×100		99	99	4.5	7	13	11.80	9.26	94.0	56.9	2.82	2.20	12.1	11.5	2.13	200×100	
		100	100	5.5	8	13	13.79	10.8	115	67.1	2.88	2.21	14.8	13.4	2.27		
125×125		124	124	5	8	13	16.45	12.9	208	128	3.56	2.78	21.3	20.6	2.62	250×125	
		125	125	6	9	13	18.94	14.8	249	147	3.62	2.79	25.6	23.5	2.78		
150×150		149	149	5.5	8	16	20.77	16.3	395	221	4.36	3.26	33.8	29.7	3.22	300×150	
		150	150	6.5	9	16	23.76	18.7	465	254	4.42	3.27	40.0	33.9	3.38		
175×175		173	174	6	9	16	26.60	20.9	681	396	5.06	3.86	50.0	45.5	3.68	350×175	
		175	175	7	11	16	31.83	25.0	816	492	5.06	3.93	59.3	56.3	3.74		
200×200		198	199	7	11	16	36.08	28.3	1190	724	5.76	4.48	76.4	72.7	4.17	400×200	
		200	200	8	13	16	42.06	33.0	1400	868	5.76	4.54	88.6	86.8	4.23		
225×200		223	199	8	12	20	42.54	33.4	1880	790	6.65	4.31	109	79.4	5.07	450×200	
		225	200	9	14	20	48.71	38.2	2160	936	6.66	4.38	124	93.6	5.13		
250×200	248	199	9	14	20	50.64	39.7	2840	922	7.49	4.27	150	92.7	5.90	500×200		
	250	200	10	16	20	57.12	44.8	3210	1070	7.50	4.33	169	107	5.96			
	#253	201	11	19	20	65.65	51.5	3670	1290	7.48	4.43	190	128	5.95			
300×200	298	199	10	15	24	60.62	47.6	5200	991	9.27	4.04	236	100	7.76	600×200		
	300	200	11	17	24	67.60	53.1	5820	1140	9.28	4.11	262	114	7.81			
	#303	201	12	20	24	76.63	60.1	6580	1360	9.26	4.21	292	135	7.76			

注:1.“#”表示的规格为非常用规格。

2. 剖分 T 型钢分为三类:TW—宽翼缘;TM—中翼缘;TN—窄翼缘。

表 3.1-148 H 型钢与工字钢型号及性能参数比较表

工字钢型号	H 型钢型号	H 型钢与工字钢性能参数比较						工字钢型号	H 型钢型号	H 型钢与工字钢性能参数比较					
		横截面积	抗弯强度	抗剪强度	抗弯刚度	惯性半径				横截面积	抗弯强度	抗剪强度	抗弯刚度	惯性半径	
						$i_x$	$i_y$							$i_x$	$i_y$
I10	H125×60	1.19	1.36	1.63	1.70	1.20	0.86	I40a	H400×200	0.98	1.09	0.79	1.09	1.06	1.64
I12.6	H150×75	1.00	1.17	1.19	1.39	1.18	1.02		H450×150	0.97	1.11	0.97	1.25	1.13	1.11
I14	H175×90	1.08	1.37	1.15	1.71	1.26	1.18		H446×199	0.99	1.20	0.88	1.34	1.16	1.56
I16	H175×90	0.89	0.99	0.92	1.08	1.10	1.08	I40b	H400×200	0.89	1.04	0.67	1.04	1.08	1.68
	H198×99	0.90	1.16	0.95	1.43	1.26	1.16		H450×150	0.89	1.06	0.83	1.19	1.15	1.14
	H200×100	1.06	1.33	1.16	1.67	1.25	1.17		H446×199	0.90	1.14	0.75	1.27	1.19	1.59
I18	H200×100	0.90	1.01	0.95	1.13	1.12	1.11	I40c	H450×200	1.04	1.32	0.85	1.48	1.19	1.62
	H248×124	1.07	1.55	1.09	2.13	1.41	1.39		H500×150	1.04	1.35	1.01	1.69	1.27	1.12
	H248×124	0.93	1.21	0.91	1.50	1.28	1.31		H400×200	0.82	0.99	0.59	0.99	1.11	1.71
I20a	H250×125	1.07	1.38	1.09	1.72	1.28	1.32	I40e	H450×150	0.82	1.01	0.72	1.14	1.18	1.15
	H248×124	0.83	1.15	0.72	1.42	1.31	1.35		H446×199	0.83	1.09	0.65	1.22	1.22	1.63
I20b	H250×125	0.96	1.30	0.86	1.63	1.31	1.35		H450×200	0.95	1.26	0.74	1.41	1.22	1.65
	H250×125	0.90	1.05	0.92	1.20	1.16	1.21		H500×150	0.96	1.29	0.89	1.61	1.30	1.15
I22a	H298×149	0.99	1.40	1.02	1.90	1.38	1.41	I45a	H496×199	0.99	1.42	0.81	1.76	1.34	1.61
	H250×125	0.81	1.00	0.74	1.14	1.18	1.23		H450×200	0.95	1.05	0.81	1.05	1.05	1.52
I22b	H298×149	0.89	1.33	0.82	1.80	1.41	1.44		H500×150	0.96	1.07	0.97	1.19	1.12	1.05
	H300×150	1.02	1.50	0.96	2.05	1.41	1.44	H496×199	0.99	1.18	0.89	1.30	1.15	1.48	
I25a	H298×149	0.86	1.08	0.84	1.29	1.22	1.36	I45b	H450×200	0.87	1.00	0.70	1.00	1.07	1.54
	H300×150	0.98	1.22	0.99	1.47	1.22	1.36		H500×150	0.88	1.03	0.84	1.14	1.14	1.07
I25b	H298×149	0.78	1.03	0.68	1.22	1.25	1.36		H496×199	0.91	1.13	0.75	1.24	1.17	1.50
	H300×150	0.89	1.16	0.81	1.39	1.25	1.36		H500×200	1.03	1.28	0.86	1.42	1.18	1.52
	H346×174	0.99	1.54	0.87	2.12	1.46	1.61	H450×200	0.81	1.03	0.67	0.96	1.09	1.57	
I28a	H346×174	0.96	1.28	0.90	1.57	1.28	1.54	I45c	H500×150	0.82	1.05	0.80	1.09	1.16	1.09
	H346×174	0.87	1.21	0.74	1.50	1.31	1.55		H496×199	0.81	1.16	0.73	1.19	1.19	1.53
I28b	H350×175	1.04	1.46	0.87	1.83	1.32	1.58		H500×200	0.95	1.31	0.82	1.35	1.20	1.55
	H350×175	0.95	1.13	0.83	1.24	1.15	1.50	H396×199	1.01	1.59	0.97	1.96	1.40	1.45	
I32a	H350×175	0.87	1.08	0.70	1.18	1.17	1.51	I50a	H500×200	0.96	1.03	0.86	1.03	1.04	1.41
	H400×150	0.97	1.30	0.89	1.62	1.29	1.23		H596×199	1.02	1.25	1.01	1.49	1.21	1.32
	H396×199	0.98	1.39	0.79	1.72	1.33	1.72	I50b	H506×201	1.02	1.07	0.83	1.16	1.07	1.47
I32c	H350×175	0.80	1.03	0.60	1.13	1.20	1.51		H596×199	0.94	1.20	0.88	1.43	1.23	1.34
	H400×150	0.89	1.24	0.77	1.54	1.33	1.23	H600×200	1.05	1.25	0.97	1.61	1.24	1.37	
I36a	H396×199	0.90	1.33	0.68	1.64	1.36	1.72	I50c	H500×200	0.82	1.02	0.71	0.94	1.08	1.46
	H400×150	0.93	1.07	0.90	1.19	1.13	1.19		H506×201	0.94	1.10	0.79	1.12	1.09	1.50
	H396×199	0.94	1.15	0.80	1.27	1.16	1.67		H596×199	0.87	1.23	0.84	1.37	1.26	1.36
I36b	H400×150	0.85	1.02	0.76	1.13	1.16	1.22	I56a	H600×200	0.97	1.29	0.93	1.54	1.27	1.39
	H396×199	0.86	1.10	0.68	1.21	1.18	1.70		H596×199	0.90	0.99	0.87	1.06	1.09	1.27
	H400×200	1.01	1.29	0.78	1.43	1.19	1.72	H600×200	1.00	1.04	0.96	1.19	1.10	1.29	
I36c	H450×150	1.00	1.31	0.96	1.64	1.28	1.17	I56b	H606×201	1.05	1.14	0.92	1.33	1.13	1.33
	H446×199	1.02	1.41	0.86	1.75	1.31	1.63	I56c	H600×200	0.86	1.02	0.81	1.09	1.13	1.30
	H396×199	0.79	1.05	0.59	1.15	1.21	1.72		H606×201	0.97	1.18	0.89	1.27	1.15	1.33
	H400×200	0.93	1.23	0.68	1.37	1.22	1.75	I63a	H582×300	1.13	1.10	0.89	1.10	0.99	2.00
	H450×150	0.92	1.25	0.83	1.56	1.30	1.18	I63b	H582×300	1.04	1.05	0.78	1.05	1.00	2.02
	H446×199	0.94	1.35	0.75	1.67	1.34	1.66	I63c	H582×300	0.97	1.09	0.76	1.01	1.02	2.03

注: H 型钢是一种具有优越力学性能的经济断面型材, 国外许多国家用 H 型钢代替有斜度的工字钢, 在国外工业发达国家, H 型钢产量占型钢生产的 70%~80%。H 型钢应用于设备制造业、建筑工程、水利工程、电力工程、海上石油平台、化工工程、交通运输、矿山工程等行业中。本表按照截面积大体相近, 并且绕 X 轴的抗弯强度不低于相应工字钢的原则, 计算出了 GB/T11263-1998 热轧 H 型钢有关型号与 GB/T706-1988 热轧工字钢的有关型号以及性能参数的对比。本表比较直观反映出 H 型钢比工字钢优越的性能参数及节材特性, 供有关人员选用 H 型钢代替工字钢参考。

5.1.11 锻制圆钢和方钢(见表 3.1-149)

表 3.1-149 锻制圆钢和方钢尺寸规格(摘自 GB/1908—1987)

圆钢直径或 方钢边长 /mm	精度组别		理论重量/kg·m <sup>-1</sup> (密度 7.85g/cm <sup>3</sup> )		圆钢直径或 方钢边长 /mm	精度组别		理论重量/kg·m <sup>-1</sup> (密度 7.85g/cm <sup>3</sup> )	
	允许偏差/mm		圆钢	方钢		允许偏差/mm		圆钢	方钢
	1组	2组				1组	2组		
50	+1.5 -1.0	-2.0 -1.0	15.4	19.6	130	+3.0 -1.5	+3.5 -1.5	104	133
55			18.6	23.7	135			112	143
60			22.2	28.3	140			121	154
65	-2.0 -1.0	+2.5 -1.0	26.0	33.2	145	-3.0 -2.0	+4.0 -2.0	130	165
70			30.2	38.5	150			139	177
75			34.7	44.2	160			158	201
80			39.5	50.2	170			178	227
85	2.5 -1.0	+3.0 -1.0	44.5	56.7	180	-1.4 -2.0	-5.0 -2.0	200	254
90			49.9	63.6	190			223	283
95			55.6	70.8	200			247	314
100			61.7	78.5	210			272	346
105			68.0	86.5	220			298	380
110	-2.5 -1.5	+3.0 -1.5	74.6	95.0	230	+5.0 -3.0	+6.0 -3.0	326	415
115			81.5	104	240			355	452
120			88.8	113	250			385	491
125			96.3	123	250			385	491

注:1. 对高合金钢计算理论重量时,要采用相应牌号的密度。

2. 除工具钢和轴承钢以外的其他钢的尺寸偏差要符合表中的1组和2组规定,精度组别应在合同中注明。

3. 经供需双方协商,可以供应表中未列入的大于250mm和中间尺寸的钢材,大于250mm的尺寸允许偏差由双方协商并在合同中注明。

4. 钢材通常交货长度为1m,定尺或倍尺长度应在合同中注明。

5.1.12 锻制扁钢(见表 3.1-150)

表 3.1-150 锻制扁钢截面尺寸及理论重量(摘自 GB/T16761—1997)

宽度 /mm	厚度 /mm																						
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120	130	140	150	160	
	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																						
40	6.28	7.85	9.42																				
45	7.06	8.83	10.6																				
50	7.85	9.81	11.8	13.7	15.7																		
55	8.64	10.8	13.0	15.1	17.3																		
60	9.42	11.8	14.1	16.5	18.8	21.1	23.6																
65	10.2	12.8	15.3	17.8	20.4	23.0	25.5																
70	11.0	13.7	16.5	19.2	22.0	24.7	27.5	30.2	33.0														
75	11.8	14.7	17.7	20.6	23.6	26.5	29.4	32.4	35.3														
80	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4	34.5	37.7	40.8	44.0												
90	14.1	17.7	21.2	24.7	28.3	31.8	35.3	38.8	42.4	45.9	49.4												
100	15.7	19.6	23.6	27.5	31.4	35.3	39.2	43.2	47.1	51.0	55.0	58.9	62.8	66.7									
110	17.3	21.6	25.9	30.2	34.5	38.8	43.2	47.5	51.8	56.1	60.4	64.8	69.1	73.4									
120	18.8	23.6	28.3	33.0	37.7	42.4	47.1	51.8	56.5	61.2	65.9	70.6	75.4	80.1									
130	20.4	25.5	30.6	35.7	40.8	45.9	51.0	56.1	61.2	66.3	71.4	76.5	81.6	86.7									
140	22.0	27.5	33.0	38.5	44.0	49.4	55.0	60.4	65.9	71.4	76.9	82.4	87.9	93.4	98.9	110							
150	23.6	29.4	35.3	41.2	47.1	53.0	58.9	64.8	70.6	76.5	82.4	88.3	94.2	100	106	118							
160	25.1	31.4	37.7	44.0	50.2	56.5	62.8	69.1	75.4	81.6	87.9	94.2	100	107	113	126	138	151					
170	26.7	33.4	40.0	46.7	53.4	60.0	66.7	73.4	80.1	86.7	93.4	100	107	113	120	133	147	160					

(续)

宽度 /mm	厚度 /mm																					
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120	130	140	150	160
	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																					
180	28.3	35.3	42.4	49.4	56.5	63.6	70.6	77.7	84.8	91.8	98.9	106	113	120	127	141	155	170	184	198		
190						67.1	74.6	82.0	89.5	96.9	104	112	119	127	134	149	164	179	194	209		
200						70.6	78.5	86.4	94.2	102	110	118	126	133	141	157	173	188	204	220		
210						71.2	82.4	90.7	98.9	107	115	124	132	140	148	165	181	198	214	231	247	264
220						77.7	86.4	95.0	104	112	121	130	138	147	155	173	190	207	224	242	259	276
230												135	141	153	162	180	199	217	235	253	271	289
240												141	151	160	170	188	207	226	245	264	283	301
250												147	157	167	177	196	216	235	255	275	294	314
260												153	163	173	184	204	224	245	265	286	306	326
280												165	176	187	198	220	242	264	286	308	330	352
300												177	188	200	212	236	259	283	306	330	353	377

注:1. 锻制扁钢截面为矩形。按密度 7.85kg/m<sup>3</sup> 计算理论重量。

2. 扁钢通常长度不小于 1000mm, 工具钢扁钢允许长度不小于 500mm 短尺交货, 重量不超过批总重的 10%。定尺、倍尺长度应在合同中注明, 其长度允差为 +80mm。

3. 标记示例: 用 45 钢锻制, 厚度 80mm, 宽度 120mm, 允许偏差为 2 组的扁钢。

标记为: 扁钢  $\frac{80 \times 120 - 2}{45 - GB/T699} \frac{GB/T16761 - 1997}{1999}$

### 5.1.13 冷拉圆钢、方钢和六角钢(见表 3.1-151、表 3.1-152)

表 3.1-151 冷拉圆钢、方钢、六角钢尺寸规格(摘自 GB/T905-1994)

尺寸 $d, a, s$ /mm	圆钢		方钢		六角钢	
	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>
3.0	7.069	0.0555	9.000	0.0706	7.794	0.0612
3.2	8.042	0.0631	10.24	0.0804	8.868	0.0696
3.5	9.621	0.0755	12.25	0.0962	10.61	0.0833
4.0	12.57	0.0986	16.00	0.126	13.86	0.109
4.5	15.90	0.125	20.25	0.159	17.54	0.138
5.0	19.63	0.154	25.00	0.196	21.65	0.170
5.5	23.76	0.187	30.25	0.237	26.20	0.206
6.0	28.27	0.222	36.00	0.283	31.18	0.245
6.3	31.17	0.245	39.69	0.312	34.37	0.270
7.0	38.48	0.302	49.00	0.385	42.44	0.333
7.5	44.18	0.347	56.25	0.442	—	—
8.0	50.27	0.395	64.00	0.502	55.43	0.435
8.5	56.75	0.445	72.25	0.567	—	—
9.0	63.62	0.499	81.00	0.636	70.15	0.551
9.5	70.88	0.556	90.25	0.708	—	—
10.0	78.54	0.617	100.0	0.785	86.60	0.680
10.5	86.59	0.680	110.2	0.865	—	—
11.0	95.03	0.746	121.0	0.950	104.8	0.823
11.5	103.9	0.815	132.2	1.04	—	—
12.0	113.1	0.888	144.0	1.13	124.7	0.979
13.0	132.7	1.04	169.0	1.33	146.4	1.15
14.0	153.9	1.21	196.0	1.54	169.7	1.33
15.0	176.7	1.39	225.0	1.77	194.9	1.53
16.0	201.1	1.58	256.0	2.01	221.7	1.74
17.0	227.0	1.78	289.0	2.27	250.3	1.96
18.0	254.5	2.00	324.0	2.54	280.6	2.20
19.0	283.5	2.23	361.0	2.83	312.6	2.45
20.0	314.2	2.47	400.0	3.14	346.4	2.72



(续)

尺寸 $d, a, s$ /mm	圆钢		方钢		六角钢	
	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>
21.0	346.4	2.72	441.0	3.46	381.9	3.00
22.0	380.1	2.98	484.0	3.80	419.2	3.29
24.0	452.4	3.55	576.0	4.52	498.8	3.92
25.0	490.9	3.85	625.0	4.91	541.3	4.25
26.0	530.9	4.17	676.0	5.31	585.4	4.60
28.0	615.8	4.83	784.0	6.15	679.0	5.33
30.0	706.9	5.55	900.0	7.06	779.4	6.12
32.0	804.2	6.31	1024	8.04	886.8	6.96
34.0	907.9	7.13	1156	9.07	1001	7.86
35.0	962.1	7.55	1225	9.62	—	—
36.0	—	—	—	—	1122	8.81
38.0	1134	8.90	1444	11.3	1251	9.82
40.0	1257	9.86	1600	12.6	1386	10.9
42.0	1385	10.9	1764	13.8	1528	12.0
45.0	1590	12.5	2025	15.9	1754	13.8
48.0	1810	14.2	2304	18.1	1995	15.7
50.0	1968	15.4	2500	19.6	2165	17.0
52.0	2206	17.3	2809	22.0	2433	19.1
55.0	—	—	—	—	2620	20.5
56.0	2463	19.3	3136	24.6	—	—
60.0	2827	22.2	3600	28.3	3118	24.5
63.0	3117	24.5	3969	31.2	—	—
65.0	—	—	—	—	3654	28.7
67.0	3526	27.7	4489	35.2	—	—
70.0	3848	30.2	4900	38.5	4244	33.3
75.0	4418	34.7	5625	44.2	4871	38.2
80.0	5027	39.5	6400	50.2	5543	43.5

注:1. 本表理论重量按密度  $7.85\text{kg}/\text{dm}^3$  计算,对高合金钢应按相应牌号的密度计算理论重量。 $d$ —圆钢直径, $a$ —方钢边长, $s$ —六角钢对边距离。

2. 按需方要求,经供需双方协议,可以供应中间尺寸的钢材。
3. 钢材通常长度为  $2000\sim 6000\text{mm}$ ,允许交付长度不小于  $1500\text{mm}$  钢材,其重量不超过批总重的  $10\%$ ,高合金钢钢材允许交付不小于  $1000\text{mm}$  的钢材,重量不超过批总重的  $10\%$ 。按需方要求,可供应长度大于  $6000\text{mm}$  钢材。
4. 按定尺、倍尺长度交货,应在合同中注明,其长度允许偏差不大于  $^{+50}$ mm。
5. 钢材以直条交货,经双方协议,钢材可成盘交货,盘径和盘重双方协定。
6. 标记示例:用  $40\text{Cr}$  制造,尺寸偏差为  $11$  级,直径  $d$ (或边长  $a$  或对边距离  $s$ )为  $20\text{mm}$  的冷拉钢材,标记为:冷拉圆钢

$11-20-\text{GB}/\text{T}905-1994$   
 $40\text{Cr}-\text{GB}/\text{T}3078-1994$

表 3.1-152 冷拉圆钢、方钢、六角钢尺寸允许偏差(摘自  $\text{GB}/\text{T}905-1994$ )

尺寸 $d, a, s/\text{mm}$	允许偏差级别					
	8 (h8)	9 (h9)	10 (h10)	11 (h11)	12 (h12)	13 (h13)
	允许偏差/mm					
3	0 -0.014	0 -0.025	0 -0.040	0 -0.060	0 -0.100	0 -0.140
>3~6	0 -0.018	0 -0.030	0 -0.048	0 -0.075	0 -0.120	0 -0.180
>6~10	0 -0.022	0 -0.036	0 -0.058	0 -0.090	0 -0.150	0 -0.220
>10~18	0 -0.027	0 -0.043	0 -0.070	0 -0.110	0 -0.180	0 -0.270
>18~30	0 -0.033	0 -0.052	0 -0.084	0 -0.130	0 -0.210	0 -0.330
>30~50	0 -0.039	0 -0.062	0 -0.100	0 -0.160	0 -0.250	0 -0.390

(续)

尺寸 <i>d, a, s/mm</i>	允许偏差级别					
	8 (h8)	9 (h9)	10 (h10)	11 (h11)	12 (h12)	13 (h13)
	允许偏差/mm					
>50~80	0 -0.046	0 -0.074	0 -0.120	0 -0.190	0 -0.300	0 -0.460

- 注:1. 圆钢适用允许偏差级别为8、9、10、11、12;方钢为10、11、12、13;六角钢为10、11、12、13。  
 2. 按需方要求,双方协议,可以供应本表规定允许偏差以外的钢材。  
 3. 按需方要求,可供应不圆度不大于直径公差50%的圆钢。  
 4. 钢材不应有显著扭转,方钢不得有显著脱方。对于方钢、六角钢的顶角圆弧半径和对角线有特殊要求时,由供需双方协议。  
 5. 钢材端头不应有切弯和影响使用的剪切变形。  
 6. 经供需双方协议供自动切削用直条交货的六角钢,尺寸为7~25mm时,每米弯曲度不大于2mm,尺寸大于25mm时,每米弯曲度不大于1mm。尺寸小于7mm直条交货钢材,每米弯曲度不大于4mm。自动切削用圆钢应在合同中注明。尺寸大于或等于7mm的直条交货的钢材弯曲度应符合下列规定:

级别	弯曲度/mm·m <sup>-1</sup> ,不大于			总弯曲度/mm,不大于
	尺寸( <i>d, a, s</i> )/mm			
	7~25	>25~50	>50~80	7~80
8、9级(h8, h9)	1	0.75	0.50	总长度与每米允许弯曲度的乘积
10、11级(h10, h11)	3	2	1	
12、13级(h12, h13)	4	3	2	
供自动切削用圆钢	2	2	1	

5.1.14 优质结构钢冷拉钢材(见表3.1-153~表3.1-155)

表3.1-153 优质结构钢冷拉钢材尺寸规格、牌号及化学成分(摘自GB/T3078-1994)

分类及代号	按加工用途分为4类: 非切削加工用钢(UNC),切削加工用钢(UC), 热压力加工用钢(UHP),冷或热顶锻用钢(UF)		加工用途应在合同中注明,未注明者按切削加工用钢供货				
	冷拉钢材尺寸、外形、允许偏差符合GB/T905规定 磨光钢材尺寸、外形、允许偏差符合GB/T3207规定						
尺寸规格的规定	优质碳素结构钢牌号、化学成分符合GB/T699规定						
牌号及化学成分	合金结构钢牌号、化学成分符合GB/T3077规定						
冷顶锻用钢牌号及化学成分	牌号	化学成分(质量分数)(%)					Cr
		C	Si	Mn	S	P	
	10F	0.07~0.13	0.03	0.50	0.035	0.035	—
	15F	0.12~0.18	0.07	0.50	0.035	0.035	—
	20F	0.17~0.24	0.07	0.50	0.035	0.035	—
	30	0.27~0.34	0.20	0.60	0.035	0.035	—
	35	0.32~0.39	0.20	0.60	0.035	0.035	—
	40	0.37~0.44	0.20	0.60	0.035	0.035	—
	45	0.42~0.49	0.20	0.60	0.035	0.035	—
	40Cr	0.34~0.42	0.20	0.50~0.80	0.035	0.035	0.80~1.10

表3.1-154 优质结构钢冷拉钢材硬度值(摘自GB/T3078-1994)

牌号	交货状态硬度(HBS)不大于		牌号	交货状态硬度(HBS)不大于	
	冷拉	退火、高温回火或正火后回火		冷拉	退火、高温回火或正火后回火
10	229	179	40Mn	269	217
15	229	179	45Mn	269	229
20	229	179	50Mn	269	229
25	229	179	60Mn	—	255
30	229	179	65Mn	—	269
35	241	187	20Mn2	241	197
40	241	197	35Mn2	255	207
45	255	229	40Mn2	269	217
50	255	229	45Mn2	269	229
55	269	241	50Mn2	285	229
60	269	241	35CrMoVA	285	255
65	—	255	38CrMoAlA	269	229
15Mn	207	163	15CrA	229	179
20Mn	229	187	20Cr	229	179
25Mn	241	197	30Cr	241	187
30Mn	241	179	35Cr	269	217
35Mn	255	207	40Cr	269	217

表 3.1-155 优质结构钢冷拉钢材力学性能(摘自 GB/T3078·1994)

牌号	冷 拉			退 火		
	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	断面收缩率 $\psi$ (%)	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	断面收缩率 $\psi$ (%)
	不 小 于					
10	440	8	50	295	26	55
15	470	8	45	345	23	55
20	510	7.5	40	390	21	50
23	540	7	40	410	19	50
30	560	7	35	440	17	45
35	590	6.5	35	470	15	45
40	610	6	35	510	14	40
45	635	6	30	540	13	40
50	655	6	30	560	12	40
15Mn	490	7.5	40	390	21	50
50Mn	685	5.5	30	590	10	35
50Mn2	735	5	25	635	9	30

注:1. 根据需方要求,在合同中注明,钢材交货状态力学性能按本表规定,表中未列入的牌号,用热处理毛坯制成试样测定的力学性能,优质碳素结构钢应按 GB/T699 规定,合金结构钢按 GB/T3077 规定。

2. 切削加工用钢材,表面允许有深度不超过从实际尺寸算起该公称尺寸公差 1/2 的个别小发纹。

5.1.15 通用冷弯开口型钢

GB/T6723—1986 通用冷弯开口型钢按截面形状分为冷弯等边角钢、冷弯不等边角钢、冷弯等边槽钢、冷弯不等边槽钢、冷弯内卷边槽钢、冷弯外卷边槽钢、冷弯 Z 形钢和冷弯卷边 Z 形钢 8 种,其截面形状及代号见图 3.1-1~8,其尺寸规格见表 3.1-156~表 3.1-162。

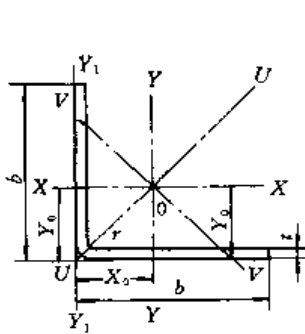


图 3.1-1 冷弯等边角钢(代号 L)

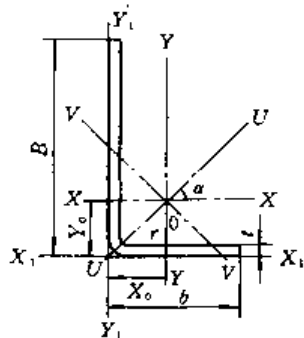


图 3.1-2 冷弯不等边角钢(代号 L)

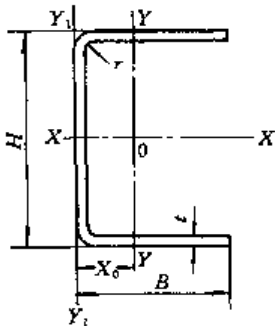


图 3.1-3 冷弯等边槽钢(代号 U)

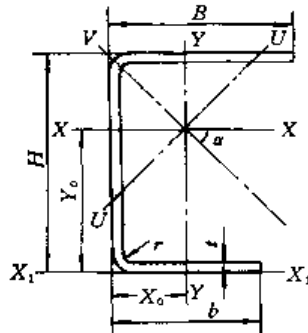


图 3.1-4 冷弯不等边槽钢(代号 U)

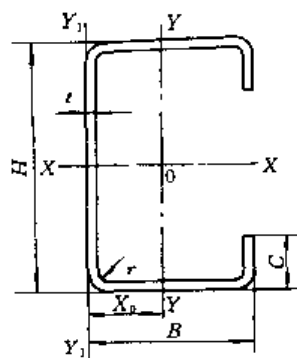


图 3.1-5 冷弯内卷槽钢(代号 C)

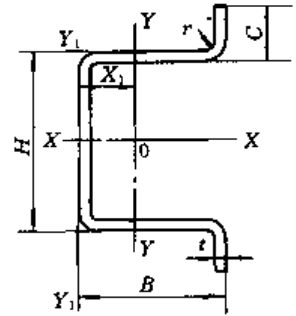


图 3.1-6 冷弯外卷边槽钢(代号 C)

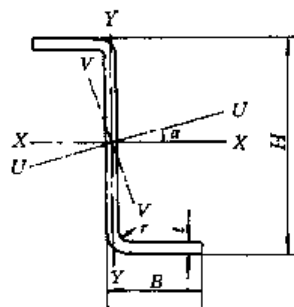


图 3.1-7 冷弯 Z 形钢(代号 Z)

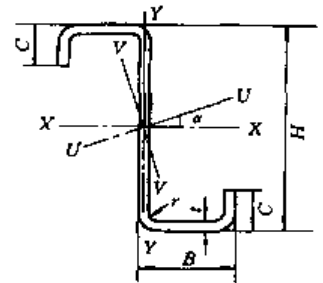


图 3.1-8 冷弯卷边 Z 形钢(代号 Z)

表 3.1-156 冷弯等边角钢尺寸规格(摘自 GB/T6723-1986)

名称	尺寸/mm		理论重量/kg · m <sup>-1</sup>	截面面积/cm <sup>2</sup>	重心/cm Y <sub>c</sub>	惯性矩/cm <sup>4</sup>			回转半径/cm			截面系数/cm <sup>3</sup>	
	b	t				I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	I <sub>v</sub>	r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub>	r <sub>z</sub>	r <sub>v</sub>	W <sub>Ymax</sub> W <sub>Xmax</sub>	W <sub>Ymin</sub> W <sub>Xmin</sub>
20×20×1.2	20	1.2	0.354	0.451	0.559	0.179	0.292	0.066	0.630	0.804	0.385	0.321	0.124
20×20×1.6		1.6	0.463	0.589	0.579	0.230	0.377	0.084	0.625	0.800	0.377	0.398	0.162
20×20×2.0		2.0	0.566	0.721	0.599	0.278	0.457	0.099	0.621	0.796	0.371	0.464	0.198
25×25×1.6	25	1.6	0.588	0.749	0.704	0.464	0.756	0.172	0.786	1.004	0.479	0.659	0.258
25×25×2.0		2.0	0.723	0.921	0.724	0.563	0.922	0.205	0.782	1.000	0.472	0.778	0.317
25×25×2.5		2.5	0.885	1.127	0.749	0.679	1.117	0.242	0.776	0.995	0.463	0.907	0.388
25×25×3.0	30	3.0	1.039	1.323	0.774	0.786	1.298	0.275	0.770	0.990	0.456	1.016	0.455
30×30×1.6		1.6	0.714	0.909	0.829	0.817	1.328	0.307	0.948	1.208	0.581	0.986	0.376
30×30×2.0		2.0	0.880	1.121	0.849	0.998	1.626	0.369	0.943	1.204	0.573	1.175	0.464
30×30×2.5		2.5	1.081	1.377	0.874	1.210	1.981	0.439	0.937	1.199	0.565	1.385	0.569
30×30×3.0	40	3.0	1.274	1.623	0.898	1.409	2.316	0.503	0.931	1.194	0.556	1.568	0.671
40×40×1.6		1.6	0.965	1.229	1.079	1.985	3.213	0.758	1.270	1.616	0.785	1.839	0.679
40×40×2.0		2.0	1.194	1.521	1.099	2.438	3.956	0.919	1.265	1.612	0.777	2.218	0.840
40×40×2.5		2.5	1.473	1.877	1.123	2.979	4.851	1.108	1.259	1.607	0.768	2.651	1.036
40×40×3.0		3.0	1.745	2.223	1.148	3.496	5.710	1.282	1.253	1.602	0.759	3.043	1.226
40×40×4.0	50	4.0	2.266	2.886	1.198	4.455	7.320	1.590	1.242	1.592	0.742	3.717	1.590
50×50×2.0		2.0	1.508	1.921	1.349	4.848	7.845	1.850	1.588	2.020	0.981	3.593	1.327
50×50×2.5		2.5	1.866	2.377	1.373	5.952	9.658	2.245	1.582	2.015	0.971	4.332	1.641
50×50×3.0		3.0	2.216	2.823	1.398	7.015	11.414	2.616	1.576	2.010	0.962	5.015	1.948
50×50×4.0	60	4.0	2894	3.686	1.448	9.022	14.755	3.290	1.564	2.000	0.944	6.229	2.540
60×60×2.0		2.0	1.822	2.321	1.599	8.478	13.694	3.262	1.910	2.428	1.185	5.302	1.926
60×60×2.5		2.5	2.258	2.877	1.623	10.440	16.903	3.978	1.904	2.423	1.175	6.429	2.385
60×60×3.0		3.0	2.687	3.423	1.648	12.342	20.028	4.657	1.898	2.418	1.166	7.486	2.836
60×60×4.0	70	4.0	3.522	4.486	1.698	15.970	26.030	5.911	1.886	2.408	1.147	9.403	3.712
70×70×3.0		3.0	3.158	4.023	1.898	19.853	32.152	7.553	2.221	2.826	1.370	10.456	3.891
70×70×4.0		4.0	4.150	5.286	1.948	25.799	41.944	9.654	2.209	2.816	1.351	13.242	5.107
70×70×5.0	80	5.0	5.110	6.510	1.997	31.430	51.289	11.571	2.197	2.806	1.333	15.731	6.283
80×80×3.0		3.0	3.629	4.623	2.148	29.921	48.386	11.456	2.543	3.234	1.574	13.925	5.113
80×80×4.0		4.0	4.778	6.086	2.198	39.009	63.299	14.719	2.531	3.224	1.555	17.745	6.732
80×80×5.0		5.0	5.895	7.510	2.247	47.677	77.622	17.731	2.519	3.214	1.536	21.209	8.228
80×80×6.0	100	6.0	6.982	8.895	2.297	55.938	91.365	20.512	2.507	3.204	1.518	24.346	9.809
100×100×3.0		3.0	4.571	5.823	2.648	59.231	95.584	22.878	3.189	4.051	1.962	22.362	8.057
100×100×4.0		4.0	6.034	7.686	2.698	77.571	125.528	29.613	3.176	4.041	1.962	28.749	10.623
100×100×5.0		5.0	7.465	9.510	2.747	95.237	154.539	35.335	3.164	4.031	1.943	34.659	13.132
100×100×6.0	100	6.0	8.866	11.295	2.797	112.247	182.629	41.866	3.152	4.021	1.925	40.125	15.584

表 3.1-157 冷弯不等边角钢尺寸规格 (摘自 GB/T 6723-1986)

名称	尺寸/mm		理论重量/kg/m	截面面积/cm <sup>2</sup>	重心/cm		惯性矩/cm <sup>4</sup>			回转半径/cm			截面系数/cm <sup>3</sup>				
	B	b			Y <sub>0</sub>	X <sub>0</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	I <sub>v</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	r <sub>v</sub>	r <sub>v</sub>	W <sub>xmax</sub>	W <sub>xmin</sub>	W <sub>ymax</sub>
B×b×t		t															
25×15×2.0		2.0	0.566	0.721	0.897	0.370	0.463	0.131	0.524	0.070	0.801	0.426	0.852	0.516	0.289	0.354	0.116
25×15×2.5		2.5	0.688	0.877	0.926	0.392	0.553	0.156	0.627	0.082	0.794	0.422	0.845	0.597	0.351	0.398	0.141
25×15×3.0		3.0	0.803	1.032	0.956	0.414	0.633	0.173	0.718	0.093	0.786	0.417	0.837	0.662	0.410	0.431	0.164
30×20×2.0		2.0	0.723	0.921	1.011	0.490	0.860	0.318	1.014	0.164	0.966	0.587	1.049	0.850	0.432	0.648	0.210
30×20×2.5		2.5	0.885	1.127	1.040	0.513	1.038	0.382	1.226	0.193	0.959	0.582	1.042	0.998	0.529	0.744	0.257
30×20×3.0		3.0	1.039	1.323	1.068	0.536	1.201	0.441	1.421	0.220	0.952	0.577	1.036	1.123	0.621	0.823	0.301
35×20×2.0		2.0	0.802	1.021	1.230	0.452	1.314	0.332	1.461	0.185	1.134	0.570	1.195	1.068	0.379	0.734	0.214
35×20×2.5		2.5	0.983	1.252	1.260	0.474	1.590	0.400	1.769	0.220	1.126	0.565	1.188	1.261	0.710	0.842	0.262
35×20×3.0		3.0	1.156	1.473	1.290	0.496	1.845	0.462	2.055	0.252	1.118	0.560	1.181	1.429	0.835	0.931	0.307
40×25×2.5		2.5	1.179	1.502	1.373	0.593	2.510	0.791	2.878	0.423	1.292	0.725	1.384	1.827	0.935	1.333	0.415
40×25×3.0		3.0	1.392	1.773	1.402	0.615	2.929	0.921	3.361	0.486	1.285	0.720	1.377	2.089	1.127	1.495	0.488
50×30×2.5		2.5	1.473	1.877	1.706	0.674	4.962	1.419	5.597	0.783	1.625	0.869	1.726	2.907	1.506	2.103	0.610
50×30×3.0		3.0	1.745	2.223	1.735	0.696	5.822	1.663	6.576	0.907	1.618	0.684	1.719	3.353	1.783	2.382	0.720
50×30×4.0		4.0	2.266	2.886	1.794	0.741	7.419	2.104	8.395	1.128	1.603	0.833	1.705	4.134	2.314	2.838	0.931
60×40×2.5		2.5	1.866	2.377	1.939	0.913	9.078	3.376	10.655	1.790	1.954	1.191	2.117	4.682	2.235	3.694	1.094
60×40×3.0		3.0	2.216	2.823	1.967	0.956	10.704	3.972	12.590	2.085	1.946	1.186	2.111	5.441	2.654	4.241	1.296
60×40×4.0		4.0	2.894	3.686	2.023	0.981	13.774	5.091	16.239	2.625	1.932	1.175	2.028	6.807	3.463	5.181	1.686
70×40×3.0		3.0	2.452	3.123	2.492	0.861	16.301	4.142	18.092	2.351	2.284	1.151	2.406	6.785	3.545	4.810	1.319
70×40×4.0		4.0	3.208	4.086	2.461	0.905	21.038	5.317	23.381	2.973	2.268	1.140	2.391	8.546	4.535	5.872	1.718
80×50×3.0		3.0	2.932	3.723	2.631	1.096	25.450	8.086	29.092	4.444	2.614	1.473	2.795	9.670	4.740	7.371	2.071
80×50×4.0		4.0	3.836	4.886	2.688	1.141	33.025	10.449	37.810	5.664	2.599	1.462	2.781	12.581	6.218	9.151	2.708
100×60×3.0		3.0	3.629	4.623	3.297	1.259	49.787	14.347	56.038	8.096	3.281	1.761	3.481	15.100	7.427	11.389	3.062
100×60×4.0		4.0	4.778	6.086	3.354	1.304	64.939	18.540	73.177	10.402	3.266	1.749	3.467	19.356	9.772	14.289	3.969
100×60×5.0		5.0	5.895	7.510	3.412	1.349	79.395	22.707	89.566	12.536	3.251	1.738	3.453	23.263	12.053	16.830	4.882
120×80×4.0		4.0	6.034	7.686	3.822	1.782	118.259	44.089	136.750	23.598	3.922	2.394	4.248	30.940	14.160	24.737	7.090
120×80×5.0		5.0	7.465	9.510	3.878	1.827	145.259	54.023	170.642	28.640	3.908	2.383	4.235	37.456	17.884	29.557	8.752
120×80×6.0		6.0	8.866	11.295	3.934	1.873	171.289	63.552	201.446	33.375	3.893	2.372	4.223	43.533	21.234	33.928	10.372

表 3.1-158 冷弯等边槽钢尺寸规格(摘自 GB/T6723 1986)

名称	尺寸/mm			理论重量/kg $\cdot m^{-1}$	截面面积/cm <sup>2</sup>	重心/cm		惯性矩/cm <sup>4</sup>		回转半径/cm		截面系数/cm <sup>3</sup>		
	H	B	t			X <sub>c</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>ymax</sub>	W <sub>ymon</sub>	
20×10×1.5	20	10	1.5	0.401	0.511	0.324	0.281	0.047	0.741	0.305	0.281	0.146	0.070	
20×10×2.0			2.0	0.505	0.613	0.349	0.330	0.058	0.716	0.300	0.330	0.165	0.089	
20×10×2.5			2.5	0.593	0.755	0.374	0.361	0.066	0.691	0.295	0.361	0.176	0.105	
30×10×1.5	30	10	1.5	0.519	0.661	0.268	0.767	0.055	1.076	0.288	0.511	0.205	0.075	
30×10×2.0			2.0	0.662	0.843	0.290	0.925	0.068	1.047	0.284	0.617	0.234	0.096	
30×10×2.5			2.5	0.789	1.005	0.312	1.042	0.079	1.018	0.280	0.695	0.252	0.115	
30×10×3.0	30	30	3.0	1.843	2.347	1.186	3.317	2.114	1.188	0.949	2.211	1.782	1.165	
40×20×2.0	40	20	2.0	1.133	1.443	0.599	3.388	0.556	1.532	0.621	1.694	0.929	0.397	
40×20×2.5			2.5	1.378	1.755	0.624	3.987	0.665	1.507	0.615	1.993	1.065	0.483	
40×20×3.0			3.0	1.607	2.047	0.649	4.498	0.762	1.482	0.610	2.249	1.175	0.564	
50×30×2.0	50	30	2.0	1.604	2.043	0.922	8.093	1.872	1.990	0.957	3.237	2.029	0.901	
50×30×2.5			2.5	1.967	2.505	0.948	9.684	2.266	4.966	0.951	3.873	2.388	1.104	
50×30×3.0			3.0	2.314	2.947	0.975	11.11	2.632	1.942	0.944	4.447	2.699	1.299	
50×50×3.0	50	50	3.0	3.256	1.147	1.850	17.755	10.834	2.069	1.616	7.102	5.855	3.440	
60×30×2.5	60	30	2.5	2.163	2.755	0.874	14.874	2.421	2.323	0.937	4.958	2.770	1.139	
60×30×3.0			3.0	2.549	3.247	0.898	17.155	2.819	2.298	0.931	5.718	3.136	1.342	
80×40×2.5	80	40	2.5	2.948	3.755	1.123	37.021	5.959	3.139	1.259	9.255	5.302	2.072	
80×40×3.0			3.0	3.491	4.447	1.148	43.148	6.992	3.114	1.253	10.787	6.086	2.452	
80×40×4.0			4.0	4.532	5.773	1.198	54.220	8.911	3.064	1.242	13.555	7.435	3.181	
100×50×3.0	100	50	3.0	4.433	5.647	1.398	87.275	14.030	3.931	1.576	17.455	10.031	3.896	
100×50×4.0			4.0	5.788	7.373	1.448	111.051	18.045	3.880	1.564	22.210	12.458	5.081	
120×60×3.0	120	60	3.0	5.375	6.847	1.648	134.337	24.685	4.747	1.898	25.722	14.973	5.673	
120×60×4.0			4.0	7.044	8.973	1.698	197.988	31.941	4.697	1.886	32.998	18.807	7.425	
140×60×3.0	140	60	3.0	5.846	7.447	1.527	220.977	25.929	5.447	1.856	31.568	16.970	5.798	
140×60×4.0			4.0	7.672	9.773	1.575	284.429	33.601	5.394	1.854	40.632	21.324	7.594	
140×60×5.0			5.0	9.436	12.021	1.623	343.066	40.823	5.342	1.842	49.009	25.145	9.327	
160×60×3.0	160	60	3.0	6.317	8.047	1.425	302.511	26.987	6.131	1.831	37.813	18.936	5.899	
160×60×4.0			4.0	8.300	10.573	1.471	390.418	35.011	6.076	1.819	48.802	23.791	7.731	
160×60×5.0			5.0	10.221	13.021	1.517	472.183	42.585	6.021	1.808	59.022	28.054	9.501	
160×80×3.0	160	80	3.0	7.259	9.247	2.148	376.467	59.842	6.380	2.543	47.058	27.851	10.227	
160×80×4.0			4.0	9.556	12.173	2.198	487.783	78.518	6.330	2.531	60.972	35.491	13.447	
160×80×5.0			5.0	11.791	15.021	2.247	592.350	95.354	6.279	2.519	74.043	42.419	16.577	
180×80×4.0	180	80	4.0	10.184	12.973	2.075	641.478	81.026	7.034	2.499	71.275	39.048	13.675	
180×80×5.0			5.0	12.576	16.021	2.123	780.509	99.118	6.979	2.487	86.723	46.683	16.865	
200×80×4.0	200	80	4.0	10.812	13.773	1.966	821.120	83.686	7.721	2.464	82.112	42.564	13.869	
200×80×5.0			5.0	13.361	17.021	2.013	1000.710	102.441	7.667	2.453	100.071	50.886	17.111	
200×80×6.0			6.0	15.849	20.190	2.060	1170.516	120.388	7.614	2.441	117.051	58.436	20.267	

表 3.1-159 冷弯不等边槽钢尺寸规格(摘自 GB/T6723-1986)

名称	尺寸/mm				理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 /cm <sup>2</sup>	重心/cm		惯性矩/cm <sup>4</sup>				回转半径/cm				截面系数/cm <sup>3</sup>			
	H	B	b	t			X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	I <sub>v</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	r <sub>z</sub>	r <sub>v</sub>	W <sub>Xmax</sub>	W <sub>Xmin</sub>	W <sub>Ymax</sub>	W <sub>Ymin</sub>
H×B×b×t	30	20	10	3.0	1.180	1.504	0.566	1.769	1.641	0.438	1.750	0.329	1.044	0.540	1.078	0.468	1.333	0.927	0.774	0.305
40×32×20×3.0	40	32	20	3.0	1.934	2.464	0.926	2.270	5.714	1.992	6.423	1.683	1.522	0.899	1.563	0.826	3.303	2.517	2.150	0.876
50×32×20×2.5	50	32	20	2.5	1.840	2.314	0.817	2.803	8.536	1.853	8.769	1.619	1.908	0.889	1.934	0.831	5.887	3.014	2.266	0.777
50×32×20×3.0	50	32	20	3.0	2.169	2.764	0.842	2.806	9.804	2.155	10.083	1.876	1.883	0.883	1.909	0.823	4.468	3.494	2.559	0.914
50×50×32×2.5	50	50	32	2.5	2.429	3.049	1.467	2.845	12.618	6.504	13.715	3.406	2.019	1.449	2.105	1.321	5.856	4.434	4.431	1.841
60×32×25×2.5	60	32	25	2.5	2.134	2.719	0.819	3.158	14.456	2.233	14.541	2.148	2.306	0.906	2.312	0.888	5.135	4.538	2.724	0.938
60×32×25×3.0	60	32	25	3.0	2.523	3.214	0.843	3.186	16.722	2.602	16.823	2.500	2.280	0.899	2.287	0.882	5.942	5.248	3.086	1.104
75×30×15×2.5	75	30	15	2.5	2.193	2.794	0.580	4.236	20.169	1.626	20.143	1.352	2.686	0.752	2.701	0.695	6.180	4.760	2.803	0.672
75×30×15×3.0	75	30	15	3.0	2.593	3.304	0.602	4.240	23.842	1.898	23.669	1.571	2.657	0.757	2.676	0.689	7.160	5.504	3.149	0.791
70×45×15×3.0	70	45	15	3.0	2.829	3.604	1.014	4.336	22.870	5.797	24.759	3.907	2.519	1.268	2.621	1.041	8.586	5.273	5.713	1.663
70×65×35×2.5	70	65	35	2.5	3.174	4.044	1.733	4.126	31.666	14.335	34.978	11.023	2.798	1.882	2.940	1.650	11.017	7.675	8.268	3.007
80×40×20×2.5	80	40	20	2.5	2.586	3.294	0.828	4.588	28.922	3.775	29.607	3.090	2.962	1.070	2.997	0.968	8.476	6.303	4.555	1.190
80×40×20×3.0	80	40	20	3.0	3.064	3.904	0.852	4.591	33.654	4.431	34.473	3.611	2.936	1.065	2.971	0.961	9.476	7.329	5.200	1.407
100×60×30×3.0	100	60	30	3.0	4.242	5.404	1.326	5.807	77.936	14.880	80.845	11.970	3.797	1.659	3.867	1.488	18.590	13.419	11.220	3.183
150×60×50×3.0	150	60	50	3.0	5.890	7.504	1.304	7.793	245.876	21.452	246.257	21.071	5.724	1.690	5.728	1.675	34.120	31.547	16.440	4.589

表 3.1-160 冷弯内外卷边槽钢尺寸规格 (摘自 GB/T6723--1986)

名称	尺寸/mm				理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 /cm <sup>2</sup>	重心 /cm	惯性矩		回转半径		截面系数		
	H	B	C	t				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>ymax</sub>	W <sub>ymn</sub>
H×B×C×t	H	B	C	t	/kg·m <sup>-1</sup>	/cm <sup>2</sup>	X <sub>0</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>ymax</sub>	W <sub>ymn</sub>
40×40×9×2.5	40	40	9	2.5	2.323	2.960	1.651	7.753	5.679	1.618	1.385	3.876	3.438	2.418
60×30×10×2.5	60	30	10	2.5	2.363	3.010	1.043	16.009	3.353	2.306	1.055	5.336	3.214	1.713
60×30×10×3.0				3.0	2.743	3.495	1.036	18.077	3.688	2.274	1.027	6.025	3.559	1.878
60×30×15×2.5				2.5	2.559	3.260	1.183	16.780	4.129	2.268	1.125	5.593	3.488	2.273
60×30×15×3.0				3.0	2.979	3.795	1.179	19.002	4.599	2.237	1.100	6.334	3.899	2.527
80×40×15×2.5	80	40	15	2.5	3.344	4.260	1.449	41.397	9.326	3.117	1.479	10.349	6.432	3.657
80×40×15×3.0				3.0	3.921	4.995	1.444	47.579	10.342	3.086	1.452	11.894	7.298	4.125
80×50×25×2.5	80	50	25	2.5	4.129	5.260	2.161	50.950	20.178	3.112	1.958	12.737	9.335	7.108
80×50×25×3.0				3.0	4.863	6.195	2.158	58.927	23.175	3.084	1.934	14.731	10.736	8.156
100×50×20×2.5	100	50	20	2.5	4.325	5.510	1.853	84.932	19.889	3.925	1.899	16.986	10.730	6.321
100×50×20×3.0				3.0	5.098	6.495	1.848	98.560	22.802	3.895	1.873	19.712	12.333	7.235
100×60×20×2.5	100	60	20	2.5	4.718	6.010	2.282	96.918	30.790	4.013	2.263	19.363	13.489	8.282
100×60×20×3.0				3.0	5.569	7.095	2.276	112.678	35.480	3.985	2.236	22.535	15.582	9.530
120×50×20×2.5	120	50	20	2.5	4.718	6.010	1.709	130.706	21.261	4.663	1.880	21.784	12.425	6.461
120×50×20×3.0				3.0	5.569	7.095	1.705	152.109	24.391	4.630	1.854	25.351	14.305	7.402
120×60×20×2.5	120	60	20	2.5	5.110	6.510	2.116	147.967	32.941	4.767	2.249	24.661	15.561	8.483
120×60×20×3.0				3.0	6.040	7.695	2.111	172.617	37.987	4.736	2.221	28.774	17.994	9.768
140×50×20×2.5	140	50	20	2.5	5.110	6.510	1.588	188.502	22.423	5.380	1.855	26.928	14.120	6.572
140×50×20×3.0				3.0	6.040	7.695	1.583	219.848	25.733	5.345	1.828	31.406	16.247	7.532
140×60×20×2.5	140	60	20	2.5	5.503	7.010	1.971	212.137	34.786	5.500	2.227	30.305	17.615	8.642
140×60×20×3.0				3.0	6.551	8.295	1.969	248.006	40.132	5.467	2.199	35.429	20.379	9.956
160×70×20×3.0	160	70	20	3.0	6.982	8.895	1.846	339.955	41.989	6.182	2.172	42.494	22.739	10.109
160×60×20×3.0				3.0	7.453	9.495	2.229	376.933	61.226	6.300	2.540	47.116	27.475	12.843
180×60×20×3.0	180	60	20	3.0	7.453	9.495	1.739	419.695	43.611	6.881	2.143	49.966	25.073	10.235
180×70×20×3.0				3.0	7.924	10.095	2.106	496.693	63.712	7.014	2.512	55.188	30.248	13.019
200×60×20×3.0	200	60	20	3.0	7.942	10.095	1.644	578.425	45.041	7.569	2.112	57.842	27.382	10.342
200×70×20×3.0				3.0	8.395	10.695	1.996	636.643	65.883	7.715	2.481	63.664	32.999	13.167
250×40×15×3.0	250	40	15	3.0	7.924	10.095	0.790	773.495	14.809	8.753	1.211	61.879	18.734	4.614
300×40×15×3.0	300	40	15	3.0	9.102	11.595	0.707	1231.616	15.356	10.306	1.150	82.107	21.700	4.654
400×50×15×3.0	400	50	15	3.0	11.928	15.195	0.783	2837.843	28.888	13.666	1.378	141.892	36.879	6.851
30×30×16×2.5	30	30	16	2.5	2.009	2.560	1.525	6.010	3.126	1.532	1.105	2.109	2.047	2.112
50×20×15×3.0	50	20	15	3.0	2.272	2.895	0.823	13.863	1.539	2.188	0.729	3.746	1.869	1.309
60×25×32×2.5	50	25	32	2.5	3.030	3.860	1.279	42.431	3.959	3.315	1.012	7.131	3.095	3.243
60×25×32×3.0	60	25	32	3.0	3.544	4.515	1.279	49.003	4.438	3.294	0.991	8.305	3.469	3.635
80×40×20×4.0	80	40	20	4.0	5.296	6.746	1.573	79.594	14.537	3.434	1.467	14.213	9.241	5.900
100×30×15×3.0	100	30	15	3.0	3.921	4.995	0.932	77.669	5.575	3.943	1.056	12.527	5.979	2.696



表 3.1-161 冷弯 Z 型钢尺寸规格 (摘自 GB/T6723 1986)

名称	尺寸/mm			理论重量/kg·m	截面面积/cm <sup>2</sup>	惯性矩/cm <sup>4</sup>				回转半径/cm	惯性积矩/cm <sup>4</sup>	截面系数/cm <sup>3</sup>		角度
	H	B	t			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	I <sub>v</sub>			W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	
80×40×2.5	80	40	2.5	2.947	3.755	37.021	9.707	43.307	3.421	0.954	14.532	9.255	2.505	0.432
80×40×3.0			3.0	3.491	4.447	43.148	11.429	50.606	3.970	0.944	17.094	10.787	2.968	0.436
100×50×2.5	100	50	2.5	3.732	4.755	74.429	19.321	86.840	6.910	1.205	28.947	14.885	3.963	0.428
100×50×3.0			3.0	4.433	5.647	87.275	22.837	102.038	8.073	1.195	34.194	17.455	4.708	0.431

表 3.1-162 冷弯卷边 Z 型钢尺寸规格 (摘自 GB/T6723—1986)

名称	尺寸/mm				理论重量/kg·m <sup>-1</sup>	截面面积/cm <sup>2</sup>	惯性矩/cm <sup>4</sup>				回转半径/cm	惯性积矩/cm <sup>4</sup>	截面系数/cm <sup>3</sup>		角度
	H	B	C	t			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	I <sub>v</sub>			W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	
100×40×20×2.0	100	40		2.0	3.208	4.086	60.618	17.202	71.373	6.448	1.256	24.136	12.123	4.410	0.445
100×40×20×2.5				2.5	3.933	5.010	73.047	20.324	85.730	7.641	1.234	28.802	14.609	5.245	0.440
120×50×20×2.0	120	50		2.0	3.836	4.886	107.771	30.512	127.005	11.278	1.519	43.080	17.961	6.227	0.446
120×50×20×2.5				2.5	4.718	6.010	130.706	36.356	153.591	13.471	1.497	51.796	21.784	7.457	0.441
120×50×20×3.0				3.0	5.569	7.095	152.109	41.549	178.223	15.435	1.474	59.741	25.351	8.566	0.437
140×50×20×2.5	140	50		2.5	5.110	6.510	188.502	36.358	210.140	14.720	1.503	61.321	26.928	7.458	0.352
140×50×20×3.0				3.0	6.040	7.695	219.848	41.554	244.527	16.875	1.480	70.775	31.406	8.567	0.348
160×60×20×2.5	160	60		2.5	5.895	7.510	290.329	58.775	325.645	23.459	1.767	97.081	36.291	10.004	0.363
160×60×20×3.0				3.00	6.982	8.895	339.955	67.592	380.502	27.045	1.743	112.638	42.494	11.554	0.359
160×70×20×2.5	160	70		2.5	6.288	8.010	321.339	88.575	377.406	32.509	2.014	127.254	40.167	12.883	0.440
160×70×20×3.0				3.0	7.453	9.495	376.933	102.341	441.644	37.630	1.990	148.177	47.116	14.940	0.436
180×70×20×2.5	180	70		2.5	6.680	8.510	422.926	88.578	476.503	35.002	2.028	144.165	46.991	12.884	0.371
180×70×20×3.0				3.0	7.924	10.095	496.693	102.345	558.511	40.527	2.003	167.926	55.188	14.940	0.368
200×70×20×2.5	200	70		2.5	7.073	9.010	541.535	88.581	592.974	37.142	2.030	161.075	54.153	12.884	0.319
200×70×20×3.0				3.0	8.395	10.695	636.643	102.350	695.976	43.016	2.005	187.675	63.664	14.941	0.316
230×75×25×3.0	230	75	25	3.0	9.573	12.195	951.373	138.928	1030.579	59.722	2.212	265.752	82.728	18.901	0.298
230×75×25×4.0				4.0	12.518	15.946	1222.685	173.031	1320.991	74.725	2.164	355.933	106.320	23.703	0.292
250×75×25×3.0	250	75	25	3.0	10.044	12.795	1160.008	138.933	1236.730	62.211	2.205	290.214	92.800	18.902	0.264
250×75×25×4.0				4.0	13.146	16.746	1402.957	173.042	1588.130	77.869	2.156	366.984	119.436	23.704	0.259

注：1. 截面面积及参考数值系按内圆弧半径等于壁厚计算。

2. 理论重量按密度 7.85g/cm<sup>3</sup> 计算。

3. 通用冷弯型钢通常长度为 4~9m。

4. 弯曲度不大于 2.5mm/m，总弯曲度不大于总长度的 0.25%。

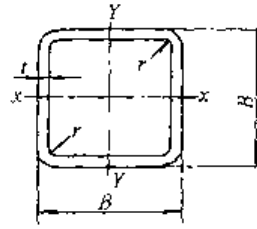
5. 型钢牌号、化学成分及力学性能规定，参见表 3.1-165 注 6、注 7 的说明。

6. 标记示例：用优质碳素结构钢 20 钢制造，高 100mm，腿长 50mm，壁厚 3mm 的冷弯 Z 型钢，标记为：冷弯 Z 型

钢 Z100×50×3—GB/T6723—1986  
20—GB/T699—1999

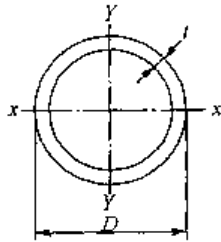
5.1.16 结构用冷弯空心型钢

GB/T6728—2002 结构用冷弯空心型钢圆形、方形和矩形空心型钢截面如图 3.1-9~图 3.1-11 所示；异型冷弯空心型钢（代号 YI）外形截面由供需双方协商确定；冷弯型钢尺寸规格见表 3.1-163~表 3.1-166。



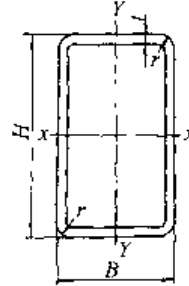
方形空心型、代号 F  
B——边长  
t——壁厚  
r——外圆弧半径

图 3.1-10



圆形空心型代号 Y  
D——外径  
t——壁厚

图 3.1-9



矩形空心型，代号 J  
H——长边；  
B——短边；  
t——壁厚；  
r——外圆弧半径

图 3.1-11

表 3.1-163 圆形冷弯空心型钢尺寸规格（摘自 GB/T6728 -2002）

外径 D /mm	允许偏差 /mm	壁厚 t /mm	理论重量 M/kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 I/cm <sup>4</sup>	惯性半径 R/cm	弹性模数 Z/cm <sup>3</sup>	塑性模数 S/cm <sup>3</sup>	扭转常数		每米长度表面积 A <sub>s</sub> /m <sup>2</sup>
									J/cm <sup>4</sup>	C/cm <sup>3</sup>	
21.3 (21.3)	±0.5	1.2	0.59	0.76	0.38	0.712	0.36	0.49	0.77	0.72	0.067
		1.5	0.73	0.93	0.46	0.702	0.43	0.59	0.92	0.86	0.067
		1.75	0.84	1.07	0.52	0.694	0.49	0.67	1.04	0.97	0.067
		2.0	0.95	1.21	0.57	0.686	0.54	0.75	1.14	1.07	0.067
		2.5	1.16	1.48	0.66	0.671	0.62	0.89	1.33	1.25	0.067
		3.0	1.35	1.72	0.74	0.655	0.70	1.01	1.48	1.39	0.067
26.8 (26.9)	±0.5	1.2	0.76	0.97	0.79	0.906	0.59	0.79	1.58	1.18	0.084
		1.5	0.94	1.19	0.96	0.896	0.71	0.96	1.91	1.43	0.084
		1.75	1.08	1.38	1.09	0.888	0.81	1.1	2.17	1.62	0.084
		2.0	1.22	1.56	1.21	0.879	0.90	1.23	2.41	1.80	0.084
		2.5	1.50	1.91	1.42	0.864	1.06	1.48	2.85	2.12	0.084
33.5 (33.7)	±0.5	1.5	1.18	1.51	1.93	1.132	1.15	1.54	3.87	2.31	0.105
		2.0	1.55	1.98	2.46	1.116	1.47	1.99	4.93	2.94	0.105
		2.5	1.91	2.43	2.94	1.099	1.76	2.41	5.89	3.51	0.105
		3.0	2.26	2.87	3.37	1.084	2.01	2.80	6.75	4.03	0.105
		3.5	2.59	3.29	3.76	1.068	2.24	3.16	7.52	4.49	0.105
42.3 (42.4)	±0.5	4.0	2.91	3.71	4.11	1.053	2.45	3.50	8.21	4.90	0.105
		1.5	1.51	1.92	4.01	1.443	1.89	2.50	8.01	3.79	0.133
		2.0	1.99	2.53	5.15	1.427	2.44	3.25	10.31	4.87	0.133
		2.5	2.45	3.13	6.21	1.410	2.94	3.97	12.43	5.88	0.133
		3.0	2.91	3.70	7.19	1.394	3.40	4.64	14.39	6.80	0.133
48 (48.3)	±0.5	4.0	3.78	4.81	8.92	1.361	4.22	5.89	17.84	8.44	0.133
		1.5	1.72	2.19	5.93	1.645	2.47	3.24	11.86	4.94	0.151
		2.0	2.27	2.89	7.66	1.628	3.19	4.23	15.32	6.38	0.151
		2.5	2.81	3.57	9.28	1.611	3.86	5.18	18.55	7.73	0.151
		3.0	3.33	4.24	10.78	1.594	4.49	6.08	21.57	9.89	0.151
60 (60.3)	±0.6	4.0	4.34	5.53	13.49	1.562	5.62	7.77	26.98	11.24	0.151
		5.0	5.30	6.75	15.82	1.530	6.59	9.29	31.65	13.18	0.151
		2.0	2.86	3.64	15.34	2.052	5.11	6.73	30.68	10.23	0.188
		2.5	3.55	4.52	18.70	2.035	6.23	8.27	37.40	12.47	0.188
		3.0	4.22	5.37	21.88	2.018	7.29	9.76	43.76	14.58	0.188
60 (60.3)	±0.6	4.0	5.52	7.04	27.73	1.985	9.24	12.56	53.45	18.48	0.188
		5.0	6.78	8.64	32.94	1.953	10.98	15.17	65.88	21.96	0.188

(续)

外径 $D$ /mm	允许偏差 /mm	壁厚 $t$ /mm	理论重量 $M/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	截面积 $A/\text{cm}^2$	惯性矩 $I/\text{cm}^4$	惯性半径 $R/\text{cm}$	弹性模数 $Z/\text{cm}^3$	塑性模数 $S/\text{cm}^3$	扭转常数		每米长度 表面积 $A_s/\text{m}^2$
									$J/\text{cm}^4$	$C/\text{cm}^3$	
75.5 (76.1)	±0.76	2.5	4.50	5.73	38.24	2.582	10.13	13.33	76.47	20.26	0.237
		3.0	5.36	6.83	44.97	2.565	11.91	15.78	89.94	23.82	0.237
		4.0	7.05	8.98	57.59	2.531	15.26	20.47	115.19	30.51	0.237
		5.0	8.69	11.07	69.15	2.499	18.32	24.89	138.29	36.63	0.237
88.5 (88.9)	±0.90	3.0	6.33	8.06	73.73	3.025	16.66	21.94	147.45	33.32	0.278
		4.0	8.34	10.62	94.99	2.991	21.46	28.58	189.97	42.93	0.278
		5.0	10.30	13.12	114.72	2.957	25.93	34.90	229.44	51.85	0.278
		6.0	12.21	15.55	133.00	2.925	30.06	40.91	266.01	60.11	0.278
114 (114.3)	±1.15	4.0	10.85	13.82	209.35	3.892	36.73	48.42	418.70	73.46	0.358
		5.0	13.44	17.12	254.81	3.858	44.70	59.45	509.61	89.41	0.358
		6.0	15.98	20.36	297.73	3.824	52.23	70.06	595.46	104.47	0.358
140 (139.7)	±1.40	4.0	13.42	17.09	395.47	4.810	56.50	74.01	790.94	112.99	0.440
		5.0	16.65	21.21	483.76	4.776	69.11	91.17	967.52	138.22	0.440
		6.0	19.83	25.26	568.03	4.742	85.15	107.81	1136.13	162.30	0.440
165 (168.3)	±1.65	4	15.88	20.23	655.94	5.69	79.51	103.71	1311.89	159.02	0.518
		5	19.73	25.13	805.04	5.66	97.58	128.04	1610.07	195.16	0.518
		6	23.53	29.97	948.47	5.63	114.97	151.76	1896.93	229.93	0.518
		8	30.97	39.46	1218.92	5.56	147.75	197.36	2437.84	295.50	0.518
219.1 (219.1)	±2.20	5	26.4	33.60	1928	7.57	176	229	3856	352	0.688
		6	31.53	40.17	2282	7.54	208	273	4564	417	0.688
		8	41.6	53.10	2960	7.47	270	357	5919	540	0.688
		10	51.6	65.70	3598	7.40	328	438	7197	657	0.688
273 (273)	±2.75	5	33.0	42.1	3781	9.48	277	359	7562	554	0.858
		6	39.5	50.3	4487	9.44	329	428	8974	657	0.858
		8	52.3	66.6	5852	9.37	429	562	11700	857	0.858
		10	64.9	82.6	7154	9.31	524	692	14310	1048	0.858
325 (323.9)	±3.25	5	39.5	50.3	6436	11.32	396	512	12871	792	1.20
		6	47.2	60.1	7651	11.28	471	611	15303	942	1.20
		8	62.5	79.7	10014	11.21	616	804	20028	1232	1.20
		10	77.7	99.0	12287	11.14	756	993	24573	1512	1.20
		12	92.6	118.0	14472	11.07	891	1176	28943	1781	1.20
355.6 (355.6)	±3.55	6	51.7	65.9	10071	12.4	566	733	20141	1133	1.12
		8	68.6	87.4	13200	12.3	742	967	26400	1485	1.12
		10	85.2	109.0	16220	12.2	912	1195	32450	1825	1.12
		12	101.7	130.0	19140	12.2	1076	1417	38279	2153	1.12
406.4 (406.4)	±4.10	8	78.6	100	19870	14.1	978	1270	39750	1956	1.28
		10	97.8	125	24480	14.0	1205	1572	48950	2409	1.28
		12	116.7	149	28937	14.0	1424	1867	57874	2848	1.28
457 (457)	±4.6	8	88.6	113	28450	15.9	1245	1613	56890	2490	1.44
		10	110.0	140	35090	15.8	1536	1998	70180	3071	1.44
		12	131.7	168	41556	15.7	1819	2377	83113	3637	1.44
508 (508)	±5.10	8	98.6	126	39280	17.7	1546	2000	78560	3093	1.60
		10	123.0	156	48520	17.6	1910	2480	97040	3621	1.60
		12	146.8	187	57536	17.5	2265	2953	115072	4530	1.60
610	±6.10	8	118.8	151	68552	21.3	2248	2899	137103	4495	1.92
		10	148.0	189	84847	21.2	2781	3600	169694	5564	1.92
		12.5	184.2	235	104755	21.1	3435	4463	209510	6869	1.92
		16	234.4	299	131782	21.0	4321	5647	263563	8641	1.92

注：括号内为 ISO 4019 所列规格。

表 3.1-164 方形冷弯空心型钢尺寸规格 (摘自 GB/T6728—2002)

边长 B/mm	允许偏差 /mm	壁厚 t/mm	理论重量 M/kg·m <sup>-1</sup>	截面面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	惯性半径 r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub> /cm	截面系数 W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub> /cm <sup>3</sup>	扭转常数	
								I <sub>t</sub> /cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> /cm <sup>3</sup>
20	±0.50	1.2	0.679	0.865	0.498	0.759	0.498	0.823	0.75
		1.5	0.826	1.052	0.583	0.744	0.583	0.985	0.88
		1.75	0.941	1.199	0.642	0.732	0.642	1.106	0.98
		2.0	1.050	1.340	0.692	0.720	0.692	1.215	1.06
20	±0.50	1.2	0.867	1.105	1.023	0.963	0.820	1.655	1.24
		1.5	1.061	1.352	1.216	0.948	0.973	1.998	1.47
		1.75	1.215	1.548	1.357	0.936	1.086	2.261	1.65
		2.0	1.363	1.736	1.482	0.923	1.186	2.502	1.80
30	±0.50	1.5	1.296	1.652	2.195	1.152	1.463	3.555	2.21
		1.75	1.490	1.898	2.470	1.140	1.646	4.048	2.49
		2.0	1.677	2.136	2.721	1.128	1.814	4.511	2.75
		2.5	2.032	2.589	3.154	1.103	2.102	5.347	3.20
		3.0	2.361	3.008	3.500	1.078	2.333	6.060	3.58
40	+0.50	1.5	1.767	2.525	5.489	1.561	2.744	8.728	4.13
		1.75	2.039	2.598	6.237	1.549	3.118	10.009	4.69
		2.0	2.305	2.936	6.939	1.537	3.469	11.238	5.23
		2.5	2.817	3.589	8.213	1.512	4.106	13.539	6.21
		3.0	3.303	4.208	9.320	1.488	4.660	15.628	7.07
		4.0	4.198	5.347	11.064	1.438	5.332	19.152	8.48
50	±0.50	1.5	2.238	2.852	11.065	1.969	4.426	17.395	6.65
		1.75	2.589	3.298	12.641	1.957	5.056	20.025	7.60
		2.0	2.933	3.736	14.146	1.945	5.658	22.578	8.51
		2.5	3.602	4.589	16.941	1.921	6.776	27.436	10.22
		3.0	4.245	5.408	19.463	1.897	7.785	31.972	11.77
		4.0	5.454	6.947	23.725	1.847	9.490	40.047	14.43
60	±0.60	2.0	3.560	4.540	25.120	2.350	8.380	39.810	12.60
		2.5	4.387	5.589	30.340	2.329	10.113	48.539	15.22
		3.0	5.187	6.608	35.130	2.305	11.710	56.892	17.65
		4.0	6.710	8.547	43.539	2.256	14.513	72.188	21.97
		5.0	8.129	10.356	50.468	2.207	16.822	85.560	25.61
70	±0.65	2.5	5.170	6.590	49.400	2.740	14.100	78.500	21.20
		3.0	6.129	7.808	57.522	2.714	16.434	92.188	24.74
		4.0	7.966	10.147	72.108	2.665	20.602	117.975	31.11
		5.0	9.699	12.356	84.602	2.616	24.172	141.183	36.65
80	±0.70	2.5	5.957	7.589	75.147	3.147	18.787	118.52	28.22
		3.0	7.071	9.008	87.838	3.122	21.959	139.660	33.02
		4.0	9.222	11.747	111.031	3.074	27.757	179.808	41.84
		5.0	11.269	14.356	131.414	3.025	32.853	216.628	49.68
90	±0.75	3.0	8.013	10.208	127.277	3.531	28.283	201.108	42.51
		4.0	10.478	13.347	161.907	3.482	35.979	260.088	54.17
		5.0	12.839	16.356	192.903	3.434	42.867	314.896	64.71
		6.0	15.097	19.232	220.420	3.385	48.982	365.452	74.16
100	±0.80	4.0	11.734	11.947	226.337	3.891	45.267	361.213	68.10
		5.0	14.409	18.356	271.071	3.842	54.214	438.986	81.72
		6.0	16.981	21.632	311.415	3.794	62.283	511.558	94.12
110	±0.90	4.0	12.99	16.548	305.94	4.300	55.625	486.47	83.63
		5.0	15.98	20.356	367.95	4.252	66.900	593.60	100.74
		6.0	18.866	24.033	424.57	4.203	77.194	694.85	116.47
120	±0.90	4.0	14.246	18.147	402.260	4.708	67.043	635.603	100.75
		5.0	17.549	22.356	485.411	4.659	80.906	776.632	121.75
		6.0	20.749	26.432	562.094	4.611	93.683	910.281	141.22
		8.0	26.840	34.191	696.639	4.513	116.106	1155.010	174.58
130	±1.00	4.0	15.502	19.748	516.97	5.117	79.534	814.72	119.48
		5.0	19.120	24.356	625.68	5.068	96.258	998.22	144.77
		6.0	22.634	28.833	726.64	5.020	111.79	1173.6	168.36
		8.0	28.921	36.842	882.86	4.895	135.82	1502.1	209.54

(续)

边长 B/mm	允许偏差 /mm	壁厚 t/mm	理论重量 M/kg·m	截面面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	惯性半径 r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub> /cm	截面系数 W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub> /cm <sup>3</sup>	扭转常数	
								I <sub>t</sub> /cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> /cm <sup>3</sup>
140	±1.10	4.0	16.758	21.347	651.598	5.524	53.085	1022.176	139.8
		5.0	20.689	26.356	790.523	5.476	112.931	1253.565	169.78
		6.0	24.517	31.232	920.359	5.428	131.479	1475.020	197.9
		8.0	31.864	40.591	1153.735	5.331	164.819	1887.605	247.69
150	±1.20	4.0	18.014	22.948	807.82	5.933	107.71	1264.8	161.73
		5.0	22.26	28.356	982.12	5.885	130.95	1554.1	196.79
		6.0	26.402	33.633	1145.9	5.837	152.79	1832.7	229.84
		8.0	33.945	43.242	1411.8	5.714	188.25	2364.1	289.03
160	±1.20	4.0	19.270	24.547	987.152	6.341	123.394	1540.134	185.25
		5.0	23.829	30.356	1202.317	6.293	150.289	1893.787	225.79
		6.0	28.285	36.032	1405.408	6.245	175.676	2234.573	264.18
		8.0	36.888	46.991	1776.496	6.148	222.062	2876.940	333.56
170	±1.30	4.0	20.526	26.148	1191.3	6.750	140.15	1855.8	210.37
		5.0	25.400	32.356	1453.3	6.702	170.97	2285.3	256.80
		6.0	30.170	38.433	1701.6	6.654	200.18	2701.0	300.91
		8.0	38.969	49.642	2118.2	6.532	249.2	3503.1	381.28
180	±1.40	4.0	21.800	27.70	1422	7.16	158	2210	237
		5.0	27.000	34.40	1737	7.11	193	2724	290
		6.0	32.100	40.80	2037	7.06	226	3223	340
		8.0	41.500	52.80	2546	6.94	283	4189	432
190	±1.50	4.0	23.00	29.30	1680	7.57	176	2607	265
		5.0	28.50	36.40	2055	7.52	216	3216	325
		6.0	33.90	43.20	2413	7.47	254	3807	381
		8.0	44.00	56.00	3208	7.35	319	4958	486
200	±1.60	4.0	24.30	30.90	1968	7.97	197	3049	295
		5.0	30.10	38.40	2410	7.93	241	3763	362
		6.0	35.80	45.60	2833	7.88	283	4459	426
		8.0	46.50	59.20	3566	7.76	357	5815	544
		10	57.00	72.60	4251	7.65	425	7072	651
220	±1.80	5.0	33.2	42.4	3238	8.74	294	5038	442
		6.0	39.6	50.4	3813	8.70	347	5976	521
		8.0	51.5	65.6	4828	8.58	439	7815	668
		10	63.2	80.6	5782	8.47	526	9533	804
		12	73.5	93.7	6487	8.32	590	11149	922
250	±2.00	5.0	38.0	48.4	4805	9.97	384	7443	577
		6.0	45.2	57.6	5672	9.92	454	8843	681
		8.0	59.1	75.2	7299	9.80	578	11598	878
		10	72.7	92.6	8707	9.70	697	14197	1062
		12	84.8	108	9859	9.55	789	16691	1226
280	±2.20	5.0	42.7	54.4	6810	11.2	486	10513	730
		6.0	50.9	64.8	8054	11.1	575	12504	863
		8.0	66.6	84.8	10317	11.0	737	16436	1117
		10	82.1	104.6	12479	10.9	891	20173	1356
		12	96.1	122.5	14232	10.8	1017	23804	1574
300	±2.40	6.0	54.7	69.6	9964	12.0	664	15434	997
		8.0	71.6	91.2	12801	11.8	853	20312	1293
		10	88.4	113	15519	11.7	1035	24966	1572
		12	104	132	17767	11.6	1184	29514	1829
350	±2.80	6.0	64.1	81.6	16008	14.0	915	24683	1372
		8.0	84.2	107	20618	13.9	1182	32557	1787
		10	104	133	25189	13.8	1439	40127	2182
		12	123	156	29054	13.6	1660	47598	2552
400	±3.20	8.0	96.7	123	31269	15.9	1564	48934	2362
		10	120	153	38216	15.8	1911	60431	2892
		12	141	180	44319	15.7	2216	71843	3395
		14	163	208	50414	15.6	2521	82735	3877

(续)

边长 B/mm	允许偏差 /mm	壁厚 t/mm	理论重量 M/kg·m	截面面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> /cm <sup>4</sup>	惯性半径 r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub> /cm	截面系数 W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub> /cm <sup>3</sup>	扭转常数	
								I <sub>t</sub> /cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> /cm <sup>3</sup>
450	±3.60	8.0	109	139	44966	18.0	1999	70043	3016
		10	135	173	55100	17.9	2449	86629	3702
		12	160	204	64164	17.7	2851	103150	4357
		14	185	236	73210	17.6	3254	119000	4989
500	±4.00	8.0	122	155	62172	20.0	2487	96483	3750
		10	151	193	76341	19.9	3054	119470	4612
		12	179	228	89187	19.8	3568	142420	5440
		14	207	264	102010	19.7	4080	164530	6241
		16	235	299	114260	19.6	4570	186140	7013

注：表中理论重量按密度 7.85g/cm<sup>3</sup> 计算。

表 3.1-165 矩形冷弯空心型钢尺寸规格 (摘自 GB/T 6728 2002)

边长 /mm	允许 偏差 /mm	壁厚 t/mm	理论重量 M /kg·m	截面 面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>		扭转常数	
					I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>t</sub> /cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> /cm <sup>3</sup>
30	±0.50	1.5	1.06	1.35	1.59	0.84	1.08	0.788	1.06	0.84	1.83	1.40
		1.75	1.22	1.55	1.77	0.93	1.07	0.777	1.18	0.93	2.07	1.56
		2.0	1.36	1.74	1.94	1.02	1.06	0.765	1.29	1.02	2.29	1.71
		2.5	1.64	2.09	2.21	1.15	1.03	0.742	1.47	1.15	2.68	1.95
40	±0.50	1.5	1.30	1.65	3.27	1.10	1.41	0.815	1.63	1.10	2.74	1.91
		1.75	1.49	1.90	3.68	1.23	1.39	0.804	1.84	1.23	3.11	2.14
		2.0	1.68	2.14	4.05	1.34	1.38	0.793	2.02	1.34	3.45	2.36
		2.5	2.03	2.59	4.69	1.54	1.35	0.770	2.35	1.54	4.06	2.72
		3.0	2.36	3.01	5.21	1.68	1.32	0.748	2.60	1.68	4.57	3.00
40	±0.50	1.5	1.41	1.80	3.82	1.84	1.46	1.010	1.91	1.47	4.06	2.46
		1.75	1.63	2.07	4.32	2.07	1.44	0.999	2.16	1.66	4.63	2.78
		2.0	1.83	2.34	4.77	2.28	1.43	0.988	2.39	1.82	5.17	3.07
		2.5	2.23	2.84	5.57	2.64	1.40	0.965	2.79	2.11	6.15	3.59
		3.0	2.60	3.31	6.21	2.94	1.37	0.942	3.12	2.35	7.00	4.01
40	±0.50	1.5	1.53	1.95	4.38	2.81	1.50	1.199	2.19	1.87	5.52	3.02
		1.75	1.77	2.25	4.96	3.17	1.48	1.187	2.48	2.11	6.31	3.42
		2.0	1.99	2.54	5.49	3.51	1.47	1.176	2.75	2.34	7.07	3.79
		2.5	2.42	3.09	6.45	4.10	1.45	1.153	3.23	2.74	8.47	4.46
50	±0.50	1.5	1.65	2.10	6.65	2.25	1.78	1.04	2.66	1.80	5.52	3.41
		1.75	1.90	2.42	7.55	2.54	1.76	1.024	3.02	2.03	6.32	3.54
		2.0	2.15	2.74	8.38	2.81	1.75	1.013	3.35	2.25	7.06	3.92
		2.5	2.62	3.34	9.89	3.28	1.72	0.991	3.95	2.62	8.43	4.60
		3.0	3.07	3.91	11.17	3.67	1.69	0.969	4.47	2.93	9.64	5.18
50	±0.50	1.5	1.767	2.252	7.535	3.415	1.829	1.231	3.014	2.276	7.587	3.83
		1.75	2.039	2.598	8.566	3.868	1.815	1.220	3.426	2.579	8.682	4.35
		2.0	2.305	2.936	9.535	4.291	1.801	1.208	3.814	2.861	9.727	4.84
		2.5	2.817	3.589	11.296	5.050	1.774	1.186	4.518	3.366	11.666	5.72
		3.0	3.303	4.206	12.827	5.696	1.715	1.163	5.130	3.797	13.401	6.49
		4.0	4.198	5.347	15.239	6.682	1.688	1.117	6.095	4.455	16.244	7.77
50	±0.50	1.5	2.003	2.552	9.300	6.602	1.908	1.608	3.720	3.301	12.238	5.24
		1.75	2.314	2.948	10.603	7.518	1.896	1.596	4.241	3.759	14.059	5.97
		2.0	2.619	3.336	11.840	8.348	1.883	1.585	4.736	4.192	15.817	6.673
		2.5	3.210	4.089	14.121	9.976	1.858	1.562	5.648	4.988	19.222	7.965
		3.0	3.775	4.808	16.149	11.382	1.833	1.539	6.460	5.691	22.336	9.123
		4.0	4.826	6.148	19.493	13.677	1.781	1.492	7.797	6.839	27.82	11.06

(续)

边长 /mm		允许 偏差 /mm	壁厚 t/mm	理论重量 M /kg·m <sup>-1</sup>	截面 面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>		扭转常数	
H	B					I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>t</sub> /cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> /cm <sup>3</sup>
55	25	±0.50	1.5	1.767	2.252	8.453	2.460	1.937	1.045	3.074	1.968	6.273	3.458
			1.75	2.039	2.598	9.606	2.779	1.922	1.034	3.493	2.223	7.156	3.916
			2.0	2.305	2.936	10.689	3.073	1.907	1.023	3.886	2.459	7.992	4.342
55	40	±0.50	1.5	2.121	2.702	11.674	7.158	2.078	1.627	4.243	3.579	14.017	5.794
			1.75	2.452	3.123	13.329	8.158	2.065	1.616	4.847	4.079	16.175	6.614
			2.0	2.776	3.536	14.904	9.107	2.052	1.604	5.419	4.553	18.208	7.394
55	50	±0.60	1.75	2.726	3.473	15.811	13.660	2.133	1.983	5.749	5.464	23.173	8.415
			2.0	3.090	3.936	17.714	15.298	2.121	1.971	6.441	6.119	26.142	9.433
60	30	+0.60	2.0	2.620	3.337	15.046	5.078	2.123	1.234	5.015	3.385	12.57	5.881
			2.5	3.209	4.089	17.933	5.998	2.094	1.211	5.977	3.998	15.054	6.981
			3.0	3.774	4.808	20.496	6.794	2.064	1.188	6.832	4.529	17.335	7.950
60	40	±0.60	2.0	2.934	3.737	18.412	9.831	2.220	1.622	6.137	4.915	20.702	8.116
			2.5	3.602	4.589	22.069	11.734	2.192	1.595	7.356	5.867	25.045	9.722
			3.0	4.215	5.406	25.374	13.436	2.166	1.576	8.458	6.718	29.121	11.175
70	50	±0.60	2.0	3.562	1.537	31.475	18.758	2.634	2.033	8.993	7.503	37.454	12.196
			3.0	5.187	6.608	44.046	26.099	2.581	1.987	12.584	10.439	53.426	17.06
			4.0	6.710	8.547	54.663	32.210	2.528	1.941	15.618	12.884	67.613	21.189
80	40	±0.70	2.0	3.561	4.536	37.355	12.720	2.869	1.674	9.339	6.361	30.881	11.004
			2.5	4.387	5.589	45.103	15.255	2.840	1.652	11.275	7.627	37.467	13.283
			3.0	5.187	6.608	52.246	17.552	2.811	1.629	13.061	8.776	43.680	15.283
80	60	±0.70	4.0	6.710	8.547	64.780	21.474	2.752	1.585	16.195	10.737	54.787	18.844
			5.0	8.129	10.356	75.080	24.567	2.692	1.540	18.770	12.283	64.110	21.744
			3.0	6.129	7.808	70.012	44.886	2.995	2.397	17.510	14.962	88.111	24.143
90	40	±0.75	4.0	7.966	10.147	87.945	56.105	2.943	2.351	21.976	18.701	112.583	30.332
			5.0	9.699	12.356	103.247	65.634	2.890	2.304	25.811	21.878	134.503	35.673
			3.0	5.658	7.208	70.487	19.610	3.127	1.640	15.663	9.805	51.193	17.339
90	50	±0.75	4.0	7.338	9.347	87.894	24.077	3.066	1.604	19.532	12.038	64.320	21.441
			5.0	8.914	11.356	102.487	27.551	3.004	1.560	22.774	13.825	75.426	24.819
			2.0	4.190	5.337	57.878	23.368	3.293	2.093	12.862	9.347	53.366	15.882
90	60	±0.75	2.5	5.172	6.589	70.263	28.236	3.266	2.070	15.611	11.294	65.299	19.235
			3.0	6.129	7.808	81.845	32.735	3.237	2.047	18.187	13.094	76.433	22.316
			4.0	7.966	10.147	102.696	40.695	3.181	2.002	22.821	16.278	97.162	27.961
90	55	±0.75	5.0	9.699	12.356	120.570	47.345	3.123	1.957	26.793	18.938	115.436	36.774
			2.0	4.346	5.536	61.75	28.957	3.340	2.287	13.733	10.53	62.724	17.601
			2.5	5.368	6.839	75.049	33.065	3.313	2.264	16.678	12.751	76.877	21.357
90	60	±0.75	3.0	6.600	8.408	93.203	49.764	3.329	2.432	20.711	16.588	104.552	27.391
			4.0	8.594	10.947	117.499	62.387	3.276	2.387	26.111	20.795	133.852	34.501
			5.0	10.484	13.356	138.653	73.218	3.222	2.311	30.811	24.406	160.273	40.712
95	50	±0.75	2.0	4.347	5.537	66.084	24.521	3.455	2.104	13.912	9.808	57.458	16.804
			2.5	5.369	6.839	80.306	29.647	3.247	2.082	16.906	11.895	70.324	20.364
100	50	±0.80	3.0	6.690	8.408	106.451	36.053	3.558	2.070	21.290	14.421	88.311	25.012
			4.0	8.594	10.947	134.124	44.938	3.500	2.026	26.824	17.975	112.409	31.35
			5.0	10.484	13.356	158.155	52.429	3.441	1.981	31.631	20.971	133.758	36.804
120	50	±0.90	2.5	6.350	8.089	143.97	36.704	4.219	2.130	23.995	14.682	96.026	26.006
			3.0	7.543	9.608	168.58	42.693	4.189	2.108	28.097	17.077	112.87	30.317
120	60	±0.90	3.0	8.013	10.208	189.113	64.398	4.304	2.511	31.581	21.466	156.029	37.138
			4.0	10.478	13.347	240.724	81.235	4.246	2.466	40.120	27.078	200.407	47.048
			5.0	12.839	16.356	286.941	95.968	4.188	2.422	47.823	31.989	240.869	55.846
			6.0	15.097	19.232	327.950	108.716	4.129	2.377	54.658	36.238	277.361	63.597

(续)

边长 /mm		允许 偏差 /mm	壁厚 $t$ /mm	理论重量 $M$ /kg·m <sup>-1</sup>	截面 面积 $A$ /cm <sup>2</sup>	惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>		扭转常数	
$H$	$B$					$I_x$	$I_y$	$r_x$	$r_y$	$W_x$	$W_y$	$I_t$ /cm <sup>4</sup>	$C_t$ /cm <sup>3</sup>
120	80	±0.90	3.0	8.955	11.408	230.189	123.130	4.491	3.289	38.364	30.857	255.128	50.799
			4.0	11.734	11.947	294.569	157.281	4.439	3.243	19.091	39.320	330.438	64.927
			5.0	14.409	18.356	353.108	187.747	4.385	3.198	58.850	46.936	400.735	77.772
			6.0	16.981	21.632	405.998	214.977	4.332	3.152	67.666	53.744	465.940	83.399
140	80	±1.00	4.0	12.990	16.547	429.582	180.407	5.095	3.301	61.368	45.101	410.713	76.478
			5.0	15.979	20.356	517.023	215.914	5.039	3.256	73.860	53.978	498.815	91.834
			6.0	18.865	24.032	569.935	247.905	4.983	3.211	85.276	61.976	580.919	105.83
150	100	±1.20	4.0	14.874	18.947	594.585	318.551	5.601	4.110	79.278	63.710	660.613	104.94
			5.0	18.334	23.356	719.164	383.988	5.549	4.054	95.888	79.797	806.733	126.81
			6.0	21.691	27.632	834.615	444.135	5.495	4.009	111.282	88.827	915.022	147.07
			8.0	28.096	35.791	1039.101	519.308	5.388	3.917	138.546	109.861	1147.710	181.85
160	60	±1.20	3	9.898	12.608	389.86	83.915	5.561	2.580	48.732	27.972	228.15	50.14
			4.5	14.498	18.469	552.08	116.66	5.468	2.513	69.01	38.886	324.96	70.085
160	80	±1.20	4.0	14.216	18.117	597.691	203.532	5.738	3.348	71.711	50.883	493.129	88.031
			5.0	17.519	22.356	721.650	214.089	5.681	3.304	90.206	61.020	599.175	105.9
			6.0	20.749	26.133	835.936	286.832	5.623	3.259	104.192	76.208	698.881	122.27
			8.0	26.810	33.644	1036.485	343.599	5.505	3.170	129.560	85.899	876.599	149.54
180	65	±1.20	3.0	11.075	14.108	550.35	111.78	6.246	2.815	61.15	34.393	306.75	61.849
			4.5	16.264	20.719	784.13	156.47	6.152	2.748	87.125	48.144	438.91	86.993
180	100	±1.30	4.0	16.758	21.317	926.020	373.879	6.586	4.184	102.891	74.755	852.708	127.06
			5.0	20.689	26.356	1124.156	451.738	6.530	4.140	124.906	90.347	1012.589	153.88
			6.0	24.517	31.232	1309.527	523.767	6.475	4.095	145.503	104.753	1222.933	178.88
			8.0	31.861	40.391	1643.149	651.132	6.362	4.002	182.572	130.226	1554.606	222.49
200	150	±1.30	4.0	18.014	22.941	1199.680	410.261	7.230	4.230	119.968	82.152	984.151	141.81
			5.0	22.259	28.356	1459.270	496.905	7.173	4.186	145.920	99.381	1203.878	171.94
			6.0	26.101	33.632	1703.224	576.855	7.116	4.141	170.332	115.371	1412.986	200.1
			8.0	34.376	43.791	2145.993	719.014	7.000	4.052	214.599	143.802	1798.551	249.6
200	120	+1.40	4.0	19.3	24.5	1353	618	7.43	5.02	135	103	1345	172
			5.0	23.8	30.4	1649	750	7.37	4.97	165	125	1652	210
			6.0	28.3	36.0	1929	874	7.32	4.93	193	146	1947	245
			8.0	36.5	46.4	2386	1079	7.17	4.82	239	180	2507	308
200	150	±1.50	4.0	21.2	26.9	1584	1021	7.67	6.16	158	136	1942	219
			5.0	26.2	33.4	1935	1245	7.62	6.11	193	166	2391	267
			6.0	31.1	39.6	2268	1457	7.56	6.06	227	194	2826	312
			8.0	40.2	51.2	2892	1815	7.43	5.95	283	242	3664	396
220	140	±1.50	4.0	21.8	27.7	1892	948	8.26	5.84	172	135	1987	224
			5.0	27.0	34.4	2313	1155	8.21	5.80	210	165	2447	274
			6.0	32.1	40.8	2714	1352	8.15	5.75	247	193	2891	321
			8.0	41.5	52.8	3389	1685	8.01	5.65	308	241	3746	407
250	150	±1.60	4.0	24.3	30.9	2697	1234	9.34	6.32	216	165	2665	275
			5.0	30.1	38.4	3304	1508	9.28	6.27	264	201	3285	337
			6.0	35.8	45.6	3886	1768	9.23	6.23	311	235	3886	396
			8.0	46.5	59.2	4886	2219	9.08	6.12	391	296	5050	504
260	180	±1.80	5.0	33.2	42.4	4121	2350	9.86	7.45	317	261	4695	426
			6.0	39.6	50.4	4856	2763	9.81	7.40	374	307	5566	501
			8.0	51.5	65.6	6145	3493	9.68	7.29	473	388	7267	642
			10	63.2	80.6	7363	4174	9.56	7.20	566	446	8850	772
300	200	±2.00	5.0	38.0	48.4	6241	3361	11.4	8.34	416	336	6836	552
			6.0	45.2	57.6	7370	3962	11.3	8.29	491	396	8115	651
			8.0	59.1	75.2	9389	5042	11.2	8.19	626	504	10627	838
			10	72.7	92.6	11313	6058	11.1	8.09	754	606	12987	1012



(续)

边长 /mm	允许 偏差 /mm	壁厚 t/mm	理论重量 M /kg·m	截面 面积 A/cm <sup>2</sup>	惯性矩 /cm <sup>4</sup>		惯性半径 /cm		截面系数 /cm <sup>3</sup>		扭转常数		
					I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>t</sub> /cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> /cm <sup>3</sup>	
350	250	±2.20	5.0	45.8	58.1	10520	6306	13.4	10.4	601	504	12234	817
			6.0	54.7	69.6	12457	7458	13.4	10.3	712	594	14554	967
			8.0	71.6	91.2	16001	9573	13.2	10.2	914	766	19136	1253
			10	88.4	113	19407	11588	13.1	10.1	1109	927	23500	1522
400	200	±2.40	5.0	45.8	58.4	12490	4311	14.6	8.60	624	431	10519	742
			6.0	54.7	69.6	14789	5092	14.5	8.55	739	509	12069	877
			8.0	71.6	91.2	18974	6517	14.4	8.15	949	652	15820	1133
			10	88.4	113	23003	7864	14.3	8.36	1150	786	19368	1373
400	250	±2.60	5.0	49.7	63.4	14440	7056	15.1	10.6	722	565	14773	937
			6.0	59.4	75.6	17118	8352	15.0	10.5	856	668	17580	1110
			8.0	77.9	99.2	22048	10744	14.9	10.4	1102	860	23127	1440
			10	96.2	122	26806	13029	14.8	10.3	1340	1042	28423	1753
450	250	±2.80	6.0	64.1	81.6	22724	9245	16.7	10.6	1010	740	20687	1253
			8.0	84.2	107	29336	11916	16.5	10.5	1304	953	27222	1628
			10	104	133	35737	14470	16.4	10.4	1588	1158	33473	1983
			12	123	156	41137	16663	16.2	10.3	1828	1333	39591	2314
500	300	±3.20	6.0	73.5	93.6	33012	15151	18.8	12.7	1321	1010	32420	1688
			8.0	96.7	123	42805	19624	18.6	12.6	1712	1308	42767	2202
			10	120	153	52328	23933	18.5	12.5	2093	1596	52736	2693
			12	141	180	60604	27726	18.3	12.4	2424	1848	62581	3156
550	350	±3.60	8.0	109	139	59783	30040	20.7	14.7	2174	1717	63051	2856
			10	135	173	73276	36752	20.6	14.6	2665	2100	77901	3503
			12	160	204	85249	42769	20.4	14.5	3100	2444	92646	4118
			14	185	236	97269	48731	20.3	14.4	3537	2784	106760	4710
600	400	±4.00	8.0	122	155	80670	43564	22.8	16.8	2689	2178	88672	3591
			10	151	193	99081	53429	22.7	16.7	3303	2672	109720	4413
			12	179	228	115670	62391	22.5	16.5	3856	3120	130680	5201
			14	207	264	132310	71282	22.4	16.4	4410	3564	150850	5962
			16	235	299	148210	79760	22.3	16.3	4940	3988	170510	6694

注：1. 表中理论重量按密度 7.85g/cm<sup>3</sup> 计算。

2. 异形冷弯空心型钢（异形管）的截面尺寸、允许偏差参照方、矩形冷弯空心型钢的允许偏差执行。外形由供需双方协商确定。
3. 冷弯型钢（圆形、方形、矩形、异形）壁厚的允许偏差，当壁厚  $t$  不大于 10mm 时，不得超过公称壁厚的 ±10%；当  $t$  大于 10mm 时为壁厚的 ±8%。弯角及焊缝区域壁厚除外。
4. 冷弯型钢交货长度一般为 4000~12000mm。
5. 冷弯型钢弯曲度每米不大于 2mm，总弯曲度不大于总长度的 0.2%。
6. 按 GB/T6725—2002 冷弯型钢用钢材的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合 GB/T699、GB/T700、GB/T1591、GB/T4171、GB/T4239 等标准的规定。根据需方要求也可提供钢材成品化学成分。
7. 冷弯型钢一般不做力学性能和工艺性能试验，按需方要求并在合同中注明，可在原料钢带上进行力学性能及工艺性能试验，并应符合相应标准的规定。
8. 标记示例：用 Q235 钢制造、尺寸为 150mm×100mm×6mm 冷弯矩形空心型钢，标记为：冷弯空心型钢（矩形管）  
 $J150 \times 100 \times 6 - GB/T6728 - 2002$   
 $Q235 - GB/T700 - 1988$

表 3.1-166 冷弯型钢弯角外圆弧半径  $r$  值（摘自 GB/T6728—2002）

厚度 $t$ /mm	弯角外圆弧半径 $r$		厚度 $t$ /mm	弯角外圆弧半径 $r$	
	碳素钢 ( $\sigma_s \leq 320\text{MPa}$ )	低合金钢 ( $\sigma_s > 320\text{MPa}$ )		碳素钢 ( $\sigma_s \leq 320\text{MPa}$ )	低合金钢 ( $\sigma_s > 320\text{MPa}$ )
$t \leq 3$	(1.0~2.5) $t$	(1.5~2.5) $t$	$6 < t \leq 10$	(2.0~3.0) $t$	(2.0~3.5) $t$
$3 < t \leq 6$	(1.5~2.5) $t$	(2.0~3.0) $t$		$t > 10$	(2.0~3.5) $t$

注： $\sigma_s$  值指标准中规定的最低值。

## 5.2 钢板和钢带

### 5.2.1 冷轧钢板和钢带 (见表 3.1-167、表 3.1-168)

表 3.1-167 冷轧钢板和钢带尺寸规格 (摘自 GB/T708—1988)

公称厚度/mm	宽度/m																			
	0.6	0.65	0.70	(0.71)	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0	1.1	1.25	1.40	(1.42)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
最小长度和最大长度/m																				
0.20~0.45	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.56~0.65	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—
0.7, 0.75	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	—	—	—	—	—	—
0.8~1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	—	—	—	—	—
1.1~1.3	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
1.4~2.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
2.2, 2.5	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5
2.8~3.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5
3.5~3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5
4.0~4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
4.8, 5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
厚度尺寸系列/mm	0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.2, 3.5, 3.8, 3.9, 4.0, 4.2, 4.5, 4.8, 5.0																			

注: 1. 钢板和钢带广泛用于汽车工业、家用电器工业、建材工业以及各种小商品生产等。

2. 标记示例: 钢号 20, 尺寸 1.0mm×1000mm×1500mm, 表面质量组别 I, 拉延级别 S 的钢板, 标记为: 钢板  
1.0×1000×1500—GB/T708—1988  
20—I—S—GB/T710—1988

表 3.1-168 冷轧钢板和钢带的厚度允许偏差 (摘自 GB/T708—1988)

(mm)

公称厚度	公称宽度	厚度允许偏差			
		A 级精度		B 级精度	
		≤1500	>1500~2000	≤1500	>1500~2000
0.20~0.50		±0.04	—	±0.05	—
>0.50~0.65		±0.05	—	±0.06	—
>0.65~0.90		±0.06	—	±0.07	—
>0.90~1.10		±0.07	±0.09	±0.09	±0.11
>1.10~1.20		±0.09	±0.10	±0.10	±0.12
>1.20~1.4		±0.10	±0.12	±0.11	±0.14
>1.4~1.5		±0.11	±0.13	±0.12	±0.15
>1.5~1.8		±0.12	±0.14	±0.14	±0.16
>1.8~2.0		±0.13	±0.15	±0.15	±0.17
>2.0~2.5		±0.14	±0.17	±0.16	±0.18
>2.5~3.0		±0.16	±0.19	±0.18	±0.20
>3.0~3.5		±0.18	±0.20	±0.20	±0.21
>3.5~4.0		±0.19	±0.21	+0.22	±0.24
>4.0~5.0		±0.20	±0.22	+0.23	±0.25

5.2.2 热轧钢板(见表 3.1-169、表 3.1-170)

表 3.1-169 热轧钢板尺寸规格(摘自 GB/T709-1988)

公称厚度 /mm	宽 度 /m										长 度 /m																										
	0.6	0.65	0.7	0.71	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0	1.1	1.25	1.4	1.42	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.1	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8			
0.50~0.60	1.2	1.4	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.65~0.75	2	2	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.80,0.90	2	2	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.0	2	2	1.42	1.42	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.2~1.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.5~1.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2.0,2.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2.5,2.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3.0~3.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4.0~5	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6,7	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8~10	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13~25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	4	4	4	4	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
26~40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5	6.5	12	12	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
42~200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.90, 1.0, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.2, 3.5, 3.8, 3.9, 4.0, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 165, 170, 180, 185, 190, 195, 200

表 3.1-170 钢板理论重量

厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>	厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>	厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>	厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>
0.2	1.570	1.50	11.78	10.0	78.50	29	227.70
0.25	1.963	1.6	12.56	11	86.35	30	235.50
0.27	2.120	1.8	14.13	12	94.20	32	251.20
0.30	2.355	2.0	15.70	13	102.10	34	266.90
0.35	2.748	2.2	17.27	14	109.20	36	282.60
0.40	3.140	2.5	19.63	15	117.80	38	298.30
0.45	3.533	2.8	21.98	16	125.60	40	314.00
0.50	3.925	3.0	23.55	17	133.50	42	329.70
0.55	4.318	3.2	25.12	18	141.30	44	345.40
0.60	4.710	3.5	27.48	19	149.20	46	361.10
0.70	5.495	3.8	29.83	20	157.00	48	376.80
0.75	5.888	4.0	31.40	21	164.90	50	392.50
0.80	6.280	4.5	35.33	22	172.70	52	408.20
0.90	7.065	5.0	39.25	23	180.60	54	423.90
1.00	7.850	5.5	43.18	24	188.40	56	439.60
1.10	8.635	6.0	47.10	25	196.30	58	455.30
1.20	9.420	7.0	54.95	26	204.10	60	471.00
1.25	9.813	8.0	62.80	27	212.00		
1.40	10.990	9.0	70.05	28	219.80		

注：密度为 7.85g/cm<sup>3</sup>。

## 5.2.3 碳素结构钢冷轧钢带（见表 3.1-171、表 3.1-172）

表 3.1-171 碳素结构钢冷轧钢带尺寸规格（摘自 GB/T716-1991）

分类及代号	按尺寸精度分类		按表面精度分类		按边缘状态分类		按力学性质分类	
	普通精度 宽度较高精度 厚度较高精度 宽、厚度较高精度	P K H KH	普通精度表面 较高精度表面	I II	切边 不切边	Q BQ	软钢带 半软钢带 硬钢带	R BR Y
尺寸范围	厚度 0.10~3.00mm，宽度 10~250mm，尺寸间隔按用户要求							
厚度允许偏差 /mm	厚度	允许偏差		厚度	允许偏差			
		普通精度	较高精度		普通精度	较高精度		
	≤0.15	0 -0.02	0 -0.015	>0.70~1.00	0 -0.07	0 -0.05		
	>0.15~0.25	0 -0.03	0 -0.02	>1.00~1.50	0 -0.09	0 -0.07		
	>0.25~0.40	0 -0.04	0 -0.03	>1.50~2.50	0 -0.12	0 -0.09		
>0.4~0.70	0 -0.05	0 -0.04	>2.50~3.00	0 -0.15	0 -0.12			

注：标记示例：

用 Q235A·F 钢轧制的普通精度尺寸，较高精度表面，切边，半软态，厚度为 0.5mm，宽度为 120mm 的钢带，标记为：

冷轧钢带 Q235A·F-P-I-Q-BR-0.5×120GB/T716-1991。

表 3.1-172 碳素结构钢冷轧钢带的力学性能（摘自 GB/T716-1991）

类别	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) $\geq$	维氏硬度 (HV)
软钢带	275~440	23	≤130
半软钢带	370~490	10	105~145
硬钢带	490~785	—	140~230

注：1. 钢带采用 GB/T1700-1988 的碳素结构钢轧制，其化学成分按该标准规定。

2. 按供需双方协定，钢带按硬度试验验收，硬度值按本表规定。此时  $\sigma_b$  和  $\delta$  不作交货条件。

5.2.4 优质碳素结构钢冷轧薄钢板和钢带  
(见表 3.1-173、表 3.1-174)

表 3.1-173 优质碳素结构钢冷轧薄钢板和钢带的牌号及力学性能  
(摘自 GB/T13237 1991)

牌号	拉延级别				
	Z	S和P	Z	S	P
	抗拉强度/MPa		伸长率 $\delta_{10}$ (%)		
			不小于		
08F	275~365	275~380	34	32	30
08、08Al、10F	275~390	275~410	32	30	28
10	295~410	295~430	30	29	28
15F	315~430	315~450	29	28	27
15	335~450	335~470	27	26	25
20	355~490	355~500	26	25	24
25	—	390~540	—	24	23
30	—	440~590	—	22	21
35	—	490~635	—	20	19
40	—	510~650	—	—	18
45	—	530~685	—	—	16
50	—	540~715	—	—	14

- 注: 1. 厚度小于 2mm 的钢板和钢带, 伸长率允许比本表的规定降低 1% (绝对值)。  
 2. 正火状态下供应的钢板和钢带, 其他要求符合 GB/T13237 标准规定时, 抗拉强度允许比本表上限的规定提高 50MPa。  
 3. 拉延级别分为三级: 最深拉延级——Z, 深拉延级——S, 普通拉延级——P。  
 4. 钢板和钢带的尺寸规格应符合 GB/T708 的规定 (厚度不大于 4mm)。  
 5. 冷轧板适于汽车、航空工业以及其他部门应用。  
 6. 牌号的化学成分应符合 GB/T699 的规定。

表 3.1-174 优质碳素结构冷轧薄钢板和钢带的杯突值(摘自 GB/T13237—1991)

厚度/mm	牌号和拉延级别				
	Z	S	P	Z	S
	08F、08 08Al、10F	08F、08 08Al、10F	08F、08 08Al、10F	10、15F 15、20	10、15F 15、20
	冲压深度/mm 不小于				
0.5	9.0	8.4	8.0	8.0	7.6
0.6	9.4	8.9	8.5	8.1	7.8
0.7	9.7	9.2	8.9	8.6	8.0
0.8	10.0	9.5	9.3	8.8	8.2
0.9	10.3	9.9	9.6	9.0	8.4
1.0	10.5	10.1	9.9	9.2	8.6
1.1	10.8	10.4	10.2	均不做试验	
1.2	11.0	10.6	10.4		
1.3	11.2	10.8	10.6		
1.4	11.3	11.0	10.8		
1.5	11.5	11.2	11.0		
1.6	11.6	11.4	11.2		
1.7	11.8	11.6	11.4		
1.8	11.9	11.7	11.5		
1.9	12.0	11.8	11.7		
2.0	12.1	11.9	11.8		

- 注: 最深拉延级全部钢号及深拉延级的 15F、15、20、25 号的钢板和钢带, 应在冷状态下做 180° 弯曲试验; 厚度不大于 2mm 的弯至两面接触, 大于 2mm 的垫上厚度相同的垫板。弯曲处不得有裂纹、裂口和分层。

5.2.5 低碳钢冷轧钢带 (见表 3.1-175~表 3.1-177)

表 3.1-175 低碳钢冷轧钢带尺寸规格(摘自 YB/T5059—1993)

(mm)

钢带厚度	厚度允许偏差			宽度系列
	普通精度	较高精度	高精度	
0.05, 0.06, 0.08	-0.015	-0.01	—	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
0.10, 0.12, 0.15	-0.02	-0.015	-0.010	17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36,
0.18, 0.20, 0.22, 0.25	-0.03	-0.02	-0.015	38, 40, 43, 46, 50
0.28, 0.30, 0.35, 0.40	-0.04	-0.03	-0.020	53, 56, 60, 63, 66, 70, 73, 76, 80, 83, 86,
0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70	-0.05	-0.04	-0.025	90, 93, 96, 100
0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95	-0.07	-0.05	-0.030	105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140,
1.00, 1.05, 1.10, 1.15, 1.20, 1.25, 1.30, 1.35	-0.09	-0.06	-0.040	145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185,
1.40, 1.45, 1.50, 1.55, 1.60, 1.65, 1.70, 1.75	-0.11	-0.08	-0.050	190, 195
1.80, 1.85, 1.90, 1.95, 2.00, 2.10, 2.20, 2.30	-0.13	-0.10	0.060	200, 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235,
2.40, 2.50, 2.60, 2.70, 2.80, 2.90, 3.00	-0.16	-0.12	-0.080	240, 245, 250, 260, 270, 280, 290, 300
3.10, 3.20, 3.30, 3.40, 3.50, 3.60	-0.20	-0.16	-0.100	

- 注: 1. 低碳钢冷轧钢带适于制造受冲压的零件, 钢管及其他金属制品等, 按表面质量分为: I 组钢带、II 组钢带和 III 组钢带; 按制造精度分为: 普通精度钢带—P, 厚度较高精度钢带—H, 厚度高精度钢带—J, 宽度较高精度钢带—K, 宽度和厚度较高精度钢带—KH; 按软硬程度分为: 特软钢带—TR, 软钢带—R, 半软钢带—BR, 低硬钢带—DY, 冷硬钢带—Y; 按边缘状态分为: 切边钢带—Q, 不切边钢带—BQ; 按表面加工状态分为: 磨光钢带—M, 不磨光钢带—BM。  
 2. 厚度小于 0.2mm 的钢带只生产特软 (TR) 和硬 (Y) 钢带。  
 3. 经供需双方协议, 可生产中间厚度的钢带, 其允许偏差按相邻较大尺寸钢带规定。

表 3.1-176 低碳钢冷轧钢带的力学性能 (摘自 YB/T5059—1993)

钢带软硬级别	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%) $\geq$	钢带软硬级别	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%) $\geq$
特软 TR	280~400	30	低硬 DY	420~550	4
软 R	330~450	20	冷硬 Y	500~800	不测定
半软 BR	380~500	10			

表 3.1-177 低碳钢冷轧钢带交货状态下的最小杯突深度 (摘自 YB/T5059—1993) (mm)

宽度范围	钢带厚度	杯突深度		宽度范围	钢带厚度	杯突深度	
		特软 (TR)	软 (R)			特软 (TR)	软 (R)
$\geq 70$	0.20	7.5	6.8	$< 70 \sim 30$	0.20	5.2	4.2
	0.25	7.7	7.0		0.25	5.3	4.3
	0.30	8.0	7.2		0.30	5.5	4.5
	0.35	8.2	7.4		0.35	5.7	4.7
	0.40	8.5	7.7		0.40	5.9	4.8
	0.45	8.6	7.8		0.45	6.1	5.0
	0.50	8.8	7.9		0.50	6.2	5.1
	0.60	9.1	8.2		0.60	6.4	5.4
	0.70	9.4	8.5		0.70	6.6	5.6
	0.80	9.6	8.7		0.80	6.9	5.9
	0.90	9.8	9.0		0.90	7.1	6.1
	1.00	10.0	9.2		1.00	7.3	6.2
	1.20	10.5	9.6		1.20	7.7	6.7
	1.40	10.9	10.0		1.40	8.1	7.1
	1.60	11.1	10.4		1.60	8.5	7.4
	1.80	11.5	10.7		1.80	8.9	7.8
2.00	11.7	10.9	2.00	9.2	8.1		

- 注: 1. 厚度小于 0.2mm 和大于 2.0mm 的钢带, 以及半软、低硬和硬钢带不作杯突试验。  
 2. 对于 08F 钢制成的钢带, 其最小杯突深度按上表规定的数字再加 0.3mm。  
 3. 宽度小于 30mm, 厚度小于 0.2mm 和大于 2.0mm 的钢带以及半软、低硬和硬钢带不作杯突试验。  
 4. 表中未规定的中间厚度钢带, 最小杯突深度值, 按相邻较小厚度钢带的规定。

5.2.6 弹簧钢、工具钢冷轧钢带 (见表 3.1-178、表 3.1-179)

表 3.1-178 弹簧钢、工具钢冷轧钢带的厚度、宽度及允许偏差 (摘自 YB/T5058—1993)(mm)

尺寸	厚度			宽度				
	允许偏差			切边钢带允许偏差			不切边钢带	
	普通精度 (P)	较高精度 (H)	高精度 (J)	尺寸	普通精度 (P)	较高精度 (K)	尺寸	允许偏差
0.10~0.15	-0.02	-0.015	-0.010	4~120	-0.3	-0.2	$\leq 50$	+2 -1
>0.15~0.25	-0.03	-0.020	-0.015					
>0.25~0.40	-0.04	-0.030	-0.020	5~160				
>0.40~0.50	-0.05	0.040	-0.030					
>0.50~0.70	-0.05	-0.040	-0.030	10~160	-0.4	-0.3		
>0.70~0.95	-0.07	0.050	-0.040					
>0.95~1.00	-0.09	-0.060	-0.050	18~200	-0.6	-0.4	>50	+3 -2
>1.00~1.35	-0.09	0.060	-0.050					
>1.35~1.75	0.11	-0.080	-0.060	22~200				
>1.75~2.30	-0.13	-0.100	-0.080					
>2.30~3.00	0.16	-0.120	-0.100					

- 注: 1. 钢带按制造精度分为: 普通精度钢带—P, 宽度精度较高的钢带—K, 厚度精度较高的钢带—H, 厚度精度高的钢带—J, 宽度和厚度精度较高的钢带—KH; 按表面质量分为: I 组、II 组钢带; 按边缘状态分为: 切边钢带—Q, 不切边钢带—BQ; 按材料状态分为: 冷硬钢带—Y, 退火钢带—T, 球化退火钢带—QT。  
 2. 标记示例: 用 T8A 钢制造的, 普通精度, I 组, 不切边, 退火的厚 1mm、宽 55mm 的钢带, 标记为: 钢带 T8A-P-I-BQ-T-1.0×55YB/T5058—1993。

表 3.1-179 弹簧钢、工具钢冷轧钢带的牌号、化学成分及力学性能 (摘自 YB/T5058—1993)

牌 号	化学成分	钢带厚度 /mm	退火钢带		冷硬钢带
			$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%) ≥	$\sigma_h$ /MPa
65Mn	符合 GB1222 规定	<1.5	650	20	750~1200
T7、T7A、T8、T8A	符合 GB1298 规定 其中 85 钢符合 GB1222 规定	>1.5	750	15	
T8Mn、T8MnA、T9、T9A、T10、T10A、T11、T11A、 T12、T12A、85		0.10~3.00		750	10
T13、T13A				900	—
Cr06	符合 GB1299 规定			950	—
60Si2Mn、60Si2MnA、65Si2MnWA、50CrVA	符合 GB1222 规定			900	10
70Si2CrA			850	8	800~1200

注：1. 70Si2CrA 的化学成分 (质量分数, %) 如下：C, 0.65~0.75；Mn, 0.40~0.60；Si, 1.40~1.70；Cr, 0.20~0.40；S、P、Ni 含量分别为：≤0.03。

2. 钢带适于制作弹簧、刃具、带尺等制品之用。

### 5.2.7 热镀锌合金冷轧碳素钢薄钢板

热镀锌合金冷轧碳素钢薄钢板适于制造汽车油箱、贮油容器及其他防腐蚀零件等, 镀锌板按拉延级别分为:

极深拉延的钢板—J, 最深拉延的钢板—Z, 深拉延的钢板—S, 普通拉延的钢板—P。

按表面质量分为 I、II、III 组。

镀锌板的尺寸见表 3.1-180, 其允许偏差应符合 GB/T708—1988《冷轧钢板和钢带》的规定, 无特殊要求时, 均按 B 级精度交货。

镀锌板所用钢的牌号为 08A1A 和 08A1, 其化学成分应分别符合 GB/T5213—2001《深冲压用冷轧薄钢板和钢带》、GB/T710—1988《优质碳素结构钢薄钢板技术条件》。

镀锌板应经矫平和涂油交货。在供货状态下的钢板 (钢基) 的力学性能见表 3.1-181, 其杯突试验指标见表 3.1-182。

标记示例: 牌号 08A1, 拉延级别 Z, 表面质量组别 I, 厚度精度 A, 尺寸 1.2mm×1000mm×2000mm

的镀锌板, 标记为:

1.2×1000×2000-Z-II-A-YB/T 5130-1993  
08A1-GB/T710—1988

表 3.1-180 热镀锌合金冷轧碳素钢薄钢板的尺寸 (摘自 YB/T5130—1993) (mm)

厚度	宽度	长度	厚度	宽度	长度
0.5	900	1800	1.2	880	1635
0.9	800	1550	1.2	950	1840
0.9	1000	2000	1.2	1000	2000
1.0	1000	1640	1.2	1010	1600
1.0	1000	2000	1.5	1000	2000
1.2	850	1700	2.0	1000	2000

表 3.1-181 热镀锌合金冷轧碳素钢薄钢板的力学性能 (摘自 YB/T5130—1993)

牌号	拉延级别	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$	$\delta_{10}$	180°冷弯试验 d—冷弯半径
			/MPa	(%)	
08A1A	J	270~370	225	39	d=0
	Z	270~390	—	32	d=0
08A1	S	270~410	—	30	d=0
	P	270~410	—	28	d=0

表 3.1-182 热镀锌合金冷轧碳素钢薄钢板杯突试验指标 (摘自 YB/T5130—1993) (mm)

杯突值 厚度	代 号				杯突值 厚度	代 号			
	拉延级别					拉延级别			
	J	Z	S	P	J	Z	S	P	
0.5	9.2	9.0	8.4	8.0	1.3	11.4	11.2	10.8	10.6
0.6	9.6	9.4	8.9	8.5	1.4	11.5	11.3	11.0	10.8
0.7	9.9	9.7	9.2	8.9	1.5	11.7	11.5	11.2	11.0
0.8	10.2	10.0	9.5	9.3	1.6	11.8	11.6	11.4	11.2
0.9	10.5	10.3	9.9	9.6	1.7	12.0	11.8	11.6	11.4
1.0	10.7	10.5	10.1	9.9	1.8	12.1	11.9	11.7	11.5
1.1	11.0	10.8	10.4	10.2	1.9	12.2	12.0	11.8	11.7
1.2	11.2	11.0	10.6	10.4	2.0	12.3	12.1	11.9	11.8

5.2.8 单张热镀锌薄钢板 (见表 3.1-183)

表 3.1 183 单张热镀锌薄钢板的尺寸规格及力学性能 (摘自 YB/T5131 1993)

钢板厚度 /mm	反复弯曲次数 ≥	镀锌强度弯曲试验		杯突试验深冲级别			
		d 弯心直径	a 试样厚度	Z	S	P	
		冷成型用 L	一般用途 Y	杯突深度/mm ≥			
0.35	8	d=0 (180°角)	d=a (180°角)	7.2	6.2	5.9	
0.40				7.5	6.5	6.2	
0.45	7			8.0	6.9	6.6	
0.50				8.5	7.2	6.9	
0.55							
0.60							
0.65	6			8.9	7.5	7.2	
0.70							
0.75	5	d=a (180°角)	弯曲 90°角	9.3	7.8	7.5	
0.80				9.6	8.2	7.9	
0.90				4	9.9	8.6	8.3
1.0					10.2	8.8	8.5
1.1							
1.2	3	弯曲 90°角	10.4	9.0	8.7		
1.3							
1.4							
1.5			11.0	9.2	8.9		

钢板的宽度和长度规格/mm

710×1420, 750×750, 750×1500, 750×1800, 800×800, 800×1200,  
800×1600, 850×1700, 900×900, 900×1800, 900×2000, 1000×2000

- 注: 1. 钢板牌号采用普通碳素钢的 Q195、Q215、Q235A 号钢, 成分符合 GB/T700—1988 规定。  
2. 反复弯曲次数系将试样垂直夹在钳口半径 3mm 的虎钳中, 向两边弯曲 90°角至折断时能经受的反复弯曲次数。  
3. 镀锌强度 (锌层脱落) 试验, 系指试样弯曲到 180°角 (90°角) 时, 不应有露出钢板表面的镀锌层脱落 (在距试样边部 5mm 内允许有锌层脱落)。  
4. 钢板适用于建筑、农机、轻纺、化工、车辆、包装和生活用具等行业。  
5. 标记示例: 尺寸为 0.50mm×900mm×1800mm, 一般用途钢板 (Y), 表面质量 A 组, 钢号为 Q195 的单张热镀锌薄钢板, 标记为: 热镀锌薄钢板  $\frac{0.50 \times 900 \times 1800 \cdot Y \cdot A \cdot YB/T 5131 - 1993}{Q195 \cdot GB/T 700 - 1988}$ 。

5.2.9 热处理弹簧钢带 (见表 3.1-184~表 3.1-187)

表 3.1-184 热处理弹簧钢带厚度及宽度的允许偏差 (摘自 YB/T5063—1993) (mm)

偏差项目	钢带厚度	精度		
		普通 (P)	较高 (J)	高级 (G)
钢带厚度的允许偏差	0.08~0.15	-0.02	-0.015	-0.010
	>0.15~0.25	-0.03	-0.02	-0.015
	>0.25~0.40	-0.04	-0.03	-0.02
	>0.40~0.70	-0.05	-0.04	-0.03
	>0.70~0.90	-0.07	-0.05	-0.04
	>0.90~1.10	-0.09	-0.06	-0.05
	>1.10~1.50	-0.11	-0.08	-0.06
钢带宽度的允许偏差	0.08~0.50	-0.3	-0.2	-0.1
	>0.50~1.00	-0.4	-0.3	-0.2
	>1.00~1.50	-0.5	-0.4	-0.3
压扁钢丝制成的钢带宽度允许偏差	钢带厚度 ≤2.0	-0.20	-0.15	-0.10
	>2.0~3.5	-0.30	-0.25	-0.20
	>3.5~5.0	-0.40	0.3	-0.25
	>5.0	-0.50	-0.4	-0.30

注: 本表规定的允许偏差为下偏差, 其上偏差均为“0”(零)。



表 3.1-185 热处理弹簧钢带厚度和宽度(摘自 YB/T5063-1993)

(mm)

钢带 厚度	钢															宽 度																																							
	1.5	1.6	1.8	2	2.2	2.5	2.8	3	3.6	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100															
0.08	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
0.10	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
0.11	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
0.12	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
0.14	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
0.15	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
0.16	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
0.18	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
0.20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
0.22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
0.23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
0.25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
0.26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
0.30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
0.32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
0.36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
0.40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
0.45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
0.90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
1.10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1.50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

注:1. 厚度为0.10~0.18mm,宽度大于40mm的钢带按供需双方协议生产。“X”表示有产品生产。  
 2. Ⅰ级强度钢带厚度不大于0.8mm,Ⅰ级强度钢带的厚度不大于1.0mm。  
 3. 钢带长度应不小于4m,允许交付长度不短于2m的钢带,但不超过总交货量的20%。  
 4. 粗线左边的钢带一般用钢丝压扁制成。  
 5. 钢带按机械强度分为:Ⅰ级强度钢带—Ⅰ,Ⅱ级强度钢带—Ⅱ,Ⅲ级强度钢带—Ⅲ,按制造精度分为:普通级精度钢带—P,较高级精度钢带—J,高级精度钢带—G;按边缘状态分为:切边钢带—Q,磨边钢带—M,压扁钢丝制成的钢带—Y;按表面颜色分为:抛光钢带—Po,光亮钢带—Gn,经色调处理的钢带—S,灰色钢带—A。  
 6. 标记示例:用T8A号钢制造的Ⅰ级强度,高级精度,切边,抛光,厚度为0.55mm,宽度为100mm的钢带,标记为:  
 钢带 T8A-I-G-Q-Po-0.55×100-YB/T5063-1993。

表 3.1-186 热处理弹簧钢带的力学性能 (摘自 YB/T5063-1993)

强度级别	$\sigma_b$ /MPa	HV
I	1300~1600	375~485
II	1610~1900	486~600
III	>1900	>600

- 注: 1. 钢带仅进行拉力试验。根据需方要求, 厚度不小于 0.25mm 的钢带可进行硬度试验, 这时不再做拉力试验。  
 2. 硬度允许与表中有正负 10 个单位的偏差。  
 3. 根据需方要求, 强度级别为 I、II 级的可进行伸长率测定, 其指标应不小于 2.5%。  
 4. 根据需方特殊要求, 可供应强度为 1700~2000MPa 的钢带, 其伸长率应不小于 2.5%。反复弯曲次数按 I 级规定, HV 为 525~650。钢带的强度和硬度试验不同时进行, 仅作一种试验。  
 5. 根据需方要求, 经双方协议, 对 III 级强度的钢带, 其强度值可以规定上限。  
 6. 钢带适于制造各种弹簧之用。

表 3.1-187 热处理弹簧钢带反复弯曲试验指标 (摘自 YB/T5063-1993)

钢带厚度 /mm	钳口半径 /mm	反复弯曲次数 $\geq$					
		I 级		II 级		III 级	
		65Mn T7A T8A	T9A, T10A 60Si2MnA 70Si2CrA	65Mn T7A T8A	T9A, T10A 60Si2MnA 70Si2CrA	65Mn T7A T8A	T9A, T10A 60Si2MnA 70Si2CrA
0.08	1	29	26	25	20	20	16
0.10	1	26	24	22	18	18	14
0.11	1	23	20	20	16	16	13
0.12	1	20	17	17	14	15	12
0.14	1	17	15	13	11	9	7
0.15	2	31	22	22	18	18	15
0.16	2	28	21	21	16	17	14
0.18	2	25	19	19	15	15	12
0.20	2	23	18	17	14	13	10
0.22	2	20	17	15	12	11	9
0.23	2	18	16	13	11	9	7
0.25	2	17	15	12	10	7	6
0.26	2	14	13	10	9	6	3
0.28	4	37	30	26	21	21	17
0.30	4	35	29	26	20	19	16
0.32	4	33	27	24	19	18	15
0.35	4	31	26	22	18	16	13
0.36	4	30	25	21	17	15	12
0.40	4	26	24	19	15	12	10
0.45	4	22	20	15	13	8	6
0.50	6	31	25	22	18	19	15
0.55	6	29	23	20	16	16	12
0.60	6	25	21	17	14	11	7
0.65	6	21	18	13	10	7	5
0.70	6	20	17	12	9	5	3
0.80	8	17	14	11	9	3	2
0.90	8	14	12	7	4	—	—
1.00	8	12	10	2	1	—	—

- 注: 1. 厚度大于 1mm 的 I 级强度钢带, 不进行反复弯曲试验。  
 2. 厚度为中间规格的钢带, 其反复弯曲次数按相邻大尺寸的规定。

5.2.10 冷轧电镀锡薄钢板 (见表 3.1-188)

表 3.1-188 冷轧电镀锡薄钢板规格 (摘自 GB/T2520-2000)

分类方法	按成型形状		按钢级		按钢基			按退火方式		按表面外观					按镀锡量/g·m <sup>2</sup>		按钝化种类			按表面质量		
	镀锡板	镀锡卷板	一次冷轧板	二次冷轧板	MR	L	D	箱式退火	连续退火	光亮表面	石纹表面	银光表面	无光表面	等厚镀层 (两面镀锡量相等)	差厚镀层 (两面镀锡量不等)	阴极化学钝化	化学钝化	低铬钝化	I级镀锡板	II级镀锡板		
表示代号	P	C	TH50-SE TH52+SE TH55+SE TH57-SE TH61+SE TH65+SE	T550+SE T580+SE T620+SE T660+SE T690+SE	MR (绝大多数食品包装和其他用途)	L (高耐蚀性,用于超深冲,耐时效,性能稳定,深冲后表面光滑)	D (铝镇静钢,用于超深冲,耐时效,性能稳定,深冲后表面光滑)			BA	CA	B	St	S	M	1.0/1.0, 1.5/1.5 2.0/2.0, 2.8/2.8 4.0/4.0, 5.0/5.0 5.6/5.6, 8.4/8.4 11.2/11.2	D5.6/2.8 D8.4/2.8 D8.4/5.6 D11.2/2.8 D11.2/5.6 D11.2/8.4	CE	CP	LCr	I	II
尺寸规格	厚度:公称厚度为0.005mm的倍数,一次冷轧板公称厚度0.17~0.55mm,二次冷轧板公称厚度0.14~0.29mm。宽度:不小于500mm。长度:板状或卷状,在合同中注明																					

- 注: 1. 钢板钢基的化学成分应符合 GB/T2520-2000 的规定。  
 2. 冷轧镀锡板的力学性能应符合 GB/T2520-2000 的规定。  
 3. 差厚镀锡板标记方法示例:  
 D2.8/5.6: 标记面为薄镀层(2.8)面。对于钢板,标记面为上表面;对于板卷,标记面为外表面  
 D5.6/2.8: 标记面为厚镀层(5.6)面。对于钢板,标记面为上表面;对于板卷,标记面为外表面  
 2.8/5.6D: 标记面为厚镀层(5.6)面。对于钢板,标记面为下表面;对于板卷,标记面为内表面  
 5.6/2.8D: 标记面为薄镀层(2.8)面。对于钢板,标记面为下表面;对于板卷,标记面为内表面  
 4. 钢板适于制作仪表机壳件、文具玩具壳件、食品罐盒件等。  
 5. 钢板标记方法示例:  
 a. 一次冷轧镀锡板,钢级 TH61+SE, MR类,箱式退火(BA),石纹表面(St),等厚镀层 2.8g/m<sup>2</sup>,厚度 0.22mm,宽度 800mm,长度 900mm,标记为: P-GB/T2520-TH61+SE-2.8/2.8-0.22×800×900-MR-BA-St。  
 b. 二次冷轧镀锡板卷,钢级 T620+SE, MR类,连续退火(CA),镀锡量一面为 8.4g/m<sup>2</sup>,另一面为 5.6g/m<sup>2</sup>,厚度 0.18mm,宽度 750mm,标记为: C-GB/T2520-T620+SE-D8.4/5.6-0.18×750-MR-CA。

5.2.11 合金结构钢薄钢板 (见表 3.1-189~表 3.1-191)

表 3.1-189 合金结构钢薄钢板的牌号及化学成分 (摘自 YB/T5132-1993)

牌号	化学成分 (质量分数) (%)						
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu 不大于
				不大于			
12Mn2A	0.08~0.17	0.17~0.37	1.20~1.60	0.030	0.030	-	0.25
16Mn2A	0.12~0.20	0.17~0.37	2.00~2.40	0.030	0.030	-	0.25
38CrA	0.34~0.42	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	0.80~1.10	0.25
其他牌号的 规定	优质钢: 35B、40B、50B、15Cr、20Cr、30Cr、35Cr、40Cr、50Cr、12CrMo、15CrMo、20CrMo、30CrMo、35CrMo、12CrMoV、12Cr1MoV、20CrNi、40CrNi、20CrMnTi、20CrMnSi 高级优质钢: 45Mn2A、50BA、15CrA、30CrMnSiA、20CrMnSiA、25CrMnSiA、35CrMnSiA 等牌号的化学成分应符合 GB/T3077 合金结构钢的规定						

注: 钢板为热轧或冷轧,厚度不大于 4mm,其尺寸规格应符合 GB/T708 和 GB/T709 的规定。

表 3.1-190 合金结构钢薄钢板的力学性能 (摘自 YB/T5132—1993)

牌号	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_{10}$ (%) $\geq$	牌号	$\sigma_b$ /MPa	$\delta_{10}$ (%) $\geq$
12Mn2A	390~570	22	30Cr <sup>J</sup>	490~685	17
16Mn2A	490~635	18	35Cr <sup>J</sup>	540~735	16
45Mn2A <sup>①</sup>	590~835	12	38CrA	540~735	16
35B	490~635	19	40Cr	540~785	14
40B	510~655	16	20CrMnSiA	440~685	18
45B	540~685	16	25CrMnSiA	490~685	18
50B、50BA	540~715	14	30CrMnSi、30CrMnSiA	490~735	16
15Cr <sup>①</sup> 、15CrA <sup>①</sup>	390~590	19	35CrMnSiA <sup>①</sup>	590~785	14
20Cr	390~590	18			

- 注：1. 钢板厚度不大于 0.9mm 时，伸长率仅供参考。  
 2. 钢板应热处理（正火，退火、正火后回火或高温回火）后交货，在保证符合 YB/T5132—1993 其他规定条件时，可以不经热处理交货。  
 3. 表面质量按 I 组（冷轧）、II 组（冷轧）供应的钢板应按酸洗后交货；III 组（冷轧或热轧），IV 组（热轧）表面的钢板不经酸洗交货，按需方要求也可酸洗交货。  
 4. 本表未列入的牌号的性能指标，按供需双方协议。  
 ① 性能指标只供参考，不作报废依据。

表 3.1-191 合金结构钢薄钢板的杯突试验冲压深度 (摘自 YB/T5132—1993)

厚度/mm	牌号			厚度/mm	牌号		
	12Mn2A	16Mn2A、25CrMnSiA	30CrMnSiA		12Mn2A	16Mn2A、25CrMnSiA	30CrMnSiA
0.5	7.3	6.6	6.5	0.8	8.5	7.5	7.2
0.6	7.7	7.0	6.7	0.9	8.8	7.7	7.5
0.7	8.0	7.2	7.0	1.0	9.0	8.0	7.7

注：冷冲压用厚度 0.5~1.0mm 的表列牌号的钢板，应作杯突试验，冲压深度应符合本表规定。

5.2.12 不锈钢冷轧钢板 (见表 3.1-192~表 3.1-194)

表 3.1-192 不锈钢冷轧钢板尺寸规格 (摘自 GB/T3280—1992) (mm)

尺寸规格	钢板尺寸及其允许偏差符合 GB/T708 规定					
钢板平面度	$\leq 10\text{mm/m}$					
冷作硬化状态 钢板的平面度	宽度	厚度	平面度最大允许值			
			DY	BY	Y、TY	
	$\geq 600 \sim < 1000$	$< 0.40$	$< 0.40$	13	19	按供需双方 协议规定
			$\geq 0.40 \sim < 0.80$	16	22	
			$\geq 0.80$	19	22	
	$\geq 1000 \sim < 1219$	$< 0.40$	$< 0.40$	16	26	
$\geq 0.40 \sim < 0.80$			19	29		
$\geq 0.80$			25	29		

- 注：1. 冷作硬化钢板平面度，数值仅适用于 2Cr13Mn9Ni4 和 1Cr17Ni7，其他牌号不同冷硬状态的平面度由供需双方协商。  
 2. DY、BY、Y、TY 分别表示低冷作硬化、半冷作硬化、冷作硬化、特别冷作硬化四种状态。

表 3.1-193 不锈钢冷轧钢板的牌号及力学性能 (摘自 GB/T3280—1992)

牌号	热处理 种类	拉伸试验			硬度试验			弯曲试验 180° d—弯心直径 a—钢板厚度
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	HBS	HRB	HV	
1Cr17Mn6Ni5N	固 溶 处 理	$\geq 245$	$\geq 635$	$\geq 40$	$\leq 241$	$\leq 100$	$\leq 253$	—
1Cr18Mn8Ni5N		$\geq 245$	$\geq 590$	$\geq 40$	$\leq 207$	$\leq 95$	$\leq 218$	
2Cr13Mn9Ni4		—	$\geq 635$	$\geq 42$	—	—	—	
1Cr17Ni7		$\geq 205$	$\geq 520$	$\geq 40$	$\leq 187$	$\leq 90$	$\leq 200$	
1Cr17Ni8		$\geq 205$	$\geq 570$	$\geq 45$	$\leq 187$	$\leq 90$	$\leq 200$	
1Cr18Ni9		$\geq 205$	$\geq 520$	$\geq 40$	$\leq 187$	$\leq 90$	$\leq 200$	
1Cr18Ni9Si3		$\geq 205$	$\geq 520$	$\geq 40$	$\leq 207$	$\leq 95$	$\leq 218$	
0Cr18Ni9		$\geq 205$	$\geq 520$	$\geq 40$	$\leq 187$	$\leq 90$	$\leq 200$	

(续)

牌号	热处理 种类	拉伸试验			硬度试验			弯曲试验	
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	HBS	HRB	HV	180° $d$ —弯心直径 $a$ —钢板厚度	
00Cr19Ni10	固 溶 处 理	≥177	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr19Ni9N		≥275	≥550	≥35	≤217	≤95	≤220		
0Cr19Ni10NbN		≥345	≥685	≥35	≤250	≤100	≤260		
00Cr18Ni10N		≥245	≥530	≥40	≤217	≤95	≤220		
1Cr18Ni12		≥177	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr23Ni13		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr25Ni20		≥250	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr17Ni12Mo2		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
00Cr17Ni14Mo2		≥177	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr17Ni12Mo2N		≥275	≥550	≥35	≤217	≤95	≤200		
00Cr17Ni13Mo2N		≥245	≥550	≥40	≤217	≤95	≤200		
0Cr18Ni12Mo2Ti		≥205	≥530	≥35	≤187	≤90	≤200		
1Cr18Ni12Mo2Ti		≥205	≥530	≥35	≤187	≤90	≤200		
0Cr18Ni12Mo2Cu2		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
00Cr18Ni14Mo2Cu2		≥177	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr18Ni2Mo3Ti		≥205	≥530	≥35	≤187	≤90	≤200		
1Cr18Ni12Mo3Ti		≥205	≥530	≥35	≤187	≤90	≤200		
0Cr19Ni13Mo3		≥205	≥530	≥40	≤187	≤90	≤200		
00Cr19Ni13Mo3		≥177	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr18Ni16Mo5		≥177	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr18Ni10Ti		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
1Cr18Ni9Ti		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr18Ni11Nb		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200		
0Cr18Ni13Si4		≥205	≥520	≥40	≤207	≤95	≤218		
00Cr18Ni5Mo3Si2		≥390	≥590	≥20	—	≤30	≤300		
1Cr18Ni11Si4AlTi		—	≥715	≥30	—	—	—		
1Cr21Ni5Ti		—	≥635	≥20	—	—	—		
0Cr26Ni5Mo2		≥390	≥590	≥18	277	≤29	≤292		
0Cr13Al		退 火 处 理	≥175	≥410	≥20	≤183	≤88	≤200	$a < 8\text{mmd} = a$ $a \geq 8\text{mmd} = 2a$
00Cr12			≥190	≥365	≥22	≤183	≤88	≤200	$d = 2a$
1Cr15	≥205		≥450	≥22	≤183	≤88	≤200	$d = 2a$	
1Cr17	≥205		≥450	≥22	≤183	≤88	≤200	$d = 2a$	
00Cr17	≥175		≥365	≥22	≤183	≤88	≤200	$d = 2a$	
1Cr17Mo	≥205		≥450	≥22	≤183	≤88	≤200	$d = 2a$	
00Cr17Mo	≥245		≥410	≥20	≤217	≤90	≤230	$d = 2a$	
00Cr18Mo2	≥245		≥410	≥20	≤217	≤96	≤230	$d = 2a$	
00Cr30Mo2	≥295		≥450	≥22	≤209	≤95	≤220	$d = 2a$	
00Cr27Mo	≥245		≥410	≥20	≤190	≤90	≤200	$d = 2a$	
1Cr12	≥205		≥440	≥20	≤200	≤93	≤210	$d = 2a$	
0Cr13	≥205		≥440	≥20	≤200	≤93	≤210	$d = 2a$	
1Cr13	≥205		≥440	≥20	≤183	≤88	≤200	$d = 2a$	
2Cr13	≥225		≥520	≥18	≤223	≤97	≤234	—	
3Cr13	≥225		≥540	≥18	≤235	≤99	≤247	—	
4Cr13	≥225		≥590	≥15				—	
3Cr16	≥225		≥520	≥18	≤241	≤100	≤253	—	
7Cr17	≥245		≥590	≥15	≤225	HRC≤25	≤269	—	
1Cr17Ni2			≥1080	≥10				—	

(续)

牌号	热处理种类	拉伸试验			硬度试验				弯曲试验 180° d—弯心直径 a—钢板厚度
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	HBS	HRC	HRB	HV	
0Cr17Ni7Al	固溶处理	≤380	≤1030	≥20	≤190	—	≤92	≤200	—
	565°C 时效	≥960	≥1140	$a \leq 3.0\text{mm}$ ≥3 $a > 3.0\text{mm}$ ≥5	—	≥35	—	≥345	
	510°C 时效	≥1030	≥1230	$a \leq 3.0\text{mm}$ 不作规定 $a > 3.0\text{mm}$ ≥4	—	≥40	—	≥392	
3Cr13、4Cr13、7Cr17	淬火、回火处理	—	—	—	—	≥40	—	—	—

注：屈服强度及硬度，当需方要求并在合同中注明才进行测定。按钢板尺寸和状态在硬度试验中取其中一种方法即可。弯曲试验也是需方要求并在合同中注明才进行检验。

表 3.1-194 不锈钢冷轧钢板不同冷作硬化状态的力学性能 (摘自 GB/T3280—1992)

牌号	状态符号	拉伸试验				
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)		
				厚度 >0.4mm	厚度>0.4mm <0.8mm	厚度 ≥0.8mm
2Cr13Mn9Ni4	TY	—	≥980	≥15		
1Cr17Ni	DY	≥510	≥865	≥25	≥25	≥25
	BY	≥755	≥1030	≥9	≥10	≥10
	Y	≥930	≥1210	≥3	≥5	≥7
	TY	≥960	≥1270	≥3	≥4	≥5

注：1. 表列以外的牌号，以冷作硬化状态交货的力学性能及硬度由供需双方协商规定。  
2. 钢板适于耐腐蚀、防锈以及装潢等场合的应用。

5.2.13 耐热钢板 (见表 3.1-195)

表 3.1-195 耐热钢板尺寸规格、牌号及力学性能 (摘自 GB/T4238 -1992)

尺寸规格	耐热钢冷轧钢板尺寸及允许偏差符合 GB/T708 规定，平面度小于等于 10mm/m 耐热钢热轧钢板尺寸及允许偏差符合 GB/T709 规定，平面度小于等于 15mm/m							
	牌号	热处理	拉伸试验			硬度试验		
屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	HBS	HRB	HV	
2Cr23Ni13	固溶处理	≥205	≥560	≥40	≤201	≤95	≤210	—
2Cr25Ni20		≥205	≥590	≥35	≤201	≤95	≤210	
1Cr16Ni35		≥205	≥560	≥35	≤201	≤95	≤210	
0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	时效处理	—	≤725	≥25	≤192	≤91	≤202	
1Cr18Ni9Si3	固溶处理	≥590	≥900	≥15	≥248	≥101	≥261	
0Cr18Ni9		≥205	≥520	≥40	≤207	≤95	≤218	
0Cr23Ni13		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	
0Cr23Ni13		≥205	≥540	≥40	≤187	≤90	≤200	
0Cr25Ni20		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	
0Cr17Ni12Mo2		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	
0Cr19Ni13Mo3		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	
1Cr18Ni19Ti <sup>Ⓒ</sup>		≥205	≥520	≥40	≤187 <sup>Ⓒ</sup>	≤90	≤200	
0Cr18Ni10Ti		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	
0Cr18Ni10Nb		≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	
0Cr18Ni13Si4		≥205	≥520	≥10	≤207	≤90	≤218	
1Cr20Ni14Si2 <sup>Ⓒ</sup>		—	≥590	≥40	—	—	—	
1Cr25Ni20Si2 <sup>Ⓒ</sup>		—	≥540	≥35	—	—	—	

(续)

牌号	热处理	拉伸试验			硬度试验			弯曲试验	
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	HBS	HRB	HV	弯曲 角度	$d$ 弯心直径 $a$ 钢板厚度
1Cr19Al	退火	$\geq 245$	$\geq 440$	$\geq 15$	$\leq 210$	$\leq 95$	$\leq 220$	—	—
0Cr11Ti		$\geq 175$	$\geq 365$	$\geq 22$	$\leq 162$	$\leq 80$	$\leq 175$	180°	$a < 8\text{mm}$ $d = a$ $a \geq 8\text{mm}$ $d = 2a$
2Cr23N		$\geq 275$	$\geq 510$	$\geq 20$	$\leq 201$	$\leq 95$	$\leq 210$	135°	$a < 8\text{mm}$ $d = a$ $a \geq 8\text{mm}$ $d = 2a$
0Cr13Al		$\geq 175$	$\geq 410$	$\geq 20$	$\leq 183$	$\leq 88$	$\leq 200$	180°	$a < 8\text{mm}$ $d = a$ $a \geq 8\text{mm}$ $d = 2a$
0Cr12		$\geq 185$	$\geq 365$	$\geq 22$	$\leq 183$	$\leq 88$	$\leq 200$	180°	$d = 2a$
1Cr17		$\geq 205$	$\geq 450$	$\geq 22$	$\leq 183$	$\leq 88$	$\leq 200$	180°	$d = 2a$
0Cr17Ni7Al	固溶处理	$\leq 380$	$\leq 1030$	$\geq 20$	$\leq 190$	$\leq 92$	$\leq 200$	—	—
	565°C 时效	$\geq 960$	$\geq 1140$	厚度 $\leq 3.0\text{mm}$ $\geq 3$ 厚度 $> 3.0\text{mm}$ $\geq 5$	—	HRC: $\geq 35$	$\geq 345$		
	510°C 时效	$\geq 1030$	$\geq 1230$	厚度 $\leq 3.0\text{mm}$ 不规定 厚度 $> 3.0\text{mm}$ $\geq 4$	—	HRC: $\geq 40$	$\leq 392$		
1Cr12	退火	$\geq 205$	$\geq 440$	$\geq 20$	$\leq 200$	$\leq 93$	$\leq 210$	180°	$d = 2a$
1Cr13	退火	$\geq 205$	$\geq 440$	$\geq 20$	$\leq 200$	$\leq 93$	$\leq 210$	180°	$d = 2a$

注：1. 各类钢板的硬度和屈服强度，仅在需方要求时（合同中注明）才进行测定。

2. 本表硬度试验可根据钢板的不同尺寸和状态按其中一种方法检验。

3. 1Cr18Ni9Ti, 1Cr20Ni14Si2, 1Cr25Ni20Si2, 1Cr25Ni20Si2 钢板厚度  $> 25\text{mm}$  时，力学性能仅供参考。

4. 1Cr18Ni9Ti 的硬度值征得用户同意，允许  $\text{HB} \leq 197$ 。

5. 牌号化学成分按 GB/T4238—1992 的规定。

6. 耐热钢板适用于汽轮机、锅炉、石油工业、化工设备、工业炉构件以及在高温条件下工作的各种构件的制作。

### 5.2.14 不锈钢热轧钢板（见表 3.1-196、表 3.1-197）

表 3.1-196 不锈钢热轧钢板牌号及尺寸规格（摘自 GB/T4237—1992）

类型	牌 号	尺寸规格
奥氏体型	1Cr17Mn6Ni5N, 1Cr18Mn8Ni5N, 1Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Si3, 0Cr19Ni9, 00Cr19Ni10, 0Cr19Ni9N, 0Cr19Ni10NbN, 00Cr18Ni10N, 1Cr18Ni12, 0Cr23Ni13, 0Cr25Ni20, 0Cr17Ni12Mo2, 00Cr17Ni14Mo2, 0Cr17Ni12Mo2N, 00Cr17Ni13Mo2N, (1Cr18Ni12Mo2Ti), 0Cr18Ni12Mo2Ti, (1Cr18Ni12Mo3Ti), 0Cr18Ni12Mo3Ti, 0Cr18Ni12Mo2Cu2, 00Cr18Ni14Mo2Cu2, 0Cr19Ni13Mo3, 00Cr19Ni13Mo3, 0Cr18Ni16Mo5, (1Cr18Ni9Ti), 0Cr18Ni10Ti, 0Cr18Ni11Nb, 0Cr18Ni13Si4	钢板尺寸及允许偏差 按 GB/T709 的规定 钢板平面度： 板厚 $\leq 25\text{mm}$ ，平面度 $\leq 15\text{mm/m}$ 板厚 $> 25\text{mm}$ ，平面度 由供需双方协商
奥氏体—铁素体型	0Cr26Ni5Mo2, 00Cr18Ni5Mo3Si2	
铁素体型	0Cr13Al, 00Cr12, 1Cr15, 1Cr17, 1Cr17Mo, 00Cr17Mo, 00Cr18Mo2, 00Cr30Mo2, 00Cr27Mo	
马氏体型	1Cr12, 1Cr13, 0Cr13, 2Cr13, 3Cr13, 3Cr16, 7Cr17, 4Cr13	
沉淀硬化型	0Cr17Ni17Al	

注：1. 括号内牌号为不推荐使用。

2. 牌号的化学成分和力学性能按 GB/T1220—1992 相应牌号的规定。

3. 钢板适于制作石油工业、化工行业、纺织、航空、食品工业、医疗器械等有耐蚀性要求的容器、构件及各种零件等。

表 3-1-197 不锈钢热轧钢板的耐腐蚀性能 (摘自 GB/T4237—1992)

10% (质量分数)草酸浸蚀试验的判别	牌号	试验状态	硫酸-硫酸铁 腐蚀试验	65%硝酸 腐蚀试验	硝酸-氢氟酸 腐蚀试验	硫酸-硫酸铜 腐蚀试验
	0Cr18Ni9	交货状态 (固溶处理)	沟状组织	—	沟状组织 凹状组织 I	—
0Cr17Ni12Mo2	—					
0Cr18Ni12Mo2Cu2	—					
0Cr19Ni13Mo3	敏化处理	沟状组织	—	沟状组织 凹状组织 I	—	—
00Cr19Ni10				—		
00Cr17Ni14Mo2				—		
00Cr18Ni14Mo2Cu2				—		
00Cr19Ni13Mo3	—	—	—	—	—	沟状组织
0Cr18Ni10Ti	—	—	—	—	—	—
0Cr18Ni11Nb	—	—	—	—	—	—

硫酸-硫酸铁腐 蚀试验的腐蚀量	牌号	试验状态	腐蚀量
	0Cr18Ni9	交货状态 (固溶状态)	—
0Cr17Ni12Mo2			
0Cr18Ni12Mo2Cu2			
0Cr19Ni13Mo3			
00Cr19Ni10	敏化处理	—	按供需双方协议
00Cr17Ni14Mo2			
00Cr18Ni14Mo2Cu2			
00Cr19Ni13Mo3			

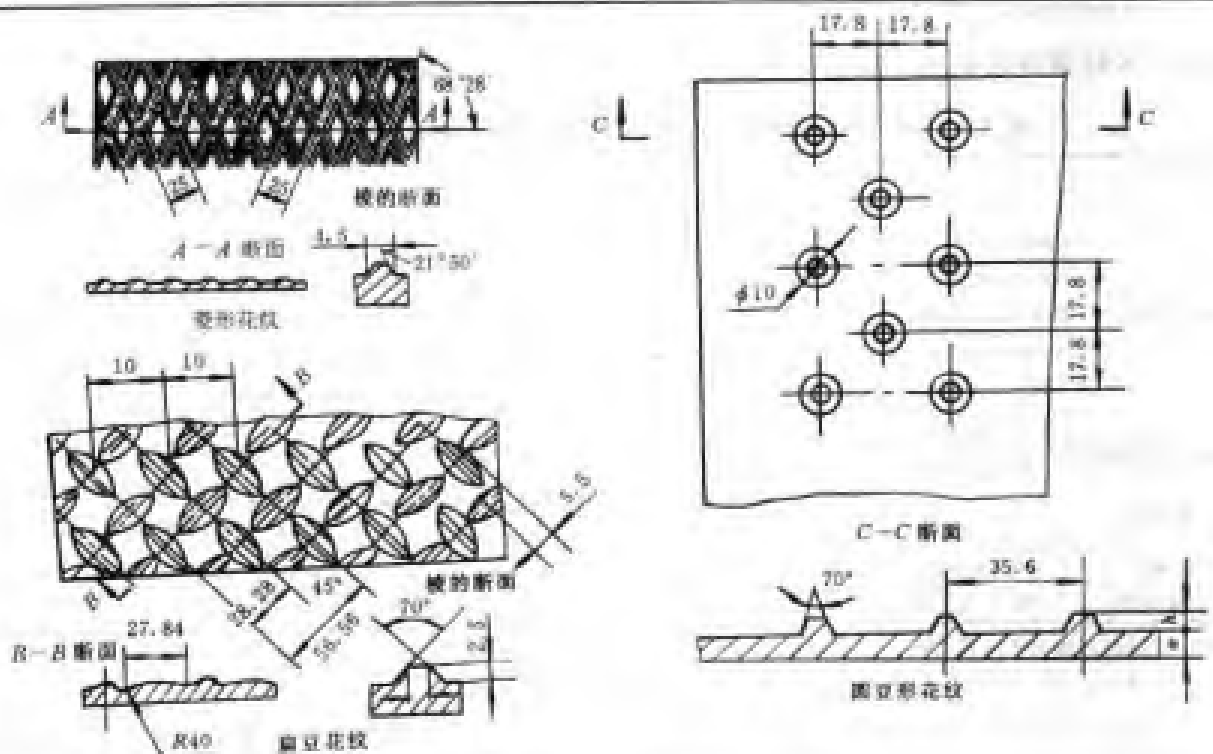
65% (质量分 数)硝酸腐蚀试验 的腐蚀量	牌号	试验状态	腐蚀量
	0Cr18Ni9	交货状态 (固溶状态)	—
00Cr19Ni10			
00Cr19Ni10	敏化处理	—	按供需双方协议
00Cr17Ni14Mo2			
00Cr18Ni14Mo2Cu2			
00Cr19Ni13Mo3			

硝酸-氢氟酸腐 蚀试验的腐蚀度 比	牌号	腐蚀度比	牌号	腐蚀度比
	0Cr17Ni12Mo2	≤1.5	00Cr17Ni14Mo2	≤1.5
0Cr18Ni12Mo2Cu2	≤1.5	00Cr18Ni14Mo2Cu2	≤1.5	
0Cr19Ni13Mo3	≤1.5	00Cr19Ni13Mo3	≤1.5	

5.2.15 花纹钢板 (见表 3.1-198)

表 3.1-198 花纹钢板尺寸规格 (摘自 GB/T3277—1991)





(续)

基本厚度/mm	基本厚度允许偏差/mm	理论重量/kg·m <sup>-2</sup>			基本厚度/mm	基本厚度允许偏差/mm	理论重量/kg·m <sup>-2</sup>		
		菱形	扁豆	圆豆			菱形	扁豆	圆豆
2.5	±0.3	21.6	21.3	21.1	5.5	-0.5	46.2	44.3	44.1
3.0	±0.3	25.6	24.4	24.3		+0.5			
3.5	±0.3	29.5	28.4	28.3	6.0	-0.6	50.1	48.4	48.1
4.0	±0.4	33.4	32.4	32.3		+0.6			
4.5	±0.4	37.3	36.4	36.2	7.0	-0.7	59.0	52.6	52.4
	+0.4					+0.6			
5.0	-0.5	12.3	40.5	40.2	8.0	-0.8	66.8	56.4	56.2
	-0.4								

- 注：1. 钢板宽度为600~1800mm，按50mm进级；长度为2000~12000mm，按100mm进级。  
 2. 花纹纹高不小于基板厚度0.2倍。图中尺寸不作为成品检查依据。  
 3. 钢板用钢的牌号按GB/T700、GB/T712、GB/T4171规定。  
 4. 钢板力学性能不作保证，当需方有要求时，按有关标准规定，也可由双方协定。  
 5. 钢板以热轧状态交货，适于制作厂房地板，厂房扶梯，工作架踏板、汽车薄板、船舶甲板等。  
 6. 标记示例：用Q235A制成的尺寸为4mm×1000mm×1000mm，圆豆形花纹钢板，标记为：  
 圆豆形花纹钢板 Q235A-4×1000×4000-GB/T3277-1991。

5.2.16 压力容器用钢板 (见表 3.1-199~表 3.1-202)

表 3.1-199 压力容器用钢板尺寸规格 (GB6654-1996)

(mm)

公称厚度	负偏差	宽 度														
		600 ~750	>750 ~1000	>1000 ~1200	>1200 ~1500	>1500 ~1700	>1700 ~1800	>1800 ~2000	>2000 ~2300	>2300 ~2500	>2500 ~2600	>2600 ~2800	>2800 ~3000	>3000 ~3200	>3200 ~3400	>3400 ~3600
正 偏 差																
>6 ~7.5	0.45	0.55	0.60	0.60	0.75	0.75	0.75	0.80								
>7.5 ~10	0.75	0.75	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	1.00	1.15	1.15	1.15					
>10 ~13	0.75	0.75	0.85	0.85	0.95	0.95	0.95	1.05	1.25	1.25	1.25	1.55				
>13 ~25			0.75	0.75	0.85	0.95	1.15	1.35	1.35	1.55	1.65	1.75				
>25 ~30			0.85	0.85	0.95	1.05	1.25	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85				
>30 ~34			0.95	1.05	1.05	1.15	1.35	1.55	1.65	1.75	1.95	2.05				
>34 ~40			1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.75	1.85	1.95	2.15	2.25				
>40 ~50			1.35	1.45	1.55	1.65	1.75	1.95	2.05	2.15	2.35	2.45				
>50 ~60			1.65	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	2.15	2.25	2.35	2.55				
>60 ~80					2.55	2.55	2.55	2.55	2.65	2.75	2.85	2.85	2.85	2.85	2.95	2.95
>80 ~100					2.95	2.95	2.95	2.95	3.05	3.05	3.05	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
>100 ~120					3.25	3.25	3.25	3.35	3.45	3.45	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55
尺寸规格标准	钢板尺寸及外形要求按 GB/T709-1988 热轧钢板和钢带的规定															

表 3.1-200 压力容器用钢板公称厚度的附加值 (GB6654-1996)

(mm)

公称厚度	宽 度															
	600 ~750	>750 ~1000	>1000 ~1200	>1200 ~1500	>1500 ~1700	>1700 ~1800	>1800 ~2000	>2000 ~2300	>2300 ~2500	>2500 ~2600	>2600 ~2800	>2800 ~3000	>3000 ~3200	>3200 ~3400	>3400 ~3600	>3600 ~3800
计算重量的厚度附加值																
>6~7.5	0.10	0.15	0.18	0.18	0.25	0.25	0.25	0.28								
>7.5~10	0.25	0.25	0.30	0.30	0.32	0.32	0.32	0.38	0.45	0.45	0.45					
>10~13	0.25	0.25	0.30	0.30	0.35	0.35	0.35	0.40	0.50	0.50	0.50	0.65				
>13~25			0.25	0.25	0.30	0.35	0.45	0.55	0.55	0.65	0.70	0.75				
>25~30			0.30	0.30	0.35	0.40	0.50	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80				
>30~34			0.35	0.40	0.40	0.45	0.55	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90				
>34~40			0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85	0.95	1.00				

(续)

公称厚度	宽 度															
	600 ~750	>750 ~1000	>1000 ~1200	>1200 ~1500	>1500 ~1700	>1700 ~1800	>1800 ~2000	>2000 ~2300	>2300 ~2500	>2500 ~2600	>2600 ~2800	>2800 ~3000	>3000 ~3200	>3200 ~3400	>3400 ~3600	>3600 ~3800
计算重量的厚度附加值																
>40~50			0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.85	0.90	0.95	1.05	1.10				
>50~60			0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.95	1.00	1.05	1.15				
>60~80					1.15	1.15	1.15	1.15	1.20	1.25	1.30	1.30	1.30	1.30	1.35	1.35
>80~100					1.35	1.35	1.35	1.35	1.40	1.40	1.40	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
>100~120					1.50	1.50	1.50	1.60	1.60	1.60	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65

注：钢板按理论重量交货，用公称厚度加上本表的附加值作为计算重量的理论厚度。

表 3-1-201 压力容器用钢板的力学性能及工艺性能 (摘自 GB6654—1996)

牌号	交货状态	钢板厚度 /mm	拉伸试验			温度 /°C	冲击试验		冷弯试验
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服点 $\sigma_s$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)		V 型冲击吸收功 $A_{kv}$ (横向) /J	$b-2a$ 180°	
20R	热轧、 控轧式 正火	6~16	400~520	245	25	20	31	$d-2a$	
>16~36		235							
>36~60		225							
>60~100		390~510	205	24					
16MnR		6~16	510~640	345	21				
>16~36		490~620	325						
>36~60	470~600	305	20						
>60~100	460~590	285							
>100~120	450~580	275							
15MnVR	正火	6~16	530~665	390	19	0	34	$d=3a$	
>16~36		510~645	370						
>36~60	490~625	350							
15MnVNR	6~16	570~710	410	18					
>16~36	550~690	420							
>36~60	530~670	400							
18MnMoNbR	正火 加回火	36~60	590~740	440	17	31			
>60~100		570~720	410						
13MnNiMoNbR		$\leq 100$	570~720	390	18				
>100~120	380								
15CrMoR	6~60	450~590	295	19	20				
>60~100	275		18						

注：1. 经需方同意，厚度大于 60mm 的 18MnMoNbR、13MnNiMoNbR、15CrMoR 钢板可以退火或回火状态交货。此时，试验用样坯应按表规定进行热处理，样坯尺寸不小于  $3a \times 3a \times a$ 。(a 为钢板厚度)。

2. 钢板应剪切或火焰切割交货，但受设备能力限制时，可根据供需双方协定，允许毛边交货，并在合同中注明。

表 3-1-202 压力容器用钢板高温性能 (GB6654—1996)

牌号	厚度 /mm	下列温度 (°C) 下的 $\sigma_{10.2}$ /MPa						
		200	250	300	350	400	450	500
20R	21~36	186	167	153	139	129	121	—
	>36~60	178	161	147	133	123	116	—
	>60~100	164	147	135	123	113	106	—
16MnR	21~36	255	235	215	200	190	180	—
	>36~60	240	220	200	185	175	165	—
	>60~100	225	205	185	175	165	155	—
>100~120	220	200	180	170	160	150	—	
15MnVR	21~36	295	280	260	240	220	205	—
	>36~60	280	265	245	225	210	195	—
15MnVNR	21~36	340	315	290	270	250	235	—
	>36~60	320	300	275	255	235	220	—
18MnMoNbR	>30~60	380	370	360	350	335	315	—
	>60~100	360	350	340	330	315	295	—
13MnNiMoNbR	30~100	355	350	345	335	305	—	—
	>100~120	345	340	335	325	300	—	—
15CrMoR	>21~60	240	225	210	200	189	179	174
	>60~100	220	210	196	186	176	167	162

注：1. 按需方特殊要求，供需双方协议，对于厚度大于 20mm 钢板可进行高温拉伸试验，试验温度在合同中注明，高温屈服强度值应符合本表规定。

2. 牌号中的“R”表示压力容器“容”字汉语拼音首字母。

3. 牌号的化学成分见 GB/T6654—1996 的规定。

4. 钢板适用于制作中常压压力容器受压元件。

5.2.17 高强度结构钢热处理和控轧钢板和钢带 (见表 3.1-203)

表 3.1-203 高强度结构钢热处理和控轧钢板和钢带牌号、尺寸规格及力学性能 (摘自 GB/T16270-1996)

尺寸规格标准	按 GB/T709-1988 热轧钢板和钢带尺寸、外形、重量及允许偏差的规定									
	牌号	质量等级	屈服强度 (规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ ) $\geq$		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	冲击吸收功 $A_{KV}$ /J			180°冷弯试验 $d$ =弯心直径 $a$ =试样厚度
			厚度/mm				0°C	-20°C	-40°C	
			$\leq 50$	$> 50 \sim 100$						
力学性能	Q420	C D E	420	400	520~670	18	40	40	27	$d=3a$
	Q460	C D E	460	440	550~710	17	40	40	27	$d=3a$
	Q500	D E	500	480	610~770	16	—	40	27	$d=3a$
	Q550	D E	550	530	670~830	16	—	40	27	$d=3a$
	Q620	D E	620	600	720~890	15	—	40	27	$d=3a$
	Q690	D E	690	670	770~940	14	—	40	27	$d=3a$
								不小于		

- 注: 1. 进行拉伸和冷弯试验时, 应取横向试样, 进行冲击试验时, 应取纵向试样。  
 2. 夏比(V型缺口)冲击试验结果, 冲击功按一组三个试样算术平均值计算, 允许其中一个试样单值低于本表规定值, 但不得低于规定值的 70%。  
 3. 当采用 5mm×10mm×55mm 小尺寸试样做冲击试验时, 其试验结果应不小于规定值的 50%。  
 4. 按照表中要求进行冷弯试验不得有裂纹。如生产厂能保证弯曲试验合格, 可不做检验。  
 5. 交货状态: Q420、Q460、Q500、Q550 为淬火加回火、正火加回火、正火、控轧;  
 Q620、Q690 为淬火加回火或其他的热处理方式。  
 6. 本表为交货状态下的力学性能和工艺性能。

5.3 钢管

5.3.1 直缝电焊钢管 (见表 3.1-204~表 3.1-206)

表 3.1-204 直缝电焊钢管外径和壁厚允许偏差 (摘自 GB/T13793-1992) (mm)

外径	外径允许偏差			壁厚	壁厚允许偏差		
	$D_1$	$D_2$	$D_3$		$S_1$	$S_2$	$S_3$
5~20	$\pm 0.10$	$\pm 0.20$	$\pm 0.30$	1.4	+0.06	$\pm 0.12$	$\pm 10\%$
21~30	$\pm 0.10$	$\pm 0.25$	$\pm 0.50$	1.5	-0.11	$\pm 0.13$	
31~40	$\pm 0.15$	$\pm 0.30$	$\pm 0.50$	1.6	+0.07	$\pm 0.14$	
41~50	$\pm 0.20$	$\pm 0.35$	+0.50	1.8		$\pm 0.15$	
51~323.9	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.8\%$	$\pm 1.0\%$	2.0		-0.13	
>323.9	$\pm 0.7\%$	$\pm 0.8\%$	$\pm 1.0\%$	2.2	+0.08	$\pm 0.17$	
壁厚	壁厚允许偏差			2.5		-0.16	
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	2.8	+0.10	$\pm 0.20$	
0.50	+0.03	$\pm 0.06$	$\pm 0.10$	3.0		$\pm 0.22$	
	-0.05	$\pm 0.07$		3.2		-0.20	
0.60	+0.04			3.5			
0.80	-0.07	$\pm 0.08$		3.8		$\pm 10\%$	
1.0	+0.05	$\pm 0.09$		4.0		$\pm 15\%$	
1.2	+0.05	$\pm 0.11$		4.2~5.5		-	
	-0.09			>5.5	-		

- 注: 1. 钢管按制造精度分为:  
 外径高精度钢管 ( $D_1$ ), 外径较高精度钢管 ( $D_2$ ), 外径普通精度钢管 ( $D_3$ );  
 壁厚高精度管 ( $S_1$ ), 壁厚较高精度钢管 ( $S_2$ ), 壁厚普通精度钢管 ( $S_3$ ).  
 2. 外径精度级别, 厚度精度级别应在合同中注明, 未注明者按普通精度执行, 普通精度代号可以省略。

表 3.1-205 直缝电焊钢管尺寸规格 (摘自 GB/T13793—1992)

外径 /mm	壁厚/mm																	
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0
	钢管理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																	
5	0.055	0.065	0.083	0.099														
8	0.092	0.109	0.142	0.173	0.201													
10	0.117	0.139	0.181	0.222	0.260													
12	0.112	0.169	0.221	0.271	0.320	0.366	0.388	0.410										
13		0.183	0.241	0.296	0.349	0.400	0.425	0.450										
14		0.198	0.260	0.321	0.379	0.435	0.462	0.489										
15		0.213	0.280	0.345	0.408	0.470	0.499	0.529										
16		0.228	0.300	0.370	0.438	0.504	0.536	0.568										
17		0.243	0.320	0.395	0.468	0.539	0.573	0.608										
18		0.257	0.339	0.419	0.497	0.573	0.610	0.647										
19		0.272	0.359	0.444	0.527	0.608	0.647	0.687										
20	0.287	0.379	0.469	0.556	0.642	0.684	0.726	0.808	0.888									
21		0.399	0.493	0.586	0.677	0.721	0.765	0.852	0.937									
22		0.418	0.518	0.616	0.711	0.758	0.805	0.897	0.986	1.074								
25		0.477	0.592	0.704	0.815	0.869	0.923	1.030	1.134	1.237	1.387							
28		0.537	0.666	0.793	0.918	0.980	1.042	1.163	1.282	1.400	1.572	1.740						
30		0.576	0.715	0.852	0.987	1.054	1.121	1.252	1.381	1.508	1.695	1.878	1.997					
32			0.764	0.911	1.06	1.128	1.199	1.341	1.480	1.617	1.819	2.016	2.145					
34			0.814	0.971	1.125	1.202	1.278	1.429	1.578	1.725	1.942	2.154	2.293					
37			0.888	1.059	1.229	1.313	1.397	1.562	1.726	1.888	2.127	2.361	2.515					
38			0.912	1.089	1.264	1.350	1.436	1.607	1.776	1.942	2.189	2.430	2.589	2.746	2.978			
40			0.962	1.148	1.333	1.424	1.515	1.696	1.874	2.051	2.312	2.569	2.737	2.904	3.150			
45			1.09	1.30	1.51	1.61	1.71	1.92	2.12	2.32	2.62	2.91	3.11	3.30	3.58	3.86		
46				1.33	1.54	1.65	1.75	1.96	2.17	2.38	2.68	2.98	3.18	3.38	3.668	3.95		
48				1.38	1.61	1.72	1.83	2.05	2.27	2.48	2.81	3.12	3.33	3.54	3.84	4.14		
50				1.44	1.68	1.79	1.91	2.14	2.37	2.59	2.93	3.26	3.48	3.69	4.01	4.33		
51				1.47	1.71	1.83	1.95	2.18	2.42	2.65	2.99	3.33	3.55	3.77	4.10	4.42		
53				1.53	1.78	1.90	2.03	2.27	2.52	2.76	3.11	3.47	3.70	3.93	4.27	4.61		
54				1.56	1.82	1.94	2.07	2.32	2.56	2.81	3.17	3.54	3.77	4.01	4.36	4.93		
60				1.74	2.02	2.16	2.30	2.58	2.86	3.14	3.54	3.95	4.22	4.48	4.88	5.27		
63.5				1.84	2.14	2.29	2.44	2.74	3.03	3.33	3.76	4.19	4.48	4.76	5.18	5.59		
65						2.35	2.50	2.81	3.11	3.41	3.85	4.29	4.59	4.88	5.31	5.73		
70						2.37	2.70	3.03	3.35	3.68	4.16	4.64	4.96	5.27	5.74	6.20		
76						2.76	2.94	3.29	3.65	4.00	4.53	5.05	5.40	5.74	6.26	6.77		
80						2.90	3.09	3.47	3.85	4.22	4.78	5.33	5.70	6.06	6.60	7.14		
83						3.01	3.21	3.60	3.99	4.38	4.96	5.54	5.92	6.30	6.86	7.42	7.79	
89						3.24	3.45	3.87	4.29	4.71	5.33	5.95	6.36	6.77	7.38	7.98	8.38	
95						3.46	3.69	4.14	4.59	5.03	5.70	6.37	6.81	7.24	7.90	8.55	8.98	
101.6						3.70	3.95	4.43	4.91	5.39	6.11	6.82	7.29	7.76	8.47	9.16	9.63	
102						3.72	3.96	4.45	4.93	5.41	6.13	6.85	7.32	7.80	8.50	9.20	9.67	

(续)

外径 /mm	壁厚/mm																			
	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0	4.2	4.5	4.8	5.0	5.4	5.6	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0
钢管理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																				
108	7.77	8.27	9.02	9.76	10.26	10.75	11.49	12.22	12.70											
114	8.21	8.74	9.54	10.33	10.85	11.37	12.15	12.93	13.44	14.46	14.97									
114.3	8.23	8.77	9.56	10.35	10.88	11.40	12.18	12.96	13.48	14.50	15.01									
121	8.73	9.30	10.14	10.98	11.54	12.10	12.93	13.75	14.30	15.39	15.94									
127	9.17	9.77	10.66	11.54	12.13	12.72	13.59	14.46	15.04	16.19	16.78	17.90								
133			11.18	12.11	12.72	13.34	14.26	15.17	15.78	16.99	17.59	18.79								
139.3			11.72	12.70	13.35	13.99	14.96	15.92	16.56	17.83	18.46	19.72								
140			11.78	12.76	13.42	14.07	15.04	16.00	16.65	17.92	18.56	19.83								
152			12.82	13.80	14.60	15.31	16.37	17.42	18.13	19.52	20.22	21.60								
159					15.3	16.0	17.1	18.3	19.0	20.5	21.2	22.6	24.4	26.2						
165.1					15.9	16.7	17.8	19.0	19.7	21.3	22.0	23.5	25.4	27.3						
168.3					16.2	17.0	18.2	19.4	20.1	21.7	22.5	24.0	25.9	27.8						
177.8					17.1	18.0	19.2	20.5	21.3	23.0	23.8	25.4	27.5	29.5	33.5					
180					17.4	18.2	19.5	20.7	21.6	23.3	24.1	25.7	27.8	29.9	33.9					
193.7					18.7	19.6	21.0	22.4	23.3	25.1	26.0	27.8	30.0	32.2	36.6					
203							22.0	23.5	24.4	26.3	27.3	29.1	31.5	33.8	38.5					
219.1							23.8	25.4	26.4	28.5	29.5	31.5	34.1	36.6	41.6	46.6				
244.5							26.6	28.4	29.5	31.8	33.0	35.3	38.1	41.0	46.7	52.3				
267									32.3	34.8	36.1	38.6	41.8	44.9	51.1	57.3	63.4			
273									33.0	35.6	36.9	39.5	42.7	48.9	52.3	58.6	64.9			
298.5										40.4	43.3	46.8	50.3	57.3	54.3	71.1	78.0			
323.9										44.0	47.0	50.9	54.7	62.3	69.9	77.4	84.9			
325											47.2	51.1	54.9	62.5	70.1	77.7	85.2			
351											51.0	55.2	59.4	67.7	75.9	84.1	92.2			
355.6											51.7	56.0	60.2	68.6	76.9	85.2	93.5	101.7		
368											53.6	57.9	62.3	71.0	79.7	88.3	96.8	105.3		
377											54.9	59.4	63.9	72.8	81.7	90.5	99.28	108.0		
402											58.6	63.4	68.2	77.7	87.2	96.7	106.1	115.4		
406.4											59.2	64.1	68.9	78.6	88.2	97.8	107.3	116.7	123.3	
419											61.1	66.1	71.1	81.1	91.0	100.9	110.7	120.4	127.2	
426											62.1	67.2	72.3	82.5	92.5	102.6	112.6	122.5	129.4	
457											66.7	72.2	77.7	88.5	99.4	110.2	121.0	131.7	139.1	
478											69.8	75.6	81.3	92.7	104.1	115.4	126.7	131.7	145.7	
480											70.1	75.9	81.6	93.1	104.5	115.9	127.2	138.5	146.3	
508											74.3	80.4	85.5	98.6	110.7	122.8	134.8	146.8	155.1	

注：1. 通常长度：外径小于或等于 30mm，长度 2~6m；外径大于 30~70mm，长度 2~8m；外径大于 70mm，长度 2~10m。

2. 外径不大于 16mm 的钢管，应为实用性笔直；外径大于 16mm 钢管，弯曲度小于或等于 1.5mm/m。

3. 钢管外径小于或等于 152mm，其椭圆度不大于外径允许公差的 75%；外径大于 152mm，其椭圆度不大于外径允许公差。

4. 标记示例：

用 10 号钢制造的外径 70mm，壁厚 3.0mm 的钢管。

精度为 D<sub>2</sub>，S<sub>3</sub>，长度为 1450mm 倍尺 (BC) 的软态焊管 (IIG)，标记为：

IIG R 10—70D<sub>2</sub>×3.0×1450BC—GB/T13793 1992。

精度为 D<sub>3</sub>，S<sub>3</sub>，长度为通常长度的软态焊管，标记为：HG—R—10·70×3.0—GB/T13793—1992。

表 3.1-206 直缝电焊钢管的牌号和力学性能 (摘自 GB/T13793—1992)

牌号	软状态 R		低硬状态 DY	
	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)
08F、08、10F、10	315	22	375	13
15F、15	355	20	400	11
20	390	19	440	9
Q195	315	22	335	14
Q215-A、B	335	22	355	12
Q235-A、B	375	20	390	9

- 注：1. 外径不大于 219.1mm 的钢管应承受外径压缩 1/3 的压扁试验。  
 2. 外径小于 50mm 的钢管可用弯曲试验代替注 1 规定的压扁试验。冷弯试验时不带填充物，弯曲半径等于钢管公称外径的 6 倍，弯曲角度为 90°，焊缝位于弯曲方向的侧面。  
 3. 根据需方要求，并经双方协议，外径不大于 219.1mm 的钢管可承受将外径大 6% 的扩口试验，扩口锥度为 30°、45°、60° 中的一种。  
 4. 根据需方要求，并在合同中注明，钢管可按下列试验压力进行液压试验：（液压试验也可采用涡流探伤代替）  
 钢管外径  $\leq 219.1\text{mm}$  5.8MPa；钢管外径  $> 219.1\text{mm}$  2.9MPa。  
 5. 钢管以不热处理状态交货，按需方要求也可经热处理交货。  
 6. 钢管采用的牌号其化学成分应符合 GB/T699、GB/T700 标准相应牌号的规定。  
 7. 钢管适于制作各种结构件、零件及输送流体管道等。

5.3.2 流体输送用不锈钢焊接钢管 (见表 3.1-207~表 3.1-210)

表 3.1-207 流体输送用不锈钢焊接钢管尺寸规格 (摘自 GB/T12771—2000) (mm)

壁厚 \ 外径	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2
8	×	×	×	×	×	×										
(9.5)	×	×	×	×	×	×										
12	×	×	×	×	×	×	×	×	×							
(12.7)	×	×	×	×	×	×	×	×	×							
13				×	×	×	×	×	×							
14				×	×	×	×	×	×	×						
16				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
18				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
19				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
20				×	×	×	×	×	×	×	⊙	⊙				
(21.3)					×	×	×	×	×	×	⊙	⊙				
22					×	×	×	×	×	×	⊙	⊙				
25					×	×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
(25.4)					×	×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
(26.7)					×	×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
28						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
30						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
(31.8)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
32						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
(33.4)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
36						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
38						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
(38.1)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
40						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
(42.3)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
45						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
48						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
(48.3)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
(50.8)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
57						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙
(60.3)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙
(63.5)							×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙
76								×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙

(续)

壁厚 外径																						
	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	3.6	4.0	4.2	4.6	4.8	5.0	5.3	6.0	8.0	10	12	14	16
(88.9)	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙											
89	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙											
(101.6)	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙											
102	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙											
108	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙											
114		×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○							
(114.3)		×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○							
133			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○						
(139.7)			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○					
(141.3)				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○					
159				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○				
(168.3)				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○				
219					⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
(219.1)					⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
273									⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
(323.9)									⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
325									⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(355.6)																○	○	○	○	○	○	○
377																○	○	○	○	○	○	○
400																○	○	○	○	○	○	○
(406.4)																○	○	○	○	○	○	○
426																	○	○	○	○	○	○
450																	○	○	○	○	○	○
(457.2)																	○	○	○	○	○	○
478																	○	○	○	○	○	○
500																	○	○	○	○	○	○
508																	○	○	○	○	○	○
529																	○	○	○	○	○	○
550																	○	○	○	○	○	○
(558.8)																	○	○	○	○	○	○
600																	○	○	○	○	○	○
(609.6)																	○	○	○	○	○	○
630																	○	○	○	○	○	○

注:

1. ×——采用冷轧板(带)制造; ○——采用热轧板(带)制造; ⊙——采用冷轧板(带)或热轧板(带)制造。
2. 括号内为英制单位换算的公制单位尺寸。
3. 钢管长度一般为2000~8000mm。可供定尺和倍尺长度钢管,其长度应在一般长度范围内。
4. 钢管的弯曲度: 外径>17~140mm, 弯曲度≤2.0mm/m; 外径>140mm, 弯曲度≤2.5mm/m; 外径≤17mm 钢管不要求弯曲度数值。
5. 钢管的理论重量计算方法如下:

牌号	密度/kg·dm <sup>3</sup>	理论重量计算公式
1Cr18Ni9, 0Cr18Ni9, 00Cr19Ni10, 0Cr18Ni10Ti, 1Cr18Ni9Ti	7.93	$W=0.02491S(D-S)$
0Cr25Ni20, 0Cr17Ni12Mo2, 00Cr17Ni14Mo2, 0Cr18Ni11Nb 00Cr17	7.98 7.70	$W=0.02507S(D-S)$ $W=0.02419S(D-S)$
0Cr13, 00Cr18Mo2, 0Cr13Al	7.75	$W=0.02435S(D-S)$

计算公式中的W——钢管理论重量(kg/m); S、D分别为钢管的公称壁厚和公称直径(mm)。

6. 标记示例:

用牌号0Cr18Ni9制造,以热处理状态交货的外径159mm,壁厚为3.0mm、定尺长度为6000mm,尺寸精度为普通级的钢管,其标记为:0Cr18Ni9 159×3.0×6000-T GB/T12771-2000。

表 3.1-208 流体输送用不锈钢钢管直径允许偏差 (摘自 GB/T12771—2000) (mm)

类别	外径 $D$	允许偏差	
		较高级 (A)	普通级 (B)
焊接状态 (H)	$<20$	$\pm 0.20$	$\pm 0.30$
	$\geq 20 \sim <50$	$\pm 0.40$	$\pm 0.50$
	$\geq 50$	$\pm 0.8\% D$	$\pm 1.0\% D$
热处理状态 (T)	$<13$	$\pm 0.20$	$\pm 0.25$
	$\geq 13 \sim <25$	$\pm 0.30$	$\pm 0.40$
	$\geq 25 \sim <40$	$\pm 0.40$	$\pm 0.60$
	$\geq 40 \sim <65$	$\pm 0.60$	$\pm 0.80$
	$\geq 65 \sim <90$	$\pm 0.80$	$\pm 1.00$
	$\geq 90 \sim <140$	$\pm 1.00$	$\pm 1.20$
	$\geq 140 \sim <300$	$\pm 1.0\% D$	$\pm 1.5\% D$
	$\geq 300 \sim <500$	$\pm 0.8\% D$	$\pm 1.0\% D$
	$\geq 500$	按协议	按协议
冷拔 (轧) 状态 (WC) 磨抛光状态 (SP)	$<25$	$\pm 0.10$	$\pm 0.12$
	$\geq 25 \sim <40$	$\pm 0.12$	$\pm 0.15$
	$\geq 40 \sim <50$	$\pm 0.15$	$\pm 0.18$
	$\geq 50 \sim <60$	$\pm 0.18$	$\pm 0.20$
	$\geq 60 \sim <70$	$\pm 0.20$	$\pm 0.23$
	$\geq 70 \sim <80$	$\pm 0.23$	$\pm 0.25$
	$\geq 80 \sim <90$	$\pm 0.25$	$\pm 0.30$
	$\geq 90 \sim <100$	$\pm 0.30$	$\pm 0.40$
	$\geq 100$	$\pm 0.4\% D$	$\pm 0.5\% D$

注: 钢管壁厚允许偏差参见 GB/T12771—2000 的规定。

表 3.1-209 流体输送用不锈钢焊管牌号和化学成分 (摘自 GB/T12771—2000)

牌 号	化学成分 (%) (质量分数)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	其他
1Cr18Ni9	$\leq 0.15$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	8.00~ 10.00	17.00~ 19.00	—	—
0Cr18Ni9	$\leq 0.07$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	8.00~ 11.00	17.00~ 19.00	—	—
00Cr19Ni10	$\leq 0.030$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	8.00~ 12.00	18.00~ 20.00	—	—
0Cr25Ni20	$\leq 0.08$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	19.00~ 22.00	24.00~ 26.00	—	—
0Cr17Ni12Mo2	$\leq 0.08$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	10.00~ 14.00	16.00~ 18.00	2.00~ 3.00	—
00Cr17Ni14Mo2	$\leq 0.030$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	12.00~ 15.00	16.00~ 18.00	2.00~ 3.00	—
0Cr18Ni10Ti	$\leq 0.08$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	9.00~ 12.00	17.00~ 19.00	—	Ti $\geq 5 \times C\%$
1Cr18Ni9Ti	$\leq 0.12$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	8.00~ 11.00	17.00~ 19.00	—	Ti $5 \times (C\% - 0.02)$ $\sim 0.80$
0Cr18Ni11Nb	$\leq 0.08$	$\leq 1.00$	$\leq 2.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	9.00~ 13.00	17.00~ 19.00	—	Nb $\geq 10 \times C\%$
00Cr17	$\leq 0.030$	$\leq 0.75$	$\leq 1.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	—	16.00~ 19.00	—	Ti 或 Nb 0.10~1.00
00Cr18Mo2	$\leq 0.025$	$\leq 1.00$	$\leq 1.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	—	17.00~ 20.00	1.75~ 2.50	N $\leq 0.025$ Ti, Nb, Zr 或之和 $8 \times$ (C% + N%) $\sim 0.80$
0Cr13	$\leq 0.08$	$\leq 1.00$	$\leq 1.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	—	11.50~ 13.50	—	—
0Cr13Al	$\leq 0.08$	$\leq 1.00$	$\leq 1.00$	$\leq 0.035$	$\leq 0.030$	—	11.50~ 14.50	—	Al; 0.10~0.30



表 3.1-210 流体输送用不锈钢焊接钢管力学性能 (摘自 GB/T12771—2000)

牌 号	推荐热处理制度	屈服点 $\sigma_{0.2}$	抗拉强度 $\sigma_b$	断后伸长率 $\delta_5$	
		/MPa	/MPa	(%)	
1Cr18Ni9	1010~1150°C 快冷	210	520	35	25 <sup>l</sup>
0Cr18Ni9	1010~1150°C 快冷	210	520		
00Cr19Ni10	1010~1150°C 快冷	180	480		
0Cr25Ni20	1030~1180°C 快冷	210	520		
0Cr17Ni12Mo2	1010~1150°C 快冷	210	520		
00Cr17Ni14Mo2	1010~1150°C 快冷	180	480		
0Cr18Ni10Ti	920~1150°C 快冷	210	520		
1Cr18Ni9Ti	1000~1080°C 快冷	210	520		
0Cr18Ni11Nb	980~1150°C 快冷	210	520		
00Cr17	780~950°C 快冷或缓冷	180	360	20	
00Cr18Mo2	800~1050°C 快冷	240	410		
0Cr13	750°C 快冷或 800~900°C 缓冷	210	410		
0Cr13Al	780°C~830°C 快冷或缓冷	177	410		

非热处理状态交货的钢管。

注：1. 钢管应逐根进行液压试验，最高压力不大于 10MPa，试验方法应符合 GB/T12771—2000 的规定。

2. 钢管应进行压扁试验，试验方法应符合 GB/T12771—2000 规定。

3. 钢管应按 GB/T4334 规定，进行耐腐蚀性能试验。

4. 本表屈服点指标仅在需方要求，并在合同中注明时才给予保证。

5. 本表为热处理状态交货钢管的力学性能。按需方要求，供需双方协议，也可按其他状态交货。

6. 钢管适于腐蚀性流体的输送及在腐蚀性气氛环境中工作的中、低压流体管道。

5.3.3 机械结构用不锈钢焊接钢管 (见表 3.1-211~表 3.1-214)

表 3.1-211 机械结构用不锈钢焊接钢管尺寸规格 (摘自 GB/T12770—2002) (mm)

壁厚 外径	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2
	8	×	×	×	×	×	×									
(9.5)	×	×	×	×	×	×										
12	×	×	×	×	×	×	×	×	×							
(12.7)	×	×	×	×	×	×	×	×	×							
14				×	×	×	×	×	×	×						
15				×	×	×	×	×	×	×						
16				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
18				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
19				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
(19.5)				×	×	×	×	×	×	×	⊙					
20				×	×	×	×	×	×	×	⊙	⊙				
22				×	×	×	×	×	×	×	⊙	⊙				
25				×	×	×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
(25.1)				×	×	×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙			
28						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
30						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙		
(31.8)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
32						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
(33.4)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
36						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
38						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
(38.1)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
40						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
(42.3)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
45						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
50						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
(50.8)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
57						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(57.1)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(60.3)						×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
63							×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
(63.5)							×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
76								×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

(续)

壁厚 外径	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	8.0	10	12	14	16
	(88.9)	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙							
89	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙								
(101.6)	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙								
102	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙								
108	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙								
114		×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○						
(114.3)		×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○						
133				×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○				
(139.7)				×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○				
159						⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○				
(168.3)						⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○				
219						⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○		
(219.1)						⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	
250							⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	
273								⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	
(323.9)									⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○
325									⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	○	○
(355.6)												○	○	○	○	○	○	○	○
377												○	○	○	○	○	○	○	○
400												○	○	○	○	○	○	○	○
(406.4)												○	○	○	○	○	○	○	○
426													○	○	○	○	○	○	○
450													○	○	○	○	○	○	○
(457.2)													○	○	○	○	○	○	○
500													○	○	○	○	○	○	○
(508)													○	○	○	○	○	○	○
530													○	○	○	○	○	○	○
550													○	○	○	○	○	○	○
(558.8)													○	○	○	○	○	○	○
600													○	○	○	○	○	○	○
(609.6)													○	○	○	○	○	○	○
630													○	○	○	○	○	○	○

注：1. ×——采用冷轧板（带）制造。⊙——采用冷轧板（带）或热轧板（带）制造。○——采用热轧板（带）制造。  
2. 括号内为英制单位换算的公制单位尺寸。

表 3.1-212 机械结构用不锈钢焊接钢管外径允许偏差（摘自 GB/T12770-2002）

类别	外径 D /mm	允许偏差/mm		
		高级 (PC)	较高级 (PB)	普通级 (PA)
焊接状态 W	<20	±0.13	±0.20	±0.30
	≥20~<50	±0.25	±0.40	±0.50
	≥50	±0.6%D	±0.8%D	±1.0%D
热处理状态 T	<13	±0.10	±0.20	±0.25
	≥13~<25	±0.13	±0.20	+0.40
	≥25~<40	±0.25	+0.30	±0.60
	≥40~<63	±0.30	±0.50	±0.80
	≥63~<90	±0.51	±0.60	±1.0
	≥90~<159	+0.64	±0.80	±1.0
	≥159~<300	±0.7%D	±0.8%D	±1.0%D
	≥300~<500	±0.8%D	±1.0%D	±1.25%D
	≥500	按协议	按协议	按协议

(续)

类别	外径 $D$ /mm	允许偏差/mm		
		高级 (PC)	较高级 (PB)	普通级 (PA)
冷拔 (轧) 状态 WC 磨 (抛) 光状态 SP	$<25$	$\pm 0.10$	$\pm 0.12$	$\pm 0.15$
	$\geq 25 \sim < 40$	$\pm 0.13$	$\pm 0.15$	$\pm 0.18$
	$\geq 40 \sim < 50$	$\pm 0.15$	$\pm 0.18$	$\pm 0.20$
	$\geq 50 \sim < 60$	$\pm 0.18$	$\pm 0.20$	$\pm 0.23$
	$\geq 60 \sim < 70$	$\pm 0.25$	$\pm 0.28$	$\pm 0.30$
	$\geq 70 \sim < 80$	$\pm 0.25$	$\pm 0.28$	$\pm 0.30$
	$\geq 80 \sim < 90$	$\pm 0.25$	$\pm 0.28$	$\pm 0.30$
	$\geq 90 \sim < 100$	$\pm 0.30$	$\pm 0.35$	$\pm 0.40$
	$\geq 100 \sim < 200$	按协议	$\pm 0.4\% D$	$\pm 0.5\% D$
	$\geq 200$	按协议	按协议	按协议

注: 1. 钢管按供货状态分为: 焊接状态—W, 热处理状态—T, 冷拔 (轧) 状态—WC, 磨 (抛) 光状态—SP。按尺寸精度分为: 普通级—PA, 较高级—PB, 高级—PC。

2. 钢管的通常长度为 2000~8000mm。

3. 钢管的弯曲度  $t$ : 外径  $D \leq 16\text{mm}$ ,  $t \leq 1.0\text{mm/m}$ ;  $D > 16 \sim 159\text{mm}$ ,  $t \leq 1.5\text{mm/m}$ ;  $D > 159\text{mm}$ ,  $t \leq 2.0\text{mm/m}$ 。

4. 标记示例: 用 0Cr18Ni9 制造, 热处理状态交货, 外径 57mm, 壁厚 3.0mm, 定尺长度 6000mm, 尺寸精度为普通级, 标记为:

0Cr18Ni9 57×3×6000—T—GH/T12770—2002。

表 3.1-213 机械结构用不锈钢焊接钢管壁厚允许偏差 (摘自 GB/T12770—2002)

钢板 (带) 料状态	壁厚 $S$ /mm	壁厚允许偏差	钢板 (带) 料状态	壁厚 $S$ /mm	壁厚允许偏差
热轧钢板 (带) 或 热轧纵剪钢带	$\leq 4.0$	$\pm 10\% S$	冷轧钢板 (带) 或 冷轧纵剪钢带	$> 1.0 \sim 2.0$	$\pm 0.17\text{mm}$
	$> 4.0$	$\pm 10\% S$		$> 2.0 \sim 3.0$	$\pm 7\% S$
冷轧钢板 (带) 或 冷轧纵剪钢带	$\leq 0.5$	$\pm 0.05\text{mm}$		$\geq 3.0 \sim 4.0$	$\pm 6\% S$
	$> 0.5 \sim 1.0$	$\pm 0.11\text{mm}$		$> 4.0 \sim 5.0$	$\pm 5\% S$

表 3.1-214 机械结构用不锈钢焊管牌号及力学性能 (摘自 GB/T12770—2002)

统一数字代号	牌号	推荐热处理制度	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}/\text{MPa}$	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	伸长率 $\delta_5$ (%)					
					热处理状态	非热处理状态				
S30210	1Cr18Ni9	固 溶 处 理	210	520	35	25				
S30408	0Cr18Ni9						1010~1150°C 快冷			
S30403	00Cr19Ni10						1010~1150°C 快冷			
S31800	0Cr25Ni20						1030~1180°C 快冷			
S31600	0Cr17Ni12Mo2						1010~1150°C 快冷			
S31603	00Cr17Ni14Mo2						1010~1150°C 快冷			
S32168	0Cr18Ni10Ti						920~1150°C 快冷			
S30210	1Cr18Ni9Ti						1000~1080°C 快冷			
S34778	0Cr18Ni11Nb						980~1150°C 快冷			
S11710	1Cr17						退 火 处 理	210	410	20
S11510	1Cr15	780~850°C 快冷或缓冷								
S41008	0Cr13	约 500°C 快冷或 800~900°C 缓冷								
S41010	1Cr13	约 750°C 快冷或 800~900°C 缓冷								
S11603	00Cr12Ti	800~850°C 快冷	175~270	365~460	35					

注: 1. 钢管适于制作机械、汽车、自行车, 家具及其他机械部件与结构件。

2. 钢管牌号的化学成分符合 GB/T1220—1992 及 GB/T12770—2002 的规定。

3. 本表规定非比例伸长应力仅在需方要求并在合同中注明时才给予保证。

4. 钢管应按 GB/T12770—2002 的规定进行压扁试验。

5.3.4 低压流体输送用焊接钢管 (见表 3.1-215~表 3.1-219)

表 3.1-215 低压流体输送用焊接钢管 (公称外径 ≤ 168.3mm) 的尺寸规格 (摘自 GB/T3091—2001)

公称口径 /mm	公称外径 /mm	普通钢管		加厚钢管		公称口径 /mm	公称外径 /mm	普通钢管		加厚钢管	
		公称壁厚 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	公称壁厚 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>			公称壁厚 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>	公称壁厚 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>
6	10.2	2.0	0.40	2.5	0.47	40	48.3	3.5	3.87	4.5	4.86
8	13.5	2.5	0.68	2.8	0.74	50	60.3	3.8	5.29	4.5	6.10
10	17.2	2.5	0.91	2.8	0.99	65	76.1	4.0	7.11	4.5	7.95
15	21.3	2.8	1.28	3.5	1.54	80	88.9	4.0	8.38	5.0	10.35
20	26.9	2.8	1.66	3.5	2.02	100	114.3	4.0	10.88	5.0	13.48
25	33.7	3.2	2.41	4.0	2.93	125	139.7	4.0	13.39	5.5	18.20
32	42.4	3.5	3.36	4.0	3.79	150	168.3	4.5	18.18	6.0	24.02

注: 1. 表中的公称口径系近似内径的名义尺寸, 不表示公称外径减去两个公称壁厚所得的内径。  
2. 根据需方要求, 经供需双方协议, 并在合同中注明, 可供表中规定以外尺寸的钢管。

表 3.1-216 低压流体输送用焊接钢管 (外径 > 168.3mm) 尺寸规格 (摘自 GB/T3091—2001)

公称外径 /mm	公称壁厚/mm														
	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.5	14.0	15.0	16.0
	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>														
177.8	17.14	19.23	21.31	23.37	25.42										
193.7	18.71	21.00	23.27	25.53	27.77										
219.1	21.22	23.82	26.40	28.97	31.53	34.08	36.61	41.65	46.63	51.57					
244.5	23.72	26.63	29.53	32.42	35.29	38.15	41.00	46.66	52.27	57.83					
273.0			33.05	36.28	39.51	42.72	45.92	52.28	58.60	64.86					
323.9			39.32	43.19	47.04	50.88	54.71	62.32	69.89	77.41	84.88	95.99			
355.6				47.49	51.73	55.96	60.18	68.58	76.93	85.23	93.48	105.77			
406.4				54.38	59.25	64.10	68.95	78.60	88.20	97.76	107.26	121.43			
457.2				61.27	66.76	72.25	77.72	88.62	99.48	110.29	121.04	137.09			
508				68.16	74.28	80.39	86.49	98.65	110.75	122.81	134.82	152.75			
559				75.08	81.83	88.57	95.29	108.71	122.07	135.39	148.66	168.47	188.17	201.24	214.26
610				81.99	89.37	96.74	104.10	118.77	133.39	147.97	162.49	184.19	205.78	220.10	234.38

公称外径 /mm	公称壁厚/mm															
	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0	19.0	20.0	22.0	25.0
	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>															
660	96.77	104.76	112.73	128.63	144.49	160.30	176.06	207.43	223.04	238.60	254.11	284.99	300.35	315.67	346.15	391.50
711	104.32	112.93	121.53	138.70	155.81	172.88	189.89	223.78	240.65	257.47	274.24	307.63	324.25	340.82	373.82	422.94
762	111.86	121.11	130.34	148.76	167.13	185.45	203.73	240.13	258.26	276.33	294.36	330.27	348.15	365.98	401.49	454.39
813	119.41	129.28	139.14	158.82	178.45	198.03	217.56	256.48	275.86	295.20	314.48	352.91	372.04	391.13	429.16	485.83
864	126.96	137.46	147.94	168.88	189.77	210.61	231.40	272.83	293.47	314.06	334.61	375.55	395.94	416.29	456.83	517.27
914	134.36	145.47	156.58	178.75	200.87	222.94	244.96	288.86	310.73	332.56	354.34	397.74	419.37	440.95	483.96	548.10
1016	149.45	161.82	174.18	198.87	223.51	248.09	272.63	321.56	345.95	370.29	394.58	443.02	467.16	491.26	539.30	610.99
1067	157.00	170.00	182.99	208.93	234.83	260.67	286.47	337.91	363.56	389.16	414.71	465.66	491.06	516.41	566.97	642.43
1118	164.54	178.17	191.79	218.99	246.15	273.25	300.30	354.26	381.17	408.02	434.83	488.30	514.96	541.57	594.64	673.88
1168	171.94	186.19	200.42	228.86	257.24	285.58	313.87	370.29	398.43	426.52	454.56	510.49	538.39	566.23	621.77	704.70
1219	179.49	194.36	209.23	238.92	268.56	298.16	327.70	386.64	416.04	445.39	474.68	533.13	562.28	591.38	649.44	736.15
1321	194.58	210.71	226.84	259.04	291.20	323.31	355.37	419.34	451.26	483.12	514.93	578.41	610.08	641.69	704.78	799.03
1422	209.52	226.90	244.27	278.97	313.62	348.22	382.77	451.72	486.13	520.48	554.79	623.25	657.40	691.51	759.57	861.30
1524	224.62	243.25	261.88	299.09	336.26	373.38	410.44	484.43	521.34	558.21	595.03	668.52	705.20	741.82	814.91	924.19
1626	239.71	259.61	279.49	319.22	358.90	398.53	438.11	517.13	556.56	595.95	635.28	713.80	752.99	792.13	870.26	987.08

注: 1. 根据需方要求, 经供需双方协议, 并在合同中注明, 可供表中规定以外尺寸的钢管。  
2. 本表和表 3.1-215 为黑管的尺寸规格和理论重量, 镀锌管的理论重量等于系数 C 与表 3.1-215、216 理论重量之乘积, 系数 C 见表 3.1-218。

**表 3.1-217 钢管外径、壁厚的允许偏差**  
(摘自 GB/T3091—2001)

公称外径 D/mm	管体外径 允许偏差	管端外径允许 偏差/mm (距管端100mm 范围内)	壁厚允 许偏差
≤48.3	±0.5mm	--	±12.5%
>48.3~168.3	±1.0%	--	
>168.3~508	±0.75%	+2.4 -0.8	
>508	±1.0%	+3.0 -0.8	

注：1. 钢管的椭圆度应不超过公称外径的±0.75%。  
2. 公称外径不大于168.3mm的钢管，应为使用性平直，或经供需双方协议规定直线度指标。  
3. 公称外径大于168.3mm的钢管，直线度应不大于钢管全长的0.2%。  
4. 钢管的两端面应与钢管的轴线垂直，且不应有切口毛刺。

**表 3.1-218 镀锌钢管比黑管增加的重量系数**  
(摘自 GB/T3091-2001)

公称壁厚 S/mm	2.0	2.5	2.8	3.2	3.5	3.8	4.0	4.5
系数 c	1.064	1.051	1.045	1.040	1.036	1.034	1.032	1.028
公称壁厚 S/mm	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0
系数 c	1.025	1.023	1.021	1.020	1.018	1.016	1.014	1.013

**表 3.1-219 低压流体输送用焊接钢管的力学性能**  
(摘自 GB/T3091—2001)

牌号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa ≥	屈服点 $\sigma_s$ /MPa ≥	断后伸长率 $\delta_5$ (%)≥	
			D≤168.3	D>168.3
Q215A、Q215B	335	215	15	20
Q235A、Q235B	375	235		
Q295A、Q295B	390	295	13	18
Q345A、Q345B	510	345		

注：1. 公称外径不大于114.3mm的钢管，不测定屈服强度；  
2. 公称外径大于114.3mm的钢管，测定屈服强度做参考，不作交货条件。  
3. 钢管用钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合GB/T 700中Q215A、Q215B、Q235A、Q235B和GB/T 1591中Q295A、Q295B、Q345A、Q345B的规定。经供需双方协议，也可采用其他易焊接的软钢制造。  
4. 钢管的液压试验压力值如下：

钢管公称外径 D/mm	试验压力值/MPa
≤168.3	3
>168.3~323.9	5
>323.9~508	3
>508	2.5

5. 钢管适于水、污水、燃气、空气、采暖蒸汽等低压流体输送用管道及其他结构件用。

5.3.5 传动轴用电焊钢管（见表3.1-220～表3.1-227）

**表 3-220 传动轴用电焊钢管的尺寸规格**  
(摘自 YB/T 5209—2000) (mm)

外径 D	壁厚 s	内径及其允许偏差
50	2.5	45±0.14
63.5	1.6	60.3±0.18
63.5	2.5	58.5±0.18
68.9	2.3	64.3±0.20
76	2.5	71±0.20
89	2.5	84±0.25
89	4.0	81±0.25
89	5.0	79±0.30
90	3.0	84±0.25
93	7.0	79±0.30
100	4.0	92±0.30
100	6.0	88±0.30
108	7.0	94±0.30

注：1. 经供需双方协议，可供应其他尺寸和允许偏差的钢管。  
2. 钢管分为三类：用热轧钢带焊接制造（Ⅰ类）；用冷轧钢带制造（Ⅱ类）；用冷、热钢带焊接及拉拔结合的方法制造（Ⅲ类）。  
3. 钢管的通常长度为3500~8500mm。

**表 3.1-221 传动轴用电焊钢管的壁厚允许偏差**  
(摘自 YB/T 5209--2000) (mm)

类别	壁厚	允许偏差
Ⅰ	≤3.0	+0.20
		-0.10
	≥3.0~4.0	+0.25
		-0.15
	>4.0~6.0	±0.25
>6.0~7.0	±0.30	
Ⅱ	1.6~3.6	±0.12
Ⅲ		

注：钢管的壁厚不均不得超过壁厚公差的50%。

**表 3.1-222 传动轴用电焊钢管的内毛刺高度和圆度** (摘自 YB/T 5209 2000)

(mm)			
类别	外径	内毛刺高度	圆度
I、II	≤63.5	+0.15 -0.05	≤0.30
	>63.5~108	-0.20 -0.05	≤0.40
III	50~108	-0.18 0	≤0.28

注：I、II类钢管的直线度不超过 0.4mm/m，III类不超过 0.6mm/m。

**表 3.1-223 传动轴用电焊钢管的牌号和化学成分** (摘自 YB/T 5209 2000)

牌号	化学成分 (质量分数) (%)			
	C	Si	Mn	P
08Z	0.05~0.12	≤0.37	0.35~0.65	≤0.035
20Z	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.035

牌号	化学成分 (质量分数) (%)				
	S	Ti	Cr	Ni	Cu
08Z	≤0.035	≤0.14	≤0.10	≤0.25	≤0.25
20Z	≤0.035	—	≤0.25	≤0.25	≤0.25

**表 3.1-224 传动轴用电焊钢管的力学性能**

类别	牌号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服点 $\sigma_s$ <sup>①</sup> /MPa	断后伸长率 $\delta_5$ (%)
I、II	08Z	≥450	≥300	≥15
	20Z	≥440	≥295	≥10
III	20Z	460~590	≥350	≥10

① 各牌号  $\sigma_s$  值不作交货条件，但应填在质量证明书

**表 3.1-225 传动轴用电焊钢管的压扁试验** (摘自 YB/T 5209—2000) (mm)

钢管壁厚	压扁试验平板间距离
≤5.0	1/3D
>5.0	1/4D

注：1. 钢管应进行压扁试验，压扁后，平板间距离应符合表中规定。

2. 钢管应进行水压试验，试验压力为 11.8MPa，稳压时间应不少于 5s，并不得出现漏水或渗漏现象。
3. 经需方同意，可用涡流探伤代替水压试验。

**表 3.1-226 传动轴用电焊钢管的扩口试验** (摘自 YB/T 5209—2000)

类别	外径扩口率	
	壁厚 ≤5.0mm	壁厚 >5.0mm
I	10%	8%
II、III	8%	

注：钢管应经扩口试验，顶心锥度为 60°。扩口后试样不得出现裂缝、裂口或焊缝开裂。扩口试样外径的扩口率应符合表中的规定。

**表 3.1-227 传动轴用电焊钢管的静扭矩值** (摘自 YB/T 5209—2000)

外径 /mm	壁厚 /mm	静扭矩破坏值 / (N·m) ≥
50	2.5	1570
63.5	1.6	双方协议
63.5	2.5	1570
68.9	2.3	双方协议
76	2.5	4120
89	2.5	4120
89	4.0	11760
89	5.0	12740
90	3.0	双方协议
93	7.0	双方协议
100	4.0	14700
100	6.0	19600
108	7.0	双方协议

注：传动轴用电焊钢管适于制造汽车传动轴及其他机械动力传动轴。

### 5.3.6 无缝钢管尺寸

GB/T 17395—1998《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》适用于各类用途的平端无缝钢管，钢管尺寸分为普通钢管组、精密钢管组和不锈钢管组三类。普通钢管尺寸及单位长度理论重量见表 3.1-228；精密钢管尺寸及单位长度理论重量见表 3.1-229；不锈钢管尺寸见表 3.1-230；无缝钢管尺寸允许偏差、弯曲度及重量允许偏差见表 3.1-231~表 3.1-233。

表 3.1-228 普通无缝钢管尺寸及单位长度理论重量(摘自 GB/T17395-1988)

系列:		壁厚/mm																
		0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2 (2.3)	2.5 (2.6)	2.8	
外径/mm		单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																
系列 2	系列 3																	
6		0.035	0.042	0.055	0.068	0.080	0.103	0.123	0.142	0.159	0.166	0.174	0.186	0.197				
7		0.042	0.050	0.065	0.080	0.095	0.122	0.148	0.172	0.193	0.203	0.213	0.231	0.247	0.260	0.277		
8		0.048	0.057	0.075	0.092	0.110	0.142	0.173	0.201	0.228	0.240	0.253	0.275	0.296	0.315	0.339		
9		0.054	0.064	0.085	0.105	0.124	0.162	0.197	0.231	0.252	0.277	0.292	0.320	0.345	0.369	0.401	0.428	
10(10.2)		0.060	0.072	0.095	0.117	0.139	0.182	0.222	0.261	0.297	0.311	0.332	0.364	0.395	0.423	0.462	0.497	
11		0.056	0.079	0.105	0.129	0.154	0.201	0.247	0.290	0.331	0.331	0.371	0.408	0.444	0.477	0.524	0.565	
12		0.072	0.087	0.115	0.142	0.169	0.221	0.271	0.320	0.366	0.388	0.410	0.453	0.493	0.532	0.586	0.635	
13(12.7)		0.079	0.094	0.124	0.154	0.184	0.241	0.296	0.349	0.400	0.425	0.450	0.497	0.543	0.586	0.647	0.704	
13.5		0.082	0.098	0.129	0.160	0.191	0.251	0.308	0.364	0.418	0.444	0.470	0.519	0.567	0.613	0.678	0.739	
14		0.085	0.101	0.131	0.166	0.198	0.260	0.321	0.379	0.435	0.462	0.490	0.512	0.592	0.640	0.709	0.773	
15		0.097	0.116	0.151	0.191	0.228	0.300	0.370	0.438	0.504	0.536	0.568	0.630	0.691	0.749	0.832	0.91	
17(17.2)		0.103	0.124	0.164	0.203	0.243	0.320	0.395	0.468	0.539	0.573	0.608	0.675	0.740	0.803	0.894	0.98	
18		0.109	0.131	0.174	0.216	0.258	0.340	0.419	0.497	0.573	0.610	0.647	0.719	0.789	0.857	0.956	1.05	
19		0.115	0.138	0.183	0.228	0.272	0.359	0.444	0.527	0.608	0.647	0.687	0.763	0.838	0.911	1.02	1.12	
20		0.122	0.146	0.193	0.240	0.287	0.379	0.469	0.556	0.642	0.684	0.726	0.808	0.888	0.966	1.08	1.19	
21(21.3)				0.203	0.253	0.302	0.399	0.493	0.586	0.677	0.721	0.765	0.852	0.937	1.02	1.14	1.26	
22				0.212	0.265	0.317	0.418	0.518	0.616	0.711	0.758	0.805	0.897	0.986	1.07	1.20	1.33	
25				0.242	0.302	0.361	0.477	0.592	0.704	0.815	0.869	0.923	1.03	1.13	1.24	1.39	1.53	
25.4				0.247	0.307	0.367	0.485	0.602	0.716	0.829	0.884	0.939	1.05	1.15	1.26	1.41	1.56	
27(26.9)				0.262	0.327	0.391	0.517	0.641	0.763	0.884	0.943	1.00	1.13	1.23	1.34	1.51	1.67	
28				0.272	0.339	0.406	0.537	0.666	0.793	0.918	0.98	1.04	1.16	1.28	1.40	1.57	1.74	

(续)

外径/mm			壁 厚/mm																
系列 1	系列 2	系列 3	2.9 (3.0)	3.2	3.5 (3.6)	4.0	4.5	5.0	5.4 (5.5)	6.0 (6.5)	6.3 (7.1)	7.0 (7.1)	7.5	8.0	8.5	8.8 (9.0)	9.5	10	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																			
	6、7、8、9																		
10(10.2)			0.518	0.537	0.561														
	11		0.582	0.615	0.647														
	12		0.666	0.694	0.734	0.789													
	13(12.7)		0.740	0.774	0.820	0.888													
13.5			0.777	0.813	0.863	0.937													
	14		0.814	0.852	0.906	0.986													
	16		0.962	1.01	1.08	1.18	1.28	1.36											
17(17.2)			1.04	1.09	1.17	1.28	1.39	1.48											
	18		1.11	1.17	1.25	1.38	1.50	1.60											
	19		1.18	1.25	1.34	1.48	1.61	1.73	1.83	1.92									
	20		1.26	1.33	1.42	1.58	1.72	1.85	1.97	2.07									
21(21.3)			1.33	1.41	1.51	1.68	1.83	1.97	2.10	2.22									
	22		1.41	1.48	1.60	1.78	1.94	2.10	2.24	2.37									
	25		1.63	1.72	1.86	2.07	2.28	2.47	2.64	2.81	2.97	3.11							
	25.4		1.66	1.75	1.89	2.11	2.32	2.52	2.70	2.87	3.03	3.18							
27(26.9)			1.78	1.88	2.03	2.27	2.50	2.71	2.92	3.11	3.29	3.45							
	28		1.85	1.96	2.11	2.37	2.61	2.84	3.05	3.26	3.45	3.63							



(续)

外径/mm		壁 厚/mm																	
系列 1	系列 2	系列 3	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2 (2.3)	2.5 (2.6)	2.8	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																			
		30			0.292	0.364	0.435	0.576	0.715	0.852	0.987	1.05	1.12	1.25	1.38	1.51	1.70	1.88	
	32(31.8)				0.311	0.388	0.465	0.616	0.765	0.911	1.056	1.13	1.20	1.34	1.48	1.62	1.82	2.02	
	34(33.7)				0.331	0.413	0.494	0.655	0.814	0.971	1.125	1.20	1.28	1.43	1.58	1.72	1.94	2.15	
		35			0.341	0.425	0.509	0.675	0.838	1.000	1.150	1.24	1.32	1.47	1.63	1.78	2.00	2.22	
	38				0.370	0.462	0.553	0.734	0.912	1.089	1.26	1.35	1.44	1.61	1.78	1.94	2.19	2.43	
	40				0.390	0.487	0.583	0.774	0.962	1.148	1.33	1.42	1.52	1.69	1.87	2.05	2.31	2.57	
	42(42.4)								1.01	1.21	1.40	1.50	1.60	1.79	1.97	2.16	2.44	2.71	
		45(44.5)							1.09	1.30	1.51	1.61	1.71	1.92	2.12	2.32	2.62	2.91	
	48(48.3)								1.16	1.39	1.61	1.72	1.83	2.05	2.27	2.48	2.81	3.12	
		51							1.23	1.47	1.71	1.83	1.95	2.18	2.42	2.65	2.99	3.33	
		54							1.31	1.56	1.82	1.94	2.07	2.32	2.56	2.81	3.18	3.54	
		57							1.38	1.65	1.92	2.05	2.19	2.45	2.71	2.97	3.36	3.74	
	60(60.3)								1.46	1.74	2.02	2.16	2.31	2.58	2.86	3.14	3.55	3.95	
		63(63.5)							1.53	1.83	2.13	2.27	2.42	2.72	3.01	3.30	3.73	4.16	
		65							1.56	1.89	2.20	2.35	2.50	2.81	3.11	3.41	3.85	4.29	
		68							1.65	1.98	2.30	2.46	2.62	2.94	3.26	3.57	4.04	4.50	
		70							1.70	2.04	2.37	2.53	2.70	3.03	3.35	3.68	4.16	4.64	
		73							1.78	2.12	2.47	2.64	2.82	3.16	3.50	3.84	4.35	4.85	
		76(76.1)							1.85	2.21	2.58	2.76	2.94	3.29	3.65	4.00	4.52	5.05	
		77									2.61	2.79	2.98	3.34	3.70	4.06	4.59	5.12	
		80									2.71	2.90	3.09	3.47	3.85	4.22	4.76	5.33	

(续)

外径/mm		壁 厚/mm																	
系列 1	系列 2	系列 3	2.9 (3.0)	3.2 (3.6)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5 (5.4)	6.0 (6.5)	6.3 (7.1)	7.0	7.5	8.0	8.5	8.8 (9.0)	9.5	10	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																			
		30	2.00	2.12	2.29	2.56	2.83	3.08	3.32	3.55	3.77	3.97	4.16	4.34					
	32(31.8)		2.15	2.27	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.09	4.32	4.53	4.74					
	34(33.7)		2.29	2.43	2.63	2.96	3.27	3.58	3.87	4.14	4.41	4.66	4.90	5.13					
		35	2.37	2.51	2.72	3.06	3.38	3.70	4.00	4.29	4.57	4.83	5.09	5.33	5.56	5.77			
	38		2.59	2.75	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	5.05	5.35	5.64	5.92	6.18	6.44	6.68	6.91	
	40		2.74	2.90	3.15	3.55	3.94	4.32	4.68	5.03	5.37	5.70	6.01	6.31	6.60	6.88	7.15	7.40	
42(42.4)			2.89	3.06	3.32	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	5.69	6.04	6.38	6.71	7.02	7.32	7.61	7.89	
		45(44.5)	3.11	3.30	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.17	6.56	6.94	7.30	7.65	7.99	8.32	8.63	
48(48.3)			3.33	3.54	3.84	4.34	4.83	5.30	5.76	6.21	6.55	7.08	7.49	7.89	8.28	8.66	9.02	9.37	
			3.55	3.77	4.10	4.64	5.16	5.67	6.17	6.66	7.13	7.60	8.05	8.48	8.91	9.32	9.72	10.11	
	51		3.77	4.01	4.36	4.93	5.49	6.04	6.58	7.10	7.61	8.11	8.60	9.08	9.54	9.99	10.43	10.85	
		54	4.00	4.25	4.62	5.23	5.83	6.41	6.99	7.55	8.10	8.63	9.16	9.67	10.17	10.65	11.13	11.59	
60(60.3)			4.22	4.48	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	8.58	9.15	9.71	10.26	10.80	11.32	11.83	12.33	
			4.44	4.72	5.14	5.82	6.49	7.15	7.80	8.43	9.06	9.67	10.26	10.85	11.42	11.98	12.53	13.07	
	63(63.5)		4.59	4.88	5.31	6.02	6.71	7.40	8.07	8.73	9.38	10.01	10.63	11.25	11.84	12.43	13.00	13.56	
65			4.81	5.11	5.57	6.31	7.05	7.77	8.48	9.17	9.86	10.53	11.19	11.84	12.47	13.10	13.71	14.30	
	68		4.96	5.27	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47	10.18	10.88	11.56	12.23	12.89	13.54	14.17	14.80	
	70		5.18	5.51	6.00	6.81	7.60	8.38	9.16	9.91	10.66	11.39	12.11	12.82	13.52	14.20	14.88	15.54	
		73	5.40	5.75	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.36	11.14	11.91	12.67	13.42	14.15	14.87	15.58	16.28	
76(76.1)			5.47	5.82	6.34	7.20	8.05	8.88	9.70	10.50	11.30	12.08	12.85	13.61	14.36	15.09	15.81	16.52	
	77		5.70	6.06	6.60	7.50	8.38	9.25	10.10	10.95	11.78	12.60	13.41	14.20	14.99	15.76	16.52	17.26	
	80																		

(续)

外径/mm			壁厚/mm										单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>					
系列1	系列2	系列3	11	12 (12.5)	13	14 (14.2)	15	16	17 (17.5)	18	19	20 (22.2)		24	25	26	28	30
34(33.7) 42(42.4)	32(31.8) 38,40	30,35																
48(48.3)		45(44.5)	9.22	9.77														
	51		10.04	10.65														
		54	10.85	11.54														
	57		11.67	12.43	13.14	13.81												
60(60.3)			12.48	13.32	14.11	14.85												
			13.29	14.21	15.07	15.88	16.64	17.36										
	63(63.5)		14.11	15.09	16.03	16.92	17.76	18.55										
	65		14.65	15.68	16.67	17.61	18.50	19.33										
	68		15.46	16.57	17.63	18.61	19.61	20.52										
	70		16.01	17.16	18.27	19.33	20.35	21.31	22.22									
		73	16.82	18.05	19.24	20.37	21.46	22.49	23.48	24.41	25.30							
76(76.1)			17.63	18.94	20.20	21.41	22.56	23.67	24.73	25.75	26.71	27.62						
	77		17.90	19.23	20.52	21.75	22.93	24.07	25.15	26.19	27.18	28.11						
	80		18.72	20.12	21.48	22.79	24.04	25.25	26.41	27.52	28.58	29.59						

(续)

外径/mm			壁厚/mm									
系列1	系列2	系列3	0.25~ 1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2(2.3)	2.5(2.6)	2.8	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>												
		83(82.5)		2.82	3.02	3.21	3.60	4.00	4.38	4.96	5.54	
	85			2.89	3.09	3.29	3.69	4.09	4.49	5.09	5.68	
89(88.9)				3.02	3.24	3.45	3.87	4.29	4.71	5.33	5.95	
	95			3.23	3.46	3.69	4.14	4.59	5.03	5.70	6.37	
	102(101.6)			3.47	3.72	3.96	4.45	4.93	5.41	6.13	6.85	
	108			3.68	3.94	4.20	4.71	5.23	5.74	6.50	7.26	
114(114.3)				4.16	4.44	4.98	5.52	6.07	6.87	7.68		
	121			4.42	4.71	5.29	5.87	6.45	7.31	8.16		
	127					5.56	6.17	6.77	7.68	8.58		
	133								8.05	8.98		
140(139.7) 168(168.3) 219(219.1)	146.203	142(141.3) 152(152.4) 159 180(177.8) 194(193.7) 245(244.5)										

(续)

外径/mm			壁 厚/mm																
系列 1	系列 2	系列 3	2.9 (3.0)	3.2 (3.6)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.4 (5.5)	6.0 (6.5)	6.3 (7.1)	7.0	7.5	8.0	8.5	8.8 (9.0)	9.5	10	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																			
		83(82.5)	5.92	6.30	6.86	7.79	8.71	9.62	10.51	11.39	12.26	13.12	13.96	14.80	15.62	16.42	17.22	18.00	
	85		6.07	6.46	7.04	7.99	8.93	9.86	10.78	11.59	12.58	13.46	14.33	15.19	16.04	16.87	17.69	18.49	
89(88.9)			6.36	6.77	7.38	8.38	9.38	10.36	11.33	12.28	13.22	14.16	15.07	15.98	16.87	17.76	18.63	19.48	
	95		6.81	7.24	7.90	8.98	10.04	11.10	12.14	13.17	14.19	15.19	16.18	17.16	18.13	19.09	20.03	20.96	
	102(101.6)		7.32	7.80	8.50	9.67	10.82	11.96	13.09	14.21	15.31	16.40	17.48	18.55	19.60	20.64	21.67	22.69	
		108	7.77	8.27	9.02	10.26	11.49	12.70	13.90	15.09	16.27	17.44	18.59	19.73	20.86	21.97	23.08	24.17	
114(114.3)			8.21	8.74	9.54	10.85	12.15	13.44	14.72	15.98	17.23	18.47	19.70	20.91	22.11	23.30	24.48	25.65	
	121		8.73	9.30	10.14	11.54	12.93	14.30	15.67	17.02	18.35	19.68	20.99	22.29	23.58	24.86	26.12	27.37	
	127		9.19	9.77	10.66	12.13	13.59	15.04	16.48	17.90	19.31	20.71	22.10	23.48	24.84	26.19	27.53	28.85	
	133		9.62	10.24	11.18	12.72	14.26	15.78	17.29	18.79	20.28	21.75	23.21	24.66	26.10	27.52	28.93	30.33	
140(139.7)			10.14	10.80	11.78	13.42	15.04	16.65	18.24	19.83	21.40	22.96	24.51	26.04	27.56	29.08	30.57	32.06	
		142(141.3)	10.28	10.95	11.95	13.61	15.26	16.89	18.51	20.12	21.72	23.30	24.88	26.44	27.98	29.52	31.04	32.55	
	146		10.58	11.27	12.30	14.01	15.70	17.39	19.06	20.72	22.36	23.99	25.62	27.22	28.82	30.41	31.98	33.54	
		152(152.4)	11.02	11.74	12.82	14.60	16.37	18.13	19.87	21.60	23.32	25.03	26.73	28.41	30.08	31.74	33.39	35.02	
		159			13.42	15.29	17.14	18.99	20.82	22.64	24.44	26.24	28.02	29.79	31.55	33.29	35.02	36.75	
168(168.3)					14.20	16.18	18.14	20.10	22.04	23.97	25.89	27.79	29.68	31.56	33.44	35.29	37.13	38.97	
		180(177.8)			15.23	17.36	19.48	21.58	23.67	25.74	27.81	29.86	31.90	33.93	35.95	37.95	39.94	41.92	
		194(193.7)			16.44	18.74	21.03	23.30	25.60	27.82	30.05	32.28	34.49	36.69	38.88	41.05	43.22	45.38	
	203				17.22	19.63	22.03	24.41	26.79	29.15	31.50	33.83	36.16	38.47	40.77	43.06	45.33	47.59	
219(219.1)									31.52	34.06	36.60	39.12	41.63	44.12	46.61	49.08	51.54		
		245(244.5)							35.36	38.23	41.08	43.93	46.76	49.57	52.38	55.17	57.95		

(续)

外轮/mm		壁 厚/mm																	
系列 1	系列 2	系列 3	11 (12.3)	12	13	14 (14.2)	15	16	17 (17.5)	18	19	20	22 (22.2)	24	25	26	28	30	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																			
		83(82.5)	19.53	21.01	22.44	23.82	25.15	26.44	27.67	28.85	29.99	31.07	33.10						
	85		20.07	21.60	23.08	24.51	25.89	27.23	28.51	29.74	30.92	32.06	34.18						
89(88.9)			21.16	22.79	24.36	25.89	27.37	28.80	30.18	31.52	32.80	34.03	36.35	38.47					
	95		22.79	24.56	26.29	27.96	29.59	31.17	32.70	34.18	35.61	36.99	39.60	42.02					
	102(101.6)		24.69	26.63	28.53	30.38	32.18	33.93	35.63	37.29	38.89	40.44	43.40	46.16	47.47	48.73	51.10		
	108		26.31	28.41	30.46	32.45	34.40	36.30	38.15	39.95	41.70	43.40	46.66	49.71	51.17	52.58	55.24	57.71	
114(114.3)			27.94	30.19	32.38	34.52	36.62	38.67	40.66	42.61	44.51	46.36	49.91	53.27	54.87	56.42	59.38	62.15	
	121		29.84	32.26	34.62	36.94	39.21	41.43	43.60	45.72	47.79	49.81	53.71	57.41	59.18	60.91	64.21	67.83	
	127		31.47	34.03	36.55	39.01	41.43	43.80	46.12	48.38	50.60	52.77	56.96	60.96	62.88	64.76	68.36	71.76	
	133		33.10	35.81	38.47	41.08	43.65	46.16	48.63	51.05	53.41	55.73	60.22	64.51	66.58	68.60	72.50	76.20	
140(139.7)			34.99	37.88	40.71	43.50	46.24	48.93	51.56	54.15	56.69	59.18	64.02	68.65	70.90	73.09	77.33	81.38	
	146		35.54	38.47	41.36	44.19	46.98	49.72	52.41	55.04	57.63	60.17	65.11	69.84	72.13	74.38	78.72	82.86	
		142(141.3)	36.62	39.66	42.64	45.57	48.46	51.29	54.08	56.82	59.50	62.14	67.27	72.20	74.60	76.94	81.48	85.82	
		152(152.4)	38.25	41.43	44.56	47.64	50.68	53.66	56.59	59.48	62.32	65.10	70.53	75.76	78.30	80.79	85.62	90.26	
		159	40.15	43.50	46.80	50.06	53.27	56.42	59.53	62.59	65.60	68.55	74.33	78.90	82.61	85.27	90.45	95.43	
168(168.3)			42.59	46.17	49.69	53.17	56.59	59.97	63.30	66.58	69.81	72.99	79.21	85.22	88.16	91.04	96.67	102.09	
		180(177.8)	45.84	49.72	53.54	57.31	61.03	64.71	68.33	71.91	75.43	78.91	85.72	92.33	95.56	98.74	104.95	110.97	
		194(193.7)	49.64	53.86	58.02	62.14	66.21	70.23	74.20	78.12	81.99	85.82	93.31	100.61	104.19	107.71	114.62	121.33	
	203		52.08	56.52	60.91	65.25	69.54	73.78	77.97	82.12	86.21	90.26	98.20	105.94	109.74	113.49	120.83	127.99	
219(219.1)			56.42	61.26	66.04	70.77	75.46	80.10	84.68	89.22	93.71	98.15	106.88	115.41	119.60	123.74	131.88	139.82	
		245(244.5)	63.48	68.95	74.37	79.75	83.98	88.08	91.97	95.58	100.76	105.89	110.97	120.98	130.80	135.63	140.41	149.83	159.06

(续)

外径/mm			壁厚/mm											
系列1	系列2	系列3	32	34	36	38	40	42	45	48	50	55	60	65
			单位长度理论质量/kg·m <sup>-1</sup>											
89(88.9) 114(114.3)	85 95 102(101.6)	83(82.5) 108												
	121		70.24											
	127		74.97											
	133		79.70	83.01	86.12									
140(139.7)			85.22	88.88	92.33									
		142(141.3)	85.81	90.56	94.11									
	146		89.96	93.91	97.66	101.21	104.56							
		152(152.4)	94.69	98.94	102.98	106.83	110.48							
		159	100.22	104.81	109.20	113.39	117.39	121.19	126.51					
168(168.3)			107.32	112.35	117.19	121.82	126.26	130.50	136.50					
		180(177.8)	116.79	122.41	127.84	133.07	138.10	142.93	149.81	156.25	160.30			
		194(193.7)	127.84	134.15	140.27	146.19	151.91	157.43	165.33	172.83	177.56			
	203		134.94	141.70	148.26	154.62	160.78	166.75	175.33	183.47	188.65	200.74		
219(219.1)			147.57	155.11	162.46	169.61	176.57	183.33	193.10	202.41	208.38	222.45		
		245(244.5)	168.08	176.91	185.54	193.98	202.22	210.25	221.94	233.18	240.44	257.71	273.74	288.54

(续)

外径/mm		壁 厚/mm																			
系列 1	系列 2	系列 3	0.25 ~6.0	(6.3)	7.0 (7.1)	7.5	8.0	8.5	(8.8)	9.0	9.5	10	11 (12.5)	12	13 (14.2)	14	15	16 (17.5)	17	18	
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																					
273				42.72	45.92	49.10	52.28	55.44	58.59	61.73	64.86	71.07	77.24	83.35	89.42	95.43	101.40	107.32	113.19		
	299					53.91	57.41	60.89	64.36	67.82	71.27	78.13	84.93	91.69	98.39	105.05	111.68	118.22	124.73		
	325(323.9)					58.72	62.54	66.34	70.13	73.92	77.68	85.18	92.63	100.02	107.37	114.67	121.92	129.12	136.27		
	340(339.7)						65.50	69.49	73.47	77.43	81.38	89.25	97.07	104.84	112.56	120.22	127.85	135.42	142.94		
	351						67.67	71.79	75.90	80.01	84.10	92.23	100.32	108.36	116.35	124.29	132.18	140.02	147.81		
	356(355.6)								77.02	81.18	85.33	93.59	101.80	109.97	118.08	126.14	134.16	142.12	150.04		
	377								81.67	86.10	90.51	99.28	108.02	116.69	125.32	133.90	142.44	150.92	159.35		
	402								87.22	91.85	96.67	106.06	115.41	124.71	133.95	143.15	152.30	161.40	170.45		
	406(406.4)								88.12	92.89	97.66	107.15	116.60	126.00	135.34	144.64	153.89	163.09	172.24		
	426								92.55	97.57	102.59	112.58	122.52	132.49	142.24	152.03	161.77	171.46	181.10		
	450								97.88	103.20	108.50	119.08	130.61	140.99	150.52	160.91	171.24	181.52	191.76		
457									99.44	104.84	110.24	120.99	131.69	142.35	152.95	163.51	174.01	184.47	194.88		
	480								104.53	110.22	115.90	127.22	139.49	149.71	160.88	172.00	183.08	194.10	205.07		
	500								108.97	114.91	120.83	132.65	145.41	156.12	167.79	179.40	190.97	202.48	213.95		
	508								110.75	116.79	122.81	134.82	146.79	158.70	170.56	182.37	194.13	205.85	217.51		
	530								115.63	121.94	128.23	140.78	153.29	165.74	178.14	190.50	202.80	215.06	227.27		
	560(559)								122.29	128.97	135.63	148.92	163.16	175.36	188.50	201.60	214.64	227.64	240.58		
	610								133.39	140.69	147.97	162.49	176.97	191.40	205.78	220.10	234.38	248.61	262.79		
	630								137.82	145.36	152.89	167.91	183.88	197.80	212.67	227.49	242.26	256.98	271.65		
	660								144.49	152.40	160.30	176.06	191.77	207.43	223.04	238.60	254.11	269.57	284.99		



(续)

外径/mm			壁 厚/mm											
系列 1	系列 2	系列 3	19	20	22(22.2)	24	25	26	28	30	单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>			
273			119.01	124.78	136.17	147.37	152.89	158.37	169.17	179.77				
	299		131.19	137.60	150.28	162.76	168.92	175.04	187.12	199.01				
325(323.9)			143.37	150.43	164.38	178.14	184.95	191.71	205.07	218.24				
	340(339.7)		150.41	157.83	172.53	187.03	194.21	201.34	215.44	229.35				
	351		155.56	163.25	178.49	193.53	200.98	208.38	223.04	237.48				
356(355.6)			157.91	165.72	181.21	196.50	204.07	211.60	226.49	241.19				
	377		167.74	176.07	192.59	208.92	217.01	225.05	240.98	256.71				
	402		179.45	188.40	206.16	233.72	232.42	241.08	258.24	275.21				
406(406.4)			181.34	190.39	208.34	226.10	234.90	243.56	261.02	278.18				
	426		190.70	200.24	219.18	237.92	247.22	256.46	274.81	292.96				
	450		201.94	212.08	232.20	252.12	262.01	271.85	291.38	310.72				
457			205.23	215.54	236.01	256.28	266.34	276.36	296.23	315.91				
	480		216.00	226.37	248.47	269.88	280.51	291.09	312.10	332.91				
	500		225.37	236.74	259.32	281.72	292.84	303.91	325.91	347.91				
508			229.13	240.70	263.68	286.47	297.79	309.06	331.45	353.65				
	530		239.42	251.53	275.60	299.47	311.33	323.14	346.62	369.90				
		560(559)	253.48	266.33	291.88	317.23	329.85	342.40	367.36	392.12				
610			276.92	291.01	319.02	346.84	360.67	374.45	401.88	429.11				
	630		286.28	300.85	329.85	358.66	373.00	387.28	415.69	443.91				
		660	300.35	315.67	346.15	376.43	391.50	406.52	436.41	466.10				

(续)

外径/mm		壁 厚/mm												
系列 1	系列 2	系列 3	32	34	36	38	40	42	45	48	50	55	60	65
单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>														
275			190.18	204.58	214.84	224.90	234.76	234.43	258.56	272.45	281.12	295.69	315.17	333.42
	299		210.70	222.19	233.58	244.58	255.48	266.18	281.86	297.10	307.02	330.96	353.62	375.08
325(323.9)			231.21	243.99	256.56	268.94	281.12	293.11	310.72	327.88	339.08	366.22	392.09	416.75
	340(339.7)		243.06	256.58	269.90	283.01	295.94	308.66	327.38	345.66	357.59	386.57	414.31	440.82
	351		251.73	265.79	279.64	293.31	306.77	320.04	339.57	358.66	371.13	401.49	430.56	458.43
356(355.6)			255.69	269.99	284.10	298.01	311.72	325.23	345.14	364.60	377.32	408.27	437.99	466.47
	377		272.25	287.58	302.73	317.67	332.42	346.97	368.42	389.43	403.19	436.76	469.03	500.10
	402		291.97	308.55	324.92	341.10	357.08	372.86	396.16	419.02	434.02	470.66	506.02	540.18
406(406.4)			295.15	311.92	328.49	344.87	361.04	377.02	400.63	423.78	438.97	476.09	511.97	546.62
	426		310.91	328.67	346.23	363.59	380.75	397.72	422.80	447.43	463.61	503.22	541.53	578.65
	450		329.85	348.79	367.53	386.08	404.42	422.57	449.43	475.84	493.20	535.77	577.04	617.12
457			335.40	354.68	373.77	392.66	411.35	429.85	457.22	484.15	501.86	545.27	587.44	628.38
	480		353.53	373.94	394.17	414.19	436.02	453.64	482.72	511.35	530.19	576.46	621.43	655.20
	500		369.31	390.71	411.92	432.93	453.74	474.36	504.91	535.02	554.85	603.59	651.02	697.26
508			375.64	397.44	419.05	440.45	461.66	482.67	513.82	544.53	564.75	614.44	662.90	710.13
	530		392.98	415.87	438.55	461.04	483.34	505.43	538.20	570.53	591.84	644.28	695.41	745.35
	560(599)		416.68	441.05	465.21	489.19	512.96	536.53	571.53	606.08	628.87	684.97	739.84	793.48
610			456.14	482.97	509.60	536.04	562.28	588.32	627.02	655.27	690.52	752.79	813.83	873.63
	630		471.92	499.74	527.36	554.79	582.01	609.04	649.21	688.94	715.18	779.92	843.42	905.69
	660		495.60	524.90	554.00	582.90	611.60	640.11	682.51	724.46	752.18	820.61	887.81	953.78

注:1. 括号内尺寸表示相应的英制规格。通常应采用公称尺寸,不推荐采用英制尺寸。

2. 本表理论重量计算公式为:  $W = \frac{\pi}{1000} \rho (D - S) S$ 。

式中:  $W$  — 钢管理论重量(kg·m<sup>-1</sup>);  $D$  — 钢管公称外径(mm);  $S$  — 钢管公称壁厚(mm);  $\rho$  — 钢管密度,按 7.85kg·dm<sup>-3</sup>计算。

3. 外径系列 1, 标准化钢管(经优选、简化、通用的标准化管道配管系列); 系列 2, 非标准化钢管(非标准化管道配管系统); 系列 3, 特殊用途钢管(少数特殊、专用的非标准化管道配管系列)。

表 3.1-229 精密无缝钢管尺寸及单位长度理论重量(摘自 GB/T 17395-1998)

系列	厚/mm																								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4	4.5	5	5.5	6	(7)	8	(9)	10	(11)	12.5	(14)	16	(18)	20	(22)	25	
2	单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																								
3																									
4	0.043	0.063	0.074	0.083																					
5	0.056	0.083	0.099	0.112																					
6	0.068	0.103	0.123	0.142	0.166	0.186	0.197																		
8	0.092	0.142	0.173	0.201	0.240	0.275	0.296	0.315	0.339																
10	0.117	0.182	0.222	0.260	0.314	0.364	0.395	0.423	0.462																
12	0.142	0.221	0.271	0.320	0.388	0.453	0.493	0.532	0.586	0.635	0.666														
12.7	0.150	0.235	0.289	0.340	0.414	0.484	0.528	0.570	0.629	0.684	0.718														
14	0.166	0.260	0.321	0.379	0.462	0.542	0.592	0.640	0.709	0.773	0.814	0.906													
16	0.191	0.300	0.370	0.438	0.536	0.630	0.691	0.749	0.832	0.911	0.962	1.08	1.18												
18	0.216	0.339	0.419	0.497	0.610	0.719	0.789	0.857	0.956	1.03	1.11	1.25	1.38	1.50											
20	0.240	0.379	0.469	0.556	0.684	0.808	0.888	0.966	1.08	1.19	1.26	1.42	1.58	1.72	1.85										
22	0.265	0.418	0.518	0.616	0.758	0.897	0.986	1.07	1.20	1.33	1.41	1.60	1.70	1.94	2.10										
25	0.302	0.477	0.592	0.704	0.869	1.03	1.13	1.24	1.39	1.53	1.63	1.86	2.07	2.28	2.47	2.64	2.81								
28	0.339	0.537	0.666	0.793	0.980	1.16	1.28	1.40	1.57	1.74	1.85	2.11	2.37	2.61	2.84	3.05	3.26	3.63	3.95						
30	0.364	0.576	0.715	0.852	1.05	1.25	1.38	1.51	1.70	1.88	2.00	2.29	2.56	2.83	3.08	3.32	3.55	3.97	4.34						
32	0.388	0.616	0.765	0.911	1.13	1.34	1.48	1.62	1.82	2.02	2.15	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.32	4.74						
35	0.425	0.675	0.838	1.00	1.24	1.47	1.63	1.78	2.00	2.22	2.37	2.72	3.06	3.38	3.70	4.00	4.29	4.83	5.33						
38	0.462	0.734	0.912	1.09	1.35	1.61	1.78	1.94	2.19	2.43	2.59	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	5.35	5.92	6.44	6.91				
40	0.487	0.773	0.962	1.15	1.42	1.70	1.87	2.05	2.31	2.57	2.74	3.15	3.55	3.94	4.32	4.68	5.03	5.70	6.31	6.88	7.40				
42	0.513	0.813	1.01	1.21	1.50	1.78	1.97	2.16	2.44	2.71	2.89	3.32	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	6.04	6.71	7.32	7.89				
45	0.572	0.913	1.13	1.36	1.66	1.96	2.16	2.36	2.66	2.91	3.11	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.56	7.30	7.99	8.63	9.22	10		

(续)

外径/mm		壁 厚/mm																														
系列	系列	0.5	(0.8)	1.0	(1.2)	1.5	(1.8)	2.0	(2.2)	2.5	(2.8)	3.0	(3.5)	4	4.5	5	(5.5)	6	(7)	8	(9)	10	(11)	12.5	(14)	16	(18)	20	(22)	25		
		单位长度理论重量/kg·m <sup>-1</sup>																														
2	3																															
48				1.16	1.39	1.72	2.05	2.27	2.48	2.81	3.12	3.33	3.84	4.34	4.83	5.30	5.76	6.21	7.08	7.89	8.66	9.37	10.0	10.9								
50		0.971	1.21	1.44	1.79	2.14	2.37	2.59	2.93	3.26	3.48	4.01	4.54	5.05	5.55	6.04	6.51	7.42	8.29	9.10	9.86	10.6	11.6									
	55	1.07	1.33	1.59	1.98	2.36	2.61	2.86	3.24	3.60	3.85	4.45	5.03	5.60	6.17	6.71	7.25	8.29	9.27	10.2	11.1	11.9	13.1	14.2								
60		1.17	1.46	1.74	2.16	2.58	2.86	3.14	3.55	3.95	4.22	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	9.15	10.3	11.3	12.3	13.3	14.6	15.9	17.4							
63		1.23	1.53	1.83	2.27	2.72	3.01	3.30	3.73	4.16	4.44	5.13	5.82	6.49	7.15	7.80	8.43	9.67	10.9	12.0	13.1	14.1	15.6	16.9	18.6							
70		1.36	1.70	2.04	2.53	3.03	3.35	3.68	4.16	4.64	4.96	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47	10.9	12.2	13.5	14.8	16.0	17.7	19.3	21.3							
76		1.48	1.85	2.21	2.76	3.29	3.47	3.85	4.09	4.53	5.05	5.40	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.4	11.9	13.4	14.9	16.3	17.6	19.6	21.4	23.7						
80		1.56	1.95	2.33	2.90	3.47	3.85	4.22	4.78	5.33	5.70	6.60	7.50	8.38	9.25	10.1	10.9	12.6	14.2	15.8	17.3	18.7	20.8	22.8	25.3	27.5						
	90			2.63	3.27	3.92	4.34	4.76	5.39	6.02	6.44	7.47	8.48	9.49	10.5	11.5	12.4	14.3	16.2	18.0	19.7	21.4	23.9	26.2	29.2	32.0	34.5	36.9				
100				2.92	3.64	4.36	4.83	5.31	6.01	6.71	7.18	8.33	9.47	10.6	11.7	12.8	13.9	16.1	18.2	20.2	22.2	24.1	27.0	29.7	33.1	36.4	39.5	42.3	46.2			
	110			3.22	4.01	4.80	5.33	5.85	6.63	7.40	7.92	9.19	10.5	11.7	12.9	14.2	15.5	17.8	20.1	22.4	24.7	26.9	30.1	33.1	37.1	40.8	44.4	47.7	52.4			
120						5.25	5.82	6.39	7.24	8.09	8.66	10.1	11.4	12.8	14.2	15.5	16.9	19.5	22.1	24.6	27.1	29.6	33.1	36.4	41.0	45.3	49.3	53.2	57.6			
130						5.69	6.31	6.93	7.86	8.78	9.40	10.9	12.4	13.9	15.4	16.9	18.3	21.2	24.1	26.9	29.6	32.3	36.2	40.0	45.0	49.7	54.3	58.6	64.7			
	140					6.13	6.81	7.48	8.48	9.47	10.1	11.8	13.4	15.0	16.6	18.2	19.8	23.0	26.0	29.1	32.1	35.0	39.3	43.5	48.9	54.2	59.2	64.0	70.9			
150						6.58	7.30	8.02	9.09	10.2	10.9	12.6	14.4	16.1	17.9	19.6	21.3	24.7	28.0	31.3	34.5	37.7	42.4	46.9	52.9	58.6	64.1	69.7	77.1			
160						7.02	7.79	8.56	9.71	10.9	11.6	13.5	15.4	17.3	19.1	21.0	22.8	26.4	30.0	33.5	37.0	40.4	45.5	50.4	56.8	63.0	69.1	74.9	83.2			
170												14.4	16.4	18.4	20.3	22.3	24.3	28.1	32.0	35.7	39.5	43.1	48.6	53.9	60.8	67.5	74.0	80.3	89.4			
	180														21.6	23.7	25.7	29.9	33.9	38.0	41.9	45.8	51.6	57.3	64.7	71.9	78.9	85.7	95.6			
190															25.0	27.2	31.6	35.9	40.2	44.4	48.6	54.7	60.8	68.3	83.8	91.1	102					
200																	28.7	33.3	37.9	42.4	46.9	51.3	57.8	64.2	72.6	80.8	88.8	96.6	108			
	220																	36.8	41.8	46.8	51.8	56.7	64.0	71.1	80.5	89.7	98.6	107	120			
240																		40.2	45.8	51.3	56.7	62.1	70.1	78.0	88.4	98.6	109	118	133			
260																		43.7	49.7	55.7	61.7	67.5	76.3	84.9	96.3	107	118	129	145			

注:钢密度为 7.85kg/dm<sup>3</sup>,括号内尺寸不推荐采用。

表 3.1-230 不锈钢无缝钢管尺寸(摘自 GB/T17395—1998)

外径/mm			壁厚/mm	外径/mm			壁厚/mm
系列 1	系列 2	系列 3	规格	系列 1	系列 2	系列 3	规格
	6		1.0~1.2		64 (63.5)		1.6~10
	7		1.0~1.2		68		1.6~12
	8		1.0~1.2		70		1.6~12
	9		1.0~1.2		73		1.6~12
10 (10.2)			1.0~2.0	76 (76.1)			1.6~12
	12		1.0~2.0			83 (82.5)	1.6~14
	12.7		1.0~3.2				
13 (13.5)			1.0~3.2				
		14	1.0~3.5	89 (88.9)			1.6~14
	16		1.0~4.0		95		1.6~14
17 (17.2)			1.0~4.0		102 (101.6)		1.6~14
		18	1.0~4.5		108		1.6~14
	19		1.0~4.5				
	20		1.0~4.5	114 (114.3)			1.6~14
21 (21.3)			1.0~5.0		127		1.6~14
		22	1.0~5.0		133		1.6~14
	24		1.0~5.0	140 (139.7)			1.6~16
	25		1.0~6.0		146		1.6~16
		25.4	1.0~6.0		152		1.6~16
27 (26.9)			1.0~6.0		159		1.6~16
		30	1.0~6.5				
	32 (31.8)		1.0~6.5	168 (168.3)			1.6~18
34 (33.7)			1.0~6.5		180		2.0~18
		35	1.0~6.5		194		2.0~18
	38		1.0~6.5	219 (219.1)			2.0~28
	40		1.0~6.5		245		2.0~28
42 (42.4)			1.0~7.5		273		2.0~28
		45 (44.5)	1.0~8.5	325 (323.9)			2.5~28
48 (48.3)			1.0~8.5		351		2.5~28
	51		1.0~9.0	356 (355.6)			2.5~28
		54	1.6~10		377		2.5~28
	57		1.6~10	406 (406.4)			2.5~28
60 (60.3)			1.6~10		426		3.2~20
壁厚尺寸 系列/mm	1.0,1.2,1.4,1.5,1.6,2.0,2.2(2.3),2.5(2.6),2.8(2.9),3.0,3.2,3.5(3.6),4.0,4.5,5.0,5.5(5.6), 6.0,6.5(6.3),7.0(7.1),7.5,8.0,8.5,9.0(8.8),9.5,10,11,12(12.5),14(14.2),15,16,17(17.5),18,20,22 (22.2),24,25,26,28						

注:1. 括号内尺寸表示相应英制规格。

2. 直径 194mm,219mm,245mm,273mm,325mm,351mm,356mm,377mm 的钢管无 6.0mm 的壁厚。

表 3.1-231 无缝钢管外径、长度及允许偏差(摘自 GB/T17395-1998)

外 径				长 度	
标准化外径允许偏差		非标准化外径允许偏差		全长允许偏差等级	全长允许偏差/mm
偏差等级	标准化外径允许偏差	偏差等级	非标准化外径允许偏差/(%)		
D1	±1.5%, 最小±0.75mm	ND1	±1.25 1.50	L1	+20 0
				L2	+10 0
D2	±1.0%, 最小±0.50mm	ND2	±1.25	L3	+5 0
D3	±0.75%, 最小±0.30mm	ND3	-1.25 -1.0	热轧(扩)管通常长度3~12m, 冷轧(拔)管通常长度2~10.5m。前者短尺不小于2m, 后者短尺不小于1m。每个倍尺应留切口余量: 外径≤159mm, 为5~10mm, 外径>159mm, 为10~15mm	
D4	±0.50%, 最小±0.10mm	ND4	±0.8		

注: 1. 优先采用标准化外径允许偏差, 推荐选用非标准化外径允许偏差。  
2. 特殊用途的钢管和冷轧(拔)钢管外径允许偏差可采用绝对偏差。

表 3.1-232 无缝钢管壁厚允许偏差(摘自 GB/T17395-1998)

标准化壁厚允许偏差					非标准化壁厚允许偏差	
偏差等级	允许偏差				偏差等级	允许偏差/(%)
	S/D					
	0.1 < S/D	0.05 < S/D ≤ 0.1	0.025 < S/D ≤ 0.05	S/D ≤ 0.025		
S1	±15%, 最小±0.6mm				NS1	+15 -12.5
S2	A	±12.5%, 最小±0.4mm				
	B	正偏差取决于质量要求 负偏差为-12.5%				
S3	A	±10%, 最小±0.2mm			NS2	-15 -10
	B	±10%	-12.5%	±15%		
	C	最小±0.4mm 正偏差取决于质量要求 负偏差为-10%				
S4	A	±7.5% 最小±0.15mm			NS3	+12.5 -10
	B	±7.5%	±10%	±12.5%  ±15%		
S5	最小±0.2mm ±5%, 最小±0.10mm				NS4	+12.5 -7.5

注: 偏差为(%)者, 是壁厚的百分数。

表 3.1-233 无缝钢管弯曲度、圆度及重量允许偏差(摘自 GB/T17395-1998)

全长弯曲度		每米弯曲度		圆 度		重量允许偏差 (理论重量与实际重量之差)	
等级	全长弯曲度 (%)(不大于)	等级	每米弯曲度/mm·m <sup>-1</sup> (不大于)	等级	圆度不大于外径 允许偏差(%)	等级	单根钢管重量允许 偏差/(%)
E1	0.20	F1	3.0	NR1	80	W1	±10
E2	0.15	F2	2.0	NR2	70	W2	±7.5
E3	0.10	F3	1.5	NR3	60	W3	+10 -5
E4	0.08	F4	1.0	NR4	50	W4	+10 -3.5
E5	0.06	F5	0.5	—	—	W5	+6.5 -3.5

注: 钢管每米重量 W(kg/m) 计算式:  $W = \frac{\pi}{1000} \rho (D - S) S$

式中:  $\pi = 3.1416$ ,  $\rho$ —钢密度(kg/dm<sup>3</sup>), D 和 S—钢管公称外径和公称壁厚(mm)。

## 5.3.7 流体输送用不锈钢无缝钢管(见表 3.1-234、表 3.1-235)

表 3.1-234 流体输送用不锈钢无缝钢管尺寸规格(摘自 GB/T14976—2002)

钢管外径 和壁厚尺寸	热轧(挤、扩)钢管				冷拔(轧)钢管			
	尺寸/mm		允许偏差		尺寸/mm		允许偏差	
			普通级	高级			普通级	高级
符合 GB/ T17395—1998 中不锈钢管尺寸 的规定	公称外径 $D$	68~159	$\pm 1.25\%D$	$\pm 1.0\%D$	公称外径 $D$	6~10	$\pm 0.20\text{mm}$	$\pm 0.15\text{mm}$
		>159~426	$\pm 1.5\%D$			>10~30	-0.30mm	$\pm 0.20\text{mm}$
	公称壁厚 $S$	<15	+15% $S$ -12.5% $S$	$\pm 12.5\%S$	公称壁厚 $S$	$\leq 3$	$\pm 14\%S$	+12.5% $S$ -10% $S$
		$\geq 15$	+20% $S$ -15% $S$			>3	+12.5% $S$ -10% $S$	$\pm 10\%S$

注:1. 钢管一般交货长度:热轧(挤、扩)钢管——2000~12000mm;

冷拔(轧)钢管——1000~10500mm。

2. 钢管一般以普通级偏差供货,当需要高级偏差时,应在合同中注明。

3. 钢管弯曲度:壁厚 $\leq 15\text{mm}$ 钢管,弯曲度 $\leq 1.5\text{mm/m}$ ;

壁厚 $> 15\text{mm}$ 钢管,弯曲度 $\leq 2.0\text{mm/m}$ ;

热扩管弯曲度 $\leq 3.0\text{mm/m}$ 。

钢管全长弯曲度不大于钢管总长的 0.15%。

4. 钢管全长允许偏差:L1级,全长允许偏差为 0~20mm,L2级全长允许偏差为 0~10mm;L3级全长允许偏差为 0~5mm。

5. 分类和代号:热轧(挤、扩)管—WH;冷拔(轧)管—WC;

尺寸精度:普通级—PA;高级—PC。

6. 标记示例:用 00Cr17Ni14Mo2 钢制造的外径为 25mm,壁厚 2mm,定尺长度 6000mm,尺寸精度普通级的冷拔(轧)无缝钢管,标记为:

WC 00Cr17Ni14Mo2—25×2×6000—GB/T14976—2002

表 3.1-235 流体输送用不锈钢无缝钢管牌号及力学性能(摘自 GB/T14976—2002)

组织类型	牌 号	推荐热处理制度	力 学 性 能			密 度 /kg·dm <sup>-3</sup>
			$\sigma_b/\text{MPa}$	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\delta_5(\%)$	
			不小于			
奥氏体型	0Cr18Ni9	1010~1150°C,急冷	520	205	35	7.93
	1Cr18Ni9	1010~1150°C,急冷	520	205	35	7.90
	00Cr19Ni10	1010~1150°C,急冷	480	175	35	7.93
	0Cr18Ni10Ti	920~1150°C,急冷	520	205	35	7.95
	0Cr18Ni11Nb	980~1150°C,急冷	520	205	35	7.98
	0Cr17Ni12Mo2	1010~1150°C,急冷	520	205	35	7.98
	00Cr17Ni14Mo2	1010~1150°C,急冷	480	175	35	7.98
	0Cr18Ni12Mo2Ti	1000~1100°C,急冷	530	205	35	8.00
	1Cr18Ni12Mo2Ti	1000~1100°C,急冷	530	205	35	8.00
	0Cr18Ni12Mo3Ti	1000~1100°C,急冷	530	205	35	8.10
	1Cr18Ni12Mo3Ti	1000~1100°C,急冷	530	205	35	8.10
	1Cr18Ni9Ti	1000~1100°C,急冷	520	205	35	7.90

(续)

组织类型	牌 号	推荐热处理制度	力学性能			密度 /kg·dm <sup>-3</sup>
			$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_{p0.2}$ /MPa	$\delta_5$ (%)	
			不小于			
奥氏体型	0Cr19Ni13Mo3	1010~1150°C,急冷	520	205	35	7.98
	00Cr19Ni13Mo3	1010~1150°C,急冷	480	175	35	7.98
	00Cr18Ni10N	1010~1150°C,急冷	550	245	40	7.90
	0Cr19Ni9N	1010~1150°C,急冷	550	275	35	7.90
	0Cr19Ni10NbN	1010~1150°C,急冷	685	345	35	7.98
	0Cr23Ni13	1030~1150°C,急冷	520	205	40	7.98
	0Cr25Ni20	1030~1180°C,急冷	520	205	40	7.98
	00Cr17Ni13Mo2N	1010~1150°C,急冷	550	245	40	8.00
	0Cr17Ni12Mo2N	1010~1150°C,急冷	550	275	35	7.80
	0Cr18Ni12Mo2Cu2	1010~1150°C,急冷	520	205	35	7.98
	00Cr18Ni14Mo2Cu2	1010~1150°C,急冷	480	180	35	7.98
铁素体型	1Cr17	780~850°C,空冷或缓冷	410	245	20	7.70
马氏体型	0Cr13	800~900°C, 缓冷或750°C快冷	370	180	22	7.70
奥-铁 双相型	0Cr26Ni5Mo2	≥950°C,急冷	590	390	18	7.80
	00Cr18Ni5Mo3Si2	920~1150°C,急冷	590	390	20	7.98

注:1. 热挤压管的抗拉强度允许降低20MPa。

2. 本表为热处理状态钢管的纵向力学性能。需方要求,在合同中规定,可测定钢管的规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 。

3. 钢管牌号的化学成分应按GB/T1220-1992和GB/T14976-2002的规定。

4. 钢管应按GB/T14976-2002的规定进行液压试验、压扁试验、扩口试验和晶间腐蚀试验。

### 5.3.8 低温管道用无缝钢管(见表3.1-236~表3.1-239)

表3.1-236 低温管道用无缝钢管尺寸规格(摘自GB/T18984-2003)

尺寸规格	钢管外径和壁厚(≤25mm)尺寸应符合GB/T17395-1998中表1的规定(见表3.1-228),按需方要求,供需双方协定,可生产规定之外规格的钢管 钢管通常长度为4000~12000mm,定尺长度和倍尺长度应在通常长度范围内,全长允许偏差为+ <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub> mm			
	钢管种类及代号	钢管尺寸		允许偏差
外径及壁厚 允许偏差 /mm	热轧(扩)钢管(WH)	外径	<351	±1.0%D(最小±0.50)
			≥351	±1.25%D
		壁厚	≤25	±12.5%S <sup>①</sup> (最小±0.40)
	冷拔(轧)钢管(WC)	外径	≤30	±0.20
			>30~50	±0.30
			>50	±0.75%D
壁厚	≤3	+12.5%S -10%S		
	>3	±10%S		

① 对外径大于等于351mm的热扩管,壁厚允许偏差为:±15%S。

注:1. 壁厚≤15mm钢管,弯曲度≤1.5mm/m;壁厚>15mm钢管,弯曲度≤2.0mm/m;外径≥351mm的热扩管,弯曲度≤3.0mm/m。

2. 按需方要求,双方协定,并在合同中注明,钢管的不圆度和壁厚不均应分别不超过外径和壁厚公差80%。

3. 标记示例:

示例1:用牌号为10MnDG的钢制造的,外径为159mm,壁厚为7mm,长度为6000mm的热轧(扩)钢管其标记为:

10MnDG-159×7×6000 GB/T18984-2003

示例2:用牌号为10MnDG的钢制造的,外径为159mm,壁厚为7mm,按通常长度交货的冷拔(轧)钢管其标记为:

WC10MnDG-159×7-GB/T18984-2003



表 3.1-237 低温管道用无缝钢管牌号及化学成分(摘自 GB/T18984 2003)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	V
16MnDG	0.12~0.20	0.20~0.55	1.20~1.60	≤0.025	≤0.025	—	—	—
10MnDG	≤0.13	0.17~0.37	≤1.35	≤0.025	≤0.025	—	—	≤0.07
09DG	≤0.12	0.17~0.37	≤0.95	≤0.025	≤0.025	—	—	≤0.07
09Mn2VDG	≤0.12	0.17~0.37	≤1.85	≤0.025	≤0.025	—	—	≤0.12
06Ni3MoDG	≤0.08	0.17~0.37	≤0.85	≤0.025	≤0.025	2.5~3.7	0.15~0.30	≤0.05

注:1. 10MnDG 和 06Ni3MoDG 的酸溶铝分别不小于 0.015% 和 0.020%, 但不作为交货条件; 为改善钢的性能, 16MnDG、09DG 和 10MnDG 可加入 0.01%~0.05% 的 Ti, 09Mn2VDG 可加入 0.01%~0.10% 的 Ti 或 0.015%~0.060% 的 Nb。

2. 当需方要求进行钢管成品化学成分分析时, 应在合同中注明。成品钢管化学成分允许偏差按 GB/T222 的规定。

表 3.1-238 低温管道用无缝钢管纵向低温冲击性能(摘自 GB/T18984—2003)

试样尺寸/mm	冲击吸收功 <sup>①</sup> A <sub>kv</sub> /J		
	一组(3个)的平均值	2个的各自值	1个的最低值
10×10×55	≥21	≥21	≥15
7.5×10×55	≥18	≥18	≥13
5×10×55	≥14	≥14	≥10
2.5×10×55	≥7	≥7	≥5

① 对不能采用 2.5mm×10mm×55mm 冲击试样尺寸的钢管, 冲击功由供需双方协商。

注: 钢管低温冲击试验采用夏比纵向(V 型缺11)试样, 试验温度: 16MnDG、09DG 和 10MnDG 为 -45°C, 09Mn2VDG 为 -70°C, 06Ni3MoDG 为 -100°C。

表 3.1-239 低温管道用无缝钢管纵向力学性能(摘自 GB/T18984—2003)

牌 号	抗拉强度 R <sub>m</sub> /MPa	下屈服强度 R <sub>eL</sub> /MPa		断后伸长率 <sup>①</sup> A(%)		
		壁厚≤16mm	壁厚>16mm	1号试样	2号试样 <sup>②</sup>	3号试样
16MnDG	490~665	≥325	≥315	≥30		
10MnDG	≥400	≥240		≥35		
09DG	≥385	≥210		≥35		
09Mn2VDG	≥450	≥300		≥30		
06Ni3MoDG	≥455	≥250		≥30		

注:1. 钢管适于 -45°C 级~-100°C 级低温压力容器管道及低温热交换器管道之用。

2. 钢管以正火状态交货(当终轧温度不低于相变临界温度(Ar<sub>3</sub>)可视为正火处理)。

3. 钢管工艺性能要求(液压试验、弯曲试验、扩口试验、压扁试验)、低倍组织检验、非金属夹杂物检验、无损检验等均应按 GB/T18984—2003 的规定执行。

4. 1号试样为管段试样, 2号试样为条状试样, 3号试样为圆形试样, 试样的形状及尺寸详见 GB/T18984—2003 附录 A 钢管拉伸试样规定。

① 外径小于 20mm 的钢管, 本表规定的断后伸长率值不适用, 其断后伸长率值由供需双方商定。

② 壁厚小于 8mm 的钢管, 用 2号试样进行拉伸试验时, 壁厚每减少 1mm 其断后伸长率的最小值应从本表规定最小断后伸长率中减去 1.5%, 并按数字修约规则修约为整数。

## 5.3.9 液压和气动缸筒用精密内径无缝钢管(见表 3.1-240、表 3.1-241)

表 3.1-240 液压和气动缸筒用精密内径无缝钢管尺寸规格(摘自 GB/T8713 1988) (mm)

内径	壁 厚											
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	5.0	6.0	7.5	10.0	12.5	15.0	20.0
	外 径											
25	28	—	—	31	—	35	—	40	—	—	—	—
32	35	36	—	38	—	42	—	47	—	—	—	—
10	—	—	45	16	—	50	—	55	—	—	—	—
50	—	—	55	56	—	60	—	65	70	75	—	—
63	—	—	68	69	—	73	75	78	83	88	—	—
80	—	—	85	86	—	90	92	95	100	105	110	—
100	—	—	105	106	—	110	112	115	120	125	130	—
125	—	—	—	—	132	135	137	140	145	150	155	165
160	—	—	—	—	165	170	—	175	180	185	190	200
200	—	—	—	—	—	220	—	215	220	225	230	240

注:1. 钢管的外径和内径尺寸应符合 GB/T3639 的规定见表 3.1-243;采用 GB/T699—1999 的 10、20、35、45 号钢制造。

2. 本表所列为优先选用尺寸系列,供设计和制造参考使用。

3. 钢管通常长度为 2~6m。钢管采用冷拔或冷轧无缝方法制造。

4. 标记示例:用 20 号钢制造的外径 54mm,内径 50mm,通常长度交货,内径公差为 H8,内表面粗糙度为 d 级的冷轧无缝钢管,标记为:精轧管 20— $\phi$ 54 $\times$  $\phi$ 50H8,d GB/T8713—1988。

表 3.1-241 液压和气动缸筒用精密内径无缝钢管尺寸允许偏差(摘自 GB/T8713—1988) (mm)

外径允许偏差	外 径	允 许 偏 差	外 径	允 许 偏 差
		>0~30	$\pm 0.10$	>140~150
	>30~40	$\pm 0.15$	>150~160	$\pm 0.80$
	>40~50	$\pm 0.20$	>160~170	$\pm 0.85$
	>50~60	$\pm 0.25$	>170~180	$\pm 0.90$
	>60~70	$\pm 0.30$	>180~190	$\pm 0.95$
	>70~80	$\pm 0.35$	>190~200	$\pm 1.00$
	>80~90	$\pm 0.40$	>200~210	$\pm 1.05$
	>90~100	$\pm 0.45$	>210~230	$\pm 1.10$
	>100~120	$\pm 0.50$	>220~230	$\pm 1.15$
	>120~140	$\pm 0.65$	>230~240	$\pm 1.20$

(续)

内径允许偏差	内径公称尺寸	公差带 / $\mu\text{m}$		
		H8	H9	H10
	>3~6	-18 0	+30 0	+48 0
	>6~10	+22 0	+36 0	+58 0
	>10~18	+27 0	+43 0	+70 0
	>18~30	+33 0	+52 0	+84 0
	>30~50	+39 0	+62 0	+100 0
	>50~80	+46 0	+74 0	+120 0
	>80~120	+54 0	+87 0	+140 0
	>120~180	+63 0	+100 0	+160 0
	>180~250	+72 0	+115 0	+185 0

注:1. 按需方要求,可提供外径单向偏差,其公差值不变。

2. 只有当钢管内径与壁厚的比值 $\leq(20:1)$ ,才能正常提供公差为H8和H9的钢管,并在合同中注明。

3. 按需方要求,内径可供双向偏差,公差值不变,并应在合同中注明。

4. 钢管内表面粗糙度分为a、b、c、d、e、f共6级,其Ra的公称值分别为0.125 $\mu\text{m}$ 、0.2 $\mu\text{m}$ 、0.4 $\mu\text{m}$ 、0.8 $\mu\text{m}$ 、1.6 $\mu\text{m}$ 、3.2 $\mu\text{m}$ 。冷拔管常用f级,冷轧管常用e级。允许偏差可到公称Ra+Ra25%。

### 5.3.10 冷拔或冷轧精密无缝钢管(见表3.1-242、表3.1-243)

表3.1-242 冷拔或冷轧精密无缝钢管牌号及力学性能(摘自GB/T3639—2000)

牌号	交货状态										
	BK		BKW		BKS		GBK		NBK		
	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	断后伸长率 $\delta_5(\%)$	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	断后伸长率 $\delta_5(\%)$	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	断后伸长率 $\delta_5(\%)$	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	断后伸长率 $\delta_5(\%)$	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	屈服点 $\sigma_s/\text{MPa}$	断后伸长率 $\delta_5(\%)$
不 小 于											
10	410	6	375	10	335	12	335	24	335	205	24
20	510	5	450	8	430	10	390	20	410	245	20
35	590	4	550	6	520	8	510	17	530	315	17
45	645	4	630	5	610	7	590	14	600	355	14

注:1. 外径不大于30mm和壁厚大于3mm的钢管,其最小屈服点可降低10MPa。

2. 钢管牌号的化学成分应符合GB/T699—1999的规定。

3. 交货状态代号: BK—冷加工/硬,最后冷加工之后不进行热处理,管子变形很小; BKW—冷加工/软,最后热处理之后进行小变形量的冷加工,对钢管再加工时允许有限的冷变形(如弯曲、扩口); BKS—冷加工后消除应力退火; GBK—退火,最后冷加工之后,钢管在保护气体下进行完全退火; NBK—正火,最后冷加工后,钢管在保护气体下进行正火。

4. GB/T3639—2000冷拔或冷轧精密钢管适于制造机械结构、液压设备、汽车用具有特殊尺寸精度和质量表面要求的管件和零件。

5. 标记示例:

a. 用20钢制造的外径为50mm,内径为30mm,冷加工/硬状态的冷轧精密无缝钢管,其标记为:

精轧 20- $\phi$ 50 $\times$  $\phi$ 30BK-GB/T3639—2000

b. 用10钢制造的外径为38mm,壁厚为3mm,定尺长度为5000mm,冷加工/软状态的冷轧精密无缝钢管,标记为:

精轧 10- $\phi$ 38 $\times$ 3 $\times$ 5000BKW-GB/T3639—2000。

表 3.1-243 冷拔或冷轧精密无缝钢管

外径		壁厚±10%																				
		0.5	(0.8)	1.0	1.2	1.5	(1.8)	2.0	(2.2)	2.5	(2.8)	3.0										
尺寸	允许偏差	内 (公称数值及																				
4	±0.10	3±0.30	2.4±0.30	2±0.30																		
5		4±0.30	3.4±0.30	3±0.30																		
6		5±0.25	4.4±0.25	4±0.25	3.6±0.30																	
8		7±0.20	6.4±0.20	6±0.20	5.6±0.30	5±0.30	4.4±0.35	4±0.35	3.6±0.40	3±0.40												
10		9±0.15	8.4±0.15	8±0.20	7.6±0.25	7±0.25	6.4±0.30	6±0.30	5.6±0.35	5±0.35												
12		11±0.15	10.4±0.15	10±0.15	9.6±0.20	9±0.20	8.4±0.25	8±0.25	7.5±0.30	7±0.30	6.4±0.40	6±0.40										
(13)		12±0.15	11.4±0.15	11±0.15	10.6±0.20	10±0.20	9.4±0.25	9±0.25	8.6±0.30	8±0.30	7.4±0.40	7±0.40										
14		13±0.10	12.4±0.10	12±0.10	11.6±0.15	11±0.15	10.4±0.20	10±0.20	9.6±0.25	9±0.25	8.4±0.30	8±0.30										
16		15±0.10	14.4±0.10	14±0.10	13.6±0.10	13±0.10	12.4±0.15	12±0.15	11.6±0.20	11±0.20	10.4±0.30	10±0.30										
18		17±0.10	16.4±0.10	16±0.10	15.6±0.10	15±0.10	14.4±0.10	14±0.10	13.6±0.20	13±0.20	12.4±0.20	12±0.20										
20		19±0.10	18.4±0.10	18±0.10	17.6±0.10	17±0.10	16.4±0.10	16±0.10	15.6±0.15	15±0.15	14.4±0.15	14±0.20										
22		21±0.10	20.4±0.10	20±0.10	19.6±0.10	19±0.10	18.4±0.10	18±0.10	17.6±0.10	17±0.15	16.4±0.15	16±0.15										
25		24±0.10	23.4±0.10	23±0.10	22.6±0.10	22±0.10	21.4±0.10	21±0.10	20.6±0.10	20±0.10	19.4±0.15	19±0.15										
(26)		25±0.10	24.4±0.10	24±0.10	23.6±0.10	23±0.10	22.4±0.10	22±0.10	21.6±0.10	21±0.10	20.4±0.15	20±0.15										
28		27±0.10	26.4±0.10	26±0.10	25.6±0.10	25±0.10	24.4±0.10	24±0.10	23.6±0.10	23±0.10	22.4±0.10	22±0.15										
30		29±0.10	28.4±0.10	28±0.10	27.6±0.10	27±0.10	26.4±0.10	26±0.10	25.6±0.10	25±0.10	24.4±0.10	24±0.15										
32		±0.15	31±0.15	30.4±0.15	30±0.15	29.6±0.15	29±0.15	28.4±0.15	28±0.15	27.6±0.15	27±0.15	26.4±0.15	26±0.15									
35			34±0.15	33.4±0.15	33±0.15	32.6±0.15	32±0.15	31.4±0.15	31±0.15	30.6±0.15	30±0.15	29.4±0.15	29±0.15									
38			37±0.15	36.4±0.15	36±0.15	35.6±0.15	35±0.15	34.4±0.15	34±0.15	33.6±0.15	33±0.15	32.4±0.15	32±0.15									
40			39±0.15	38.4±0.15	38±0.15	37.6±0.15	37±0.15	36.4±0.15	36±0.15	35.6±0.15	35±0.15	34.4±0.15	34±0.15									
42	±0.20			40±0.20	39.6±0.20	39±0.20	38.4±0.20	38±0.20	37.6±0.20	37±0.20	36.4±0.20	36±0.20										
45				43±0.20	42.6±0.20	42±0.20	41.4±0.20	41±0.20	40.6±0.20	40±0.20	39.4±0.20	39±0.20										
48				46±0.20	45.6±0.20	45±0.20	44.4±0.20	44±0.20	43.6±0.20	43±0.20	42.4±0.20	42±0.20										
50				48±0.20	47.6±0.20	47±0.20	46.4±0.20	46±0.20	45.6±0.20	45±0.20	44.4±0.20	44±0.20										
55	±0.25			53±0.25	52.6±0.25	52±0.25	51.4±0.25	51±0.25	50.6±0.25	50±0.25	49.4±0.25	49±0.25										
60				58±0.25	57.6±0.25	57±0.25	56.4±0.25	56±0.25	55.6±0.25	55±0.25	54.4±0.25	54±0.25										
63	±0.30			61±0.30	60.6±0.30	60±0.30	59.4±0.30	59±0.30	58.6±0.30	58±0.30	57.4±0.30	57±0.30										
70				68±0.30	67.6±0.30	67±0.30	66.4±0.30	66±0.30	65.6±0.30	65±0.30	64.4±0.30	64±0.30										
76	±0.35			74±0.35	73.6±0.35	73±0.35	72.4±0.35	72±0.35	71.6±0.35	71±0.35	70.4±0.35	70±0.35										
80				78±0.35	77.6±0.35	77±0.35	76.4±0.35	76±0.35	75.6±0.35	75±0.35	74.4±0.35	74±0.35										
90	±0.40					87±0.40	86.4±0.40	86±0.40	85.6±0.40	85±0.40	84.4±0.40	84±0.40										
100	±0.45						96.4±0.45	96±0.45	95.6±0.45	95±0.45	94.4±0.45	94±0.45										
110	±0.50							106±0.50	105.6±0.50	105±0.50	104.4±0.50	104±0.50										
120									116±0.50	115.6±0.50	115±0.50	114.4±0.50	114±0.50									
130	±0.65																				124±0.65	
140																						134±0.65
150	±0.75																					144±0.75
160	±0.80																					
170	±0.85																					
180	±0.90																					
190	±0.95																					
200	±0.10																					

注:1. 括号内的尺寸不推荐使用。

2. 钢管通常长度为2000~7000mm。
3. 钢管弯曲度;BK,BKW 状态钢管弯曲度不大于3.0mm/m;EKS,GBK,NBK 钢管弯曲度不大于1.5mm/m。
4. 钢管圆度不大于外径公差80%。
5. 钢管交货重量符合GB/T17395 1998 的规定。

尺寸规格(摘自 GB/T3639—2000)

(mm)

(最小±0.12mm)											
(3.5)	4	(4.5)	5	(5.5)	6	(7)	8	(9)	10	11	12.5
径 允许偏差)											
9±0.35	8±0.35										
11±0.35	10±0.35										
13±0.30	12±0.35	11±0.35	10±0.35								
15±0.20	14±0.30	13±0.35	12±0.35								
18±0.15	17±0.20	16±0.20	15±0.30								
19±0.15	18±0.15	17±0.20	16±0.30	15±0.30	14±0.30						
21±0.15	20±0.15	19±0.15	18±0.20	17±0.30	16±0.30						
23±0.15	22±0.15	21±0.15	20±0.15	19±0.30	18±0.30						
25±0.15	24±0.15	23±0.15	22±0.15	21±0.35	20±0.35						
28±0.15	27±0.15	26±0.15	25±0.15	24±0.20	23±0.20	21±0.20					
31±0.15	30±0.15	29±0.15	28±0.15	27±0.15	26±0.15	24±0.20	22±0.25				
33±0.15	32±0.15	31±0.15	30±0.15	29±0.15	28±0.15	26±0.20	24±0.25				
35±0.20	34±0.20	33±0.20	32±0.20	31±0.20	30±0.20	28±0.20	26±0.20	24±0.20	22±0.30		
38±0.20	37±0.20	36±0.20	35±0.20	34±0.20	33±0.20	31±0.20	29±0.20	27±0.20	25±0.25		
41±0.20	40±0.20	39±0.20	38±0.20	37±0.20	36±0.20	34±0.20	32±0.20	30±0.20	28±0.20		
43±0.20	42±0.20	41±0.20	40±0.20	39±0.20	38±0.20	36±0.20	34±0.20	32±0.20	30±0.20		
48±0.25	47±0.25	46±0.25	45±0.25	44±0.25	43±0.25	41±0.25	39±0.25	37±0.25	35±0.25	33±0.25	30±0.25
53±0.25	52±0.25	51±0.25	50±0.25	49±0.25	48±0.25	46±0.25	44±0.25	42±0.25	40±0.25	38±0.25	35±0.25
56±0.30	55±0.30	54±0.30	53±0.30	52±0.30	51±0.30	49±0.30	47±0.30	45±0.30	43±0.30	41±0.30	39±0.30
63±0.30	62±0.30	61±0.30	60±0.30	59±0.30	58±0.30	56±0.30	54±0.30	52±0.30	50±0.30	48±0.30	45±0.30
69±0.35	68±0.35	67±0.35	66±0.35	65±0.35	64±0.35	62±0.35	60±0.35	58±0.35	56±0.35	53±0.35	50±0.35
73±0.35	72±0.35	71±0.35	70±0.35	69±0.35	68±0.35	66±0.35	64±0.35	62±0.35	60±0.35	58±0.35	56±0.35
83±0.40	82±0.40	81±0.40	80±0.40	79±0.40	78±0.40	76±0.40	74±0.40	72±0.40	70±0.40	68±0.40	66±0.40
93±0.45	92±0.45	91±0.45	90±0.45	89±0.45	88±0.45	86±0.45	84±0.45	82±0.45	80±0.45	78±0.45	75±0.45
103±0.50	102±0.50	101±0.50	100±0.50	99±0.50	98±0.50	96±0.50	94±0.50	92±0.50	90±0.50	88±0.50	85±0.50
113±0.50	112±0.50	111±0.50	110±0.50	109±0.50	108±0.50	106±0.50	104±0.50	102±0.50	100±0.50	98±0.50	95±0.50
123±0.65	122±0.65	121±0.65	120±0.65	119±0.65	118±0.65	116±0.65	114±0.65	112±0.65	110±0.65	108±0.65	105±0.65
133±0.65	132±0.65	131±0.65	130±0.65	129±0.65	128±0.65	126±0.65	124±0.65	122±0.65	120±0.65	118±0.65	115±0.65
143±0.75	142±0.75	141±0.75	140±0.75	139±0.75	138±0.75	136±0.75	134±0.75	132±0.75	130±0.75	128±0.75	125±0.75
	152±0.80	151±0.80	150±0.80	149±0.80	148±0.80	146±0.80	144±0.80	142±0.80	140±0.80	138±0.80	135±0.80
	162±0.85	161±0.85	160±0.85	159±0.85	158±0.85	156±0.85	154±0.85	152±0.85	150±0.85	148±0.85	145±0.85
			170±0.90	169±0.90	168±0.90	166±0.90	164±0.90	162±0.90	160±0.90	158±0.90	155±0.90
					178±0.95	176±0.95	174±0.95	172±0.95	170±0.95	168±0.95	165±0.95
					188±1.0	186±1.0	184±1.0	182±1.0	180±1.0	178±1.0	175±1.0

5.3.11 冷拔无缝异型钢管(见表 3.1-244~表 3.1-251)

表 3.1-244 冷拔无缝异型钢管牌号和力学性能(摘自 GB/T3094—2000)

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服点 $\sigma_s$ /MPa	断后伸长率 $\delta_5$ (%)
	不 小 十		
10	335	205	24
20	390	245	20
35	510	305	17
45	590	335	14
Q195	315	195	22
Q215	335	215	22
Q235	375	235	20
Q295	430	295	22
Q345	510	345	21
Q390	530	390	18

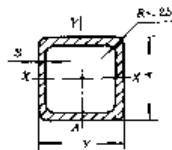
- 注:1. 钢牌号的化学成分应分别符合 GB/T699、GB/T700、GB/T1591 规定。  
 2. 冷拔状态交货的钢管,不作力学性能试验。本表为热处理状态交货钢管的力学性能。  
 3. 钢管适用于制作工程中各种结构件、工具、机械零件和部件等。  
 4. 标记示例:20 钢,长边为 50mm,短边为 40mm,壁厚为 3mm,壁厚精度等级为高级的矩形钢管,标记为:  
 20 钢 D-2 50×40×3 高-GB/T3094—2000

表 3.1-245 冷拔异型无缝管尺寸允许偏差(摘自 GB/T3094 -2000) (mm)

尺 寸	边长,壁厚允许偏差		边凹凸度,≤		扭转值≤ /mm·m <sup>-1</sup>
	普通级	高 级	普通级	高 级	
边长:					
≤30	±0.30	±0.20	0.20	0.10	1.5
>30~50	±0.40	±0.30	0.30	0.15	2.0
>50~75	±0.80%	±0.70%	0.80%	0.50%	2.5
>75	±1.00%	±0.80%	0.90%	0.60%	3.0
壁厚:					
≤1	±0.18 -15%	±0.12 -12.5%			
>1~3	-10% -12.5%	-10.0%	—	—	—
>3	-10.0%	±10.0%			

- 注:1. 尺寸允许偏差应在合同中注明,如未注明则按普通级交货。  
 2. 本表偏差值的百分数指公称边长或壁厚的百分数。  
 3. 钢管的通常长度为 1500~9000mm,定尺和倍尺长度应在通常长度范围内。  
 4. 钢管弯曲度:普通级一弯曲度≤4.0mm/m,总弯曲度≤0.1%;  
 高级一弯曲度≤2.0mm/m,总弯曲度≤0.2%。

表 3.1-246 冷拔无缝方形钢管尺寸规格(摘自 GB/T3094—2000)



D I 方形钢管

(续)

基本尺寸		截面面积	理论重量	惯性矩	截面系数	基本尺寸		截面面积	理论重量	惯性矩	截面系数
A	S	F	G	$J_x=J_y$	$W_x=W_y$	A	S	F	G	$J_x=J_y$	$W_x=W_y$
mm		/cm <sup>2</sup>	/kg·m <sup>-1</sup>	/cm <sup>4</sup>	/cm <sup>3</sup>	mm		/cm <sup>2</sup>	/kg·m <sup>-1</sup>	/cm <sup>4</sup>	/cm <sup>3</sup>
12	0.8	0.348	0.273	0.0739	0.123	50	4	7.09	5.56	25.56	10.22
	1.0	0.423	0.332	0.0873	0.146		5	8.58	6.73	29.81	11.93
14	1.0	0.503	0.394	0.144	0.206		6	9.95	7.81	33.35	13.34
	1.5	0.712	0.559	0.192	0.274		7	11.21	8.80	36.23	14.49
16	1.0	0.583	0.458	0.222	0.278	8	12.35	9.70	38.51	15.41	
	1.5	0.832	0.653	0.300	0.374	55	4	7.89	6.19	34.87	12.58
18	1.0	0.663	0.521	0.324	0.360		5	9.58	7.52	40.95	14.89
	1.5	0.952	0.747	0.442	0.491		6	11.15	8.75	46.13	16.77
	2.0	1.21	0.952	0.535	0.595		7	12.51	9.90	50.47	18.35
20	1.0	0.743	0.583	0.453	0.453	8	13.95	10.95	54.04	19.65	
	1.5	1.07	0.841	0.624	0.624	60	4	8.69	6.82	46.21	15.4
	2.0	1.37	1.08	0.763	0.763		5	10.58	8.30	54.57	18.19
	2.5	1.64	1.29	0.874	0.874		6	12.35	9.69	61.82	20.61
22	1	0.823	0.646	0.612	0.556		7	14.01	11.00	68.03	22.68
	1.5	1.19	0.936	0.850	0.773	8	15.55	12.21	73.28	24.43	
	2	1.53	1.20	1.05	0.953	65	4	9.49	7.45	59.78	18.39
	2.5	1.84	1.45	1.21	1.10		5	11.58	9.07	70.92	21.82
25	2.5	2.14	1.68	1.86	1.49		6	13.55	10.64	80.72	24.84
	3	2.49	1.95	2.08	1.57		7	15.41	12.10	89.27	27.46
30	2.5	2.64	2.08	3.41	2.27	8	17.15	13.47	96.64	29.74	
	3	3.01	2.42	3.86	2.58	70	4	10.29	8.08	75.78	21.65
	3.5	3.50	2.75	4.25	2.83		5	12.58	9.87	90.26	25.79
	4	3.89	3.05	4.58	3.05		6	14.7	11.58	103.1	29.47
32	2.5	2.84	2.23	4.21	2.63		7	16.81	13.19	114.5	32.72
	3	3.33	2.61	4.79	3.00	8	18.75	14.72	124.5	35.57	
	3.5	3.78	2.97	5.29	3.31	75	4	11.09	8.70	94.4	25.17
	4	4.21	3.30	5.73	3.58		5	13.58	10.66	112.8	30.08
35	2.5	3.14	2.47	5.54	3.22		6	15.95	12.52	129.4	34.50
	3	3.69	2.89	6.45	3.68		7	18.21	14.29	144.2	38.44
	3.5	4.20	3.30	7.16	4.09	8	20.35	15.98	157.3	41.94	
	4	4.69	3.68	7.78	4.45	80	4	11.89	9.33	115.9	28.96
5	5.58	4.38	8.79	5.02	5		14.58	11.44	138.9	34.72	
36	2.5	3.24	2.55	6.18	3.43		6	17.15	13.46	159.7	39.93
	3	3.81	2.99	7.07	3.93		7	19.61	15.39	178.5	44.63
	3.5	4.34	3.41	7.87	4.37	8	21.95	17.23	195.4	48.85	
	4	4.85	3.81	8.56	4.76	92	5	16.98	13.33	217.1	47.19
5	5.75	4.53	9.70	5.39	6		20.03	15.72	251.1	54.59	
40	2.5	3.64	2.86	8.68	4.34		7	22.97	18.03	282.3	61.38
	3	4.29	3.37	9.98	4.99		8	25.79	20.25	310.9	67.58
	3.5	4.90	3.85	11.16	5.58	100	5	18.58	14.58	282.8	56.57
	4	5.49	4.31	12.21	6.11		6	21.95	17.23	328.2	65.54
5	6.58	5.16	13.98	6.99	7		25.21	19.79	370.2	74.04	
6	7.55	5.93	15.34	7.67	8		28.35	22.26	408.9	81.78	
42	2.5	3.84	3.02	10.15	4.83	110	7	28.01	21.99	503.4	91.54
	3	4.53	3.55	11.70	5.57		8	31.55	24.77	557.9	101.4
	3.5	5.18	4.07	13.10	6.24	9	34.98	27.46	608.4	110.6	
	4	5.81	4.56	14.37	6.84	108	4.5	18.11	14.22	318.52	65.46
	5	6.98	5.48	16.56	7.87		5.0	19.96	15.67	346.99	72.14
	6	8.03	6.30	18.22	8.58		6.0	23.55	18.49	400.07	85.13
45	3.5	5.60	4.40	16.43	7.30		7.0	27.02	21.21	448.15	97.61
	4	6.23	4.94	18.07	8.03		8.0	30.35	23.82	491.42	109.56
	5	7.58	5.95	20.90	9.29		10.0	36.62	28.75	564.27	131.84
	6	8.75	6.87	23.19	10.31		12.0	42.37	33.26	620.05	151.91
	7	9.81	7.80	24.97	11.10		12.5	43.73	34.33	631.48	156.57
	8	10.8	8.44	26.30	11.59	14.0	47.59	37.36	660.12	169.71	
	45	7	9.81	7.80	24.97	11.10	16.5	53.38	41.90	690.13	188.75
		8	10.8	8.44	26.30	11.59	18.0	56.46	44.32	698.50	198.48

(续)

基本尺寸		截面面积	理论重量	惯性矩	截面系数	基本尺寸		截面面积	理论重量	惯性矩	截面系数	
A	S	F	G	$J_x - J_y$	$W_x = W_y$	A	S	F	G	$J_x - J_y$	$W_x - W_y$	
mm		/cm <sup>2</sup>	/kg·m <sup>-1</sup>	/cm <sup>4</sup>	/cm <sup>3</sup>	mm		/cm <sup>2</sup>	/kg·m <sup>-1</sup>	/cm <sup>4</sup>	/cm <sup>3</sup>	
110	4.5	18.47	14.50	337.63	68.00	140	10.0	49.42	38.79	1354.07	231.33	
	5.0	20.36	15.98	367.95	71.95		12.0	57.73	45.32	1522.77	269.71	
	6.0	24.03	18.86	424.57	88.48		14.0	65.51	51.43	1661.89	305.25	
	10.0	37.42	29.37	600.90	137.26		16.0	72.77	57.12	1773.26	337.89	
	12.0	43.33	34.01	661.57	158.30	150	6.0	33.63	26.40	1145.91	168.85	
	14.0	48.71	38.24	705.79	177.05		7.0	38.78	30.44	1299.44	194.70	
	16.0	53.57	42.05	734.96	193.47		8.0	43.79	34.38	1443.00	219.85	
	18.0	57.90	45.45	750.37	207.58		10.0	53.42	41.93	1701.21	268.02	
115	4.5	19.37	15.21	388.71	74.55	12.0	62.53	49.09	1922.61	313.26		
	5.0	21.36	16.77	424.00	82.21	14.0	71.11	55.82	2109.19	355.49		
	6.0	25.23	19.81	490.15	97.12	16.0	79.17	62.15	2262.95	394.63		
	7.0	28.98	22.75	550.56	111.50	160	6.0	36.03	28.28	1405.48	192.95	
	8.0	32.59	25.58	605.43	125.32		7.0	41.58	32.64	1596.83	222.67	
	10.0	39.42	30.94	699.32	151.26		8.0	46.99	36.89	1776.7	251.66	
	12.0	47.53	35.90	773.36	174.87		10.0	57.42	45.07	2103.07	307.39	
	14.0	51.51	40.44	829.04	196.07		12.0	67.33	52.85	2386.83	360.02	
16.0	56.77	44.56	867.80	214.84	14.0		76.71	60.22	2630.14	409.47		
120	4.5	20.27	15.91	444.70	81.40		16.0	85.57	67.17	2835.11	455.65	
	5.0	22.36	17.55	485.47	89.79		18.0	93.9	73.71	3003.84	498.52	
	6.0	26.43	20.75	562.16	106.17	180	7.0	47.18	37.04	2321.04	284.22	
	7.0	30.38	23.85	632.54	121.99		8.0	53.39	41.91	2590.73	321.69	
	8.0	34.19	26.84	696.82	137.23		10.0	65.42	51.35	3086.93	394.12	
	10.0	41.42	32.51	807.91	165.94		12.0	76.93	60.39	3527.64	463.14	
	12.0	48.13	37.78	897.05	192.23		14.0	87.91	69.01	3915.33	528.65	
	14.0	54.31	42.63	965.79	216.03		16.0	98.37	77.22	4252.42	590.55	
16.0	59.97	47.08	1015.66	237.3	18.0		108.3	85.02	4541.3	648.77		
125	5	23.36	18.34	552.62	97.72		200	8.0	59.79	46.94	3621	400.25
	6	27.63	21.69	640.89	115.62	10.0		73.42	57.63	4337.63	491.53	
	7	31.78	24.95	722.26	132.94	12.0		86.53	67.93	4983.59	579.08	
	8	35.79	28.10	796.96	149.66	14.0		99.11	77.8	5562.26	662.78	
	10	43.42	34.08	927.18	181.29	16.0		111.17	87.27	6076.38	742.55	
	12	50.53	39.67	1033.23	210.4	18.0		122.7	96.32	6528.64	818.29	
	14	57.11	44.83	1116.75	236.93	250		10.0	93.42	73.33	8841.87	781.73
	16	63.17	49.59	1179.33	260.83			12.0	110.53	86.77	10254.22	924.94
130	5	24.36	19.12	625.68	105.97		14.0	127.11	99.78	11556.24	1063.51	
	6	28.83	22.63	726.64	125.47		16.0	143.17	112.39	12751.41	1197.31	
	7	33.18	26.05	820.10	144.36	18.0	158.7	124.58	13843.17	1326.27		
	8	37.39	29.35	906.26	162.63	280	10.0	105.42	82.75	12648.95	987.86	
	10	45.42	35.65	1057.63	197.30		12.0	124.93	98.07	14726.82	1170.88	
140	5	26.36	20.69	790.56	123.48		14.0	143.91	112.97	16663.46	1348.77	
	6	31.23	24.52	920.43	146.36		16.0	162.37	127.46	18462.79	1521.42	
	7	35.98	28.24	1041.47	168.60	18.0	180.3	141.54	20128.71	1688.73		
	8	40.59	31.86	1153.92	190.18							

注:理论重量的计算:

$$G = 0.0157S(A - A - 2.8584S)$$

式中 G — 每米钢管的重量(kg/m);

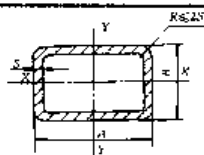
A — 方形钢管的边长(mm);

S — 方形钢管的公称壁厚(mm)。

(钢管 R=1.5S 时,钢的密度为 7.85kg/dm<sup>3</sup>、)



表 3.1-247 冷拔无缝矩形钢管尺寸规格(摘自 GB/T3094—2000)



D-2 矩形钢管

基本尺寸			截面面积 $F/cm^2$	理论重量 $G$ $/kg \cdot m^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$cm^4$		$cm^3$	
10	5	0.8	0.203	0.160	0.0074	0.0239	0.0297	0.0478
		1	0.243	0.191	0.0082	0.0270	0.0329	0.0517
12	5	0.8	0.235	0.185	0.0088	0.0388	0.0354	0.0646
		1	0.283	0.222	0.0099	0.0449	0.0395	0.0748
	6	0.8	0.251	0.197	0.0139	0.0438	0.0162	0.0730
		1	0.303	0.238	0.0157	0.0509	0.0524	0.0849
14	6	0.8	0.283	0.223	0.0160	0.0654	0.0535	0.0935
		1	0.343	0.269	0.0182	0.0767	0.0608	0.110
		1.5	0.471	0.370	0.0215	0.0973	0.0715	0.139
	7	0.8	0.299	0.235	0.0233	0.0724	0.0665	0.104
		1	0.363	0.285	0.0268	0.0852	0.0765	0.122
		1.5	0.501	0.394	0.0324	0.109	0.0927	0.156
	10	0.8	0.347	0.273	0.0545	0.0934	0.109	0.133
		1	0.423	0.332	0.0640	0.111	0.128	0.158
		1.5	0.591	0.464	0.0818	0.144	0.164	0.206
		2	0.731	0.574	0.0925	0.167	0.185	0.238
15	6	0.8	0.299	0.235	0.0171	0.0784	0.0571	0.105
		1	0.363	0.285	0.0195	0.0922	0.0651	0.123
		1.5	0.501	0.394	0.0230	0.118	0.0768	0.157
		2	0.611	0.480	0.0240	0.133	0.0799	0.177
16	8	0.8	0.347	0.273	0.0362	0.111	0.0905	0.139
		1	0.423	0.332	0.0421	0.132	0.105	0.165
		1.5	0.591	0.464	0.0525	0.173	0.131	0.216
		2	0.731	0.574	0.0579	0.200	0.145	0.250
	12	0.8	0.411	0.323	0.0941	0.148	0.157	0.186
		1	0.503	0.395	0.112	0.177	0.186	0.222
		1.5	0.711	0.559	0.147	0.236	0.244	0.295
		2	0.891	0.700	0.170	0.279	0.284	0.349
18	9	0.8	0.395	0.310	0.0532	0.162	0.118	0.180
		1	0.483	0.379	0.0624	0.194	0.139	0.215
		1.5	0.681	0.535	0.0796	0.258	0.177	0.287
		2	0.851	0.668	0.0897	0.304	0.199	0.337
	10	0.8	0.411	0.323	0.0680	0.174	0.136	0.194
		1	0.503	0.395	0.0802	0.208	0.161	0.231
		1.5	0.711	0.559	0.1037	0.278	0.207	0.309
		2	0.891	0.700	0.119	0.329	0.237	0.366
	14	0.8	0.475	0.373	0.149	0.222	0.213	0.246
		1	0.583	0.458	0.178	0.266	0.255	0.296
		1.5	0.831	0.653	0.239	0.360	0.341	0.400
		2	1.051	0.825	0.283	0.432	0.404	0.480
20	8	0.8	0.411	0.323	0.0445	0.197	0.111	0.197
		1	0.503	0.395	0.0520	0.236	0.130	0.236
		1.5	0.711	0.559	0.0654	0.315	0.164	0.315
		2	0.891	0.700	0.0728	0.373	0.182	0.373
	10	0.8	0.443	0.348	0.0748	0.227	0.150	0.227
		1	0.543	0.426	0.0884	0.272	0.177	0.272
		1.5	0.771	0.606	0.115	0.367	0.229	0.367
		2	0.971	0.763	0.132	0.438	0.263	0.438
	12	0.8	0.475	0.373	0.114	0.256	0.190	0.256
		1	0.583	0.458	0.136	0.308	0.226	0.308
		1.5	0.831	0.653	0.180	0.418	0.300	0.418
		2	1.05	0.825	0.211	0.503	0.352	0.503
2.5	1.24	0.976	0.231	0.565	0.385	0.565		

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/cm^2$	理论重量 $G$ $/kg \cdot m^{-1}$	惯性矩		截面系数		
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$	
mm					$cm^4$		$cm^3$		
22	9	0.8	0.459	0.361	0.0640	0.271	0.142	0.216	
		1	0.563	0.442	0.0753	0.325	0.167	0.295	
		1.5	0.801	0.629	0.0967	0.440	0.215	0.400	
		2	1.011	0.791	0.110	0.527	0.244	0.479	
		2.5	1.19	0.936	0.117	0.589	0.259	0.536	
	14	0.8	0.539	0.423	0.177	0.361	0.253	0.328	
		1	0.663	0.520	0.212	0.435	0.303	0.396	
		1.5	0.951	0.746	0.286	0.598	0.408	0.543	
		2	1.21	0.951	0.341	0.727	0.487	0.661	
		2.5	1.44	1.13	0.381	0.828	0.544	0.753	
24	12	0.8	0.539	0.423	0.134	0.403	0.224	0.336	
		1	0.663	0.520	0.160	0.487	0.267	0.406	
		1.5	0.951	0.747	0.213	0.669	0.355	0.557	
		2	1.21	0.951	0.252	0.815	0.419	0.679	
		2.5	1.44	1.13	0.277	0.928	0.462	0.774	
	25	10	0.8	0.523	0.411	0.0918	0.399	0.184	0.320
			1	0.643	0.505	0.109	0.482	0.217	0.386
			1.5	0.921	0.723	0.142	0.660	0.284	0.528
			2	1.17	0.920	0.164	0.802	0.329	0.642
			2.5	1.39	1.09	0.178	0.910	0.355	0.728
15		1	0.743	0.583	0.279	0.626	0.372	0.501	
		1.5	1.07	0.841	0.379	0.868	0.505	0.694	
		2	1.37	1.08	0.457	1.07	0.609	0.854	
		2.5	1.64	1.29	0.515	1.23	0.687	0.983	
		28	11	1	0.723	0.567	0.151	0.683	0.274
1.5	1.04			0.818	0.200	0.945	0.363	0.675	
2	1.33			1.05	0.235	1.16	0.426	0.828	
2.5	1.59			1.25	0.257	1.33	0.468	0.951	
14	1		0.783	0.615	0.263	0.792	0.376	0.566	
	1.5		1.13	0.888	0.356	1.10	0.509	0.788	
	2		1.45	1.14	0.428	1.36	0.612	0.973	
	2.5		1.74	1.37	0.482	1.58	0.688	1.13	
16	1		0.823	0.646	0.357	0.865	0.447	0.618	
	1.5		1.19	0.935	0.489	1.21	0.612	0.863	
	2	1.53	1.20	0.595	1.50	0.743	1.07		
	2.5	1.84	1.45	0.676	1.74	0.845	1.24		
22	1	0.943	0.740	0.744	1.08	0.677	0.774		
	1.5	1.37	1.08	1.04	1.52	0.945	1.09		
	2	1.77	1.39	1.29	1.90	1.17	1.36		
	2.5	2.14	1.68	1.50	2.23	1.36	1.59		
	3	2.49	1.95	1.67	2.50	1.52	1.79		
	3.5	2.80	2.20	1.80	2.72	1.64	1.94		
30	12	1.5	1.13	0.888	0.263	1.19	0.439	0.796	
		2	1.45	1.14	0.312	1.48	0.520	0.984	
		2.5	1.74	1.37	0.347	1.71	0.578	1.14	
		3	2.01	1.57	0.369	1.89	0.614	1.26	
	13	1.5	1.22	0.959	0.339	1.48	0.521	0.927	
32	13	2	1.57	1.23	0.406	1.84	0.624	1.15	
		2.5	1.90	1.49	0.454	2.14	0.699	1.34	
		3	2.19	1.72	0.488	2.39	0.751	1.49	
		1.5	1.31	1.03	0.553	1.69	0.691	1.07	
	16	2	1.69	1.33	0.674	2.11	0.842	1.32	
		2.5	2.04	1.60	0.768	2.47	0.961	1.54	
		3	2.37	1.86	0.840	2.77	1.05	1.73	
		1.5	1.58	1.24	1.57	2.32	1.26	1.45	
	25	2	2.05	1.61	1.97	2.92	1.58	1.83	
		2.5	2.49	1.96	2.31	3.45	1.85	2.16	
3		2.91	2.28	2.60	3.91	2.08	2.44		

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $C$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$	
35	14	1.5	1.34	1.05	0.439	1.96	0.627	1.12
		2	1.73	1.36	0.530	2.45	0.757	1.40
		2.5	2.09	1.64	0.599	2.86	0.856	1.64
		3	2.43	1.90	0.649	3.21	0.928	1.84
		3.5	2.73	2.14	0.683	3.50	0.975	2.00
36	18	1.5	1.49	1.17	0.811	2.46	0.901	1.37
		2	1.93	1.52	0.998	3.10	1.11	1.72
		2.5	2.34	1.84	1.15	3.65	1.28	2.03
		3	2.73	2.14	1.27	4.13	1.41	2.29
		3.5	3.08	2.42	1.37	4.53	1.52	2.51
	28	2	2.33	1.83	2.85	4.26	2.04	2.36
37	15	2	1.85	1.45	0.661	2.96	0.881	1.60
		2.5	2.24	1.76	0.753	3.47	1.00	1.88
		3	2.61	2.05	0.821	3.91	1.09	2.12
		3.5	2.94	2.31	0.870	4.28	1.16	2.31
		4	3.25	2.55	0.901	4.58	1.20	2.48
40	16	2	2.01	1.58	0.832	3.77	1.04	1.89
		2.5	2.44	1.92	0.953	4.46	1.19	2.23
		3	2.85	2.23	1.05	5.05	1.31	2.52
		3.5	3.22	2.53	1.12	5.55	1.40	2.77
		4	3.57	2.80	1.16	5.97	1.46	2.98
	20	2	2.17	1.70	1.41	4.35	1.41	2.18
		2.5	2.64	2.07	1.64	5.16	1.64	2.58
		3	3.09	2.42	1.83	5.87	1.83	2.93
		3.5	3.50	2.75	1.99	6.48	1.99	3.24
		4	3.86	3.05	2.11	7.01	2.11	3.50
25	2	2.37	1.86	2.39	5.07	1.91	2.54	
	2.5	2.89	2.27	2.82	6.04	2.25	3.02	
	3	3.39	2.66	3.18	6.90	2.54	3.45	
	3.5	3.85	3.02	3.49	7.65	2.79	3.83	
	4	4.29	3.36	3.75	8.31	2.99	4.15	
42	30	2	2.65	2.08	3.83	6.53	2.55	3.11
45	30	2	2.77	2.18	4.07	7.73	2.71	3.44
		2.5	3.39	2.66	4.83	9.26	3.22	4.12
		3	3.99	3.13	5.51	10.65	3.57	4.73
		3.5	4.55	3.57	6.11	11.90	4.07	5.29
		4	5.09	3.99	6.62	13.01	4.42	5.78
48	30	2	2.89	2.27	4.30	9.06	2.87	3.77
		2.5	3.54	2.78	5.12	10.87	3.41	4.53
50	32	2	3.05	2.40	5.18	10.48	3.24	4.19
		2.5	3.74	2.94	6.18	12.60	3.86	5.04
		3	4.41	3.46	7.07	14.55	4.42	5.82
55	38	2	3.49	2.74	8.36	14.93	4.40	5.43
		2.5	4.29	3.37	10.04	18.03	5.29	6.56
		3	5.07	3.98	11.58	20.91	6.09	7.60
		3.5	5.81	4.56	12.97	23.57	6.83	8.57
		4	6.53	5.12	14.23	26.01	7.49	9.46
60	40	3.5	6.30	4.95	15.84	30.41	7.92	10.14
		4	7.09	5.56	17.42	33.66	8.71	11.22
		5	8.57	6.73	20.15	39.41	10.07	13.14
70	50	4	8.69	6.82	34.05	58.35	13.52	16.67
		5	10.57	8.30	39.98	69.11	15.99	19.75
		6	12.34	9.69	45.04	78.51	18.02	22.43
		7	14.00	10.99	49.29	86.64	19.71	24.75
80	60	4	10.29	8.07	58.79	92.76	19.60	23.19
		5	12.57	9.87	69.75	110.7	23.25	27.68
		6	14.74	11.57	79.40	126.8	26.47	31.70
		7	16.80	13.19	87.81	141.1	29.27	35.28

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/cm^2$	理论重量 $G$ $/kg \cdot m^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$cm^4$		$cm^3$	
90	60	4	11.09	8.70	65.07	123.7	21.59	27.48
		5	13.57	10.65	77.33	148.2	25.78	32.93
		6	15.94	12.52	88.18	170.4	29.39	37.86
		7	18.20	14.29	97.70	190.3	32.57	42.30
100	70	5	15.57	12.22	122.0	215.2	34.86	43.04
		6	18.34	14.40	140.1	248.6	40.04	49.73
		7	21.00	16.48	156.4	279.3	44.68	55.86
		8	23.54	18.48	170.9	307.1	48.83	61.43
110	75	5	17.07	13.40	155.8	285.8	41.54	51.96
		6	20.14	15.81	179.5	331.4	47.87	60.25
		7	23.10	18.13	201.0	373.4	53.61	67.89
		8	25.94	20.36	220.4	412.1	58.79	74.92
120	80	6	21.94	17.22	225.6	430.6	56.40	71.76
		7	25.20	19.78	253.4	486.6	63.35	81.10
		8	28.34	22.25	278.7	538.5	69.67	89.75
		9	31.37	24.63	301.6	586.5	75.41	97.74
130	85	6	23.74	18.64	278.9	547.8	65.63	84.28
		7	27.30	21.43	314.07	620.5	73.90	95.47
		8	30.74	24.13	346.3	688.4	81.49	105.9
		9	34.07	26.75	375.8	751.6	88.43	115.6
140	80	7	28.00	21.98	290.8	715.1	72.70	102.2
		8	31.54	24.76	320.3	794.1	80.08	113.4
		9	34.97	27.45	347.3	867.8	86.81	124.0
		10	38.29	30.05	371.7	936.4	92.92	133.8
150	75	7	28.70	22.53	266.0	814.6	70.93	108.6
		8	32.34	25.39	292.6	905.3	78.03	120.7
		9	35.87	28.16	316.8	990.1	84.47	132.0
110	50	4.0	12.54	9.84	138.49	49.19	27.51	22.07
		5.0	15.67	12.30	153.01	57.54	31.17	26.61
		6.0	18.81	14.77	160.51	64.52	33.58	30.8
		8.0	25.07	19.68	156.47	74.79	34.81	38.21
	70	5.0	17.67	13.87	219.94	126.96	44.03	40.58
		6.0	21.21	16.65	241.72	144.47	49.39	47.29
120	40	8.0	28.27	22.19	266.32	172.67	56.8	59.38
		4.0	12.54	9.84	143.5	31.9	26.26	18.25
		5.0	15.67	12.30	154.9	36.93	29.16	21.91
		6.0	18.81	14.77	157.78	40.97	30.66	25.27
120	60	8.0	25.07	19.68	140.51	46.48	29.65	31.23
		4.5	15.90	12.48	218.17	88.88	39.69	33.08
		6.0	21.21	16.65	248.68	108.77	46.73	42.08
		8.0	28.27	22.19	261.44	128.89	51.53	52.68
	80	10.0	35.34	27.74	246.1	142.54	51.3	61.9
		4.5	17.70	13.89	289.86	172.95	52.19	47.26
		10.0	39.34	30.88	414.37	294.81	82.76	90.75
		140	40	4.5	15.90	12.48	231.75	40.24
6.0	21.21			16.65	249.2	47.98	40.86	29.39
8.0	28.27			22.19	233.22	54.84	41.09	36.46
4.5	17.70			13.89	322.21	102.77	49.85	38.08
140	60	6.0	23.61	18.53	369.86	126.34	58.96	48.59
		8.0	31.47	24.70	293.2	150.69	65.53	61.07
		10.0	39.34	30.88	375.43	167.87	65.97	72.03
		12.0	47.21	37.06	321.8	178.84	60.59	81.89
	90	6.0	27.21	21.36	563.58	326.5	88.1	80.57
		8.0	36.27	28.47	655.78	400.68	105.85	102.6
		10.0	45.34	35.59	706.91	459.85	117.98	122.37
		12.0	54.41	42.71	720.93	505.32	124.66	140.08
140	14.0	14.0	63.48	49.83	701.73	538.36	126.09	155.95

(续)

基本尺寸			截面面积 F/cm <sup>2</sup>	理论重量 G /kg·m <sup>-1</sup>	惯性矩		截面系数		
A	B	S			J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	
mm					cm <sup>4</sup>		cm <sup>3</sup>		
140	120	7.0	35.94	28.21	863.92	722.03	135.64	133.01	
		8.0	41.07	32.24	945.51	797.34	150.55	149.1	
		10.0	51.34	40.30	1080.8	929.24	177.07	179.18	
		12.0	61.61	48.36	1181.13	1037.59	199.28	206.54	
		14.0	71.88	56.43	1249.11	1124.01	217.29	231.34	
160	60	4.5	19.50	15.31	455.77	116.66	61.29	43.09	
150	75	10	39.29	30.84	338.6	1069.3	90.29	142.6	
160	65	8	32.34	25.39	220.9	975.4	67.97	121.9	
		9	35.87	28.16	238.1	1066.8	73.27	133.3	
		10	39.29	30.84	253.4	1152.0	77.98	144.0	
		11	42.59	33.43	266.9	1231.2	82.13	153.9	
	60	5.0	21.67	17.01	483.8	126.33	65.65	47.22	
		6.0	26.01	20.42	527.53	143.91	72.94	55.1	
		8.0	34.67	27.22	588.47	172.49	81.92	69.46	
	80	4.5	21.30	16.72	576.23	224.31	76.83	60.86	
		6.0	28.41	22.30	689.54	280.89	94.09	78.4	
		8.0	37.87	29.73	785.95	343.77	110.78	99.76	
		10.0	47.34	37.16	825.04	393.48	120.45	118.94	
	100	12.0	56.81	44.60	812.33	431.29	123.32	136.017	
		6.5	33.37	26.20	903.18	500.82	123.06	110.84	
		8.0	41.07	32.24	1015.5	583.42	141.31	132.31	
		10.0	51.34	40.30	1116.16	676.6	159.9	158.69	
	120	12.0	61.61	48.36	1165.02	751.78	172.06	182.62	
		14.0	71.88	56.43	1166.68	810.41	177.98	204.33	
		6.0	33.21	26.07	1033.91	718.25	139.13	129.9	
		8.0	44.27	34.75	1257.11	897.86	173.53	167.05	
	150	10.0	55.34	43.44	1426.14	1050.58	202.05	201.24	
12.0		66.41	52.13	1544.84	1178.14	224.81	232.57		
14.0		77.48	60.82	1616.99	1282.23	241.91	261.2		
16.0		88.55	69.51	1646.3	1364.5	253.51	287.31		
180	80	6.0	36.81	28.90	1310	1208.15	175.32	172.76	
		8.0	49.07	38.52	1642.14	1523.74	224.99	223.21	
		10.0	61.34	48.15	1926.44	1799.38	270.34	270.18	
		12.0	73.61	57.78	2165.47	2037.16	311.42	313.74	
		14.0	85.88	67.42	2361.73	2239.12	348.32	353.98	
		16.0	98.15	77.05	2517.65	2407.28	381.12	391.05	
	100	6.5	33.37	26.20	969.1	333.12	117.69	93.53	
		8.0	41.07	32.24	1062.99	385.41	132.11	111.32	
		10.0	51.34	40.30	1122.37	442.81	144.22	133.03	
		12.0	61.61	48.36	1112.69	487.36	148.42	152.66	
		14.0	71.88	56.43	1040.55	520.32	145.01	170.53	
		16.0	82.15	64.49	912.54	542.93	134.32	187.13	
		6.0	33.21	26.07	1135.99	523.83	135.88	114.64	
		8.0	44.27	34.75	1344.37	651.3	165.09	147.07	
	200	50	10.0	55.34	43.44	1477.5	757.94	186.49	176.76
			12.0	66.41	52.13	1541.21	845.29	200.27	203.88
14.0			77.48	60.82	1541.28	914.87	206.64	228.62	
16.0			88.55	69.51	1483.43	968.16	205.82	251.27	
18.0			99.62	78.20	1373.3	1006.58	198.1	272.23	
6.5			32.07	25.17	876.77	123.29	97.28	58.4	
200	50	7.0	34.54	27.11	895.95	128.99	100.42	61.98	
		8.0	39.47	30.98	915.92	139.06	104.9	68.82	
		6.0	33.21	26.07	1217.02	346.74	131.35	96.2	
	80	7.0	38.74	30.41	1322.47	388.89	144.76	109.86	
		8.0	44.27	34.75	1402.74	427.05	155.82	122.89	
		9.0	49.81	39.10	1458.83	461.41	164.56	135.3	

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}$	惯性矩		截面系数			
$A$	$B$	$S$			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$		
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$			
200	100	6.0	35.61	27.95	1469.34	576.91	157.45	125.93		
		7.0	47.47	37.26	1742.37	719.19	191.4	161.83		
		8.0	59.34	46.58	1918.83	839.27	216.36	194.84		
		12.0	71.21	55.90	2005.72	938.79	232.55	225.13		
		14.0	83.08	65.22	2009.96	1019.33	240.17	252.91		
		16.0	94.95	74.54	1938.42	1082.42	239.5	278.48		
	120	6.0	38.01	29.84	1728.44	874.35	184.27	157.29		
		8.0	50.67	39.78	2094.06	1098.91	228.29	202.95		
		10.0	63.34	49.72	2364.8	1293.24	263.81	245.36		
		12.0	76.01	59.67	2546.82	1459.22	290.97	284.62		
		14.0	88.68	69.61	2646.19	1598.67	309.93	320.9		
		16.0	101.35	79.56	2688.93	1713.34	320.88	354.39		
		18.0	114.02	89.51	2620.99	1804.99	324.04	385.36		
		220	200	6.0	50.01	39.26	3471.32	3058.64	331.71	322.08
8.0	66.67			52.34	4418.16	3916.71	429.4	419.76		
10.0	83.34			65.42	5266.53	4698.97	520.71	512.66		
12.0	100.01			78.51	6020.31	5408.29	605.68	600.85		
14.0	116.68			91.59	6683.34	6047.52	684.36	684.38		
16.0	133.35			104.68	7259.38	6619.45	756.81	753.35		
18.0	150.02			117.77	7752.16	7126.81	823.12	837.85		
250	150			6.0	51.57	40.48	3794.52	1893.65	320.8	269.71
		8.0	63.47	49.82	4417.6	2250.42	378.44	325.56		
		10.0	79.34	62.28	5112.44	2682.88	445.89	396.39		
		12.0	95.21	74.74	5659.06	3068.13	502.7	463.15		
		14.0	111.08	87.20	6065.12	3408.49	549.03	525.95		
		16.0	126.95	99.66	6338.26	3706.26	585.02	584.93		
	200	8.0	71.47	56.10	5828.83	4359.33	495.76	465.87		
		10.0	89.34	70.13	6918.03	5240.97	597.7	569.72		
		12.0	107.21	84.16	7871.36	6045.35	690.94	668.62		
		14.0	125.08	98.19	8694.38	6775.41	775.54	762.65		
		16.0	142.95	112.22	9392.6	7434.04	851.58	831.89		
		300	200	8.0	79.47	62.38	8808.22	5097.04	620.05	542.71
				10.0	99.34	77.98	10423.86	6144.3	744.12	664.8
				12.0	119.21	93.58	11822.04	7107.11	855.97	781.57
14.0	139.08			109.18	13011.19	7988.56	955.71	893.09		
16.0	158.95			124.78	13999.69	8791.69	1043.44	999.46		
400	200			8.0	95.47	74.94	17482.99	6572.45	914.65	696.4
		10.0	119.34	93.68	20710.53	7950.97	1096.36	854.98		
		12.0	143.21	112.42	23509.4	9230.63	1259.58	1007.48		
		14.0	167.08	131.16	25893.8	10414.85	1404.46	1153.98		

注：理论重量计算：

$$G = 0.0157S(A + B - 2.8584S)$$

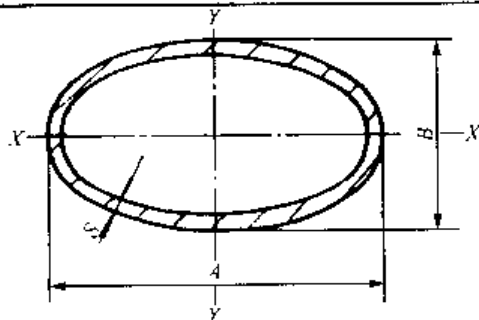
式中  $G$ ——每米钢管的重量(kg/m)；

$A, B$ ——矩形钢管的长与宽(mm)；

$S$ ——矩形钢管的公称壁厚(mm)。

(钢管  $R = 1.5S$  时, 钢的密度为  $7.85\text{kg}/\text{dm}^3$ )。

表 3.1-248 冷拔无缝椭圆形钢管尺寸规格(摘自 GB/T3094-2000)



D-3 椭圆形钢管

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/cm^2$	理论重量 $G$ $/kg \cdot m^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$cm^4$		$cm^3$	
6	3	0.5	0.0628	0.0493	0.00060	0.00195	0.00399	0.00651
8	4	0.5	0.0864	0.0678	0.00159	0.00500	0.00793	0.0125
		0.8	0.131	0.103	0.00208	0.00697	0.0104	0.0174
		1	0.157	0.123	0.00228	0.00793	0.0114	0.0198
		1.2	0.181	0.142	0.00241	0.00867	0.0121	0.0217
10	5	0.5	0.110	0.0864	0.00331	0.0102	0.0132	0.0205
		0.8	0.168	0.132	0.00452	0.0147	0.0181	0.0293
		1	0.204	0.160	0.00508	0.0170	0.0203	0.0340
		1.2	0.238	0.186	0.00548	0.0189	0.0219	0.0379
	7	0.5	0.126	0.0987	0.00729	0.0129	0.0208	0.0258
		0.8	0.194	0.152	0.0103	0.0187	0.0295	0.0373
		1	0.236	0.185	0.0119	0.0218	0.0341	0.0436
		1.2	0.275	0.216	0.0132	0.0245	0.0377	0.0489
12	4	0.5	0.118	0.0925	0.00231	0.0143	0.0116	0.0239
		0.8	0.181	0.142	0.00307	0.0207	0.0153	0.0345
		1	0.220	0.173	0.00338	0.0241	0.0169	0.0402
		1.2	0.256	0.201	0.00358	0.0270	0.0179	0.0450
	6	0.5	0.134	0.105	0.00597	0.0182	0.0199	0.0304
		0.8	0.206	0.162	0.00838	0.0266	0.0279	0.0444
		1	0.251	0.197	0.00958	0.0313	0.0319	0.0521
		1.2	0.294	0.231	0.0105	0.0353	0.0351	0.0588
14	7	0.5	0.157	0.123	0.00979	0.0295	0.0280	0.0421
		0.8	0.244	0.191	0.0140	0.0437	0.0400	0.0625
		1	0.298	0.234	0.0162	0.0519	0.0463	0.0741
		1.2	0.351	0.275	0.0180	0.0591	0.0515	0.0844
15	5	0.5	0.149	0.117	0.00481	0.0290	0.0192	0.0386
		0.8	0.231	0.182	0.00662	0.0427	0.0265	0.0569
		1	0.283	0.222	0.00748	0.0505	0.0299	0.0673
		1.2	0.332	0.261	0.00812	0.0573	0.0325	0.0764
16	8	0.5	0.181	0.142	0.0150	0.0449	0.0374	0.0561
		0.8	0.282	0.221	0.0217	0.0671	0.0542	0.0838
		1	0.346	0.271	0.0254	0.0801	0.0634	0.100
		1.2	0.407	0.320	0.0285	0.0918	0.0712	0.115
18	8	0.5	0.196	0.154	0.0166	0.0602	0.0416	0.0669
		0.8	0.306	0.240	0.0241	0.0905	0.0604	0.101
		1	0.377	0.296	0.0283	0.108	0.0707	0.120
		1.2	0.445	0.349	0.0318	0.125	0.0795	0.139
	9	0.5	0.204	0.160	0.0217	0.0648	0.0482	0.0719
		0.8	0.319	0.250	0.0318	0.0974	0.0706	0.108
		1	0.393	0.308	0.0375	0.117	0.0833	0.130
		1.2	0.463	0.364	0.0424	0.135	0.0942	0.150
20	10	0.5	0.228	0.179	0.0302	0.0897	0.0604	0.0897
		0.8	0.357	0.280	0.0446	0.136	0.0892	0.136
		1	0.440	0.345	0.0529	0.164	0.106	0.164
		1.2	0.520	0.408	0.0602	0.189	0.121	0.189
	12	0.8	0.382	0.300	0.0680	0.153	0.113	0.153
		1	0.471	0.370	0.0813	0.185	0.136	0.185
		1.2	0.558	0.438	0.0932	0.214	0.155	0.214
		1.5	0.683	0.536	0.109	0.254	0.181	0.254
24	8	0.8	0.382	0.300	0.0315	0.190	0.0788	0.158
		1	0.471	0.370	0.0370	0.229	0.0925	0.191
		1.2	0.558	0.438	0.0417	0.266	0.104	0.222
		1.5	0.683	0.536	0.0474	0.316	0.119	0.263
	12	0.8	0.432	0.339	0.0799	0.241	0.133	0.200
		1	0.534	0.419	0.0956	0.291	0.159	0.243
		1.2	0.633	0.497	0.110	0.339	0.183	0.282
		1.5	0.778	0.610	0.128	0.405	0.214	0.337

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/cm^2$	理论重量 $G$ $/kg \cdot m^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$cm^4$		$cm^3$	
26	13	0.8	0.470	0.369	0.103	0.309	0.158	0.238
		1	0.581	0.456	0.124	0.376	0.190	0.289
		1.2	0.690	0.541	0.142	0.438	0.219	0.337
		1.5	0.848	0.666	0.168	0.524	0.258	0.403
30	10	0.8	0.482	0.379	0.0647	0.381	0.129	0.254
		1	0.597	0.469	0.0769	0.463	0.154	0.309
		1.2	0.708	0.556	0.0878	0.541	0.176	0.361
		1.5	0.871	0.684	0.102	0.649	0.204	0.433
	15	0.8	0.545	0.428	0.162	0.481	0.216	0.321
		1	0.675	0.530	0.195	0.587	0.260	0.391
		1.2	0.803	0.630	0.226	0.688	0.302	0.459
		1.5	0.990	0.777	0.268	0.829	0.358	0.552
	18	0.8	0.583	0.458	0.244	0.542	0.271	0.361
		1	0.723	0.567	0.296	0.662	0.329	0.441
		1.2	0.859	0.675	0.345	0.776	0.383	0.518
		1.5	1.06	0.832	0.412	0.937	0.457	0.624
34	17	0.8	0.621	0.487	0.239	0.708	0.281	0.417
		1	0.769	0.604	0.290	0.864	0.341	0.508
		1.2	0.916	0.719	0.337	1.02	0.396	0.599
		1.5	1.13	0.888	0.403	1.23	0.474	0.724
43	32	2	2.23	1.75	2.71	4.34	1.70	2.02
44	22	1	1.01	0.789	0.651	1.92	0.592	0.875
		1.2	1.20	0.941	0.763	2.27	0.694	1.03
		1.5	1.48	1.17	0.920	2.77	0.836	1.26
		2	1.95	1.53	1.16	3.54	1.05	1.61
45	15	1	0.911	0.715	0.282	1.64	0.376	0.727
		1.2	1.09	0.852	0.327	1.93	0.436	0.857
		1.5	1.34	1.05	0.389	2.35	0.519	1.04
		2	1.76	1.38	0.478	2.99	0.637	1.33
	23	1	1.04	0.814	0.734	2.09	0.638	0.929
		1.2	1.24	0.970	0.861	2.47	0.749	1.10
		1.5	1.53	1.20	1.04	3.01	0.904	1.34
		2	2.01	1.58	1.31	3.86	1.14	1.72
	28	1	1.12	0.875	1.14	2.38	0.813	1.06
		1.2	1.33	1.05	1.34	2.81	0.957	1.25
		1.5	1.65	1.29	1.63	3.44	1.16	1.53
		2	2.17	1.70	2.07	4.41	1.48	1.96
50	25	1	1.15	0.900	0.969	2.85	0.775	1.27
		1.2	1.37	1.08	1.14	3.37	0.912	1.35
		1.5	1.70	1.33	1.38	4.13	1.10	1.65
		2	2.23	1.75	1.75	5.31	1.40	2.12
34	17	2	1.48	1.16	0.496	1.56	0.584	0.918
36	12	0.8	0.583	0.458	0.115	0.670	0.192	0.373
		1	0.723	0.567	0.139	0.819	0.231	0.455
		1.2	0.859	0.675	0.159	0.961	0.266	0.534
		1.5	1.06	0.832	0.187	1.16	0.312	0.644
	18	0.8	0.659	0.518	0.286	0.846	0.318	0.470
		1	0.817	0.641	0.347	1.04	0.386	0.576
		1.2	0.972	0.763	0.405	1.22	0.450	0.677
		1.5	1.20	0.944	0.484	1.48	0.538	0.821
2	1.57	1.23	0.600	1.87	0.667	1.04		
38	26	1	0.974	0.765	0.837	1.51	0.644	0.793
		1.2	1.16	0.911	0.983	1.78	0.756	0.935
		1.5	1.44	1.13	1.19	2.16	0.914	1.14
		2	1.89	1.48	1.50	2.76	1.16	1.45
40	20	1	0.911	0.715	0.483	1.44	0.483	0.718
		1.2	1.09	0.852	0.565	1.69	0.565	0.846
		1.5	1.34	1.05	0.678	2.06	0.679	1.03
		2	1.76	1.38	0.847	2.62	0.847	1.31



(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$	
43	32	1	1.15	0.900	1.48	2.34	0.927	1.09
		1.2	1.37	1.08	1.75	2.76	1.09	1.29
		1.5	1.70	1.33	2.13	3.38	1.33	1.57
50	39	1	1.37	1.07	2.63	3.84	1.35	1.54
		1.2	1.63	1.28	3.10	4.55	1.59	1.82
		1.5	2.03	1.59	3.80	5.59	1.95	2.23
		2	2.67	2.10	4.88	7.21	2.50	2.88
51	17	1	1.04	0.814	0.418	2.42	0.492	0.947
		1.2	1.24	0.970	0.488	2.85	0.574	1.12
		1.5	1.53	1.20	0.584	3.48	0.687	1.36
		2	2.01	1.58	0.723	4.45	0.851	1.75
54	28	1	1.26	0.987	1.33	3.70	0.949	1.37
		1.2	1.50	1.18	1.57	4.38	1.12	1.62
		1.5	1.86	1.46	1.90	5.36	1.36	1.99
		2	2.45	1.92	2.43	6.92	1.73	2.56
55	23	1	1.19	0.937	0.877	3.44	0.762	1.25
		1.2	1.42	1.12	1.03	4.07	0.895	1.48
		1.5	1.77	1.39	1.24	4.98	1.08	1.81
		2	2.32	1.82	1.57	6.41	1.36	2.33
	35	1	1.38	1.09	2.22	4.47	1.27	1.62
		1.2	1.65	1.30	2.63	5.31	1.50	1.93
		1.5	2.05	1.61	3.21	6.50	1.83	2.37
		2	2.70	2.12	4.12	8.39	2.35	3.05
		2.5	3.34	2.62	4.95	10.18	2.83	3.70
56	28	1	1.29	1.01	1.37	4.04	0.981	1.44
		1.2	1.54	1.21	1.62	4.79	1.16	1.71
		1.5	1.91	1.50	1.97	5.86	1.41	2.09
		2	2.51	1.97	2.51	7.58	1.79	2.71
		2.5	3.10	2.44	2.99	9.16	2.13	3.27
60	20	1	1.23	0.962	0.696	3.97	0.696	1.32
		1.2	1.46	1.15	0.815	4.70	0.815	1.57
		1.5	1.81	1.42	0.982	5.75	0.982	1.92
		2	2.39	1.88	1.23	7.41	1.23	2.47
		2.5	2.95	2.31	1.45	8.95	1.45	2.96
	30	1	1.38	1.09	1.70	4.99	1.14	1.66
		1.2	1.65	1.30	2.01	5.92	1.34	1.97
		1.5	2.05	1.61	2.45	7.27	1.63	2.42
		2	2.70	2.12	3.12	9.40	2.08	3.13
		2.5	3.34	2.62	3.73	11.39	2.49	3.80
64	32	1	1.48	1.16	2.08	6.08	1.39	1.90
		1.2	1.77	1.39	2.46	7.21	1.53	2.25
		1.5	2.19	1.72	2.99	8.86	1.87	2.77
		2	2.89	2.27	3.83	11.48	2.39	3.59
		2.5	3.57	2.81	4.60	13.95	2.87	4.36
65	35	1	1.54	1.21	2.57	6.68	1.47	2.06
		1.2	1.84	1.44	3.03	7.92	1.73	2.44
		1.5	2.29	1.80	3.71	9.74	2.12	3.00
		2	3.02	2.37	4.76	12.64	2.72	3.89
		2.5	3.73	2.93	5.73	15.37	3.27	4.73
66	22	1	1.35	1.06	0.937	5.32	0.852	1.61
		1.2	1.61	1.27	1.10	6.29	1.00	1.91
		1.5	2.00	1.57	1.33	7.73	1.21	2.34
		2	2.64	2.07	1.68	10.00	1.52	3.03
		2.5	3.26	2.56	1.98	12.40	1.80	3.67
70	35	1.5	2.40	1.89	3.96	11.70	2.26	3.34
		2	3.17	2.49	5.09	15.20	2.91	4.34
		2.5	3.93	3.08	6.12	18.52	3.50	5.29

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
$A$	$B$	$S$			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$	
72	24	1.5	2.19	1.72	1.75	10.10	1.46	2.81
		2	2.89	2.27	2.21	13.10	1.85	3.64
		2.5	3.57	2.81	2.63	15.91	2.19	4.42
76	38	1.5	2.62	2.05	5.11	15.02	2.69	3.95
		2	3.46	2.71	6.58	19.59	3.46	5.16
		2.5	4.28	3.36	7.94	23.91	4.18	6.29
80	40	1.5	2.76	2.16	5.99	17.62	3.00	4.41
		2	3.64	2.86	7.73	22.97	3.86	5.74
		2.5	4.52	3.55	9.35	28.03	4.67	7.01
81	27	1.5	2.47	1.94	2.53	14.53	1.88	3.59
		2	3.27	2.57	3.23	18.90	2.39	4.67
		2.5	4.05	3.18	3.85	23.02	2.86	5.68
84	42	1.5	2.90	2.28	6.97	20.47	3.32	4.87
		2	3.83	3.01	9.00	26.66	4.29	6.35
		2.5	4.75	3.73	10.91	32.64	5.20	7.77
	56	1.5	3.23	2.53	13.16	24.69	4.70	5.88
		2	4.27	3.35	17.18	32.25	6.14	7.68
		2.5	5.30	4.16	20.96	39.52	7.49	9.41
90	30	1.5	2.16	2.76	3.53	20.08	2.35	4.46
		2	3.64	2.86	4.51	26.16	3.00	5.81
		2.5	4.52	3.55	5.41	32.01	3.60	7.11

注:理论重量计算:

$$G=0.0123S(A+B-2S)$$

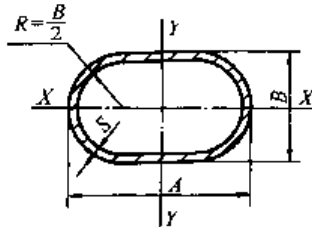
式中  $G$ ——每米钢管的重量(kg/m);

$A, B$ ——椭圆形钢管的长轴、短轴(mm);

$S$ ——椭圆形钢管的公称壁厚(mm)。

(钢的密度为  $7.85\text{kg}/\text{dm}^3$ )。

表 3.1-249 冷拔无缝平椭圆形钢管尺寸规格(摘自 GB/T3094—2000)



D 4 平椭圆形钢管

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
$A$	$B$	$S$			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$	
6	3	0.8	0.103	0.0811	0.000985	0.00320	0.00657	0.0107
8	4	0.8	0.144	0.113	0.00277	0.00851	0.0138	0.0213
		1	0.174	0.137	0.00305	0.00975	0.0152	0.0244
9	3	0.8	0.151	0.119	0.00159	0.0107	0.0106	0.0237
10	5	0.8	0.186	0.146	0.00598	0.0178	0.0239	0.0357
		1	0.226	0.177	0.00675	0.0208	0.0270	0.0416
12	4	0.8	0.208	0.164	0.00444	0.0275	0.0222	0.0458
		1	0.254	0.200	0.00491	0.0323	0.0246	0.0538
	6	0.8	0.227	0.178	0.0111	0.0323	0.0369	0.0538
		1	0.277	0.218	0.0127	0.0380	0.0424	0.0634

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$			
14	7	0.8	0.268	0.210	0.0184	0.0328	0.0527	0.0755
		1	0.329	0.258	0.0214	0.0630	0.0612	0.0900
		1.5	0.469	0.368	0.0268	0.0833	0.0766	0.119
15	5	0.8	0.266	0.209	0.00955	0.0564	0.0382	0.0752
		1	0.326	0.236	0.0108	0.0671	0.0434	0.0895
		1.5	0.465	0.365	0.0127	0.0887	0.0510	0.118
16	8	0.8	0.309	0.243	0.0285	0.0810	0.0713	0.101
		1	0.380	0.298	0.0335	0.0969	0.0837	0.121
		1.5	0.546	0.429	0.0428	0.131	0.107	0.163
17	8.5	0.8	0.330	0.259	0.0347	0.0981	0.0817	0.115
		1	0.406	0.318	0.0409	0.118	0.0962	0.139
		1.5	0.585	0.459	0.0529	0.159	0.124	0.188
		1.8	0.685	0.538	0.0580	0.180	0.136	0.212
		2	0.748	0.588	0.0606	0.192	0.143	0.226
18	6	0.8	0.323	0.253	0.0176	0.101	0.0587	0.112
		1	0.397	0.312	0.0203	0.121	0.0677	0.134
		1.5	0.572	0.449	0.0249	0.164	0.0829	0.182
		1.8	0.670	0.526	0.0264	0.184	0.0881	0.205
	9	2	0.731	0.574	0.0271	0.196	0.0903	0.218
		1	0.431	0.339	0.0194	0.141	0.110	0.157
		1.5	0.623	0.489	0.0643	0.193	0.143	0.214
		1.8	0.731	0.574	0.0709	0.218	0.158	0.242
20	10	2	0.800	0.628	0.0741	0.233	0.165	0.259
		1	0.483	0.379	0.0697	0.198	0.139	0.198
		1.5	0.701	0.550	0.0920	0.272	0.184	0.272
		1.8	0.824	0.617	0.102	0.310	0.205	0.310
21	7	2	0.903	0.709	0.108	0.333	0.216	0.333
		1	0.469	0.368	0.0342	0.198	0.0976	0.188
		1.5	0.679	0.533	0.0431	0.271	0.123	0.258
		1.8	0.798	0.627	0.0466	0.308	0.133	0.294
24	8	2	0.874	0.686	0.0483	0.331	0.138	0.315
		1	0.540	0.424	0.0532	0.302	0.133	0.251
		1.5	0.786	0.617	0.0686	0.419	0.172	0.349
		1.8	0.927	0.727	0.0752	0.480	0.188	0.400
	12	2	1.02	0.798	0.0786	0.516	0.197	0.430
		1	0.586	0.460	0.126	0.351	0.209	0.293
		1.5	0.855	0.671	0.168	0.491	0.279	0.409
		1.8	1.01	0.792	0.191	0.564	0.318	0.470
25	18.5	2	1.11	0.870	0.203	0.609	0.339	0.508
		1	0.680	0.535	0.311	0.473	0.336	0.379
		1.5	0.996	0.782	0.433	0.667	0.468	0.533
		1.8	1.18	0.926	0.497	0.770	0.537	0.616
26	13	2	1.30	1.02	0.536	0.833	0.580	0.666
		1	0.637	0.500	0.162	0.452	0.249	0.348
		1.5	0.932	0.732	0.221	0.631	0.340	0.488
		1.8	1.10	0.864	0.250	0.732	0.385	0.563
		2	1.21	0.951	0.267	0.792	0.411	0.609

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
A	B	S			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$	
27	8.5	1	0.606	0.475	0.0692	0.457	0.163	0.338
		1.5	0.885	0.695	0.0902	0.600	0.212	0.444
		1.8	1.05	0.820	0.0993	0.690	0.234	0.511
		2	1.15	0.901	0.104	0.748	0.245	0.554
	13.5	1	0.663	0.520	0.183	0.509	0.271	0.377
		1.5	0.971	0.762	0.250	0.715	0.370	0.530
		1.8	1.15	0.901	0.284	0.827	0.420	0.612
		2	1.26	0.992	0.304	0.896	0.450	0.664
30	10	1	0.683	0.536	0.110	0.608	0.221	0.405
		1.5	1.00	0.786	0.147	0.857	0.294	0.571
		2	1.30	1.02	0.173	1.07	0.347	0.716
	15	1	0.740	0.581	0.256	0.707	0.341	0.472
		1.5	1.09	0.853	0.353	1.00	0.470	0.667
		2	1.42	1.11	0.432	1.26	0.576	0.840
34	17	1	0.843	0.662	0.379	1.04	0.446	0.614
		1.5	1.24	0.973	0.529	1.49	0.622	0.874
		2	1.62	1.27	0.655	1.88	0.770	1.11
36	12	1	0.826	0.648	0.198	1.07	0.331	0.596
		1.5	1.22	0.954	0.270	1.53	0.449	0.849
		2	1.50	1.25	0.325	1.93	0.542	1.07
39	13	1	0.897	0.704	0.256	1.37	0.394	0.705
		1.5	1.32	1.04	0.351	1.97	0.539	1.01
		2	1.73	1.36	0.426	2.50	0.656	1.28
40	20	1	0.997	0.783	0.631	1.72	0.632	0.862
		1.5	1.47	1.16	0.890	2.48	0.890	1.24
		2	1.93	1.52	1.11	3.16	1.11	1.58
45	15	1	1.04	0.816	0.403	2.14	0.537	0.950
		1.5	1.54	1.21	0.559	3.08	0.745	1.37
		2	2.02	1.58	0.688	3.94	0.917	1.75
50	25	1	1.25	0.924	1.26	3.43	1.01	1.37
		1.5	1.86	1.46	1.81	4.96	1.44	1.99
		2	2.45	1.92	2.29	6.39	1.83	2.56
51	17	1	1.18	0.929	0.597	3.14	0.703	1.23
		1.5	1.75	1.37	0.836	4.54	0.984	1.78
		2	2.30	1.81	1.04	5.84	1.22	2.29
60	20	1	1.40	1.10	0.993	5.17	0.993	1.72
		1.5	2.07	1.63	1.41	7.52	1.41	2.51
		2	2.73	2.14	1.77	9.72	1.77	3.24
	30	1	1.51	1.19	2.22	5.99	1.48	2.00
		1.5	2.24	1.76	3.20	8.72	2.13	2.91
		2	2.96	2.32	4.09	11.30	2.73	3.77
64	32	1	1.61	1.27	2.71	7.29	1.69	2.28
		1.5	2.40	1.88	3.91	10.7	2.44	3.33
		2	3.17	2.49	5.01	13.8	3.13	4.32
66	22	1	1.54	1.21	1.34	6.92	1.22	2.10
		1.5	2.29	1.80	1.90	10.1	1.73	3.06
		2	3.02	2.37	2.40	13.1	2.18	3.97

(续)

基本尺寸			截面面积 $F/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩		截面系数	
$A$	$B$	$S$			$J_x$	$J_y$	$W_x$	$W_y$
mm					$\text{cm}^4$		$\text{cm}^3$	
69	17	1	1.54	1.21	0.828	7.24	0.974	2.10
		1.5	2.29	1.80	1.16	10.6	1.37	3.06
		2	3.02	2.37	1.45	13.7	1.70	3.97
70	35	1	1.77	1.39	3.57	9.58	2.04	2.74
		1.5	2.63	2.06	5.17	14.0	2.95	4.00
		2	3.47	2.73	6.65	18.2	3.80	5.21
72	24	1.5	2.50	1.96	2.50	13.2	2.08	3.67
		2	3.30	2.59	3.17	17.2	2.64	4.76
		2.5	4.09	3.21	3.78	20.9	3.15	5.81
80	40	1.5	3.01	2.37	7.82	21.1	3.91	5.28
		2	3.99	3.13	10.1	27.6	5.05	6.89
		2.5	4.95	3.88	12.2	33.7	6.12	8.43
81	27	1.5	2.82	2.22	3.62	19.0	2.68	4.68
		2	3.73	2.93	4.62	24.7	3.42	6.10
		2.5	4.62	3.63	5.53	30.2	4.09	7.45
90	30	1.5	3.14	2.17	5.03	26.2	3.35	5.81
		2	4.16	3.27	6.45	34.2	4.30	7.59
		2.5	5.16	4.05	7.75	41.9	5.17	9.31

注：理论重量计算：

$$G=0.0157S(A+0.5708B-1.5708S)$$

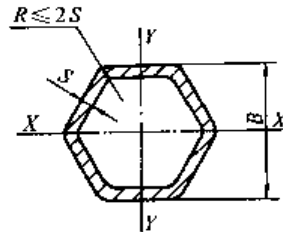
式中  $G$ ——每米钢管的重量(kg/m)；

$A, B$ ——平椭圆钢管的长与宽(mm)；

$S$ ——平椭圆钢管的公称壁厚(mm)。

(钢的密度为  $7.85\text{kg}/\text{dm}^3$ )

表 3.1-250 冷拔无缝六角形钢管尺寸规格(摘自 GB/T3094-2000)



D-5 内外六角形钢管

基本尺寸		截面面积 $F$ $/\text{cm}^2$	理论重量 $G$ $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	惯性矩 $J_x=J_y$ $/\text{cm}^4$	截面系数	
$B$	$S$				$W_x$	$W_y$
mm				$\text{cm}^3$		
8	1.5	0.320	0.251	0.0201	0.0503	0.0436
	2	0.383	0.301	0.0218	0.0544	0.0471
10	1.5	0.424	0.333	0.0445	0.0890	0.0771
	2	0.522	0.410	0.0503	0.101	0.0871
12	1.5	0.527	0.414	0.0835	0.139	0.121
	2	0.661	0.519	0.0970	0.162	0.140
14	1.5	0.631	0.496	0.141	0.201	0.174
	2	0.799	0.627	0.167	0.238	0.206
17	1.5	0.787	0.618	0.268	0.315	0.273
	2	1.01	0.791	0.324	0.382	0.331
	2.5	1.201	0.946	0.368	0.433	0.375
	3	1.38	1.09	0.401	0.471	0.408

(续)

基本尺寸		截面面积 F	理论重量 G	惯性矩 $J_x = J_y$	截面系数	
B	S				$W_x$	$W_y$
mm					$/\text{cm}^2$	$/\text{kg} \cdot \text{m}^3$
19	1.5	0.891	0.700	0.385	0.406	0.351
	2	1.15	0.899	0.472	0.496	0.430
	2.5	1.38	1.08	0.541	0.569	0.493
	3	1.59	1.25	0.595	0.626	0.542
22	1.5	1.05	0.822	0.619	0.563	0.488
	2	1.35	1.06	0.767	0.697	0.604
	2.5	1.64	1.29	0.891	0.810	0.701
	3	1.90	1.49	0.992	0.902	0.781
24	2	1.49	1.17	1.02	0.851	0.737
	2.5	1.81	1.42	1.19	0.994	0.861
	3	2.11	1.66	1.34	1.11	0.965
	4	2.64	2.07	1.55	1.29	1.12
27	2	1.70	1.33	1.50	1.11	0.961
	2.5	2.07	1.63	1.76	1.31	1.13
	3	2.42	1.90	1.99	1.48	1.28
	3.5	2.75	2.16	2.19	1.62	1.40
30	4	3.06	2.40	2.35	1.74	1.51
	2	1.91	1.50	2.10	1.40	1.21
	2.5	2.33	1.83	2.49	1.66	1.44
	3	2.73	2.15	2.83	1.89	1.64
32	3.5	3.11	2.44	3.13	2.09	1.81
	4	3.47	2.73	3.39	2.26	1.96
	2	2.05	1.61	2.59	1.62	1.40
	2.5	2.50	1.97	3.08	1.92	1.66
36	3	2.94	2.31	3.51	2.19	1.90
	3.5	3.36	2.63	3.89	2.43	2.11
	4	3.75	2.94	4.22	2.64	2.29
	2	2.32	1.82	3.77	2.09	1.81
41	2.5	2.85	2.24	4.50	2.50	2.17
	3	3.36	2.64	5.17	2.87	2.49
	3.5	3.84	3.02	5.76	3.20	2.77
	4	4.31	3.38	6.29	3.50	3.03
46	3	3.88	3.04	7.89	3.85	3.33
	3.5	4.45	3.49	8.85	4.32	3.74
	4	5.00	3.92	9.72	4.74	4.11
	4.5	5.53	4.34	10.51	5.13	4.44
55	5	6.03	4.74	11.22	5.47	4.74
	3	4.40	3.45	11.43	4.97	4.30
	3.5	5.05	3.97	12.88	5.60	4.85
	4	5.69	4.47	14.21	6.18	5.35
65	4.5	6.31	4.95	15.43	6.71	5.81
	5	6.90	5.42	16.55	7.19	6.23
	3	5.33	4.19	20.22	7.35	6.37
	3.5	6.15	4.82	22.91	8.33	7.21
75	4	6.94	5.45	25.42	9.25	8.01
	4.5	7.71	6.05	27.78	10.10	8.75
	5	8.46	6.64	29.97	10.90	9.44
	3	6.37	5.00	34.28	10.55	9.13
65	3.5	7.36	5.78	39.02	12.00	10.40
	4	8.32	6.53	43.51	13.39	11.59
	4.5	9.27	7.28	47.75	14.69	12.72
	5	10.19	8.00	51.76	15.93	13.79
75	4	9.71	7.62	68.62	18.30	15.85
	4.5	10.83	8.50	75.57	20.15	17.45
	5	11.92	9.36	82.18	21.92	18.98
	5.5	13.00	10.20	88.48	23.59	20.43
6	14.05	11.03	94.47	25.19	21.82	

(续)

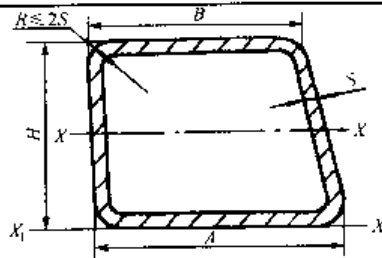
基本尺寸		截面面积 <i>F</i> /cm <sup>2</sup>	理论重量 <i>G</i> /kg·m <sup>-1</sup>	惯性矩 <i>J<sub>x</sub></i> = <i>J<sub>y</sub></i> /cm <sup>4</sup>	截面系数	
<i>B</i>	<i>S</i>				<i>W<sub>x</sub></i>	<i>W<sub>y</sub></i>
mm		cm <sup>3</sup>				
85	4	11.09	8.71	101.9	23.98	20.77
	4.5	12.39	9.72	112.5	26.47	22.93
	5	13.65	10.72	122.7	28.87	25.00
	5.5	14.90	11.70	132.4	31.16	26.98
	6	16.13	12.66	141.8	33.36	28.89
95	4	12.48	9.80	144.5	30.43	26.35
	4.5	13.94	10.95	159.9	33.66	29.15
	5	15.39	12.08	174.7	36.78	31.85
	5.5	16.81	13.19	189.0	39.78	34.45
	6	18.21	14.29	202.7	42.67	36.95
105	4	13.87	10.88	197.7	37.65	32.60
	4.5	15.50	12.17	219.0	41.72	36.13
	5	17.12	13.44	239.7	45.66	39.54
	5.5	18.71	14.69	259.7	49.46	42.84
	6	20.29	15.92	279.0	53.14	46.02

注:理论重量计算:

$$G=0.02719S(B-1.2327S)$$

式中 *G*——每米钢管的重量(kg/m);  
*B*——六角钢管的对边距离(mm);  
*S*——六角钢管的公称壁厚(mm);  
 (钢管 *R*=1.5*S* 时,钢的密度为 7.85kg/dm<sup>3</sup>)

表 3.1-251 冷拔无缝直角梯形钢管尺寸规格(摘自 GB/T3094-2000)



D-6 直角梯形钢管

基本尺寸				截面面积 <i>F</i> /cm <sup>2</sup>	理论重量 <i>G</i> /kg·m <sup>-1</sup>	惯性矩		截面模数	
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>S</i>			<i>J<sub>x</sub></i>	<i>J<sub>x1</sub></i>	<i>W<sub>xB</sub></i>	<i>W<sub>xA</sub></i>
mm				cm <sup>4</sup>					
25	10	30	2	1.68	1.32	1.88	6.51	1.09	5.06
30	25	20	2	1.68	1.32	1.01	3.89	0.980	4.01
		30	1.5	1.59	1.25	2.13	8.25	1.38	5.67
32	25	20	2	1.72	1.35	1.04	3.95	0.998	4.12
35	20	35	1.8	2.07	1.62	3.56	12.95	1.87	8.14
	30	25	2	2.09	1.64	2.00	7.75	1.56	6.36
	25	30	2	2.18	1.71	2.88	10.82	1.82	7.63
45	40	60	1.5	2.95	2.31	15.42	60.42	5.04	20.54
	32	50	1.8	3.01	2.36	10.90	41.09	4.13	17.42
50	40	35	1.5	2.27	1.78	4.55	17.42	2.51	10.33
		30	1.5	2.12	1.66	3.19	12.20	2.05	8.45
	35	30	1.7	2.39	1.87	3.55	13.57	2.28	9.40
		60	2.2	4.25	3.34	21.65	81.50	6.82	28.86
	45	30	1.2	1.77	1.39	2.76	10.79	1.81	7.32
			1.4	2.05	1.61	3.16	12.36	2.07	8.39
		1.7	2.47	1.94	3.73	14.60	2.45	9.91	
		1.8	2.61	2.05	3.92	15.32	2.57	10.40	
2	2.89	2.27	4.27	16.71	2.80	11.34			
40	1.8	2.97	2.33	7.62	29.85	3.74	15.19		
53	48	47	1.7	3.16	2.48	11.07	43.45	4.64	18.80
55	50	40	1.8	3.15	2.48	8.29	32.48	4.07	16.50
60	55	50	1.5	3.10	2.43	12.66	49.77	4.99	20.02

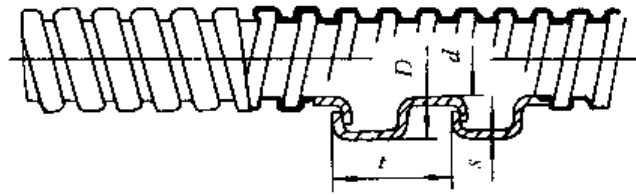
注:理论重量计算:

$$G = \left( 2HS + AS - BS - \frac{\alpha}{\tan \frac{\alpha}{2}} + 0.01746\alpha - 4.7529S^2 \right) 0.00785, \alpha = \arctg \frac{H}{A-B}$$

式中 *G*——每米钢管的重量(kg/m);  
*A*——直角梯形钢管的下底(mm);  
*B*——直角梯形钢管的上底(mm);  
 (钢密度为 7.85kg/dm<sup>3</sup>)

5.3.12 P3型镀锌金属软管(见表3.1-252)

表 3.1-252 P3型镀锌金属软管尺寸规格(摘自 GB/T3641—1983)



D—软管外径;t—节距;d—软管内径;s—钢带厚度

公称内径 d/mm	最小内径 d <sub>min</sub> /mm	外径及 允许偏差 D/mm	节距及 允许偏差 t/mm	钢带厚度 s/mm	自然弯曲 直径 R/mm	轴向拉力 /N ≥	理论重量 /g·m <sup>-1</sup>
(4)	3.75	6.20±0.25	2.65±0.40	0.25	30	235	49.6
(6)	5.75	8.2±0.25	2.70±0.4	0.25	40	350	68.6
8	7.70	11.00±0.30	4.00±0.4	0.30	45	470	111.7
10	9.70	13.50±0.30	4.70±0.45	0.30	55	590	139.0
12	11.65	15.50±0.35	4.70±0.45	0.30	60	705	162.3
(13)	12.65	16.50±0.35	4.70±0.45	0.30	65	765	174.0
(15)	14.65	19.00±0.35	5.70±0.45	0.35	80	885	233.8
(16)	15.65	20.00±0.35	5.70±0.45	0.35	85	940	247.4
(19)	18.60	23.30±0.40	6.40±0.50	0.40	95	1120	326.7
20	19.60	24.30±0.40	6.40±0.50	0.40	100	1175	342.0
(22)	21.55	27.30±0.45	8.70±0.50	0.40	105	1295	375.1
25	24.55	30.30±0.45	8.70±0.50	0.40	115	1470	420.2
(32)	31.50	38.00±0.50	10.50±0.60	0.45	140	1880	585.8
38	37.40	45.00±0.60	11.40±0.60	0.50	160	2235	804.3
51	50.00	58.00±1.00	11.40±0.60	0.50	190	3000	1054.6
64	62.50	72.50±1.50	14.80±0.60	0.60	280	3765	1522.5
75	73.00	83.50±2.00	14.20±0.60	0.60	320	4410	1841.2
(80)	78.00	88.50±2.00	14.20±0.60	0.60	330	4705	1957.0
100	97.00	108.50±3.00	14.20±0.60	0.60	380	5880	2420.4

注:1. 钢带厚度s及理论重量,仅供参考。

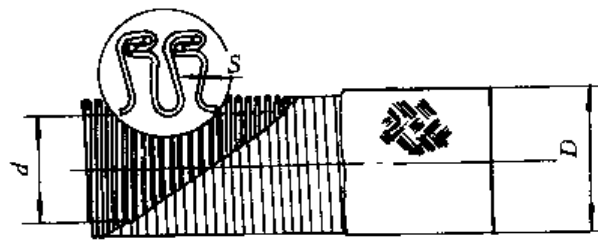
2. 括弧中的规格不推荐使用。

3. 本产品用作电线保护管。

4. 标记示例:公称内径15mm,长度3500mm的P3型镀锌金属软管,  
标记为:金属软管 P3φ15×3500 GB/T3641—1983。

5.3.13 S型钎焊不锈钢金属软管(见表3.1-253)

表 3.1-253 S型钎焊不锈钢金属软管尺寸规格(摘自 GB/T3642—1983)



D—软管外径;d—软管内径;S—钢带厚度

公称内径 d/mm	最小内径 d <sub>min</sub> /mm	软管外径 D/mm	钢带厚度 S/mm	编织钢丝直径 d <sub>1</sub> /mm	软管性能参数		理论重量 /kg·m <sup>-1</sup>
					20°C时工作压力 /MPa	20°C时爆破压力 /MPa	
6	5.9	10.8-0.3	0.13	0.3	14.70	44.10	0.209
8	7.9	12.8-0.3	0.13	0.3	11.75	35.30	0.238
10	9.85	15.6-0.3	0.16	0.3	9.80	29.40	0.367
12	11.85	18.2-0.3	0.16	0.3	9.30	27.95	0.434
14	13.85	20.2-0.3	0.16	0.3	8.80	26.45	0.494
(15)	14.85	21.2-0.3	0.16	0.3	8.35	25.00	0.533
16	15.85	22.2-0.3	0.16	0.3	7.85	23.55	0.553



(续)

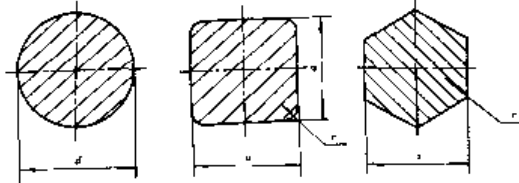
公称内径 $d/mm$	最小内径 $d_{min}/mm$	软管外径 $D/mm$	钢带厚度 $S/mm$	编织钢丝直径 $d_1/mm$	软管性能参数		理论重量 $/kg \cdot m^{-1}$
					20°C 时工作压力 $/MPa$	20°C 时爆破压力 $/MPa$	
(18)	17.85	24.3 <sub>-0.3</sub>	0.16	0.3	7.35	22.06	0.630
20	19.85	29.3 <sub>-0.3</sub>	0.20	0.3	6.85	20.60	0.866
(22)	21.85	31.3 <sub>-0.3</sub>	0.20	0.3	6.35	19.10	0.946
25	24.80	35.3 <sub>-0.3</sub>	0.25	0.3	5.90	17.65	1.347
30	29.80	40.3 <sub>-0.3</sub>	0.25	0.3	4.90	14.70	1.555
32	31.80	44 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	4.40	13.25	1.864
38	37.75	50 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	3.90	11.75	2.142
40	39.75	52 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	3.45	10.29	2.207
42	41.75	54 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	3.45	10.29	2.342
48	47.75	60 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	2.95	8.80	2.634
50	49.75	62 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	2.45	7.35	2.714
52	51.75	64 <sub>-0.3</sub>	0.30	0.3	2.45	7.35	2.795

- 注: 1. 软管理论重量不包括接头的重量。理论重量和钢带厚度仅供参考。  
 2. 表中带括号的规格不推荐使用。  
 3. 本产品采用 1Cr18Ni9Ti 不锈钢带和不锈钢丝制成。适用于电缆的护套管及非腐蚀性的液压油、燃油、润滑油和蒸汽系统的输送管道之用,使用温度范围为 0~400°C(输送管道), -200~400°C(电缆套管)。  
 4. 标记示例:公称内径为 10mm,长度 1000mm 的钎焊不锈钢金属软管,  
 标记为:金属软管 S#10×1000 GB/T3642-1983。

### 5.4 钢丝

#### 5.4.1 冷拉圆钢丝、方钢丝和六角钢丝(见表 3.1-254、表 3.1-255)

表 3.1-254 冷拉圆钢丝、方钢丝和六角钢丝尺寸规格(摘自 GB/T342-1997)



公称尺寸 $/mm$	圆 形		方 形		六 角 形	
	截面面积 $/mm^2$	理论重量 $/kg \cdot (1000m)^{-1}$	截面面积 $/mm^2$	理论重量 $/kg \cdot (1000m)^{-1}$	截面面积 $/mm^2$	理论重量 $/kg \cdot (1000m)^{-1}$
0.050	0.0020	0.016				
0.055	0.0024	0.019				
0.063	0.0031	0.024				
0.070	0.0038	0.030				
0.080	0.0050	0.039				
0.090	0.0064	0.050				
0.10	0.0079	0.062				
0.11	0.0095	0.075				
0.12	0.0113	0.089				
0.14	0.0154	0.121				
0.16	0.0201	0.158				
0.18	0.0254	0.199				
0.20	0.0314	0.246				
0.22	0.0380	0.298				
0.25	0.0491	0.385				
0.28	0.0616	0.484				
0.30*	0.0707	0.555				
0.32	0.0804	0.631				
0.35	0.096	0.754				
0.40	0.126	0.989				
0.45	0.159	1.248				
0.50	0.196	1.539	0.250	1.962		
0.55	0.238	1.868	0.302	2.371		
0.60*	0.283	2.22	0.360	2.826		
0.63	0.312	2.447	0.397	3.116		
0.70	0.385	3.021	0.490	3.846		

(续)

公称尺寸 /mm	圆 形		方 形		六 角 形	
	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·(1000m) <sup>-1</sup>	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·(1000m) <sup>-1</sup>	截面面积 /mm <sup>2</sup>	理论重量 /kg·(1000m) <sup>-1</sup>
0.80	0.503	3.948	0.640	5.024	—	—
0.90	0.636	4.993	0.810	6.358	—	—
1.00	0.785	6.162	1.000	7.850	—	—
1.10	0.950	7.458	1.210	9.498	—	—
1.20	1.131	8.878	1.440	11.30	—	—
1.40	1.539	12.08	1.960	15.39	—	—
1.60	2.011	15.79	2.560	20.10	2.217	17.40
1.80	2.545	19.98	3.240	25.43	2.806	22.03
2.00	3.142	24.66	4.000	31.40	3.464	27.20
2.20	3.801	29.84	4.840	37.99	4.192	32.91
2.50	4.909	38.54	6.250	49.06	5.413	42.49
2.80	6.158	48.34	7.840	61.54	6.790	53.30
3.00*	7.069	55.49	9.000	70.65	7.795	61.19
3.20	8.042	63.13	10.24	80.38	8.869	69.62
3.50	9.621	75.52	12.25	96.16	10.61	83.29
4.00	12.57	98.67	16.00	125.6	13.86	108.8
4.50	15.90	124.8	20.25	159.0	17.54	137.7
5.00	19.64	154.2	25.00	196.2	21.65	170.0
5.50	23.76	186.5	30.25	237.5	26.20	205.7
6.00*	28.27	221.9	36.00	282.6	31.18	244.8
6.30	31.17	244.7	39.69	311.6	34.38	269.9
7.00	38.48	302.1	49.00	384.6	42.44	333.2
8.00	50.27	394.6	64.00	502.4	55.43	435.1
9.00	63.62	499.4	81.00	635.8	70.15	550.7
10.0	78.54	616.5	100.00	785.0	86.61	679.9
11.0	95.03	746.0	—	—	—	—
12.0	113.1	887.8	—	—	—	—
14.0	153.9	1208.1	—	—	—	—
16.0	201.1	1578.6	—	—	—	—

注:1. 本表理论重量按密度  $7.85\text{g/cm}^3$  计算的,对于特殊合金丝,应采用相应牌号的密度计算理论重量。

2. 表内公称尺寸一栏,对于圆钢丝表示直径  $d$ ,对于方钢丝表示边长  $a$ ,对于六角钢丝表示对边的距离  $s$ 。

3. 本表钢丝直径系列采用 R20 优先数系,其中“\*”符号系列补充的 R40 优先数系中的优先数系。

4. 直条钢丝通常长度为 2000~4000mm,允许供应长度不小于 1500mm 的短尺钢丝,但不得超过该批重量的 15%。

5. 直条钢丝按定尺、倍尺交货时,其长度允许偏差为  $\begin{matrix} -50 \\ 0 \end{matrix}$  mm。

6. GB/T342—1997 代替 GB/T342—1982、GB/T3204—1982、GB/T3205—1982。

7. 标记示例:用 45 钢制造,尺寸允许偏差为 11 级,直径为 5mm 的软状态冷拉优质碳素结构钢圆钢丝,其标记为:

圆钢丝  $\frac{11-5-GB/T342-1997}{45-R-GB/T3206}$

表 3.1-255 冷拉圆、方、六角钢丝尺寸允许偏差(摘自 GB/T342—1997)

(mm)

钢丝公称尺寸	允许偏差级别					
	8	9	10	11	12	13
	允许偏差					
0.05~0.10	±0.002	±0.005	±0.006	±0.010	±0.015	±0.020
>0.10~0.30	±0.003	±0.006	±0.009	±0.014	±0.022	±0.029
>0.30~0.60	±0.004	±0.009	±0.013	±0.018	±0.030	±0.038
>0.60~1.00	±0.005	±0.011	±0.018	±0.023	±0.035	±0.045
>1.00~3.00	±0.007	±0.015	±0.022	±0.030	±0.050	±0.060
>3.00~6.00	±0.009	±0.020	±0.028	±0.040	±0.062	±0.080
>6.00~10.0	±0.011	±0.025	±0.035	±0.050	±0.075	±0.100
>10.0~16.0	±0.013	±0.030	±0.045	±0.060	±0.090	±0.120

注:1. GB/T342 规定,公称尺寸允许偏差值可为单向负偏差值,其公差值仍按本表规定。

例如本表规定某尺寸允许偏差为  $\pm 0.02$ ,单向负偏差为:  $\begin{matrix} 0 \\ -0.04 \end{matrix}$ 。

2. 中间尺寸钢丝的尺寸允许偏差按相邻较大规格钢丝的规定。

3. 偏差级别适用范围:圆钢丝为 8~12 级,方钢丝为 10~13 级,六角钢丝为 10~13 级。

4. 圆钢丝的圆度不大于直径公差之半;方钢丝的正截面对角线之差大于相应级别边长公差的 0.7 倍。

5. 直条钢丝弯曲度不大于 4mm/m。

5.4.2 一般用途低碳钢丝(见表 3.1-256、表 3.1-257)

表 3.1-256 一般用途低碳钢丝分类及尺寸规格(摘自 GB/T343 1994)

分类和代号	按交货状态分为:		按用途分为:	
	冷拉钢丝 WCD	退火钢丝 TA	Ⅰ类 普通用	Ⅱ类 制钉用
	镀锌钢丝 SZ		Ⅲ类 建筑用	
冷拉普通用、制钉用、建筑用钢丝及退火钢丝直径及允许偏差/mm	钢丝直径	允许偏差	钢丝直径	允许偏差
	≤0.30	±0.01	>1.60~3.00	±0.04
	>0.30~1.00	±0.02	>3.00~6.00	±0.05
镀锌钢丝直径及允许偏差/mm	≤0.30	±0.02	>1.60~3.00	±0.06
	>0.30~1.00	±0.04	>3.00~6.00	±0.07
	>1.00~1.60	±0.05	>6.00	±0.08

注:1. 本表产品适用于一般的捆扎、牵拉、制钉、编织及建筑等用途;冷拉钢丝主要用于轻工业和建筑行业,如制钉、钢筋、焊接骨架、焊接网、水泥船织网、小五金等退火钢丝主要用于一般捆扎、牵拉、编织等;镀锌钢丝用于需要耐蚀的捆扎、牵拉、编织等。

2. 钢丝可按英制线规或其他线规号交货。

3. 钢丝圆度不超出直径公差之半。

4. 标记示例:直径为 2.00mm 的冷拉钢丝。

标记为:低碳钢丝 WCD—2.00—GB/T343—1994。

表 3.1-257 一般用途低碳钢丝力学性能(摘自 GB/T343 1994)

公称直径/mm	抗拉强度 /MPa					180度弯曲试验/次		伸长率(%) (标距 100mm)		
	冷拉普通钢丝	制钉用钢丝	建筑用钢丝	退火钢丝	镀锌钢丝	冷拉普通用钢丝	建筑用钢丝	建筑用钢丝	镀锌钢丝	
≤0.30	≤980	-	-	295~540	295~540	见 5.2.3	-	-	≥10	
>0.30~0.80	≤980	-	-				-	-		-
>0.80~1.20	≤980	880~1320	-				-	-		-
>1.20~1.80	≤1060	785~1220	-			≥6	-	-	≥12	
>1.80~2.50	≤1010	735~1170	-			-	-	-		
>2.50~3.50	≤960	685~1120	≥350			≥4	≥4	≥2		
>3.50~5.00	≤890	590~1030	≥550	-	-	-	-	-		
>5.00~6.00	≤790	540~930	≥550	-	-	-	-	-		
>6.00	≤690	-	-	-	-	-	-	-		

注:1. 本表适用于冷拉普通用钢丝、制钉用钢丝、建筑用钢丝、退火钢丝、镀锌钢丝。

2. 对于直径≤0.80mm 的冷拉普通钢丝,用打结拉伸试验代替弯曲试验,打结钢丝进行拉伸试验时所能承受的拉力不低于不打结破断拉力的 50%。

5.4.3 重要用途低碳钢丝(见表 3.1-258)

表 3.1-258 重要用途低碳钢丝规格(摘自 YB/T5032-1993)

钢丝直径/mm		力学性能				每盘钢丝重量(由一根钢丝组成)/kg ≥	镀锌钢丝锌层重量/g·m <sup>-2</sup> ≥	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>			
公称尺寸	允许偏差		抗拉强度 σ <sub>b</sub> /MPa		扭转次数次/360° ≥				弯曲次数次/180° ≥		
	光面钢丝	镀锌钢丝	光面钢丝	镀锌钢丝							
0.3	±0.02	-0.04 -0.02	不小于 390	不小于 365	30	打结拉力试验 抗拉强度 光面钢丝: ≥226MPa 镀锌钢丝: ≥186MPa	0.3	5	0.000555		
0.4								0.000987			
0.5								8	0.00154		
0.6								15	0.00395		
0.8	±0.04	+0.06 -0.02					25	22	5	24	0.00617
1.0											0.00888
1.2			14	0.0121							
1.4			12	0.0158							

(续)

钢丝直径/mm		力学性能				每盘钢丝重量(由一根钢丝组成)/kg≥	镀锌钢丝锌层重量/g·m <sup>2</sup> ≥	理论重量/kg·m <sup>-1</sup>			
公称尺寸	允许偏差		抗拉强度σ <sub>b</sub> /MPa		扭转次数/360°≥				弯曲次数/180°≥		
	光面钢丝	镀锌钢丝	光面钢丝	镀锌钢丝							
1.8	±0.06	+0.08 -0.06	不小于 390	不小于 365	18	12	10	41			
2.0						10					
2.3					10	59					
2.6					8						
3.0	±0.07	+0.09 -0.07			12	10		75	0.0555		
3.5					10	10					
4.0					20	95		10	8	110	0.125
4.5								8	8		
5.0	8	6	0.154								
6.0	—	—		0.219							

注:1. 本表钢丝用GB/T699—1999优质碳素钢中的低碳钢制造,适于制作机器中重要部件及零件。

2. 按交货表面状况分为:I类—镀锌钢丝(Z<sub>d</sub>);II类—光面钢丝(Z<sub>g</sub>)。

3. 标记示例:直径为1.0mm镀锌钢丝,标记为:Zd1.0 YB/T5032—1993。

#### 5.4.4 油淬火—回火弹簧钢丝(见表3.1-259~表3.1-264)

表3.1-259 油淬火—回火弹簧钢丝分类及代号(摘自GB/T18983—2003)

分 类		静态(FD)	中疲劳(TD)	高疲劳(VD)
抗拉强度分级	低强度	FDC	TDC	VDC
	中强度	FDCrV(A,B) FDSiMn	TDCrV(A,B) TDSiMn	VDCrV(A,B)
	高强度	FDCrSi	TDCrSi	VDCrSi
直径范围		0.50~17.00mm	0.50~17.00mm	0.50~10.00mm

注:1. 静态级钢丝适用于一般用途弹簧,以FD表示。

2. 中疲劳级钢丝用于离合器弹簧、悬架弹簧等,以TD表示。

3. 高疲劳级钢丝适用于剧烈运动的场合,例如用于阀门弹簧,以VD表示。

4. GB/T18983—2003油淬火—回火弹簧钢丝代替YB/T5008(原GB2271)《阀门用油淬火—回火铬钒合金弹簧钢丝》、YB/T5102(原GB4359)《阀门用油淬火—回火碳素弹簧钢丝》、YB/T5103(原GB4360)《油淬火—回火碳素弹簧钢丝》、YB/T5104(原GB4361)《油淬火—回火硅锰合金弹簧钢丝》和YB/T5105(原GB4362)《阀门用油淬火—回火铬硅合金弹簧钢丝》,适用于制造各种机械弹簧用碳素钢和合金钢油淬火—回火圆截面钢丝。GB/T18983根据ISO/FDIS8458—3《机械弹簧用钢丝,油淬火和回火钢丝》制订。

5. 标记示例:用60Si2MnA钢制造的直径为11.0mm的TD级钢丝,标记为:TDSiMn—11.0—GB/T18983—2003。

表3.1-260 油淬火—回火弹簧钢丝直径及允许偏差(摘自GB/T18983—2003)

公称直径/mm	允许偏差(±)/mm			公称直径/mm	允许偏差(±)/mm		
	TD	VD	FD		TD	FD	VD
0.50~0.80	0.010			0.015	0.040		
>0.80~1.00	0.015			0.020	0.045		
>1.00~1.80	0.020			0.025	0.050		
>1.80~2.80	0.025			0.030	0.070	—	
>2.80~4.00	0.030			0.080	—		
>4.00~5.50	0.035			0.090	—		

注:1. 圆度不得大于尺寸允许偏差的一半。

2. 当需方对尺寸偏差有特殊要求时,应在合同中注明。

表 3.1-261 油淬火一回火弹簧钢丝代号及化学成分(摘自 GB/T18983—2003)

代 号	对应国内常用钢牌号	化学成分(质量分数)(%)							
		C	Si	Mn	P <sub>最大</sub>	S <sub>最大</sub>	Cr	V	Cu <sub>最大</sub>
FDC TDC VDC	65、70、65Mn	0.60~ 0.75	0.10~ 0.35	0.50~ 1.20	0.030 0.020	0.030 0.025		—	0.20 0.12
FDCrV-A TDCrV-A VDCrV-A	50CrVA	0.47~ 0.55	0.10~ 0.40	0.60~ 1.20	0.030 0.025	0.030 0.025	0.80~ 1.10	0.15~ 0.25	0.20 0.12
FDCrV-B TDCrV-B VDCrV-B	67CrV	0.62~ 0.72	0.15~ 0.30	0.50~ 0.90	0.030 0.025	0.030 0.025	0.40~ 0.60	0.15~ 0.25	0.20 0.12
FDSiMn TDSiMn	60Si2Mn 60Si2MnA	0.56~ 0.64	1.50~ 2.00	0.60~ 0.90	0.035	0.035	—	—	0.25
FDCrSi TDCrSi VDCrSi	55CrSi	0.50~ 0.60	1.20~ 1.60	0.50~ 0.90	0.030 0.025	0.030 0.025	0.50~ 0.80	—	0.20 0.12

注:钢丝代号与国内常用钢牌号的对应关系,是摘自 GB/T18983—2003 的附录。

表 3.1-262 油淬火一回火弹簧钢丝(静态级、中疲劳级)力学性能  
(摘自 GB/T18983—2003)

直径范围/mm	抗拉强度/MPa					断面收缩率 <sup>①</sup> (%)	
	FDC TDC	FDCrV-A TDCrV-A	FDCrV-B TDCrV-B	FDSiMn TDSiMn	FDCrSi TDCrSi	≥	
	FD	TD	FD	TD	FD	TD	
0.50~0.80	1800~2100	1800~2100	1900~2200	1850~2100	2000~2250	—	—
>0.80~1.00	1800~2060	1780~2080	1860~2160	1850~2100	2000~2250	—	—
>1.00~1.30	1800~2010	1750~2010	1850~2100	1850~2100	2000~2250	45	45
>1.30~1.40	1750~1950	1750~1990	1840~2070	1850~2100	2000~2250	45	45
>1.40~1.60	1740~1890	1710~1950	1820~2030	1850~2100	2000~2250	45	45
>1.60~2.00	1720~1890	1710~1890	1790~1970	1820~2000	2000~2250	45	45
>2.00~2.50	1670~1820	1670~1830	1750~1900	1800~1950	1970~2140	45	45
>2.50~2.70	1640~1790	1660~1820	1720~1870	1780~1930	1950~2120	45	45
>2.70~3.00	1620~1770	1630~1780	1700~1850	1760~1910	1930~2100	45	45
>3.00~3.20	1600~1750	1610~1760	1680~1830	1740~1890	1910~2080	40	45
>3.20~3.50	1580~1730	1600~1750	1660~1810	1720~1870	1900~2060	40	45
>3.50~4.00	1550~1700	1560~1710	1620~1770	1710~1860	1870~2030	40	45
>4.00~4.20	1540~1690	1540~1690	1610~1760	1700~1850	1860~2020	40	45
>4.20~4.50	1520~1670	1520~1670	1590~1740	1690~1840	1850~2000	40	45
>4.50~4.70	1510~1660	1510~1660	1580~1730	1680~1830	1840~1990	40	45
>4.70~5.00	1500~1650	1500~1650	1560~1710	1670~1820	1830~1980	40	45
>5.00~5.60	1470~1620	1460~1610	1540~1690	1660~1810	1800~1950	35	40
>5.60~6.00	1460~1610	1440~1590	1520~1670	1650~1800	1780~1930	35	40
>6.00~6.50	1440~1590	1420~1570	1510~1660	1640~1790	1760~1910	35	40
>6.50~7.00	1430~1580	1400~1550	1500~1650	1630~1780	1740~1890	35	40
>7.00~8.00	1400~1550	1380~1530	1480~1630	1620~1770	1710~1860	35	40
>8.00~9.00	1380~1530	1370~1520	1470~1620	1610~1760	1700~1850	30	35
>9.00~10.00	1360~1510	1350~1500	1450~1600	1600~1750	1660~1810	30	35
>10.00~12.00	1320~1470	1320~1470	1430~1580	1580~1730	1660~1810	30	—
>12.00~14.00	1280~1430	1300~1450	1420~1570	1560~1710	1620~1770	30	—
>14.00~15.00	1270~1420	1290~1440	1410~1560	1550~1700	1620~1770	—	—
>15.00~17.00	1250~1400	1270~1420	1400~1550	1540~1690	1580~1730	—	—

注:一盘或一轴内钢丝抗拉强度允许波动范围为:VD级钢丝不超过50MPa,TD级钢丝不超过60MPa,FD级钢丝不超过70MPa。

① FDSiMn和TDSiMn直径≤5.00mm时,断面收缩率应≥35%;直径>5.00mm~14.00mm时,断面收缩率应≥30%。

表 3.1-263 油淬火一回火弹簧钢丝(高疲劳级)力学性能(摘自 GB/T18983-2003)

直径范围 /mm	抗拉强度/MPa				断面收缩率(%) ≥
	VDC	VDCrV-A	VDCrV-B	VDCrSi	
0.50~0.80	1700~2000	1750~1950	1910~2060	2030~2230	—
>0.80~1.00	1700~1950	1730~1930	1880~2030	2030~2230	—
>1.00~1.30	1700~1900	1700~1900	1860~2010	2030~2230	45
>1.30~1.40	1700~1850	1680~1860	1840~1990	2030~2230	45
>1.40~1.60	1670~1820	1660~1860	1820~1970	2000~2180	45
>1.60~2.00	1650~1800	1640~1800	1770~1920	1950~2110	45
>2.00~2.50	1630~1780	1620~1770	1720~1860	1900~2060	45
>2.50~2.70	1610~1760	1610~1760	1690~1840	1890~2040	45
>2.70~3.00	1590~1740	1600~1750	1660~1810	1880~2030	45
>3.00~3.20	1570~1720	1580~1730	1640~1790	1870~2020	45
>3.20~3.50	1550~1700	1560~1710	1620~1770	1860~2010	45
>3.50~4.00	1530~1680	1540~1690	1570~1720	1840~1990	45
>4.20~4.50	1510~1660	1520~1670	1540~1690	1810~1960	45
>4.70~5.00	1490~1640	1500~1650	1520~1670	1780~1930	45
>5.00~5.60	1470~1620	1480~1630	1490~1640	1750~1900	40
>5.60~6.00	1450~1600	1470~1620	1470~1620	1730~1890	40
>6.00~6.50	1420~1570	1440~1590	1440~1590	1710~1860	40
>6.50~7.00	1400~1550	1420~1570	1420~1570	1690~1840	40
>7.00~8.00	1370~1520	1410~1560	1390~1540	1660~1810	40
>8.00~9.00	1350~1500	1390~1540	1370~1520	1640~1790	35
>9.00~10.00	1340~1490	1370~1520	1340~1490	1620~1770	35

表 3.1-264 油淬火一回火弹簧钢丝双向扭转试验要求(摘自 GB/T18983-2003)

公称直径/mm	TDC VDC		TDCrV VDCrV		TDCrSi VDCrSi			
	右转圈数	左转圈数	右转圈数	左转圈数	右转圈数	左转圈数		
>0.70~1.00	6	24	6	12	6	0		
>1.00~1.60		16		8	5			
>1.60~2.50		14		4	4		4	
>2.50~3.00		12						
>3.00~3.50		10						
>3.50~4.50		8						
>4.50~5.60		6						3
>5.60~6.00		4						

注:1. 公称直径>6.00mm的钢丝绕直径等于钢丝直径2倍的心棒弯曲90°,试验后不得出现裂纹。

2. 钢丝表面应光滑,不应有对钢丝使用可能产生有害影响的划伤、结疤、锈蚀、裂纹等缺陷。

3. VD级和TD级钢丝表面不得有全脱碳层,表面脱碳允许最大深度:VD级、TD级和FD级钢丝分别为1.0%*d*、1.3%*d*、1.5%*d*,TDSiMn最大深度为1.5%*d*,*d*为钢丝公称直径。

4. VD级钢丝应检验非金属夹杂物,其合格级别由供需双方协商,合同未规定者,合格级别由供方确定。阀门用钢丝应在合同中注明非金属夹杂物级别。

5. 公称直径<3.00mm的钢丝在心棒(其直径等于钢丝直径)上缠绕至少4圈,其表面不得产生裂纹或断开。

6. 公称直径0.70~6.00mm的钢丝应进行扭转试验,单向扭转即向一个方向扭转至少3次直到断裂,断口应平齐。TD级和VD级钢丝可采用双向扭转,试验方法,具体要求符合本表规定。

5.4.5 重要用途碳素弹簧钢丝(见表 3.1-265、表 3.1-266)

表 3.1-265 重要用途碳素弹簧钢丝尺寸规格、牌号及化学成分(摘自 GB/T4358-1995)

钢丝尺寸及允许偏差	钢丝按用途分为 E、F、G 三组，直径范围：E 组 0.08~6.00mm，F 组— 0.08~6.00mm，G 组— 1.00~6.00mm。直径规格应符合 GB/T342-1997 的规定(见表 3.1-254) 钢丝直径允许偏差，E 组符合 GB/T342-1997 中 10 级规定，F 组和 G 组符合 11 级规定。经供需双方协议，E 组按 11 级，F 组和 G 组按 10 级。								
	钢丝牌号及化学成分	化 学 成 分 (质量分数) (%)							
牌号		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
65Mn		0.62~0.69	0.70~1.00	0.17~0.37	0.025	0.020	0.10	0.15	0.20
70		0.67~0.74	0.30~0.60	0.17~0.37	0.025	0.020	0.10	0.15	0.20
T9A		0.85~0.93	≤0.40	≤0.35	0.025	0.020	0.10	0.12	0.20
T8MnA	0.80~0.89	0.40~0.60	≤0.35	0.025	0.020	0.10	0.12	0.20	

注：1. 在保证钢丝力学性能条件下，65Mn、70 钢的 Mn 含量可分别调整为 0.90%~1.20%、0.50%~0.80%。按双方协议，亦可选用质量相当的其他牌号制造。

2. 标记示例：

a) 钢丝力学性能为 E 级，直径 1.60mm，直径允许偏差 10 级的重要用途碳素弹簧钢丝，标记为：

重要用途碳素弹簧钢丝  $\frac{1.60-10-GB/T342-1997}{E-GB/T4358-1995}$

b) 当需方要求注明牌号，如 a) 例中要求采用 70 钢时，其标记为：

重要用途碳素弹簧钢丝  $\frac{1.60-10-GB/T342-1997}{70-E-GB/T4358-1995}$

表 3.1-266 重要用途碳素弹簧钢丝力学性能(摘自 GB/T4358-1995)

直径/mm	抗拉强度/MPa			最小盘重/kg	直径/mm	抗拉强度/MPa			最小盘重/kg
	E 组	F 组	G 组			E 组	F 组	G 组	
0.08	2330~2710	2710~3060	-	0.1	0.70	2120~2500	2500~2850	-	0.5
0.09	2320~2700	2700~3050	-		0.80	2110~2490	2490~2840	-	
0.10	2310~2690	2690~3040	-		0.90	2060~2390	2390~2690	-	
0.12	2300~2680	2680~3030	-	0.2	1.00	2020~2350	2350~2650	1850~2110	2.0
0.14	2290~2670	2670~3020	-		1.20	1920~2270	2270~2570	1820~2080	
0.16	2280~2660	2660~3010	-		1.40	1870~2200	2200~2500	1780~2040	
0.18	2270~2650	2650~3000	-		1.60	1830~2140	2160~2480	1750~2010	
0.20	2260~2640	2640~2990	-		1.80	1800~2130	2060~2360	1700~1900	
0.22	2240~2620	2620~2970	-	0.4	2.00	1760~2090	1970~2230	1670~1910	5.0
0.25	2220~2600	2600~2950	-		2.20	1720~2000	1870~2130	1620~1860	
0.28	2220~2600	2600~2950	-		2.50	1680~1960	1770~2030	1620~1860	
0.30	2210~2600	2600~2950	-		2.80	1630~1910	1720~1980	1570~1810	
0.32	2210~2590	2590~2940	-		3.00	1610~1890	1690~1950	1570~1810	
0.35	2210~2590	2590~2940	-	0.5	3.20	1560~1840	1670~1930	1570~1810	8.0
0.40	2200~2580	2580~2930	-		3.50	1520~1750	1620~1840	1470~1710	
0.45	2190~2570	2570~2920	-		4.00	1480~1710	1570~1790	1470~1710	
0.50	2180~2560	2560~2910	-		4.50	1410~1640	1500~1720	1470~1710	
0.55	2170~2550	2550~2900	-		5.00	1380~1610	1480~1700	1420~1660	
0.60	2160~2540	2540~2890	-		5.50	1330~1560	1440~1660	1400~1640	
0.63	2140~2520	2520~2870	-		6.00	1320~1550	1420~1660	1350~1590	

注：1. 中间尺寸钢丝的抗拉强度按相邻较大尺寸的规定执行；如需方要求，并在合同中注明，也可以按相邻较小尺寸的规定。

2. 钢丝适用于制造具有高应力，阀门弹簧等重要用途的不经热处理或仅经低温回火的弹簧。

## 5.4.6 碳素工具钢丝(见表 3.1-267)

表 3.1-267 碳素工具钢丝分类、尺寸规格及力学性能(摘自 GB/T5952—1986)

分类、直径及 允许偏差规定	分类及代号		冷拉、热处理钢丝	磨光钢丝		
	冷拉钢丝:L; 磨光钢丝:Zm 热处理钢丝:R		直径及允许偏差按 GB/T342中11级 (h11)的规定	直径及允许偏差按 GB/T3207中b11 级的规定		
分类及 尺寸 规格	钢丝长度	直径/mm	通常长度/m	短 尺		
		1~3	1~2	长度/m $\geq$	数 量	
		>3~6	2~3.5	0.8		
		>6~16	2~4	1.2		
	钢丝盘重	公称尺寸/mm	每盘重/kg $\geq$	备 注		
		<0.25	0.30	钢丝成盘交货时,每盘由同一根钢丝组成, 其重量应符合本表规定 允许供应重量不少于表内规定盘重的 50%的钢丝,其数量不得超过交货重量的 10% 钢丝采用 GB/T1298 碳素工具钢牌号制 成,牌号由需方指定,适用于制作工具及耐磨 机械零件		
>0.25~0.80		0.50				
>0.80~1.50		1.50				
>1.50~3.00		5.00				
>3.00~4.50		8.00				
>4.50	10.00					
牌号 及力学 性能	牌 号	试 样 淬 火		退火状态	热处理状态	冷拉状态
		淬火温度和冷却剂	硬度值 HRC	硬度值 HBS	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	
	T7(A)	800~820°C,水	$\geq 62$	$\leq 187$	490~685	$\leq 1080$
	T8(A)、T6Mn(A)	780~800°C		$\leq 192$		
	T9(A)	760~780°C,水		$\leq 197$	540~735	
	T10(A)			$\leq 207$		
	T11(A)、T12(A)			$\leq 217$		
T13(A)						

注:1. 直径小于5mm的钢丝,不做试样淬火硬度和退火硬度检验。  
2. 检验退火硬度时,不检验抗拉强度。

## 5.4.7 合金弹簧钢丝(见表 3.1-268、表 3.1-269)

表 3.1-268 合金弹簧钢丝的尺寸规格(摘自 GB/T5218—1999)

项 目	指 标	
尺寸规格	1. 钢丝的直径为 0.50~14.0mm 2. 冷拉或热处理钢丝直径及直径允许偏差应符合 GB/T342 的规定 3. 银亮钢丝直径及直径允许偏差应符合 GB/T3207 的规定 4. 钢丝直径允许偏差级别应在合同中注明,未注明时银亮钢丝按 10 级,其他钢丝按 11 级供货	
外 形	1. 钢丝的圆度不得大于钢丝直径公差之半 2. 钢丝盘应规整,打开钢丝盘时不得散乱或呈现“∞”字形 3. 按直条交货的钢丝,其长度一般为 2000~4000mm	
盘 重	钢丝直径/mm	最小盘重/kg
	0.50~1.00	1.0
	>1.00~3.00	5.0
	>3.00~6.00	10.0
	>6.00~9.00	15.0
	>9.00~14.0	30.0



表 3.1-269 合金弹簧钢丝的牌号和化学成分(摘自 GB/T5218—1999)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
	C	Si	Mn	Cr	V	P	S	Ni	Cu
50CrVA	0.46~0.54	0.17~0.37	0.50~0.80	0.80~1.10	0.10~0.20	0.030		0.35	0.25
55CrSiA	0.50~0.60	1.20~1.60	0.50~0.80	0.50~0.80	—	0.030		0.25	0.20
60Si2MnA	0.56~0.64	1.60~2.00	0.60~0.90	≤0.35	—	0.030		0.35	0.25

注:1. 钢丝适于制造承受中、高应力的各种机械合金弹簧。

2. 直径大于5mm的冷拉钢丝其抗拉强度不大于1030MPa,经供需双方同意,也可用硬度代替抗拉强度,其硬度值不大于302HBS。

3. 交货状态:冷拉——WCD;热处理——退火(TA)、正火(TN)、淬火+回火(TQT)。

4. 直径不大于5mm的冷拉钢丝应按GB/T5218—1999规定作缠绕试验。

#### 5.4.8 合金结构钢丝(见表3.1-270~表3.1-272)

表 3.1-270 合金结构钢丝分类及尺寸规格(摘自 GB/T3079-1993)

分类及代号	Ⅰ类:特殊用途钢丝,Ⅱ类:一般用途钢丝, 交货状态:冷拉——L,退火——T 类别及交货状态应在合同中注明,否则按Ⅰ类冷拉交货
公称尺寸规定	直径不大于10mm冷拉圆钢丝,2~8mm冷拉方钢丝和六角钢丝,尺寸规格符合GB/T342—1997的规定
公称尺寸允许偏差	直径、边长、对边距离的允许偏差按GB/T342 1997h11级的规定

注:1. 成盘供应钢丝,公称尺寸≤3mm盘重≥10kg;公称尺寸>3mm,盘重大于等于15kg;马氏体及半马氏体钢丝,盘重≥10kg。

2. 标记示例:用40Cr制造、尺寸允许偏差11级、直径5.00mm、退火状态的Ⅱ类钢丝,标记为:

冷拉圆钢丝  $\frac{h11-5.00-GB/T342-1997}{40Cr-T-II-GB/T3079-1993}$

表 3.1-271 合金结构钢丝牌号及力学性能(摘自 GB/T3079—1993)

牌 号	Ⅰ 类				Ⅱ 类	
	冷 拉 状 态		退 火 状 态		冷拉状态	退火状态
	公称尺寸/mm		公称尺寸/mm		抗拉强度	抗拉强度
	<5	≥5	<5	≥5	$\sigma_b$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	布氏硬度(HBS)	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	布氏硬度(HBS)	≤	≤	
15CrA 38CrA 40CrA 12CrNi3A 20CrNi3A 30CrMnSiA	≤1080	≤302	≤785	≤229		
30CrNi3A 30CrMnMoTiA	≤1080	≤302	≤835	≤241		
12Cr2Ni4A 18Cr2Ni4WA 25Cr2Ni4WA 30SiMn2MoVA 30CrMnSiNi2A 30CrNi2MoVA 35CrMnSiA 38CrMoAlA 40CrNiMoA 50CrVA	—	—	≤930	≤269	1080	930

注:1. 本表未列牌号的力学性能指标按供需双方协议规定。

2. 钢丝的牌号及化学成分应符合GB/T3077和GB/T3079的规定。

表 3.1-272 合金结构钢丝(I类热处理)力学性能(摘自 GB/T3079-1993)

牌 号	推 荐 热 处 理 制 度					力 学 性 能			
	淬 火			回 火		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	收缩率 $\psi$ (%)
	温度/°C		冷却剂	温度/°C	冷却剂				
	第一次淬火	第二次淬火							不小于
12CrNi3A	860	780~810	油	150~170	空	980	685	11	55
						885	635	12	55
12Cr2Ni4A	780~810	—	油	150~170	空	1030	785	12	55
15CrA	860	780~810	油	150~170	空	590	390	15	45
18Cr2Ni4WA	950	860~870	空 <sup>0</sup> 油	525~575	空	1030	785	12	50
	950	850~860	空	150~170	空	1130	835	11	45
20CrNi3A	820~840	—	油或水	400~500	油或水	980	835	10	55
30CrMnSiA	870~890	—	油	510~570	油	1080	835	10	45
30CrMnSiNi2A	890~900	—	油	200~300	空	1570	—	9	45
38CrMoAlA	930~950	—	油或 温水	600~670	油或水	930	785	15	50
						980	835	15	50
38CrA	860	—	油	500~590	油或水	885	785	12	50
						930	785	12	50
40CrNiMoA	850	—	油	550~650	水或空	1030	930	12	50
	840~860	—	油	550~650		980	835	12	55
50CrVA	860	—	油	460~520	油	1275	1080	10	45
				400~500		1275	1080	10	45
40Cr(A)	850±20	—	油	500±50	水或油	980	—	9	—
35CrMnSiA	在温度为 280~310°C 的硝酸盐混合液中自 880°C 开始等温淬火					1620	—	9	—
30CrNi3A	820±20	—	油	530±50	水或油	980	—	9	—
25Cr2Ni4WA	850±20	—	油	560±50	油	1080	—	11	—
30CrMnMoTiA	870±20	—	油	200±20	—	1520	—	9	—
30SiMn2MoVA	870±20	—	油	650±50	空或油	885	—	10(系 $\delta_{10}$ )	—
30CrNi2MoVA	860±20	—	油	680±50	水或油	885	—	10(系 $\delta_{10}$ )	—

注:1. 公称尺寸不小于 2.00mm 的 I 类钢丝试样淬火、回火后的力学性能符合本表规定。

2. 尺寸小于 2.00mm 钢丝的力学性能由供需双方协定。

3. 尺寸小于 5.00mm 的钢丝,只检验抗拉强度和伸长率。

#### 5.4.9 不锈钢丝(见表 3.1-273)

表 3.1-273 不锈钢丝规格(摘自 GB/T4240 1993)

分类、牌号 代号及化学 成分	<p>1. 按组织分为三类:</p> <p>奥氏体型:0Cr17Ni12Mo2, 1Cr18Ni9, 1Cr18Ni9Ti, 0Cr18Ni9, 0Cr19Ni9N, 00Cr17Ni14Mo2, Y1Cr18Ni9, Y1Cr18Ni9Se, 1Cr18Ni12, 0Cr18Ni11Ti, 0Cr18Ni11Nb, 00Cr19Ni11, 0Cr23Ni13, 0Cr25Ni20</p> <p>铁素体型:1Cr17, Y1Cr17</p> <p>马氏体型:1Cr13, Y1Cr13, 2Cr13, 3Cr13, 4Cr13, 1Cr17Ni2, 9Cr18</p> <p>2. 化学成分应符合 GB/T1220 规定</p> <p>3. 交货状态:软态(R)——钢丝进行光亮热处理或热处理后进行酸洗及类似处理 轻拉(Q)——钢丝进行热处理后的小变形程度拉拔 冷拉(L)——钢丝热处理后进行常规拉拔</p>
尺寸及外形 规定	<p>钢丝直径符合 GB/T342-1997, 直径范围:软态 0.05~14mm; 轻拉 0.50~14.0mm; 冷拉 0.50~6.0mm</p> <p>钢丝直径允许偏差按 GB/T342h11 级规定</p> <p>钢丝圆度不大于直径公差之半</p> <p>钢丝按盘交货;按要亦可供直条钢丝和银亮钢丝,其尺寸及外形分别按 GB/T342 和 GB/T3207 规定</p>

(续)

力学性能	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 (%) $\geq$	牌 号 及 状 态 代 号	
	软态钢丝	0.05~0.10	690~1030		15
	>0.10~0.30	640~980	20		
	>0.30~0.60	590~930	20		
	>0.60~1.00	540~880	25		
	>1.00~3.00	490~830	25		
	>3.00~6.00	490~830	30		
	>6.00~14.00	490~790	30		
	0.05~14.00	590~830	—	4Cr13-R, 9Cr18R, 1Cr17Ni2-R	
轻拉钢丝	>0.50~1.00	830~1180	—	0Cr17Ni12Mo2-Q, 1Cr18Ni9-Q, 1Cr18Ni12-Q, Y1Cr18Ni9Se-Q, 1Cr18Ni9Ti-Q, 0Cr18Ni11Ti-Q, 0Cr18Ni9-Q, 0Cr18Ni11Nb-Q, 0Cr19Ni9N-Q, 00Cr19Ni11-Q, 00Cr17Ni14Mo2-Q, 0Cr23Ni13-Q, Y1Cr18Ni9-Q, 0Cr25Ni20-Q	
	>1.00~3.00	780~1130	—		
	>3.00~6.00	730~1080	—		
	>6.00~14.00	730~1030	—		
	0.50~3.00	640~930	—		Y1Cr13-Q,
	>3.00~6.00	590~880	—		Y1Cr17-Q,
	>6.00~14.00	590~840	—		2r13-Q, 3r13-Q
冷拉钢丝	0.50~1.00	1180~1520	—	0Cr17Ni12Mo2-L, 1Cr18Ni9-L,	
	>1.00~3.00	1130~1470		1Cr18Ni9-L, 0Cr18Ni9-L,	
	>3.00~6.00	1080~1420		0Cr19Ni9N-L	

- 注: 1. 表中所列伸长率值不适用于 Y1Cr18Ni9 和 Y1Cr18Ni9Se。  
 2. 直条钢丝和银亮钢丝力学性能上下限允许有 10% 的波动。  
 3. 不锈钢丝主要适用于制作耐蚀的机械零件, 不适用于弹簧、冷顶锻及焊接用。

5.4.10 合金工具钢丝(见表 3.1-274)

表 3.1-274 合金工具钢丝规格(摘自 YB/T095-1997)

尺寸规格及允许偏差规定	钢丝直径范围为 1.5~8.0mm, 分为退火钢丝和磨光钢丝两种 退火钢丝直径应符合 GB/T342-1997 规定, 其直径允许偏差应按 11 级精度 磨光钢丝直径应符合 GB/T3207 规定, 直径允许偏差按 11 级精度 按需方要求, 可供应其他精度级别钢丝, 但应在合同中注明 退火钢丝和磨光钢丝外形要求分别按 GB/T342 和 GB/T3207 规定				
牌号及化学成分规定	钢丝牌号及化学成分符合 GB/T1299 规定, 适用于制造工具及机械零件				
力学性能	牌 号	退火状态	试样淬火		磨光状态 硬度 (HBS)
		退火硬度 (HBS) $\leq$	淬火温度 及冷却剂	硬度值 (HRC) $\geq$	
	9SiCr	255	820~860°C, 油	62	磨光状态交货钢丝 硬度值允许比退火硬 度值提高 10%
	CrWMn	255	800~830°C, 油	62	
	9CrWMn	255	800~830°C, 油	62	
	Cr12MoV	255	950~1000°C, 油	62	
3Cr2W8V	255	—	—		
4Cr5MoSiV	255	—	—		

- 注: 1. 直径 < 5.0mm 钢丝不做硬度检验, 按需方要求可作拉力或其他检验, 指标由双方协定。  
 2. 按需方要求, 合同中注明, 制造螺纹刀具用退火 9SiCr 钢丝, 硬度值为 197~241HBS。  
 3. 供方能保证试样淬火硬度, 可不作检验。

5.4.11 高速工具钢丝(见表 3.1 275~表 3.1 278)

表 3.1-275 高速工具钢丝的尺寸规格(摘自 GB/T3080·2001)

项 目	指 标
尺寸规格	1. 钢丝的直径范围为 1.00~16.0mm 2. 退火钢丝的直径及其允许偏差应符合 GB/T342 中的 9~11 级规定 3. 磨光钢丝的直径及其允许偏差应符合 GB/T3207 中的 9~11 级规定
外 形	1. 退火直条钢丝的每米直线度不得大于 2mm,磨光直条钢丝每米直线度不得大于 1mm,端部变形由公称尺寸算起,端头直径增加量不是超过直径公差 2. 钢丝的圆度不得大于钢丝公称直径公差之半

表 3.1-276 直条钢丝的长度(摘自 GB/T3080—2001)

钢丝公称直径/mm	通常长度/mm	短尺长度/mm ≥
1.00~3.00	1000~2000	800
>3.00~6.00	2000~4000	1200
>6.00	2000~6000	1200

注:1. 钢丝公称直径<3.00mm,最小盘重 15kg;钢丝公称直径≥3.00mm,最小盘重 30kg。  
2. 钢丝适于制作各类工具、偶件针阀等。

表 3.1-277 高速工具钢丝的牌号和化学成分(摘自 GB/T3080—2001)

数字统一牌代号	牌 号	化学成分(质量分数)(%)								
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W
T51841	W18Cr4V	0.70~0.80	0.20~0.40	0.10~0.40	0.030	0.030	3.80~4.40	≤0.30	1.00~1.40	17.50~19.00
T66541	W6Mo5Cr4V2	0.80~0.90	0.20~0.45	0.15~0.45			3.80~4.40	4.50~5.50	1.75~2.20	5.50~6.75
T69341	W9Mo3Cr4V	0.77~0.87	0.20~0.40	0.20~0.45			3.80~4.40	2.70~3.30	1.30~1.70	8.50~9.50
T64340	W4Mo3Cr4VSi	0.88~0.98	0.50~1.00	0.20~0.40	0.030	0.030	3.80~4.40	2.50~3.50	1.20~1.80	3.50~4.50

注:1. 所有牌号钢中残余元素 w(Ni)≤0.30%,w(Cu)≤0.25%。  
2. 经供需双方协议可供应 W6Mo5Cr4V2,w(V)1.60%~2.20%。  
3. 经供需双方协议可提供其他牌号或特殊化学成分范围的钢种。

表 3.1-278 钢丝试样淬火-回火硬度试验(摘自 GB/T3080—2001)

牌 号	试样热处理制度			硬度值 HRC ≥
	淬火温度/°C	冷却剂	回火温度/°C	
W18Cr4V	1270~1285	油	550~570	63
W6Mo5Cr4V2	1210~1230		550~570	
W9Mo3Cr4V	1220~1240		540~560	
W4Mo3Cr4VSi	1170~1190		540~560	

注:1. 钢丝的交货状态为退火(包括直条或盘圆)或退火磨光状态。  
2. 直径不小于 5mm 的钢丝应检验布氏硬度,硬度值为 207~255HBS。直径小于 5mm 的钢丝应检验维氏硬度,其硬度值为 206~256HV,若供方能保证合格,可不做检验。

6 粉末冶金材料

6.1.1 粉末冶金铁基结构材料(见表 3.1-279、表 3.1-280)

6.1 粉末冶金结构材料

表 3.1-279 粉末冶金铁基结构材料性能参考值(摘自 GB/T14667.1—1993)

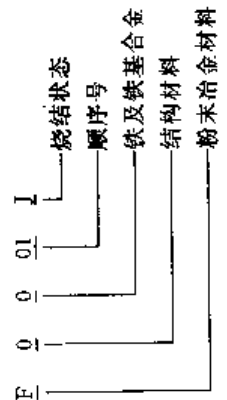
牌 号	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	规定比例极限 $\sigma_{0.01}$ /MPa	正弹性模量 $E/\times 10^3$ MPa	剩余变形为 0.1% 的压缩强度 $\sigma_{bc}$ /MPa
F0001J	70	50	78	80
F0002J	100	80	88	100
F0003J	135	100	98	120
F0101J	70	50	78	100
F0102J	100	80	83	120
F0103J	135	100	88	145
F0111J	100	80	83	120
F0112J	135	100	88	145
F0113J	180	135	98	190
F0121J	135	100	88	145
F0122J	180	135	93	190
F0123J	220	180	103	245
F0201J	190	135	93	190
F0202J	245	180	107	295
F0203J	345	245	122	390
F0211J	295	190	112	345
F0212J	390	295	127	440

注:本表为 GB/T14667.1—1993 粉末冶金铁基结构材料的附录(参考件)。

表 3.1-280 粉末冶金铁基结构材料分类、牌号、化学成分、性能及应用(摘自 GB/T14667.1-1993)

类别	牌号	密度 /g·cm <sup>-3</sup> ≥	化学成分(质量分数)(%)			力学性能						外观 硬度 (HRS)	主要特点与应用举例		
			Fe	C <sub>总</sub>	Cu	Mo	其他	$\sigma_b$ /MPa	$\delta$ (%)	$\alpha$ /J·cm <sup>-2</sup>	$\sigma_{0.2}$ /MPa			$\sigma_{0.1}$ /MPa	E /MPa
烧结 铁	F0001J	6.4	余	≤0.1	—	—	≤1.5	3.0	4.9	68.6	49	78400	78.4	40	塑性、韧性、焊接性与导电性较好,适于制造受力低、要求翻钢或焊接以及要求导电的零件,如垫片、尺框、接铁、磁筒、极靴等
	F0002J	6.8	量	≤0.1	—	—	≤1.5	5.0	9.8	98	78.4	88200	98	50	
	F0003J	7.2	量	≤0.1	—	—	≤1.5	7.0	19.6	137.2	98	98000	117.6	60	
烧结 碳 钢	F0101J	6.2	余	>0.1~0.4	—	—	≤1.5	1.5	4.9	68.6	49	78400	98	50	塑性、韧性、焊接性较好,可进行渗碳淬火处理,适于制造受力较小,要求翻钢或焊接零件以及要求渗碳淬火零件,如端盖、滑块、底座等
	F0102J	6.4	量	>0.1~0.4	—	—	≤1.5	2.0	9.8	98	78.4	83300	117.6	60	
	F0103J	6.8	量	>0.1~0.4	—	—	≤1.5	3.0	14.7	137.2	98	88200	147	70	
	F0111J	6.2	余	>0.4~0.7	—	—	≤1.5	1.0	4.9	98	78.4	83300	117.6	60	
	F0112J	6.4	量	>0.4~0.7	—	—	≤1.5	1.5	4.9	137.2	98	88200	147	70	
	F0113J	6.8	量	>0.4~0.7	—	—	≤1.5	2.0	9.8	176.4	137.2	98000	196	80	
烧结 铜 钢	F0121J	6.2	余	>0.7~1.0	—	—	≤1.5	0.5	2.94	137.2	98	88200	147	70	强度高,可进行热处理,适于制造轻负荷结构零件和要求热处理后的零件,如隔套、接头、调节螺母、传动小齿轮、油泵转子等
	F0122J	6.4	量	>0.7~1.0	—	—	≤1.5	0.5	4.9	176.4	137.2	93100	196	80	
	F0123J	6.8	量	>0.7~1.0	—	—	≤1.5	1.0	4.9	215.6	171.4	102900	245	90	
烧结 铜 钢	F0201J	6.2	余	0.5~0.8	2~4	—	≤1.5	0.5	2.94	196	137.2	93100	196	90	强度与硬度高,耐磨性好,抗大气氧化性较好,可进行热处理,适于制造受力较大或耐磨的零件,如链轮、内轮、推杆体、锁紧螺母、摆线转子等
	F0202J	6.4	量	0.5~0.8	2~4	—	≤1.5	0.5	4.9	245	171.4	107800	294	100	
	F0203J	6.8	量	0.5~0.8	2~4	—	≤1.5	0.5	4.9	343	245	122500	392	110	
烧结 铜 铝 钢	F0211J	6.4	余	0.4~0.7	2~4	0.5~1.0	≤1.5	0.5	4.9	294	196	112700	343	120	强度与硬度高,耐磨性好,渗透性好,热稳定性好,高温回火脆性低,适于制造受力高、要求耐磨或要求调质处理零件,如滚子、提火链块、螺旋螺母、活塞环、锁紧块、齿轮等
	F0212J	6.8	量	0.4~0.7	2~4	0.5~1.0	≤1.5	0.5	4.9	392	294	127400	441	130	

牌号示例说明:



6.1.2 热处理状态粉末冶金铁基结构材料(见表 3.1-281)

表 3.1-281 热处理状态粉末冶金铁基结构材料类别、化学成分及力学性能  
(摘自 JB/T3593-1999)

类别	密度 /g·cm <sup>-3</sup> ≥	化学成分 (质量分数) (%)					力学性能/J·cm <sup>-2</sup>		
		Fe	C <sub>化合</sub>	Cu	Mo	其他	σ <sub>b</sub> /MPa ≥	α <sub>k</sub> /J·cm <sup>-2</sup> ≥	(HRA) ≥
烧结低碳钢	6.5	余量	>0.1~0.4	—	—	≤2.0	(400)	3.0	50
	6.8	余量	>0.1~0.4	—	—	≤2.0	450	3.0	55
烧结中碳钢	6.5	余量	>0.4~0.7	—	—	≤2.0	450	3.0	45
	6.8	余量	>0.4~0.7	—	—	≤2.0	500	5.0	50
烧结高碳钢	6.5	余量	>0.7~1.0	—	—	≤2.0	500	3.0	30
	6.8	余量	>0.7~1.0	—	—	≤2.0	550	5.0	55
烧结铜钢	6.5	余量	>0.5~0.8	2~4	—	≤2.0	550	3.0	55
	6.8	余量	>0.5~0.8	2~4	—	≤2.0	650	5.0	60
烧结铜铝钢	6.5	余量	>0.5~0.8	2~4	0.5~1.0	≤2.0	550	3.0	55
	6.8	余量	>0.5~0.8	2~4	0.5~1.0	≤2.0	700	5.0	65

注:1. 化合碳量允许用金相法评定。

2. 化合碳量低于0.4%采用渗碳淬火。

3. 括弧内数字为参考值。

4. 本表材料适于 GB/T14667.1—1993 粉末冶金铁基结构材料规定的烧结碳钢、烧结铜钢、烧结铜铝钢热处理状态的选材。

6.1.3 烧结奥氏体不锈钢结构零件材料(见表 3.1-282)

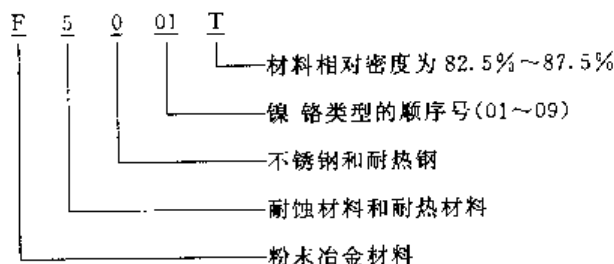
表 3.1-282 烧结奥氏体不锈钢结构零件材料的牌号、化学成分及力学性能(摘自 GB/T13827—1992)

牌 号	类 别	化学成分(质量分数) (%)								性 能		
		Fe	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	C <sub>化合</sub>	其他元素	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	抗拉强度/MPa	硬 度 (HBS)
F5001T	镍-铬	余量	8.0~11.0	17.0~19.0	—	≤2.0	≤1.5	≤0.08	≤3.0	6.4	230	68
F5001U										6.8	310	80
F5011T	镍-铬-钼	余量	10.0~14.0	16.0~18.0	1.8~2.5	≤2.0	≤1.5	≤0.08	≤3.0	6.4	230	68
F5011U										6.8	295	75

注:1. 产品采用镍-铬、镍-铬-钼两类不锈钢粉末通过成型和烧结而成。

2. 烧结结构零件不同部位的密度差应不大于0.38g/cm<sup>3</sup>。

3. 牌号标记说明:



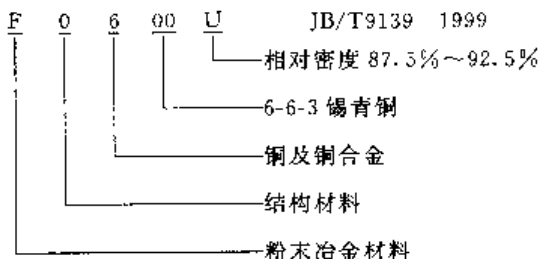
6.1.4 烧结锡青铜结构材料(见表 3.1-283)

表 3.1-283 烧结锡青铜结构材料牌号、化学成分及力学性能(JB/T9139 1999)

牌 号	密 度 /g·cm <sup>-3</sup>	化学成分(质量分数)(%)						力学性能			
		Cu	Sn	Zn	Pb	Fe	其他	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	表观硬度 (HBS)	冲击韧度 $a_k$ /J·cm <sup>-2</sup>
F0600S	68~72	余	5~7	5~7	2~4	<0.5	<1.5	98	4.0	30	16.0
F0600T	72~76	余	5~7	5~7	2~4	<0.5	<1.5	118	6.3	35	20.2
F0600U	76~80	余	5~7	5~7	2~4	<0.5	<1.5	167	8.7	45	32.0

注:1. 本产品为粉末冶金工艺制造的 6-6-3 锡青铜结构材料。

2. 牌号标记说明:



6.2 粉末冶金摩擦材料

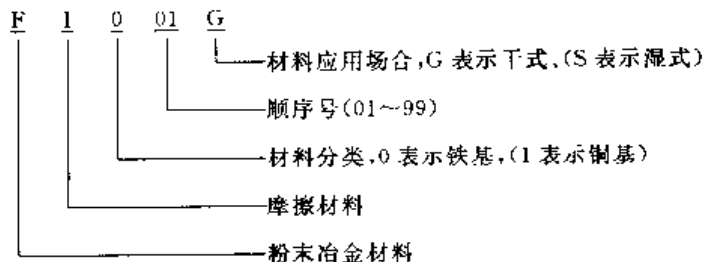
6.2.1 铁基干式摩擦材料(见表 3.1-284)

表 3.1-284 铁基干式摩擦材料组成、性能及主要适用范围(摘自 JB/T3063—1996)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)											平均动 摩擦系 数 $\mu_d$	静摩擦 系数 $\mu_s$	磨损率 /cm <sup>3</sup> ·J <sup>-1</sup>	密度 /g· cm <sup>-3</sup>	表观 硬度 (HBS)	横向断 裂强度 /MPa	主要适用范围		
	铁	铜	锡	铅	石墨	二氧 化硅	二氧 化钨	二硫 化钨	碳化 硅	铸石	其他									
F1001G	65 ~75	2~5	—	2 ~10	10 ~15	0.5 ~3	—	2~4	—	—	0~3	>0.25	>0.45	<5.0 ×10 <sup>-7</sup>	4.2 ~5.3	30 ~60	>50	载重汽车 和矿山重型 车辆的制动 带		
F1002G	73	10	—	8	6	—	3	—	—	—	—							5.0 ~5.6	40 ~70	拖拉机、工 程机械等干 式离合器片 和刹车片
F1003G	69	1.5	1	8	16	1	—	—	—	3.5	—							4.8 ~5.5	35 ~55	工程机 械 干式离合器 如挖掘机、吊 车等
F1004G	65 ~70	—	3~5	2~4	13 ~17	—	—	3~5	3~4	3~5	—							4.7 ~5.2	60 ~90	合金钢为 对偶的飞机 制动片
F1005G	65 ~70	1~5	2~4	2~4	—	4~6	—	—	—	—	>0.35							5.0 ~5.5	40 ~60	重型淬火 吊车、绳索起 重吊等

注:1. 本表产品适于制造离合器和制动器之用

2. 牌号标记示例:



6.2.2 铜基干式摩擦材料(见表 3.1-285)

表 3.1-285 铜基干式摩擦材料组成、性能及主要适用范围(摘自 JB/T3063--1996)

牌号	化学成分(质量分数)(%)									平均动摩擦系数 $\mu_d$	静摩擦系数 $\mu_s$	磨损率 / $\text{cm}^3 \cdot \text{J}^{-1}$	密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	表观硬度 (HBS)	横向断裂强度 /MPa	主要适用范围
	铅	铁	锡	锌	铜	石墨	二氧化硅	硫酸钡	其他							
F1106G	68	8	5			10	4	5	—	$>0.15$			5.5 ~6.5	25 ~50	$>40$	干式离合及制动器
F1107G	64	8	7	—	8	8	5	—	—			5.5 ~6.2	20 ~50	拖拉机、冲压及工程机械等干式离合器		
F1108G	72	5	10	—	3	2	8	—	—	$>0.20$	$>0.45$	$<3.0 \times 10^{-7}$	5.5 ~6.2	25 ~55	$>60$	DLM <sub>2</sub> 型、DLM <sub>4</sub> 型等系列机床、动力头的干式电磁离合器和制动器
F1109G	63 ~67	9~10	7~9	—	3~5	7~9	2~5	—	3				5.5 ~6.5	20 ~50		喷撒工艺,用于DLMK型系列机床、动力头的干式电磁离合器和制动器
F1110G	70 ~80		6~8	3.5 ~5	2~3	3~4	3~5	—	2	$>0.25$	$>0.40$		6.0 ~6.8	35 ~65		锻压机床、剪切机、工程机械干式离合器

6.2.3 铜基湿式摩擦材料(见表 3.1-286)

表 3.1-286 铜基湿式摩擦材料组成、性能及主要适用范围(摘自 JB/T3063—1996)

牌号	化学成分(质量分数)(%)								平均动摩擦系数 $\mu_d$	静摩擦系数 $\mu_s$	磨损率 / $\text{cm}^3 \cdot \text{J}^{-1}$	能量负荷许用值 / $\text{cm}$	密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	表观硬度 (HBS)	横向断裂强度 /MPa	主要适用范围
	铜	铁	锡	锌	铅	石墨	二氧化硅	其他								
F1111S	69	6	8		8	6	3		0.04 ~0.05	$<2.0 \times 10^{-8}$	8500		5.8 ~6.4	20 ~30	$>60$	船用齿轮箱系列离合器、拖拉机主离合器、载重汽车及工程机械等湿式离合器
F1112S	75	8	3		5	5	4						5.5 ~6.4	30 ~60		$>50$
F1113S	73	8	8.5		4	4	2.5		0.03 ~0.05	$<2.5 \times 10^{-8}$	8500		5.8 ~6.4	20 ~50	$>80$	飞溅离合器
F1114S	72 ~76	3~6	7 ~10		5~7	6~8	1~2						5.0 ~6.2	20 ~50		$>60$
F1115S	67 ~71	7~9	7~9		9 ~11	5~7			0.05 ~0.08	$<2.5 \times 10^{-8}$	8500		5.5 ~6.5	40 ~60	$>30$	重负荷液力机械变速箱离合器
F1116S	63 ~67	9 ~10	7~9		3~5	7~9	2~5	3					4.7 ~5.1	14 ~20		
F1117S	70 ~75	4~7	3~5		2~5	5~8	2~3				32000					
F1118S	68 ~74		2~4	4.5 ~7.5	2~4	13.5 ~16.5	2~4									



6.3 粉末冶金减摩材料(见表 3.1-287)

表 3.1-287 粉末冶金减摩材料牌号、化学成分及力学性能(摘自 GB/T2688-1981)

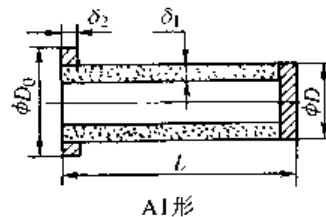
牌 号	类 别	主要合金	化 学 成 分 (质 量 分 数) (%)								物 理 - 力 学 性 能			含油密度 /g·cm <sup>-3</sup>
			Fe	C <sub>化合</sub>	C <sub>总</sub>	Cu	Sn	Zn	Pb	其他	含油率 (%)	径向压 溃强度 /MPa	表面硬度 (HBS)	
FZ1160	铁	铁	余	<0.25	0.5		—	—	—	<3	≥18	196	30~70	5.7~6.2
FZ1165											≥12	245	40~80	>6.2~6.6
FZ1260		铁-碳	余	0.25~	<1.0		—	—	—	<3	≥18	245	50~100	5.7~6.2
FZ1265											≥12	294	60~110	6.2~6.6
FZ1360	基	铁-碳-铜	余	0.25~	<1.0	2~5		—	—	<3	≥18	343	60~110	5.7~6.2
FZ1365											≥12	392	70~120	>6.2~6.6
FZ1460		铁-铜	余	—		18~22	—	—	—	<3	≥18	245	50~100	5.8~6.3
FZ1465											≥12	343	60~110	>6.3~6.7
FZ2170	铜	铜-锡	<0.5	—	0.5~	余	5~7	5~7	2~4	<1.5	≥18	147	20~50	6.6~7.2
FZ2175											≥12	196	30~60	>7.2~7.8
FZ2265		铜-锡	<0.5	—	0.5~	余	8~11		—	<1.0	≥18	147	35~55	6.2~6.8
FZ2270											≥12	196	35~65	>6.8~7.4
FZ2365	基	铜-锡-铅	<0.5	—	0.5~	余	6~10	<1	3~5	<1.0	≥18	147	20~50	6.3~6.9

- 注:1. 铁基各类轴承的化学成分中允许有<1%的硫。  
 2. 化合碳含量允许用金相法评定。  
 3. 铜基各类轴承化学成分中的总碳是指游离石墨。  
 4. 在同一个试件上三点硬度值的波动范围不许超过 15 个布氏单位。  
 5. 本表牌号用于粉末冶金滑动轴承,其他粉末冶金减摩材料参见有关篇章。

6.4 粉末冶金过滤材料

6.4.1 烧结不锈钢过滤元件(见表 3.1-288~表 3.1-292)

表 3.1-288 烧结不锈钢过滤元件(A1形)尺寸规格(摘自 GB/T6886-2001)

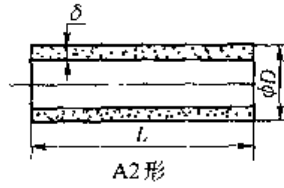


A1形

(mm)

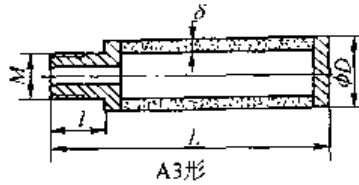
规 格	直径 D		长度 L		壁厚 δ <sub>1</sub>	法兰直径 D <sub>0</sub>		法兰厚度 δ <sub>2</sub>
	尺寸	允许偏差	尺寸	允许偏差		尺寸	允许偏差	
A1-20-200	20	±0.5	200	±2	1~3	30	±1.0	2~3
A1-30-200	30	±1.0	200	±2		40		2~3
A1-30-300	30	±1.0	300	±2		40		2~3
A1-40-200	40	±1.0	200	±2		52		2~3
A1-40-400	40	±1.0	400	±3		52		2~3
A1-50-300	50	±1.5	300	±2		62		3~5
A1-50-500	50	±1.5	500	±3		62		3~5
A1-60-300	60	±1.5	300	±2		72		3~5
A1-60-500	60	±1.5	500	±3		72		3~5

表 3.1-289 烧结不锈钢过滤元件(A2形)尺寸规格(摘自 GB/T6886-2001)



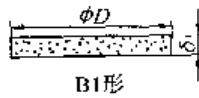
规格	直径 $D$		长度 $L$		壁厚 $\delta$
	尺寸	允许偏差	尺寸	允许偏差	
A2-20-200	20	$\pm 0.5$	200	$\pm 2$	1~3
A2-30-200	30	$\pm 1.0$	200	$\pm 2$	
A2-30-300	30	$\pm 1.0$	300	$\pm 2$	
A2-40-200	40	$\pm 1.0$	200	$\pm 2$	
A2-40-400	40	$\pm 1.0$	400	$\pm 3$	
A2-50-300	50	$\pm 1.5$	300	$\pm 2$	
A2-50-500	50	$\pm 1.5$	500	$\pm 3$	
A2-60-300	60	$\pm 1.5$	300	$\pm 2$	
A2-60-500	60	$\pm 1.5$	500	$\pm 3$	

表 3.1-290 烧结不锈钢过滤元件(A3形)尺寸规格(摘自 GB/T6886-2001)



规格	直径 $D$		长度 $L$		壁厚 $\delta$	管接头	
	尺寸	允许偏差	尺寸	允许偏差		$M$	$l$
A3-20-200	20	$\pm 1.0$	200	$\pm 2$	1~3	M16×1.5	32
A3-30-200	30	$\pm 1.0$	200	$\pm 2$		M16×1.5	
A3-30-300	30	$\pm 1.0$	300	$\pm 2$		M16×1.5	
A3-40-200	40	$\pm 1.0$	200	$\pm 2$		M20×1.5	
A3-40-400	40	$\pm 1.0$	400	$\pm 3$		M20×1.5	
A3-50-300	50	$\pm 1.5$	300	$\pm 2$		M20×1.5	
A3-50-500	50	$\pm 1.5$	500	$\pm 3$		M20×1.5	
A3-60-300	60	$\pm 1.5$	300	$\pm 2$		M20×1.5	
A3-60-500	60	$\pm 1.5$	500	$\pm 3$		M20×1.5	

表 3.1-291 烧结不锈钢过滤元件(B1形)尺寸规格(摘自 GB/T6886-2001)



规格	直径 $D$		厚度 $\delta$	
	尺寸	允许偏差	尺寸	允许偏差
B1-10	10	$\pm 0.2$	1~3	$\pm 0.1$
B1-30	30	$\pm 0.5$	1~3	$\pm 0.1$
B1-50	50	$\pm 1.0$	1~3	$\pm 0.2$
B1-80	80	$\pm 1.5$	2~3	$\pm 0.2$
B1-100	100	$\pm 2.0$	2~3	$\pm 0.3$
B1-200	200	$\pm 2.5$	3~5	$\pm 0.4$
B1-300	300	$\pm 2.5$	3~5	$\pm 0.4$
B1-400	400	$\pm 2.5$	3~5	$\pm 0.4$

表 3.1-292 烧结不锈钢过滤元件的性能(摘自 GB/T6886—2001)

型号	液体中阻挡的颗粒尺寸值/ $\mu\text{m}$		渗透性不小于		耐压破坏强度 不小于 /MPa	壁厚 /mm
	过滤效率 98%	过滤效率 99.9%	渗透系数 / $10^{-12}\text{m}^2$	相对透气系数/ $\text{m}^3$ $\cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{kPa})^{-1}$		
SG003	3	5	0.09	18	3.0	1.0~2.0
SG006	6	10	0.23	45	3.0	1.0~2.0
SG010	10	15	0.91	90	3.0	1.5~2.5
SG016	16	24	1.81	180	3.0	1.5~2.5
SG025	25	35	3.82	380	3.0	1.5~2.5
SG035	35	55	7.29	580	2.5	1.5~3.0
SG050	50	80	9.43	750	2.5	1.5~3.0
SG080	80	120	15.10	1200	2.5	1.5~3.0

注:1. 管状元件进行耐内压破坏强度试验。

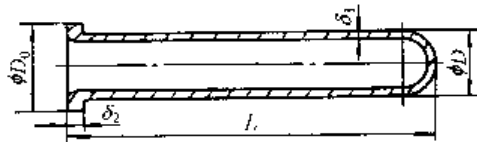
2. 各元件采用的不锈钢牌号为:1Cr18Ni9,1Cr18Ni9Ti,0Cr18Ni9,00Cr19Ni10,0Cr17Ni12Mo2,00Cr17Ni14Mo2 共6个牌号,其化学成分应符合 GB/T1220 相应牌号的规定。

3. 元件的型号是按液体过滤效率为 98% 时所阻挡的固体颗粒尺寸值进行的分类。元件用于液体净化与分离,当用于气体的净化与分离时,效果更佳。

4. 标记示例:阻挡颗粒尺寸值为  $10\mu\text{m}$ 、A1 形外径为 20mm、长度为 50mm 的烧结不锈钢过滤元件,标记为:SG010-A1-20-50 GB/T6886—2001。

6.4.2 烧结钛过滤元件及材料(见表 3.1-293~表 3.1-300)

表 3.1-293 烧结钛过滤元件(A1 型)尺寸规格(摘自 GB/T6887—1986)

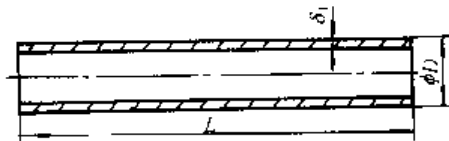


(mm)

型号	直径 D		长度 L		壁厚 $\delta_1$	法兰直径 $D_0$		法兰厚度 $\delta_2$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差		公称尺寸	允许偏差	
A1-50-300	50	+3	300	$\pm 5$	2~3	70	$\pm 2$	5~7
A1-60-350	60		80					
A1-90-800	90	$\pm 5$	800	$\pm 10$	3~5	110	$\pm 5$	7~12

注:烧结钛过滤元件用于气体和液体的净化与分离等,适用过滤介质为亚硝酸酐、醋酸、硫酸、盐酸、硝酸、王水、蚁酸、柠檬酸等。

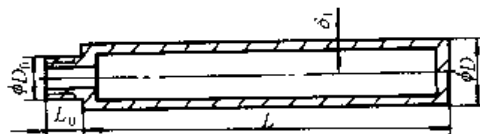
表 3.1-294 烧结钛过滤元件(A2 型)尺寸规格(摘自 GB/T6887—1986)



(mm)

型号	直径 D		长度 L		壁厚 $\delta_1$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
A2-20-100	20	$\pm 2$	100	$\pm 3$	1.5
A2-20-200			200		
A2-20-300			300		
A2-20-400			400		

表 3.1-295 烧结钛过滤元件(A3 型)尺寸规格(摘自 GB/T6887—1986)



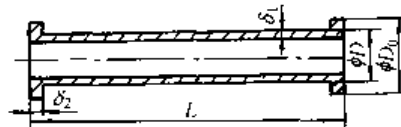
(mm)

(续)

型 号	直 径 $D$		长 度 $L$		壁 厚 $\delta_1$	管 接 头	
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差		螺纹尺寸 $D_0$	长度 $L_0$
A3-40-100	40	$\pm 2$	100	0	0.8~1.2 2~3	M20×1.5	27
A3-50-200			200	5			
A3-50-300			300	0			
A3-50-400			400	-10			
A3-50-500			500	0			
A3-60-300	60	$\pm 3$	300	0			
A3-60-400			400	-5			
A3-60-600			600	0			
A3-60-800			800	-10			

注:壁厚 0.8~1.2mm 是粉轧板卷焊管元件,壁厚 2~3mm 是等静压管元件。

表 3.1-296 烧结钛过滤元件(A4型)尺寸规格(摘自 GB/T6887-1986)



(mm)

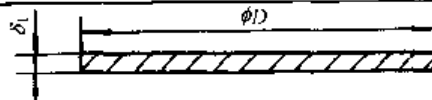
型 号	直 径 $D$		长 度 $L$		壁 厚 $\delta_1$	法 兰 直 径 $D_0$		法 兰 厚 度 $\delta_2$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差		公称尺寸	允许偏差	
A4-90-800	90	$\pm 5$	800	$\pm 10$	3~5	110	$\pm 5$	7~12
A4-120-800	120					140		

注:管状元件分为 A1、A2、A3、A4 共 4 种型号,其型号含义:

A4 - 90 - 800



表 3.1-297 烧结钛过滤元件(B1型)尺寸规格(摘自 GB/T6887-1986)



(mm)

型 号	直 径 $D$		厚 度 $\delta_1$		
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
B1-20-1	20	$\pm 0.5$	1	$\pm 0.1$	
B1-30-1	30		1.2	$\pm 0.12$	
B1-40-1.2	40	$\pm 1$	1.5	$\pm 0.15$	
B1-50-1.2	50		2	$\pm 0.2$	
B1-60-1.5	60		3	$\pm 0.3$	
B1-80-1.5	80	$\pm 2$	2	$\pm 0.2$	
B1-100-2	100		3	$\pm 0.3$	
B1-100-3	100		2	$\pm 0.2$	
B1-150-2			3	$\pm 0.3$	
B1-150-3	150	$\pm 3$	2	$\pm 0.2$	
B1-200-2	200		4	$\pm 0.4$	
B1-200-4	200		2	$\pm 0.2$	
B1-250-2		250	4	$\pm 0.4$	
B1-250-4	250	$\pm 5$	4	$\pm 0.4$	
B1-300-3			300	3	$\pm 0.3$
B1-300-4	300	$\pm 5$	4	$\pm 0.4$	
B1-350-4					350
B1-400-4					400
B1-450-5	450		5	$\pm 0.5$	

表 3.1-298 烧结钛板材和带材尺寸规格(摘自 GB/T6887--1996)

(mm)

板	宽 度		长 度		厚 度	
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差
200	200	0 -5	200~1000	±3	0.7,0.8,0.9,1.0	±0.1
					1.2,1.5,1.7,2.0	±0.15
300	300	0 -10	300~1000	±10	1.2,1.5,1.7,2.0	±0.15
					2.5,3.0	±0.25
450	450	0 -15	450~800	±15	2.0,2.5	±0.2
					3.0,4.0	±0.3

带 材	宽 度		厚 度	
	公 称 尺 寸	允 许 偏 差	公 称 尺 寸	允 许 偏 差
200	200	0 -5	0.8,0.9,1.0	±0.1
			1.2,1.5	±0.15

表 3.1-299 烧结钛过滤元件及材料室温性能(摘自 GB/T6887—1986)

牌 号	开孔孔隙度 ≥ (%)	气泡试验 最大孔径 /μm ≤	渗透性 ≥		抗拉强度 ≥  MPa
			相对透气系数/×10 <sup>-3</sup> L·cm <sup>-2</sup> ·min <sup>-1</sup> ·(10Pa) <sup>-1</sup>	渗透系数/m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
F2300G-160	25	160	7	3.2×10 <sup>-12</sup>	19
F2300G-100	30	100	5.5	2.2×10 <sup>-12</sup>	29
F2300G-60	30	60	4	1.4×10 <sup>-12</sup>	29
F2300G-30	30	30	2	0.5×10 <sup>-12</sup>	39
F2300G-15	30	15	0.1	0.04×10 <sup>-12</sup>	49

注:1. 渗透性是在 6000Pa 压力以下测定的。

2. 相对透气系数试验用试样厚度为 1~2mm。

3. 管状元件不进行拉力试验。

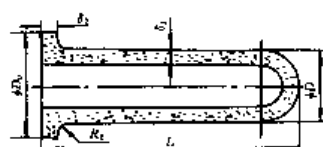
4. 元件及材料产品的化学成分,除氧(质量分数)允许不超过 1.0%以外,其余应按 GB/T2524 海绵钛中 MHTi-4 或 NHTi-4 的规定。

表 3.1-300 烧结钛管状元件水压试验性能(摘自 GB/T6887 -1986)

直 径	壁 厚	内压破坏压力 /MPa ≥
mm		
20	1.5	2
40	0.8~1.2	1
50	0.8~1.2	0.8
50	2~3	1
60	0.8~1.2	0.6
60	2~3	1
90	3~5	0.6
120	3~5	0.6

6.4.3 烧结镍过滤元件(见表 3.1-301~表 3.1-305)

表 3.1-301 烧结镍过滤元件(A1型)尺寸规格(摘自 GB/T6888--1986)



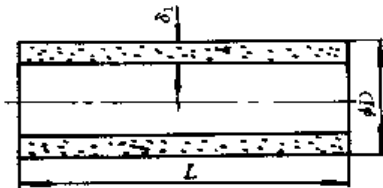
(mm)

(续)

型 号	直 径 $D$		长 度 $L$		壁 厚 $\delta_1$	法兰直径 $D_0$		法兰厚度 $\delta_2$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差		公称尺寸	允许偏差	
A1-6-10	6	$\pm 0.1$	10	$\pm 1$	1.0~1.5	10	$\pm 0.1$	1~2
A1-6-15			15					
A1-10-20	10	$\pm 0.5$	20	$\pm 1$	1~3	15	$\pm 0.5$	1~3
A1-10-30			30					
A1-10-40			40					
A1-10-50			50					
A1-20-30	20	$\pm 0.5$	30	$\pm 1$	1~3	28	$\pm 0.5$	1~3
A1-20-50			50					
A1-20-100			100					
A1-20-200			200					
A1-30-50	30	$\pm 1.0$	50	$\pm 1$	1~3	38	$\pm 1.0$	2~4
A1-30-100			100					
A1-30-200			200					
A1-30-300			300					
A1-50-150	50	$\pm 1.5$	150	$\pm 3$	2~3	62	$\pm 1.5$	3~5
A1-50-300			300					
A1-50-400			400					
A1-50-500			500					

注:适用的过滤介质为液态钠和钾、水银、氢氧化钠、氢氟酸、氟化物。

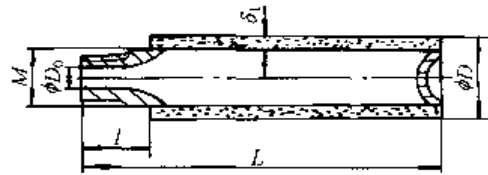
表 3.1-302 烧结镍过滤元件(A2型)尺寸规格(摘自 GB/T6888—1986)



(mm)

型 号	直 径 $D$		长 度 $L$		壁 厚 $\delta_1$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
A2-6-10	6	$\pm 0.1$	10	$\pm 1$	1.0~1.5
A2-6-15			15		
A2-10-20	10	$\pm 0.5$	20	$\pm 1$	1~3
A2-10-30			30		
A2-10-40			40		
A2-10-50			50		
A2-20-30	20	$\pm 0.5$	30	$\pm 1$	1~3
A2-20-50			50		
A2-20-100			100		
A2-20-200			200		
A2-30-50	30	$\pm 1.0$	50	$\pm 1$	1~3
A2-30-100			100		
A2-30-200			200		
A2-30-300			300		
A2-50-150	50	$\pm 1.5$	150	$\pm 3$	2~3
A2-50-300			300		

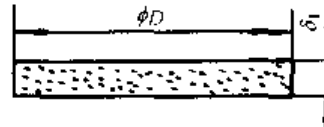
表 3.1-303 烧结镍过滤元件(A3型)尺寸规格(摘自 GB/T6888—1986)



(mm)

型号	直径 D		长度 L		壁厚 $\delta_1$	螺纹接头				
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差		M	$D_0$	t		
A3-30-30	30	$\pm 1$	30	$\pm 1$	0.8~2.0	M18×1.5	13	27		
A3-30-50			50							
A3-30-100			100							
A3-30-200			200							
A3-30-300			300							
A3-40-50	40	$\pm 1$	50	$\pm 1$		M20×1.5	20			
A3-40-100			100	$\pm 2$						
A3-40-200			200	$\pm 3$						
A3-40-300			300	$\pm 3$						
A3-40-400	40	$\pm 1$	400	$\pm 4$		M33×1.5	25		32	
A3-50-150			50	$\pm 1$				150		$\pm 3$
A3-50-300								300		$\pm 3$
A3-50-400	400	$\pm 1$								
A3-50-500	500	$\pm 1$								

表 3.1-304 烧结镍过滤元件(B1型)尺寸规格(摘自 GB/T6888—1986)



(mm)

型号	直径 D		厚度 $\delta_1$	
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差
B1-3-0.5	3	$\pm 0.1$	0.5	$\pm 0.1$
B1-3-1			1	
B1-3-2			2	
B1-5-1	5	$\pm 0.1$	1	
B1-5-2			2	
B1-5-3			3	
B1-10-1	10	$\pm 0.2$	1	
B1-10-2			2	
B1-10-3			3	
B1-20-1	20	$\pm 0.3$	1	
B1-20-2			2	
B1-20-3			3	
B1-30-1	30	$\pm 0.3$	1	
B1-30-2			2	
B1-30-3			3	
B1-50-2	50	$\pm 1.0$	2	$\pm 0.3$
B1-50-3			3	
B1-80-2	80	$\pm 1.5$	2	
B1-80-3			3	
B1-100-2	100	$\pm 2.0$	2	$\pm 0.4$
B1-100-3			3	
B1-150-2	150	$\pm 2.0$	2	
B1-150-3			3	
B1-200-3	200	$\pm 2.5$	3	

表 3.1-305 烧结镍过滤元件室温性能(摘自 GB/T6888--1986)

牌 号	气泡试验 最大孔径 /μm	透 透 性		管状元件内压 破坏压力 ≥ MPa	壁 厚 /mm
		相对透气系数 ≥/ $L \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (10\text{Pa})^{-1}$	渗透系数 /m <sup>2</sup>		
F2400G3	3	$1.5 \times 10^{-5}$	$6.88 \times 10^{-15}$	2	1.0~1.5
F2400G5	5	$5.0 \times 10^{-5}$	$2.29 \times 10^{-14}$		1.5~2.0
F2400G10	10	$1.0 \times 10^{-4}$	$6.11 \times 10^{-14}$		
F2400G15	15	$5.0 \times 10^{-4}$	$3.06 \times 10^{-13}$		
F2400G30	30	$1.3 \times 10^{-3}$	$9.93 \times 10^{-13}$	1.5	2.0~2.5
F2400G45	45	$3.0 \times 10^{-3}$	$2.29 \times 10^{-12}$		
F2400G60	60	$5.7 \times 10^{-3}$	$4.36 \times 10^{-12}$		
F2400G70	70	$8.0 \times 10^{-3}$	$7.34 \times 10^{-12}$		
F2400G90	90	$1.4 \times 10^{-2}$	$1.28 \times 10^{-11}$	1	2.5~3.0
F2400G100	100	$2.0 \times 10^{-2}$	$1.83 \times 10^{-11}$		

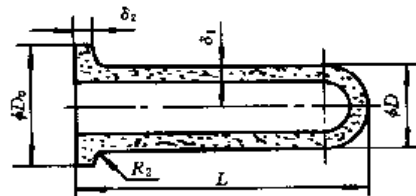
注:1. 由球形粉末制取的过滤元件,其气泡试验最大孔径  $d$  与过滤法检测的所谓绝对过滤精度  $d_1$  间的关系,推荐采用经验系数; $d/d_1 \approx 2.5$ 。

2. 渗透性的测试条件;介质为空气,其粘度为  $1.83 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ;压差为 6000Pa 以下。

3. F2400G 的化学成分应符合 GB/T5235—1985 加工镍及镍合金中 NY2 的规定。

6.4.4 烧结镍铜合金过滤元件(见表 3.1-306~表 3.1-309)

表 3.1-306 烧结镍铜合金过滤元件(A1型)尺寸规格(摘自 GB/T6889—1986)



型 号	直 径 $D$		长 度 $L$		壁 厚 $\delta_1$	法兰直径 $D_0$		法兰厚度 $\delta_2$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差		公称尺寸	允许偏差	
Al-6-10	6	±0.1	10	±1	1.0~1.5	10	±0.1	1~2
Al-6-15			15					
Al-10-20	10	±0.5	20					
Al-10-30			30					
Al-10-40			40					
Al-10-50			50					
Al-20-30	20	±0.5	30	±2	1~3	28	±0.5	1~3
Al-20-50			50					
Al-20-100			100					
Al-20-200			200					
Al-30-50	30	±1.0	50	±3	2~3	38	±1.0	2~4
Al-30-100			100					
Al-30-200			200					
Al-30-300			300					
Al-50-150	50	±1.5	150	±4	2~3	62	±1.5	3~5
Al-50-300			300					
Al-50-400			400					
Al-50-500			500					

表 3.1-307 烧结镍铜合金过滤元件(A2型)尺寸规格(摘自 GB/T6889—1986)



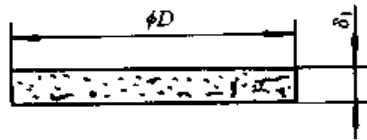
(mm)



(续)

型 号	直 径 $D$		长 度 $L$		壁 厚 $\delta_1$
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	
A2-6-10	6	$\pm 0.1$	10	$\pm 1$	1.0~1.5
A2-6-15			15		
A2-10-20			20		
A2-10-30	10	$\pm 0.5$	30		
A2-10-40			40		
A2-10-50			50		
A2-20-30			20		$\pm 0.5$
A2-20-50	50				
A2-20-100	100	$\pm 2$			
A2-20-200	200	$\pm 3$			
A2-30-50	30	$\pm 1.0$	50	$\pm 1$	1~3
A2-30-100			100	$\pm 2$	
A2-30-200			200	$\pm 3$	
A2-30-300			300		
A2 50 150	50	$\pm 1.5$	150	$\pm 3$	2~3
A2-50-300			300		

表 3.1-308 烧结镍铜合金过滤元件(B1型)尺寸规格(摘自 GB/T6889—1986)



(mm)

型 号	直 径 $D$		厚 度 $\delta_1$				
	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差			
B1-3-0.5	3	$\pm 0.1$	0.5	$\pm 0.1$			
B1-3-1			1				
B1-3-2			2				
B1-5-1	5	$\pm 0.1$	1				
B1-5-2			2				
B1-5-3			3				
B1-10-1	10	$\pm 0.2$	1		$\pm 0.1$		
B1-10-2			2				
B1-10-3			3				
B1-20-1	20	$\pm 0.5$	1			$\pm 0.2$	
B1-20-2			2				
B1-20-3			3				
B1-30-1	30	$\pm 0.5$	1	$\pm 0.2$			
B1-30-2			2				
B1-30-3			3				
B1-50-2	50	$\pm 1.0$	2				$\pm 0.3$
B1-50-3			3				
B1-80-2	80	$\pm 1.5$	2		$\pm 0.3$		
B1-80-3			3				
B1-100-2	100	$\pm 2.0$	2			$\pm 0.4$	
B1-100-3			3				
B1-150-2	150	$\pm 2.0$	2				
B1-150-3			3				
B1-200-3	200	$\pm 2.5$	3				

表 3.1-309 烧结镍铜合金过滤元件室温性能(摘自 GB/T6889—1986)

牌 号	气泡试验 最大孔径 /μm	渗 透 性		管状元件内压 破坏压力 ≥ MPa	壁 厚 /mm
		相对透气系数 ≥/ $L \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot (10^5 \text{Pa})^{-1}$	渗透系数 ≥ /m <sup>2</sup>		
		F2401G3	3	$1.5 \times 10^{-5}$	
F2401G5	5	$5.0 \times 10^{-5}$	$2.29 \times 10^{-14}$		
F2401G10	10	$1.0 \times 10^{-4}$	$6.11 \times 10^{-14}$	1.5~2.0	
F2401G15	15	$5.0 \times 10^{-4}$	$3.06 \times 10^{-13}$		
F2401G30	30	$1.6 \times 10^{-3}$	$1.22 \times 10^{-12}$	2	2.0~2.5
F2401G45	45	$3.0 \times 10^{-3}$	$2.29 \times 10^{-12}$		
F2401G60	60	$6.0 \times 10^{-3}$	$4.58 \times 10^{-12}$		1.5
F2401G70	70	$8.0 \times 10^{-3}$	$7.31 \times 10^{-12}$		
F2401G90	90	$1.4 \times 10^{-2}$	$1.28 \times 10^{-11}$		
F2401G100	100	$2.0 \times 10^{-2}$	$1.83 \times 10^{-11}$		

注:1. 由球形粉末制取的过滤元件,其气泡试验最大孔径  $d$  与过滤法检测的所谓绝对过滤精度  $d_1$  间关系,推荐采用经验系数: $d/d_1 \approx 2.5$ 。  
2. 渗透性的测试条件:介质为空气,其粘度为  $1.83 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ;压差为 6000Pa 以下。  
3. F2401G 化学成分应符合 GB/T2535—1985 加工镍及镍合金中 NCu28-2.5-1.5 的规定。  
4. 适用的过滤介质为碱性溶液、氢氧化钠、氟化氢、氟化物盐、中性盐类、海水、干燥空气。

6.4.5 烧结锡青铜过滤元件(见表 3.1-310、表 3.1-311)

表 3.1-310 烧结锡青铜过滤元件的牌号及性能(摘自 JB/T8395—1996)

性能 指标 材料牌号	项目	允许范围				推荐值		
		密 度	过滤精度	气泡试验 最大孔径	渗透性	抗剪强度	渗透性	抗剪强度
		/g·cm <sup>-3</sup>	/μm	/μm	/μm <sup>2</sup>	/MPa	/μm <sup>2</sup>	/MPa
FQG200		5.0~6.5	≤200	≤371	≥210	≥20	≥250	≥30
FQG150		5.0~6.5	≤150	≤428	≥160	≥30	≥200	≥40
FQG100		5.0~6.5	≤100	≤285	≥110	≥40	≥140	≥60
FQG080		5.0~6.5	≤80	≤228	≥70	≥55	≥90	≥80
FQG060		5.0~6.5	≤60	≤171	≥45	≥65	≥60	≥90
FQG045		5.0~6.5	≤45	≤128	≥25	≥75	≥40	≥90
FQG020		5.0~6.5	≤20	≤57	≥6	≥85	≥10	≥110
FQG008		5.0~6.5	≤008	≤22	≥1.2	≥95	≥2	≥130

注:1. 产品为锡青铜球形粉末松装烧结制造的过滤元件及消音元件。  
2. 元件的几何尺寸精度按图样要求。  
3. 表中推荐值为 DIN30910(2)典型值,不作为法定保证值,可推荐为我国优等品指标。  
4. 牌号标记说明:

FQG 150 JB/T8395—1996  
—过滤精度为 150μm  
—烧结锡青铜过滤元件

表 3.1-311 锡青铜球粉末的化学成分(摘自 JB/T8395—1996)

质量分数 (%) 成分代号	成 分	铜	锡	锌	其 他
		余量	9~11	—	<2.0
A	Cu/Sn 90/10	余量	9~11	—	<2.0
B <sup>①</sup>	Cu/Sn/Zn 89/8/3	余量	7~9	2~4	<2.0

① 成分代号 B 为我国常用材料配方。

## 第 2 章 有色金属材料

### 1 有色金属及合金产品牌号表示方法

#### 1.1 有色金属冶炼产品牌号表示方法(见表 3.2-1)

表 3.2-1 有色金属冶炼产品牌号表示方法及示例(摘自 GB/T340—1976)

分 类	牌 号 表 示 方 法	举 例	
		名 称	牌 号
工业纯度金属	工业纯度金属用化学元素符号结合顺序号表示,元素符号和顺序号中间划一短横线“—”,其纯度随顺序号增加而降低	一号铜 二号铜	Cu-1 <sup>①</sup> Cu-2 <sup>①</sup>
高纯度金属	高纯度金属用元素符号结合表示主要成分的数字表示,短横之后加一个“0”表示高纯,“0”后的第一个数字表示主成份“9”的个数	主成分为 99.999% 的高纯铜(质量分数)	In-05
		主成分为 99.99% 的高纯银(质量分数)	Ag-04
海绵状金属	海绵状金属冶炼产品的表示方法和工业用纯度金属相同,但在元素符号前冠以“H”(“海”字汉语拼音的第一个字母)	一号海绵钛	HTi-1

① 按 GB/T 467—1997 规定,原来用的牌号 Cu-1 和 Cu-2 应分别用代号 Cu-CATH-1 和 Cu-CATH-2 替代。

#### 1.2 有色金属及其合金加工产品牌号表示方法(见表 3.2-2、表 3.2-3)

表 3.2-2 有色金属纯金属加工产品牌号表示方法及示例(摘自 GB/T340—1976)

分 类	牌 号 表 示 方 法	举 例	
		名 称	牌 号
铜、镍、铝的纯金属加工产品	铜、镍、铝的纯金属加工产品分别用汉语拼音字母(T、N、L)加顺序号表示	一号纯铜 二号纯铝 四号纯镍	T1 L2 <sup>①</sup> N4
其余纯金属加工产品	其余纯金属的加工产品均以元素符号加顺序号表示	一号纯银 二号纯铅	Ag1 Pb3

① 按 GB/T 3190—1996 规定,原来用的纯铝牌号 L2 用新牌号 1060 替代。

表 3.2-3 有色金属合金加工产品牌号表示方法及示例(摘自 GB/T340—1976  
摘自 GB/T16474—1996)

分 类	牌 号 表 示 方 法	举 例	
		名 称	牌 号
黄 铜	普通黄铜用“H”加基元素铜的含量表示,三元以上黄铜用“H”加第二个主添加元素符号及除锌以外的成份数字组表示	68 黄铜 90-1 锡黄铜	H68 HSn90-1
青 铜	青铜用汉语拼音字母“Q”加第一个主添加元素符号及除基元素铜外的成份数字组表示	6.5-0.1 锡青铜 5 锰青铜	QSn6.5-0.1 QMn5
白 铜	白铜用“B”加镍含量表示,三元以上的白铜用“B”加第二个主添加元素符号及除基元素铜外的成份数字组表示	30 白铜 3-12 锰白铜	B30 BMn3-12
镍合金	镍合金用“N”加第一个主添加元素符号及除基元素镍元素外的成份数字组表示	9 镍铬金合	NCr9
镁合金	镁合金用“M”加表示变形加工的汉语拼音字母“B”及顺序号表示	二号变形镁合金	MB2

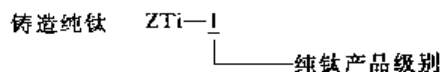
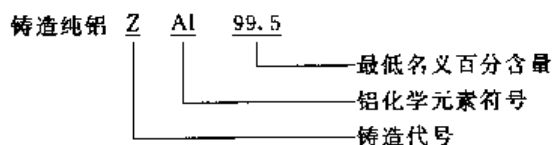
(续)

分 类	牌 号 表 示 方 法	举 例	
		名 称	牌 号
钛及钛合金	钛及钛合金用“T”加表示金属或合金组织类型的字母及顺序号表示字母 A、B、C 分别表示 α 型、β 型、α-β 型钛合金	一号 α 型钛 四号 α+β 型钛合金	TA1 TC4
其他合金	除上述合金外的其他合金,用基元素的化学元素符号加第一个主添加元素符号及除基元素外的成份数字表示	1.5 锌铜合金 13.5-2.5 锡铅合金 20 金镍合金 4 铜铍中间合金	ZnCu1.5 SnPb13.5-2.5 AuNi20 CuBe4
变 形 铝 及 铝 合 金	根据 GB/T16474—1996 的规定,变形铝及铝合金牌号用四位字符体系表示,牌号的第一、三、四位为阿拉伯数字,第二位为英文大写字母(C、I、L、N、O、P、Q、Z 等 8 个字母除外)。第一位数字表示铝及铝合金的组别,用 1~9 表示如右所示;牌号的第二位字母表示纯铝或铝合金的改型情况,如第二位字母为 A 表示为原始纯铝或原始合金,如果是 B~Y 的其他字母(按字母表顺序),则表示为原始纯铝或原始合金的改型。纯铝牌号的最后两位数字表示最低铝质量分数,当最低铝质量分数精确到 0.01% 时,最后两位数字就是小数点后的两位数字。铝合金牌号的最后两位数字仅用于区别同一组中不同的铝合金	纯铝(Al 含量(质量分数)不小于 99.00%)	1×××
		以铜为主要合金元素的铝合金	2×××
		以锰为主要合金元素的铝合金	3×××
		以硅为主要合金元素的铝合金	4×××
		以镁为主要合金元素的铝合金	5×××
		以镁、硅为主要合金元素,并以 Mg <sub>2</sub> Si 相为强化相的铝合金	6×××
		以锌为主要合金元素的铝合金	7×××
		以其他合金元素为主要合金元素的铝合金	8×××
备用合金组	9×××		

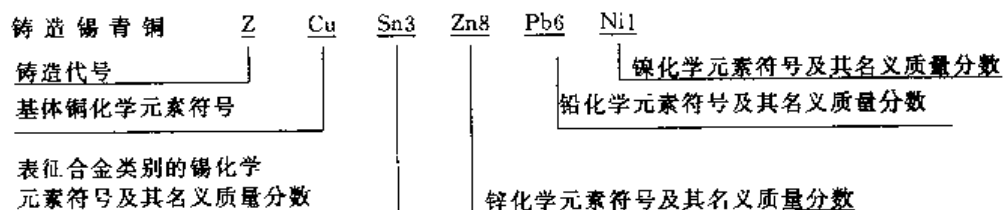
### 1.3 有色金属及合金铸造产品牌号表示方法

GB/T8063—1994《铸造有色金属及其合金牌号表示方法》中规定:

1) 铸造有色纯金属牌号由“Z”和相应纯金属的化学元素符号及表明产品纯度质量分数的数字或用一短横线加顺序号组成。牌号示例:



2) 铸造有色合金牌号由“Z”和基体金属化学元素符号、主要合金化学元素符号(其中混合稀土元素符号统一用 RE 表示)以及表明合金化学元素名义质量分数的数字组成,优质合金在牌号后面注大写字母“A”。牌号示例:



## 2 铜及铜合金

### 2.1 加工铜及铜合金

2.1.1 加工铜及铜合金的牌号、化学成分和产品形状

2.1.1.1 加工铜(见表3.2-4)

表 3.2-4 加工铜的牌号、化学成分和产品形状(摘自 GB/T5231—2001)

组别	牌号		化学成分 <sup>a</sup> (质量分数)(%)														产品形状
	名称	代号	Cu+Ag	P	Ag	Bi <sup>±</sup>	Sb <sup>±</sup>	As <sup>±</sup>	Fe	Ni	Pb	Sn	S	Zn	O		
纯铜	一号铜	T1	99.95	0.001	—	0.001	0.002	0.002	0.005	0.002	0.003	0.002	0.005	0.005	0.02	板、带、箔、管	
	二号铜	T2 <sup>Ⓢ</sup>	99.90	—	—	0.001	0.002	0.002	0.005	—	0.005	—	0.005	—	—	板、带、箔、管、棒、线、型	
	三号铜	T3	99.70	—	—	0.002	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—	板、带、箔、管、棒、线	
无氧铜	零号	TU0 <sup>Ⓢ</sup>	Cu 99.99	0.0003	0.0025	0.0001	0.0004	0.0005	0.0010	0.0010	0.0005	0.0002	0.0015	0.0001	0.0005	板、带、箔、管、棒、线	
	一号	TU1	99.97	0.002	—	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	板、带、箔、管、棒、线	
	二号	TU2	99.95	0.002	—	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.004	0.002	0.004	0.003	0.003	板、带、管、棒、线	
磷脱氧铜	一号	TP1	99.90	0.004~0.012	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	板、带、管	
	二号	TP2	99.9	0.015~0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	板、带、管	
银铜	0.1银铜	TA0.1	Cu99.5	—	0.06~0.12	0.002	0.005	0.01	0.05	0.2	0.01	0.05	0.01	0.1	板、管、线		

注:GB/T5231-2001代替GB/T5231-1985,GB/T5232-1985,GB/T5233-1985,GB/T5234-1985。

① 经双方协商,可限制表中未规定的元素或要求加严限制表中规定的元素。

② 砷、铋、锡可不分析,但供方必须保证不大于界限值。

③ 经双方协商,可供应P小于或等于0.001%的导电用T2铜。

④ TU0[C10100]铜量为差减法所得。

2.1.1.2 加工黄铜(见表3.2-5)

表 3.2-5 加工黄铜的牌号、化学成分和产品形状(摘自 GB/T5231—2001)

组别	牌号		化学成分 <sup>a</sup> (质量分数)(%)										产品形状
	名称	代号	Cu	Fe <sup>±</sup>	Pb	Al	Mn	Sn	Ni <sup>±</sup>	Zn	杂质总和		
普通黄铜	96黄铜	H96	95.0~97.0	0.10	0.03	—	—	—	—	0.5	余量	0.2	板、带、管、棒、线
	90黄铜	H90	88.0~91.0	0.10	0.03	—	—	—	—	0.5	余量	0.2	板、带、棒、线、管、箔
	85黄铜	H85	84.0~86.0	0.10	0.03	—	—	—	—	0.5	余量	0.3	管
	80黄铜	H80 <sup>Ⓢ</sup>	79.0~81.0	0.10	0.03	—	—	—	—	0.5	余量	0.3	板、带、管、棒、线
	70黄铜	H70 <sup>Ⓢ</sup>	68.5~71.5	0.10	0.03	—	—	—	—	0.5	余量	0.3	板、带、管、棒、线

(续)

组别	牌号		化学成分(质量分数)(%)											产品形状
	名称	代号	Cu	Fe <sup>①</sup>	Pb	Al	Mn	Sn	Ni <sup>②</sup>	Zn	杂质总和			
普通黄铜	68 黄铜	H68	67.0~70.0	0.10	0.03	-	-	-	0.5	余量	0.3	板、带、箔、管、棒、线		
	65 黄铜	H65	63.5~68.0	0.10	0.03	-	-	0.5	余量	0.3	板、带、线、管、箔			
	63 黄铜	H63	62.0~65.0	0.15	0.08	-	-	0.5	余量	0.5	板、带、管、棒、线			
	62 黄铜	H62	60.5~63.5	0.15	0.08	-	-	0.5	余量	0.5	板、带、管、棒、线、型、箔			
	59 黄铜	H59	57.0~60.0	0.3	0.5	-	-	0.5	余量	1.0	板、带、线、管			
	65-5 镍黄铜	HNi65-5	64.0~67.0	0.15	0.03	-	-	-	5.0~6.5	余量	0.3	板、棒		
56-3 镍黄铜	HNi56-3	54.0~58.0	0.15~0.5	0.2	0.3~0.5	-	-	2.0~3.0	余量	0.6	棒			
59-1-1 铁黄铜	HFe59-1-1	57.0~60.0	0.6~1.2	0.20	0.1~0.5	0.5~0.8	0.3~0.7	0.5	余量	0.3	板、棒、管			
58-1-1 铁黄铜	HFe58-1-1	56.0~58.0	0.7~1.3	0.7~1.3	-	-	-	0.5	余量	0.5	棒			
组别	名称	代号	化学成分(质量分数)(%)											产品形状
铅黄铜	89-2 铅黄铜	HPb89-2 [C31400]	87.5~90.5 <sup>③</sup>	0.10	1.3~2.5	-	-	0.7	-	余量	-	棒		
	66-0.5 铅黄铜	HPb66-0.5 [C33000]	65.0~68.0 <sup>③</sup>	0.07	0.25~0.7	-	-	-	-	余量	-	管		
	63-3 铅黄铜	HPb63-3	62.0~65.0	0.10	2.4~3.0	-	-	0.5	-	余量	0.75	板、带、棒、线		
	63-0.1 铅黄铜	HPb63-0.1	61.5~63.5	0.15	0.05~0.3	-	-	0.5	-	余量	0.5	管、棒		
	62-0.8 铅黄铜	HPb62-0.8	60.0~63.0	0.2	0.5~1.2	-	-	0.5	-	余量	0.75	线		
	62-3 铅黄铜	HPb62-3 [C36000]	60.0~63.0 <sup>③</sup>	0.35	2.5~3.7	-	-	-	-	余量	-	棒		
	62-2 铅黄铜	HPb62-2 [C35300]	60.0~63.0 <sup>③</sup>	0.15	1.5~2.5	-	-	-	-	余量	-	板、带、棒		
	61-1 铅黄铜	HPb61-1 [C37100]	58.0~62.0 <sup>③</sup>	0.15	0.6~1.2	-	-	-	-	余量	-	板、带、棒、线		
	60-2 铅黄铜	HPb60-2 [C37700]	58.0~61.0 <sup>③</sup>	0.30	1.5~2.5	-	-	-	-	余量	-	板、带		
	59-3 铅黄铜	HPb59-3	57.5~59.5	0.50	2.0~3.0	-	-	0.5	-	余量	1.2	板、带、管、棒、线		
	59-1 铅黄铜	HPb59-1	57.0~60.0	0.5	0.8~1.9	-	-	1.0	-	余量	1.0	板、带、管、棒、线		

(续)

组别	牌号		化学成分(质量分数)(%)											杂质总和	产品形状
	名称	代号	Cu	Fe <sup>①</sup>	Pb	Al	Mn	Ni <sup>②</sup>	Sb	Co	As	Zn			
铝黄铜	77-2 铝黄铜	HA177-2 [C68700]	76.0~79.0 <sup>③</sup>	0.06	0.07	1.8~2.5	—	—	—	—	0.02~0.06	余量	—	管	
	67-2-5 铝黄铜	HA167-2.5	66.0~68.0	0.6	0.5	2.0~3.0	—	0.5	—	—	—	余量	1.5	板、棒	
	66-6-3-2 铝黄铜	HA166-6-3-2	64.0~68.0	2.0~4.0	0.5	6.0~7.0	1.5~2.5	0.5	—	—	—	余量	1.5	板、棒	
	61-4-3-1 铝黄铜	HA161-4-3-1	59.0~62.0	0.3~1.3	—	3.5~4.5	—	2.5~4.0	0.5~1.5	0.5~1.0	—	余量	0.7	管	
	60-1-1 铝黄铜	HA160-1-1	58.0~61.0	0.70~1.50	0.40	0.70~1.50	0.1~0.6	0.5	—	—	—	余量	0.7	板、棒	
	59-3-2 铝黄铜	HA159-3-2	57.0~60.0	0.50	0.10	2.5~3.5	—	2.0~3.0	—	—	—	余量	0.9	板、管、棒	
组别	名称	代号	Cu	Fe <sup>①</sup>	Pb	Al	Mn	Sn	As	Si	Ni <sup>③</sup>	Zn	杂质总和	产品形状	
锡黄铜	62-3-3-0.7 锡黄铜	HMn62-3-3-0.7	60.0~63.0	0.1	0.05	2.4~3.4	2.7~3.7	0.1	—	0.5~1.5	0.5	余量	1.2	管	
	58-2 锡黄铜	HMn58-2 <sup>④</sup>	57.0~60.0	1.0	0.1	—	1.0~2.0	—	—	—	0.5	余量	1.2	板、带、棒、线、管	
	57-3-1 锡黄铜	HMn57-3-1 <sup>⑤</sup>	55.0~58.5	1.0	0.2	0.5~1.5	2.5~3.5	—	—	—	0.5	余量	1.3	板、棒	
	55-3-1 锡黄铜	HMn55-3-1 <sup>⑥</sup>	53.0~58.0	0.5~1.5	0.5	—	3.0~4.0	—	—	—	0.5	余量	1.5	板、棒	
	90-1 锡黄铜	HSn90-1	88.0~91.0	0.10	0.03	—	—	0.25~0.75	—	—	—	余量	0.2	板、带	
	70-1 锡黄铜	HSn70-1	69.0~71.0	0.10	0.05	—	—	0.8~1.3	0.03~0.06	—	—	余量	0.3	管	
加砷黄铜	62-1 锡黄铜	HSn62-1	61.0~63.0	0.10	0.10	—	—	0.7~1.1	—	—	0.5	余量	0.3	板、带、棒、线、管	
	60-1 锡黄铜	HSn60-1	59.0~61.0	0.10	0.30	—	—	1.0~1.5	—	—	0.5	余量	1.0	线、管	
	85A 加砷黄铜	H85A	84.0~86.0	0.10	0.03	—	—	—	0.02~0.08	—	0.5	余量	0.3	管	
	70A 加砷黄铜	H70A [C26130]	68.5~71.5 <sup>⑦</sup>	0.05	0.05	—	—	—	0.02~0.08	—	—	余量	—	管	
硅黄铜	68A 加砷黄铜	H68A	67.0~70.0	0.10	0.03	—	—	—	0.03~0.06	—	0.5	余量	0.3	管	
	80-3 硅黄铜	HSi80-3	79.0~81.0	0.6	0.1	—	—	—	—	2.5~4.0	0.5	余量	1.5	棒	

① 抗磁用黄铜的铁的质量分数不大于0.030%。  
 ② 特殊用途的H70、H80的杂质最大值为：Fe0.07%、Sb0.002%、Pb0.005%、As0.005%、S0.002%、杂质总和为0.20%。  
 ③ 供异型铸造和热锻用的HMn57-3-1和HMn58-2的磷的质量分数不大于0.03%。供特殊使用的HMn55-3-1的铝的质量分数不大于0.1%。  
 ④ 无对应外国牌号的黄铜(镍为主要成分者除外)的镍含量计入铜中。  
 ⑤ Cu+所列元素总和≥99.6%。  
 ⑥ Cu+所列元素总和≥99.5%。  
 ⑦ Cu+所列元素总和≥99.7%。

2.1.1.3 加工青铜(见表 3.2-6)

表 3.2-6 加工青铜的牌号、化学成分和产品形状(摘自 GB/T 5231—2001)

组别	牌号		化学成分(质量分数)(%)														杂质总和		产品形状		
	名称	代号	Sn	Al	Be	Si	Mn	Zn	Ni	Fe	Pb	P	As <sup>①</sup>	Cu	杂质总和	产品形状					
锡青铜 <sup>②,③</sup>	1.5-0.2 锡青铜	QSn1.5-0.2 [C50500]	1.0~1.7	—	—	—	—	0.30	0.2	0.10	0.05	0.03~0.35	—	余量 <sup>④</sup>	—	管					
	4-0.3 锡青铜	QSn4-0.3 [C51100]	3.5~4.9	—	—	—	—	0.30	0.2	0.10	0.05	0.03~0.35	—	余量 <sup>④</sup>	—	管					
	4-3 锡青铜	QSn4-3	3.5~4.5	0.002	—	—	2.7~3.3	—	0.2	0.05	0.02	0.03	—	余量	0.2	板、带、箔、棒、线					
	4-4-2.5 锡青铜	QSn4-4-2.5	3.0~5.0	0.002	—	—	3.0~5.0	—	0.2	0.05	1.5~3.5	0.03	—	余量	0.2	板、带					
	4-4-4 锡青铜	QSn4-4-4	3.0~5.0	0.002	—	—	3.0~5.0	—	0.2	0.05	3.5~4.5	0.03	—	余量	0.2	板、带					
	6.5-0.1 锡青铜	QSn6.5-0.1	6.0~7.0	0.002	—	—	—	0.3	0.2	0.05	0.02	0.10~0.25	—	余量	0.1	板、带、箔、棒、线、管					
	6.5-0.4 锡青铜	QSn6.5-0.4	6.0~7.0	0.002	—	—	—	0.3	0.2	0.02	0.02	0.26~0.40	—	余量	0.1	板、带、箔、棒、线、管					
	7-0.2 锡青铜	QSn7-0.2	6.0~8.0	0.01	—	—	—	0.3	0.2	0.05	0.02	0.10~0.25	—	余量	0.15	板、带、箔、棒、线					
	8-0.3 锡青铜	QSn8-0.3 [C52100]	7.0~9.0	—	—	—	—	0.20	0.2	0.10	0.05	0.03~0.35	—	余量 <sup>④</sup>	—	板、带					
	5 铝青铜	QA15	0.1	4.0~6.0	—	—	—	0.5	0.5	0.5	0.03	0.01	—	余量	1.6	板、带					
7 铝青铜	QA17 [C61000]	—	6.0~8.5	—	—	—	0.20	0.5	0.50	0.02	—	—	余量 <sup>④</sup>	—	板、带						
9-2 铝青铜	QA19-2	0.1	8.0~10.0	—	—	1.5~2.5	1.0	0.5	0.5	0.03	0.01	—	余量	1.7	板、带、箔、棒、线						
9-4 铝青铜	QA19-4	0.1	8.0~10.0	—	—	—	1.0	0.5	2.0~4.0	0.01	0.01	—	余量	1.7	管、棒						
9-5-1-1 铝青铜	QA19-5-1-1	0.1	8.0~10.0	—	—	0.5~1.5	0.3	4.0~6.0	0.5~1.5	0.01	0.01	0.01	余量	0.6	棒						
10-3-1-5 铝青铜	QA110-3-1-5 <sup>⑤</sup>	0.1	8.5~10.0	—	—	1.0~2.0	0.5	0.5	2.0~4.0	0.03	0.01	—	余量	0.75	管、棒						
组别	名称	代号	Sn	Al	Be	Si	Mn	Zn	Ni	Fe	Pb	P	Ti	Mg	As <sup>①</sup>	Sb <sup>①</sup>	Co	Ag	Cu	杂质总和	产品形状
铝青铜	10-4-4 铝青铜	QA110-4-4 <sup>⑥</sup>	0.1	9.5~11.0	—	0.1	0.3	0.5	3.5~5.5	3.5~5.5	0.02	0.01	—	—	—	—	—	—	余量	1.0	管、棒
	10-5-5 铝青铜	QA110-5-5	0.20	8.0~11.0	—	0.25	0.5~2.5	0.50	4.0~6.0	4.0~6.0	0.05	—	—	0.10	—	—	—	—	余量	1.2	棒
	11-6-6 铝青铜	QA111-6-6	0.20	10.0~11.5	—	0.2	0.5	0.6	5.0~6.5	5.0~6.5	0.05	0.1	—	—	—	—	—	—	余量	1.5	棒



(续)

组别	牌号		化学成分(质量分数)(%)																杂质总和	产品形状		
	名称	代号	Sn	Al	Be	Si	Mn	Zn	Ni	Fe	Pb	P	Ti	Mg	As <sup>⊙</sup>	Sb <sup>⊙</sup>	Co	Ag			Cu	
铍青铜	2 铍青铜	QBe2	—	0.15	1.80~2.1	0.15	—	—	—	0.2~0.5	0.15	0.005	—	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	板、带、棒
	1.9 铍青铜	QBe1.9	—	0.15	1.85~2.1	0.15	—	—	0.2~0.4	0.15	0.005	0.10~0.25	—	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	板、带
	1.9-0.1 铍青铜	QBe1.9-0.1	—	0.15	1.85~2.1	0.15	—	—	0.2~0.4	0.15	0.005	0.10~0.25	0.07~0.13	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	带
	1.7 铍青铜	QBe1.7	—	0.15	1.6~1.85	0.15	—	—	0.2~0.4	0.15	0.005	0.10~0.25	—	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	板、带
	0.6-2.5 铍青铜	QBe0.6-2.5 [C17500]	—	0.20	0.40~0.7	0.20	—	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—	2.4~2.7	—	—	余量 <sup>⊙</sup>	—	板、带
0.4-1.8 铍青铜	QBe0.4-1.8 [C17510]	—	0.20	0.20~0.6	0.20	—	—	1.4~2.2	0.10	—	—	—	—	—	—	0.30	—	—	余量 <sup>⊙</sup>	—	带	
0.3-1.5 铍青铜	QBe0.3-1.5	—	0.20	0.25~0.50	0.20	—	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—	1.40~1.70	0.90~1.10	—	余量	—	板、带	
硅青铜	3-1 硅青铜	QSi3-1 <sup>⊙</sup>	0.25	—	—	2.7~3.5	1.0~1.5	—	0.2	0.3	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	余量	1.1	板、带、箔、棒、线、管
	1-3 硅青铜	QSi1-3	0.1	0.02	—	0.6~1.1	0.1~0.4	—	2.4~3.4	0.1	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	棒
	3.5-3-1.5 硅青铜	QSi3.5-3-1.5	0.25	—	—	3.0~4.0	0.5~0.9	—	0.2	1.2~1.8	0.03	0.03	—	—	—	—	—	—	—	余量	1.1	管

组别	牌号		化学成分(质量分数)(%)																杂质总和	产品形状		
	名称	代号	Mn	Zr	Cr	Cd	Mg	Al	Si	Fe	Pb	P	Zn	Sn	Sb <sup>⊙</sup>	Ni	Bi <sup>⊙</sup>	As <sup>⊙</sup>			S	Cu
锰青铜	1.5 锰青铜	QMn1.5	1.20~1.80	—	0.1	—	0.07	0.1	0.1	0.1	0.01	—	—	0.05	0.005	0.1	0.002	—	0.01	余量	0.3	板、带
	2 锰青铜	QMn2	1.5~2.5	—	—	—	0.07	0.1	0.1	0.01	—	—	—	0.05	0.05	—	0.002	0.01	—	余量	0.5	板、带
	5 锰青铜	QMn5	4.5~5.5	—	—	—	—	0.1	0.35	0.03	0.01	—	0.4	0.1	0.002	—	—	—	—	余量	0.9	板、带
铬青铜	0.2 铬青铜	QZr0.2	—	0.15~0.30	—	—	—	—	0.05	0.01	—	—	0.05	0.005	0.2	0.002	—	0.01	—	余量	0.5	棒
	0.4 铬青铜	QZr0.4	—	0.30~0.50	—	—	—	—	0.05	0.01	—	—	0.05	0.005	0.2	0.002	—	0.01	—	余量	0.5	棒
铬青铜	0.5 铬青铜	QCr0.5	—	—	0.4~1.1	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	板、棒、线、管
	0.5-0.2-0.1 铬青铜	QCr0.5-0.2-0.1	—	—	0.4~1.0	—	0.1~0.25	0.1~0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	余量	0.5	板、棒、线



(续)

组别	牌号		化学成分(质量分数)(%)														杂质总和	产品形状	
	名称	代号	Ni+Co	Fe	Mn	Zn	Pb	Al	Si	P	S	C	Mg	As <sup>①</sup>	Sb <sup>②</sup>	Cu			
铁白铜	5-1.5-0.5 铁白铜	BFe5-1.5-0.5 [C70400]	4.8~6.2	1.3~1.7	0.30~0.8	1.0	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	余量 <sup>④</sup>	—	管
	10-1-1 铁白铜	BFe10-1-1	9.0~11.0	1.0~1.5	0.5~1.0	0.3	0.02	0.15	0.006	0.01	0.05	—	—	—	0.03	余量	0.7	板、管	
	30-1-1 铁白铜	BFe30-1-1	29.0~32.0	0.5~1.0	0.5~1.2	0.3	0.02	—	0.15	0.006	0.01	0.05	—	—	0.03	余量	0.7	板、管	
	3-12 锰白铜	BMn3-12 <sup>③</sup>	2.0~3.5	0.20~0.50	11.5~13.5	—	0.020	0.2	0.1~0.3	0.005	0.020	0.05	0.03	—	—	—	余量	0.5	板、带、线
锰白铜	40-1.5 锰白铜	HMn40-1.5 <sup>③</sup>	39.0~41.0	0.50	1.0~2.0	—	0.005	—	0.10	0.005	0.02	0.10	0.05	—	—	余量	0.9	板、箔、带、线、管	
	43-0.5 锰白铜	BMn43-0.5 <sup>③</sup>	42.0~44.0	0.15	0.10~1.0	—	0.002	—	0.10	0.002	0.01	0.10	0.05	—	—	余量	0.6	线	
	组别	牌号	化学成分(质量分数)(%)														杂质总和	产品形状	
锌白铜	18-18 锌白铜	BZn18-18 [C75200]	16.5~19.5	0.25	0.50	余量	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	63.5~66.5 <sup>④</sup>	—	板、带
	18-26 锌白铜	BZn18-26 [C77000]	16.5~19.5	0.25	0.50	余量	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53.5~56.5 <sup>④</sup>	—	板、带
	15-20 锌白铜	BZn15-20	13.5~16.5	0.5	0.3	余量	0.02	—	0.15	0.005	0.03	0.05	0.002	0.010	0.002	—	62.0~65.0	0.9	板、箔、带、管、线
	15-21-1.8 加铅锌白铜	BZn15-21-1.8	14.0~16.0	0.3	0.5	余量	1.5~2.0	—	0.15	—	—	—	—	—	—	—	60.0~63.0	0.9	棒
	15-24-1.5 加铅锌白铜	BZn15-24-1.5	12.5~15.5	0.25	0.05~0.5	余量	1.4~1.7	—	—	0.02	0.005	—	—	—	—	—	58.0~60.0	0.75	棒
	13-3 铝白铜	BA113-3	12.0~15.0	1.0	0.50	—	0.003	2.3~3.0	—	0.01	—	—	—	—	—	—	余量	1.9	棒
6-1.5 铝白铜	EAl6-1.5	5.5~6.5	0.50	0.20	—	0.003	1.2~1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	余量	1.1	板	

① 铋、锡和锑可不分分析,但供方必须保证不大于界限值。  
 ② 特殊用途的B19白铜带,可供应硅的质量分数不大于0.05%的材料。  
 ③ BMn3-12合金、作热电偶用的BMn40-1.5和BMn43-0.5合金,为保证电气性能,对规定有最大值和最小值的成分,允许略微超出表中的规定。  
 ④ Cu+所列元素总和≥99.5%。

2.1.2 加工铜及铜合金的力学性能(见表 3.2-8)

表 3.2-8 加工铜及铜合金的室温力学性能

牌 号	试 样 状 态		$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_e$	$\sigma_p$	$\tau$	$\sigma_{-1}$	HBS	E /MPa	$\delta$	$\psi$	$a_K$ /kJ· m <sup>-2</sup>	摩擦系数	
			MPa								(%)	涂润滑剂		无润滑剂	
T2,T3	棒 材	软	240	70			190	90 <sup>①</sup>	45	110000	50	75	1600~ 1800	0.011	0.43
		硬	450	380			430	120 <sup>①</sup>	120	120000	6	35	—		
H96	管 材	硬的,变形 50%	400	350					117~ 137	114000	3	—	—	—	—
	条 材	软	240	60					51~ 59		52	82	2200	—	—
H90	加工的	软	260	130	70			85 <sup>②</sup>	53		44	80	1800	0.074	0.44
		半 硬	340	300					70		20	60	—		
		硬	600	—	370				126 <sup>③</sup>	130	105000	4	—		
	铸 件	金属模铸造	200	80		65	165		56	91500	31	50	1500		
		砂 模 铸 造	190	70		70	—		50		16	13	—		
H80	加工的	软	310	120	80	68	190	105 <sup>④</sup>	53	116000	52	69.5	1600	0.015	0.71
		硬	560	360				154 <sup>⑤</sup>	145	123500	10	40	—	—	—
	铸 件	金属模铸造	230	—		73	200		51	97000	32.5	30	1000	—	—
H68	带 材	软	300	100			200	120 <sup>①</sup>	55	100000	50	70	1700	—	—
		硬	520	—				150 <sup>①</sup>	150	115000	12	52	—	—	—
H62	铸 件	铸 造	330	120	—	110	240	—	—	—	35	50	—	0.013	0.39
	管 材	软	360	110	80	60	—	120 <sup>①</sup>	56	100000	49	66	1400		
		硬	680	480	420	250	—	154 <sup>⑥</sup>	140	—	3	20	—		
	棒 材	供应状态	纵向	—	—	—	90	—	—	105000	49	—	—		
横向			370	160	—	80	—	—	104000						
HPb59-1	棒 材	软	420	140	100	90	260		75	93000	42	44	500	0.0135	0.17
		半 硬	—	240	—	150			116	—	—	—	600		
		硬	620	420	420	400	—		149	105000	4~6	—	—		
		挤 压	—	—	—	—		162 <sup>⑦</sup>	—	—	—	—	—		
	铸 锭	铸 造	340	150		100			81	—	27	—	230		
	棒 材	供应状态	纵向	480	390		—			100000	16	—	—		
			横向	460	360	—	170	—		—	—	15	—		
	板材(厚 3mm)	供应状态	纵向	—	—	—	220			90000	11	—	—		
横向			580	470		210			—	—	5	—			
HSn62-1	铸 件	铸 造	350	—	—	100			82	105000	25	—	770	—	—
	棒 材	软	380	150	105			85	—	—	37	—	—		
		半 硬	—	—	230	—	280	145 <sup>⑧</sup>	—	—	—	—	560		
		硬	450	380	270				145	—	20	—	—		
HA160-1-1	棒 材	硬的,冷作硬化 50%	760	—	—	—	—	—	170	105000	9	—	—	—	—
	铸 锭	软的,700℃退火	420	—	—	—	—	—	80	—	50	—	—	—	—

(续)

牌 号	试 样 状 态		$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_e$	$\sigma_p$	$\tau$	$\sigma_{-1}$	HBS	E /MPa	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	$\alpha_K$ /kJ· m <sup>-2</sup>	摩擦系数		
			MPa											涂润滑剂	无润滑剂	
HFe59-1-1	棒 材	软	450	170			300	—	80	106000	30	50	1200	0.012	0.30	
		硬	600	—			—	128 <sup>②</sup>	160	—	20	—	—			
HMn58-2		软	440			120	320		85	100000	36	52.5	—	0.012	0.32	
		硬	600						120	—	10		—			
		铸 造	360	156	90				100	—	24		1200			
QSn4-3		铸 造	200 ~ 300	65			210		60~70	85000	15		400	—	—	
		软	350						60	—	40		—			
		硬	550						160	124000	4		—			
QSn4-4-2.5	条 材	软	300	—			60		60		35	38		—	—	
		半 硬	430	—			—		—	—	10	—	—			
		硬	600	280			—		170	—	3	—	—			
QSn6.5-0.1	带 材	铸 造	190	100			50		67	75000	11	13		0.012	0.2	
		硬	600	350	—		310	—	—	101000	12	—	—	—	—	
QSn6.5-0.4		硬	750	620			450	—	180	112000	10		—	0.01	0.12	
		软	400	220			—	—	80	—	65		—			
		铸 件	300	140			100	270	—	—	22		550			
QSn7-0.2	棒 材	软	430	—			—	—	—	—	58		—	0.0125	0.2	
		硬	500	—			—	—	180	—	15	20	700			
QA15		硬	800	500			480	—	134 <sup>①</sup>	200	110000	4	—	0.007	0.3	
		软	380	160			—	—	60	100000	65	70	1100			
		金 属 模 铸 造	280	70			—	252	—	65	—	55	48			1600
QA17		硬	1000			700	600		150 <sup>⑥</sup>	154	115000~ 130000	3~ 10	40	—	0.012	—
		软	420	—			100	—	—	70	—	70	75	—		
		金 属 模 铸 造	300				—	—	—	70	—	45	—	1500		
QA19-2	棒 材	挤 压	400	300			—	—	160	—	25		—	0.006	0.18	
		硬	600	500			—	—	210 <sup>⑧</sup>	—	—	—	—			
		铸 造	—	200			110	—	—	90~ 120	92000	20				700
QA19-4	棒 材	硬 模 铸 造	500	200			350	—	125	112000	15	30	600	0.012	0.18	
		压 制	550	300			380	210 <sup>③</sup>	140	116000	12	—	—			
QA110-3-1.5	棒 材	硬 模 铸 造	550	220			380	—	135	105000	20	25	700	0.01	0.2	
		挤 压	650	350			—	—	160		—	—	—			—
QA110-4-4	棒 材	硬 模 铸 造	650	280			280	450	—	180	115000	8	12	200	0.013	0.2
		软	600	—			120	—	350 <sup>④</sup>	140~ 160	—	35	45	420		
		硬	770	—			300	—	—	225	130000	—	11	—		

(续)

牌 号	试 样 状 态		$\sigma_h$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_s$	$\sigma_p$	$\tau$	$\sigma_{-1}$	HBS	E /MPa	$\delta$ (%)	$\psi$ (%)	$\alpha_K$ /kJ· m <sup>-2</sup>	摩擦系数		
			MPa											涂润滑剂	无润滑剂	
QA10-4-4	棒 材	硬模铸造经 热处理	700	350					200~ 240	125000	6			0.013	0.2	
		挤压,经 热处理	700						200	120000	6					
QBe2	带材和 丝材	软(淬火)	450	300					90 <sup>®</sup>	117000	40	65		—	—	
		硬 (淬火和40%变形)	850	750					250 <sup>®</sup>	121000	3	—				
		回火(淬火后)	1250	1000					200 <sup>®</sup>	375 <sup>®</sup>	133000	2.5	—			0.05
		回 火 (淬火和冷变形后)	1350	—					250 <sup>®</sup>	400 <sup>®</sup>	135000	2	—			—
QBe1.9	带材和 丝材	软(淬火)	450	—					90 <sup>®</sup>	110000	40	70		—	—	
		硬 (淬火和40%变形)	750	—					240 <sup>®</sup>	—	3	—				
		回 火 (淬火后)	1250	1000					380 <sup>®</sup>	131500	2.5	—				
		回 火 (淬火和冷变形后)	1400	—					400 <sup>®</sup>	134000	2	—				
QBe1.7	带材和 丝材	软的(淬火)	440						85 <sup>®</sup>	107000	50	75		—	—	
		硬 (淬火和40%变形)	700						220 <sup>®</sup>	—	3.5	—				
		回 火 (淬火后)	1150						360 <sup>®</sup>	124500	3.5	—				
		回 火 (淬火和冷变形后)	1350						375 <sup>®</sup>	131500	3	—				
QSi3-1	棒 材	冷 拉	550	—				210 <sup>®</sup>	—	120000	12		1500	0.015	0.4	
	丝 材	变 形 (冷作硬化50%)	900	540				210 <sup>®</sup>	220	120000	0.5		—			
		软 (在700C退火1h)						125 <sup>®</sup>	80				—			
	铸 件	硬模铸造	350	100		8		130 <sup>®</sup>	90	104000	25		—			
QSi1-3	棒 材	挤压,热处理后	550	520				230	130~ 180	—	15	28	400	0.015	0.35	
QCr0.5	硬模 铸件	铸 造	250	150					75	—	22	—	—	—	—	
		铸造后热处理	350	—					115	128000	8	—	—			
		供应状态	500	400					130~ 150	138000	11	40	—			
B19	板 材	软	400	—		100		120 <sup>®</sup>	70	—	35	76	—	—	—	
		硬 (冷作硬化60%~80%)	800	600			230		160 <sup>®</sup>	128	140000	5	—			—

(续)

牌 号	试 样 状 态	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_e$	$\sigma_p$	$\tau$	$\sigma_{-1}$	HBS	E	$\delta$	$\psi$	$\alpha_K$ /kJ· m <sup>-2</sup>	摩擦系数		
		MPa							/MPa	%	涂润滑剂		无润滑剂		
BMn3-12	软	400 ~ 550	220	—	—	—	—	120	—	30	—	—	—	—	
	硬	900 <sup>⑩</sup>	—	—	—	—	—	—	126500	2	—	—	—	—	
BMn40-1.5	硬	700 ~ 850 <sup>⑩</sup>	—	—	—	—	—	155	166000	2~ 4 <sup>④</sup>	—	—	—	—	
	软	400 ~ 500	—	—	87	—	—	75~90	—	30	71	—	—	—	
	铸 造	—	—	—	—	—	—	68	—	—	26	870	—	—	
BZn15-20	棒 材	软	380	140	—	100	—	120~ 140	70	126000	35	—	—	—	—
		硬	800 <sup>⑩</sup>	—	—	—	—	—	160~ 175 <sup>⑩</sup>	—	2	—	—	—	—

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| ① 循环次数为 10 <sup>7</sup> 次。             | 注： $\sigma_b$ ——抗拉强度    |
| ② 650℃退火 1h，循环次数为 5×10 <sup>7</sup> 次。 | $\sigma_{0.2}$ ——条件屈服强度 |
| ③ 循环次数为 5×10 <sup>5</sup> 次。           | $\sigma_e$ ——弹性极限       |
| ④ 600℃退火 1h，循环次数为 9×10 <sup>7</sup> 次。 | $\sigma_p$ ——比例极限       |
| ⑤ 加工硬化 37%，循环次数为 5×10 <sup>7</sup> 次。  | $\tau$ ——抗剪强度           |
| ⑥ 加工硬化 30%，循环次数为 3×10 <sup>8</sup> 次。  | $\sigma_{-1}$ ——疲劳强度    |
| ⑦ 循环次数为 10 <sup>8</sup> 次。             | HBS——布氏硬度               |
| ⑧ 循环次数为 10 <sup>6</sup> 次。             | E——正弹性模量                |
| ⑨ 为 HV 数值。                             | $\delta$ ——伸长率          |
| ⑩ 冷作硬化 60%。                            | $\psi$ ——断面收缩率          |
| ⑪ 冷作硬化 80%。                            | $\alpha_K$ ——冲击韧度       |
| ⑫ 为 HRB 数值。                            |                         |

2.1.3 加工铜及铜合金的特性和应用(见表 3.2-9)

表 3.2-9 加工铜及铜合金的特性及应用举例

分类	组别	代号	主要特性	应用举例
加工铜	纯铜	T1	有良好的导电、导热、耐蚀和加工性能，可以焊接和钎焊。含降低导电、导热性的杂质较少，微量的氧对导电、导热和加工等性能影响不大，但易引起“氢病”，不宜在高温(如>370℃)还原性气氛中加工(退火、焊接等)和使用	用于导电、导热、耐蚀器材。如：电线、电缆、导电螺钉、爆破用雷管、化工用蒸发器、贮藏器及各种管道等
		T2		
		T3	有较好的导电、导热、耐蚀和加工性能，可以焊接和钎焊；但含降低导电、导热性的杂质较多，含氧量更高，更易引起“氢病”，不能在高温还原性气氛中加工、使用	
	无氧铜	TU1、TU2	纯度高，导电、导热性极好，无“氢病”或极少“氢病”；加工性能和焊接、耐蚀、耐寒性均好	主要用作电真空仪器仪表器件
	磷脱氧铜	TP1 TP2	焊接性能和冷弯性能好，一般无“氢病”倾向，可在还原性气氛中加工、使用，但不宜在氧化性气氛中加工、使用。TP1 的残留磷量比 TP2 少，故其导电、导热性较 TP2 高	主要以管材应用，也可以板、带或棒、线供应。用作汽油或气体输送管、排水管、冷凝管、水雷管用、冷凝器、蒸发器、热交换器、火车零件

(续)

分类	组别	代号	主要特性	应用举例	
加工铜	银铜	TAg0.1	铜中加入少量的银,可显著提高软化温度(再结晶温度)和蠕变强度,而很少降低铜的导电、导热性和塑性。实用的银铜其时效硬化的效果不显著,一般采用冷作硬化来提高强度。它具有很好的耐磨性、电接触性和耐蚀性,如制成电车线时,使用寿命比一般硬铜高2~4倍	用于耐热、导电器材。如:电机整流子片、发电机转子用导体、点焊电极、通信线、引线、导线、电子管材料等	
		H96	强度比纯铜高(但在普通黄铜中,它是最低的),导热、导电性好,在大气和淡水中有很高的耐蚀性,且有良好的塑性,易于冷、热压力加工,易于焊接、锻造和镀锡,无应力腐蚀破裂倾向	在一般机械制造中用作导管、冷凝管、散热器管、散热片、汽车水箱带以及导电零件等	
加工黄铜	普通黄铜	H90	性能和H96相似,但强度较H96稍高,可镀金属及涂敷珐琅	供水及排水管、奖章、艺术品、水箱带以及双金属片	
		H85	具有较高的强度,塑性好,能很好地承受冷、热压力加工,焊接和耐蚀性能也都良好	冷凝和散热用管、虹吸管、蛇形管、冷却设备制件	
		H80	性能和H85近似,但强度较高,塑性也较好,在大气、淡水及海水中有较高的耐蚀性	造纸网、薄壁管、皱纹管及房屋建筑用品	
		H70 H68	有极为良好的塑性(是黄铜中最佳者)和较高的强度,可加工性能好,易焊接,对一般腐蚀非常安定,但易产生腐蚀开裂。H68是普通黄铜中应用最为广泛的一个品种	复杂的冷冲件和深冲件,如散热器外壳、导管、波纹管、弹壳、垫片、雷管等	
		H65	性能介于H68和H62之间,价格比H68便宜,也有较高的强度和塑性,能良好地承受冷、热压力加工,有腐蚀破裂倾向	小五金、日用品、小弹簧、螺钉、铆钉和机器零件	
		H63 H62	有良好的力学性能,热态下塑性良好,冷态下塑性也可以,可加工性好,易钎焊和焊接,耐蚀,但易产生腐蚀破裂,此外价格便宜,是应用广泛的一个普通黄铜品种	各种深拉深和弯折制造的受力零件,如销钉、铆钉、垫圈、螺母、导管、气压表弹簧、筛网、散热器零件等	
		H59	价格最便宜,强度、硬度高而塑性差,但在热态下仍能很好地承受压力加工,耐蚀性一般,其他性能和H62相近	一般机器零件、焊接件、热冲及热轧零件	
		镍黄铜	HNi65-5 HNi56-3	有高的耐蚀性和减摩性,良好的力学性能,在冷态和热态下压力加工性能极好,对脱锌和“季裂”比较稳定,导热导电性低,但因镍的价格较贵,故HNi65-5一般用得不多	压力表管、造纸网、船舶用冷凝管等,可作锡磷青铜和德银的代用品
		铁黄铜	HFe59-1-1	具有高的强度、韧性,减摩性能良好,在大气、海水中的耐蚀性高,但有腐蚀破裂倾向,热态下塑性良好	制造在摩擦和受海水腐蚀条件下工作的结构零件
			HFe58-1-1	强度、硬度高,可加工性好,但塑性下降,只能在热态下压力加工,耐蚀性尚好,有腐蚀破裂倾向	适于用热压和切削加工法制作的高强度耐蚀零件
铅黄铜	HPb63-3	含铅高的铅黄铜,不能热态加工,可加工性极为优良,且有高的减摩性能,其他性能和HPb59-1相似	主要用于要求可加工性极高的钟表结构零件及汽车拖拉机零件		
	HPb63-0.1 HPb62-0.8	可加工性较HPb63-3低,其他性能和HPb63-3相同	用于一般机器结构零件		
	HPb61-1	可加工性好,强度较高	用于要求高加工性能的一般结构件		
	HPb59-1	应用最广的铅黄铜,它的特点是可加工性好,有良好的力学性能,能承受冷、热压力加工,易钎焊和焊接,对一般腐蚀有良好的稳定性,但有腐蚀破裂倾向	适于以热冲压和切削加工制作的各结构零件,如螺钉、垫圈、垫片、衬套、螺母、喷嘴等		



(续)

分类	组别	代号	主要特性	应用举例
加工黄铜	铝黄铜	HA177-2	典型的铝黄铜,有高的强度和硬度,塑性良好,可在热态及冷态下进行压力加工,对海水及盐水有良好的耐蚀性,并耐冲击腐蚀,但有脱锌及腐蚀破裂倾向	船舶和海滨热电站中用作冷凝管以及其他耐蚀零件
		HA167-2.5	在冷态热态下能良好的承受压力加工,耐磨性好,对海水的耐蚀性尚可,对腐蚀破裂敏感,钎焊和镀锡性能不好	海船抗蚀零件
		HA166-6-3-2	为耐磨合金,具有高的强度、硬度和耐磨性,耐蚀性也较好,但有腐蚀破裂倾向,塑性较差。为铸造黄铜的移植品种	重负荷下工作中固定螺钉的螺母及大型蜗杆;可作铝青铜 QAl10-4-4 的代用品
		HA160-1-1	具有高的强度,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,但对腐蚀破裂敏感,在热态下压力加工性好,冷态下可塑性低	要求耐蚀的结构零件,如齿轮、蜗轮、衬套、轴等
		HA159-3-2	具有高的强度,耐蚀性是所有黄铜中最好的,腐蚀破裂倾向不大,冷态下塑性低,热态下压力加工性好	发动机和船舶业及其他在常温下工作的高强度耐蚀件
	锰黄铜	HMn58-2	在海水和过热蒸汽、氯化物中有高的耐蚀性,但有腐蚀破裂倾向;力学性能良好,导热导电性低,易于在热态下进行压力加工,冷态下压力加工性尚可,是应用较广的黄铜品种	腐蚀条件下工作的重要零件和弱电工业用零件
		HMn57-3-1	强度、硬度高,塑性低,只能在热态下进行压力加工;在大气、海水、过热蒸汽中的耐蚀性比一般黄铜好,但有腐蚀破裂倾向	耐腐蚀结构零件
		HMn55-3-1	性能和 HMn57-3-1 接近,为铸造黄铜的移植品种	耐腐蚀结构零件
	锡黄铜	H90	力学性能和工艺性能极近似于 H90 普通黄铜,但有高的耐蚀性和减摩性,目前只有这种锡黄铜可作为耐磨合金使用	汽车、拖拉机弹性套管及其他耐蚀减摩零件
		HSn70-1	典型的锡黄铜,在大气、蒸汽、油类和海水中有高的耐蚀性,且有良好的力学性能,可加工性尚可,易焊接和钎焊,在冷、热状态下压力加工性好,有腐蚀破裂倾向	海轮上的耐蚀零件(如冷凝气管),与海水、蒸汽、油类接触的导管,热工设备零件
		HSn62-1	在海水中有很高的耐蚀性,有良好的力学性能,冷加工时有冷脆性,只适于热压加工,可加工性好,易焊接和钎焊,但有腐蚀破裂倾向	用作与海水或汽油接触的船舶零件或其他零件
		HSn60-1	性能与 HSn62-1 相似,主要产品为线材	船舶焊接结构用的焊条
	加砷黄铜	HSn70A	典型的锡黄铜。在大气、蒸汽、油类、海水中有高的耐蚀性。有高的力学性能、可切削性能、冷、热加工性能和焊接性能。有应力腐蚀开裂倾向。加微量 As 可防止脱锌腐蚀	海轮上的耐蚀零件,与海水、蒸汽、油类相接触的导管和零件
		H68A	H68 为典型的普通黄铜,为黄铜中塑性最佳者,应用最广。加微量 As 可防止脱锌腐蚀,进一步提高耐蚀性能	复杂冷冲件、深冲件、波纹管、波纹管、子弹壳等
	硅黄铜	HSi80-3	有良好的力学性能,耐蚀性高,无腐蚀破裂倾向,耐磨性亦可,在冷态、热态下压力加工性好,易焊接和钎焊,可加工性好,导热导电性是黄铜中最低的	船舶零件、蒸汽管和水管配件

(续)

分类	组别	代号	主要特性	应用举例	
锡青铜	锡青铜	QSn4-3	为含锌的锡青铜,有高的耐磨性和弹性,抗磁性良好,能很好地承受热态或冷态压力加工;在硬态下,可加工性好,易焊接和钎焊,在大气、淡水和海水中耐蚀性好	制造弹簧(扁弹簧、圆弹簧)及其他弹性元件,化工设备上的耐蚀零件以及耐磨零件(如衬套、圆盘、轴承等)和抗磁零件、造纸工业用的刮刀	
		QSn4-4-2.5 QSn4-4-4	为添有锌、铅合金元素的锡青铜,有高的减摩性和良好的可加工性,易于焊接和钎焊,在大气、淡水中具有良好的耐蚀性,只能在冷态下进行压力加工,因含铅,热加工时易引起热脆	制造在摩擦条件下工作的轴承、卷边轴套、衬套、圆盘以及衬套的内垫等。QSn4-4-4使用温度可达300℃以下,是一种热强性较好的锡青铜	
		QSn6.5-0.1	磷锡青铜,有高的强度、弹性、耐磨性和抗磁性,在热态和冷态下压力加工性良好,对电火花有较高的抗燃性,可焊接和钎焊,可加工性好,在大气和淡水中耐蚀	制造弹簧和导电性好的弹簧接触片,精密仪器中的耐磨零件和抗磁零件,如齿轮、电刷盒、振动片、接触器	
		QSn6.5-0.4	磷锡青铜,性能用途和QSn6.5-0.1相似,因含磷量较高,其抗疲劳强度较高,弹性和耐磨性较好,但在热加工时有热脆性,只能接受冷压力加工	除用于弹簧和耐磨零件外,主要用于造纸工业制作耐磨的铜网和单位负荷<981MPa,圆周速度<3m/s的条件下工作的零件	
		QSn7-0.2	磷锡青铜,强度高,弹性和耐磨性好,易焊接和钎焊,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,可加工性良好,适于热压加工	制造中等负荷、中等滑动速度下承受摩擦的零件,如抗磨垫圈、轴承、轴套、蜗轮等,还可用作弹簧、簧片等	
	加工青铜	加工青铜	QA15	为不含其他元素的铝青铜,有较高的强度、弹性和耐磨性,在大气、淡水、海水和某些酸中耐蚀性高,可电焊、气焊,不易钎焊,能很好地在冷态或热态下承受压力加工,不能淬火回火强化	制造弹簧和其他要求耐蚀的弹性元件,齿轮摩擦轮,蜗轮传动机构等,可作为QSn6.5-0.4、QSn4-3和QSn4-4-4的代用品
			QA17	性能用途和QA15相似,因含铝量稍高,其强度较高	
		QA19-2	含锰的铝青铜,具有高的强度,在大气、淡水和海水中抗蚀性很好,可以电焊和气焊,不易钎焊,在热态和冷态下压力加工性均好	高强度耐蚀零件以及在250℃以下蒸汽介质中工作的管配件和叶轮上零件	
		QA19-4	为含铁的铝青铜。有高的强度和减摩性,良好的耐蚀性,热态下压力加工性良好,可电焊和气焊,但钎焊性不好,可用作高锡耐磨青铜的代用品	制作在高负荷下工作的抗磨、耐蚀零件,如轴承、轴套、齿轮、蜗轮、阀座等,也用于制作双金属耐磨零件	
		QA19-5-1-1 QA110-5-5	含有铁、镍元素的铝青铜,属于高强度耐热青铜,高温(400℃)下力学性能稳定,有良好的减摩性,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,热态下压力加工性良好,可热处理强化,可焊接,不易钎焊,可加工性尚好 镍含量增加,强度、硬度、高温强度、耐蚀性提高	高强度的耐磨零件和400~500℃工作的零件,如轴衬、轴套、齿轮、球形座、螺母、法兰盘、滑座、坦克用蜗杆等以及其他各种重要的耐蚀耐磨零件	
QA110-3-1.5	为含有铁、镍元素的铝青铜,有高的强度和耐磨性,经淬火、回火后可提高硬度,有较好的高温耐蚀性和抗氧化性,在大气、淡水和海水中抗蚀性很好,可加工性尚可,可焊接,不易钎焊,热态下压力加工性良好	制造高温条件下工作的耐磨零件和各种标准件,如齿轮、轴承、衬套、圆盘、导向摇臂、飞轮、固定螺母等。可代替高锡青铜制作重要机件			
QA110-4-4	为含有铁、镍元素的铝青铜,属于高强度耐热青铜,高温(400℃)下力学性能稳定,有良好的减摩性,在大气、淡水和海水中抗蚀性很好,热态下压力加工性良好,可热处理强化,可焊接,不易钎焊,可加工性尚好	高强度的耐磨零件和高温下(400℃)工作的零件,如轴衬、轴套、齿轮、球形座、螺母、法兰盘、滑座等以及其他各种重要的耐蚀耐磨零件			

(续)

分类	组别	代号	主要特性	应用举例
加工青铜	铝青铜	QA111-6 6	成分、性能和 QA110-4-4 相近	高强度耐磨零件和 500 °C 下工作的高温抗蚀耐磨零件
	铍青铜	QBe2	为含有少量铍的铍青铜,是力学、物理、化学综合性能良好的一种合金。经淬火调质后,具有高的强度、硬度、弹性、耐磨性、疲劳极限和耐热性;同时还具有高的导电性、导热性和耐寒性,无磁性,磁击时无火花,易于焊接和钎焊,在大气、淡水和海水中抗蚀性极好	制造各种精密仪表、仪器中的弹簧和弹性元件,各种耐磨零件以及在高速、高压和高温下工作的轴承、衬套,矿山和炼油厂用的冲击不生火花的工具以及各种深冲零件
		QBe1.7 QBe1.9	为含有少量铍、钛的铍青铜,具有和 QBe2 相近的特性,但其优点是:弹性迟滞小、疲劳强度高,温度变化时弹性稳定,性能对时效温度变化的敏感性小,价格较低廉,而强度和硬度比 QBe2 降低甚少	制造各种重要用途的弹簧、精密仪表的弹性元件、敏感元件以及承受高变向载荷的弹性元件,可代替 QBe2 牌号的铍青铜
		QBe1.9-0.1	为加有少量 Mg 的铍青铜。性能同 QBe1.9,但因加入微量 Mg,能细化晶粒,并提高强化相( $\gamma_2$ 相)的弥散度和分布均匀性,从而大大提高合金的力学性能,提高合金时效后的弹性极限和力学性能的稳定性	制造各种重要用途的弹簧、精密仪表的弹性元件、敏感元件以及承受高变向载荷的弹性元件,可代替 QBe2 牌号的铍青铜
	硅青铜	QSi3-1	为加有锰的硅青铜,有高的强度、弹性和耐磨性,塑性好,低温下仍不变脆;能良好地与青铜、钢和其他合金焊接,特别是钎焊性好;在大气、淡水和海水中的耐蚀性高,对于苛性钠及氯化物的作用也非常稳定;能很好地承受冷、热压力加工,不能热处理强化,通常在退火和加工硬化状态下使用,此时有高的屈服极限和弹性	用于制造在腐蚀介质中工作的各种零件,弹簧和弹簧零件,以及蜗轮、蜗杆、齿轮、轴套、制动销和杆类耐磨零件,也用于制作焊接结构中的零件,可代替重要的锡青铜,甚至铍青铜
		QSi1-3	为含有锰、镍元素的硅青铜,具有高的强度,相当好的耐磨性,能热处理强化,淬火回火后强度和硬度大大提高,在大气、淡水和海水中有较高的耐蚀性,焊接性和可加工性良好	用于制造在 300 °C 以下,润滑不良、单位压力不大的工作条件下的摩擦零件(如发动机排气和进气门的导向套)以及在腐蚀介质中工作的结构零件
		QSi3.5-3-1.5	为含有锌、锰、铁等元素的硅青铜,性能同 QSi3-1,但耐热性较好,棒材、线材存放时自行开裂的倾向性较小	主要用作在高温工作的轴套材料
	锰青铜	QMn1.5 QMn2	含锰量较 QMn5 低,与 QMn5 比较,强度、硬度较低,但塑性较高,其他性能相似,QMn2 的力学性能稍高于 QMn1.5	用于电子仪表零件,也可作为蒸气锅炉管配件和接头等
		QMn5	为含锰量较高的锰青铜,有较高的强度、硬度和良好的塑性,能很好地在热态及冷态下承受压力加工,有好的耐蚀性,并有高的热强性,400 °C 下还能保持其力学性能	用于制作蒸气机零件和锅炉的各种管接头、蒸气阀门等高温耐蚀零件
	锆青铜	QZr0.2	有高的电导率,能冷、热态压力加工,时效后有高的硬度、强度和耐热性	作电阻焊接材料及高导电、高强度电极材料。如:工作温度 350 °C 以下的电机整流子片、开关零件、导线、点焊电极等
		QZr0.4	强度及耐热性比 QZr0.2 更高,但导电率则比 QZr0.2 稍低	
	铬青铜	QCr0.5	在常温及较高温度下(<400 °C)具有较高的强度和硬度,导电性和导热性好,耐磨性和减摩性也很好,经时效硬化处理后,强度、硬度、导电性和导热性均显著提高;易于焊接和钎焊,在大气和淡水中具有良好的抗蚀性,高温抗氧化性好,能很好地在冷态和热态下承受压力加工;但其缺点是对缺口的敏感性较强,在缺口和尖角处造成应力集中,容易引起机械损伤	用于制作工作温度 350 °C 以下的电焊机电极、电机整流子片以及其他各种在高温下工作的、要求有高的强度、硬度、导电性和导热性的零件,还可以双金属的形式用于刹车盘和圆盘
QCr0.5-0.2-0.1		为加有少量镁、铝的铬青铜,与 QCr0.5 相比,不仅进一步提高了耐热性和耐蚀性,而且可改善缺口敏感性,其他性能和 QCr0.5 相似	用于制作点焊、滚焊机上的电极等	

(续)

分类	组别	代号	主要特性	应用举例
加工青铜	铬青铜	QCr0.6-0.4-0.05	为加有少量铬、镁的铬青铜,与QCr0.5相比,可进一步提高合金的强度、硬度和耐热性,同时还有好的导电性	同QCr0.5
	镉青铜	QCd1.0	具有高的导电性和导热性,良好的耐磨性和减摩性,抗蚀性好,压力加工性能良好,镉青铜的时效硬化效果不显著,一般采用冷作硬化来提高强度	用于工作温度250℃下的电机整流子片、电车触线和电话用软线以及电焊机的电极和喷气技术中
	镁青铜	QMg0.8	这是含镁量在 $\omega_{Mg}$ 0.7%~0.85%的铜合金。微量Mg降低铜的导电性较少,但对铜有脱氧作用,还能提高铜的高温抗氧化性。实际应用的铜-镁合金,其Mg含量一般 $\omega_{Mg}$ 小于1%,过高则压力加工性能急剧变坏。这类合金只能加工硬化,不能热处理强化	主要用作电缆线芯及其他导线材料
加工白铜	普通白铜	B0.6	为电工铜镍合金,其特性是温差电动势小,最大工作温度为100℃	用于制造特殊温差电偶(铂-铂铑热电偶)的补偿导线
		B5	为结构白铜,它的强度和耐蚀性都比铜高,无腐蚀破裂倾向	用作船舶耐蚀零件
	普通白铜	B19	为结构铜镍合金,有高的耐蚀性和良好的力学性能,在热态及冷态下压力加工性能良好,在高温和低温下仍能保持高的强度和塑性,可加工性不好	用于在蒸气、淡水和海水中工作的精密仪表零件、金属网和抗化学腐蚀的化工机械零件以及医疗器具、钱币
		B25	为结构铜镍合金,具有高的力学性能和抗蚀性,在热态及冷态下压力加工性能良好,由于其含镍量较高,故其力学性能和耐蚀性均较B5、B19高	用于在蒸气、海水中工作的抗蚀零件以及在高温高压下工作的金属管和冷凝管等
	铁白铜	BFe10-1-1	为含镍较少的结构铁白铜,和BFe30-1-1相比,其强度、硬度较低,但塑性较高,耐蚀性相似	主要用于船舶业代替BFe30-1-1制作冷凝器及其他抗蚀零件
		BFe30-1-1	为结构铜镍合金,有良好的力学性能,在海水、淡水和蒸气中具有高的耐蚀性,但可加工性较差	用于海船制造业中制作高温、高压和高速条件下工作的冷凝器和恒温器的管材
	锰白铜	BMn3-12	为电工铜镍合金,俗称锰铜,特点是有高的电阻率和低的电阻温度系数,电阻长期稳定性高,对铜的热电动势小	广泛用于制造工作温度在100℃以下的电阻仪器以及精密电工测量仪器
		BMn40-1.5	为电工铜镍合金,通常称为康铜,具有几乎不随温度而改变的高电阻率和高热电动势,耐热性和抗蚀性好,且有高的力学性能和变形能力	为制造热电偶(900℃以下)的良好材料,工作温度在500℃以下的加热器(电炉的电阻丝)和变阻器
		BMn43-0.5	为电工铜镍合金,通常称为考铜,它的特点是,在电工铜镍合金中具有最大的温差电动势,并有高的电阻率和很低的电阻温度系数,耐热性和抗蚀性也比BMn40-1.5好,同时具有高的力学性能和变形能力	在高温测量中,广泛采用考铜作补偿导线和热电偶的负极以及工作温度不超过600℃的电热仪器
	锌白铜	BZn15-20	为结构铜镍合金,因其外表具有美丽的银白色,俗称德银(本来是中國銀),这种合金具有高的强度和耐蚀性,可塑性好,在热态及冷态下均能很好地承受压力加工,可加工性不好,焊接性差,弹性优于QSn6.5-0.1	用于潮湿条件下和强腐蚀介质中工作的仪表零件以及医疗器械、工业器皿、艺术品、电讯工业零件、蒸汽配件和水道配件、日用品以及弹簧管和簧片等
BZn15-21-1.8 BZn15-24-1.5		为加有铅的锌白结构合金,性能和BZn15-20相似,但它的可加工性较好,而且只能在冷态下进行压力加工	用于手表工业制作精细零件	
铝白铜	BA13-3	为结构铜镍合金,可以热处理,其特性是:除具有高的强度(是白铜中强度最高的)和耐蚀性外,还具有高的弹性和抗寒性,在低温(90K)下力学性能不但降低,反而有些提高,这是其他铜合金所没有的性能	用于制作高强度耐蚀零件	
	BA16-1.5	为结构铜镍合金,可以热处理强化,有较高的强度和良好的弹性	制作重要用途的扁弹簧	

## 2.2 铸造铜合金(见表 3.2-10、表 3.2-11)

表 3.2-10 铸造铜合金的牌号和化学成分(摘自 GB/T 1176—1987)

合金牌号	合金名称	主要成分(质量分数)(%)									与 GB/T 1176—1974 牌号对照
		锡	锌	铅	铝	铁	锰	硅	铜		
ZCuSn3Zn8Pb6-Ni1	3-8-6-1 锡青铜	2.0~ 4.0	5.0~ 9.0	4.0~ 7.0	-	-	-	Ni:0.5~ 1.5	其余	ZQSn3-7-5-1	
ZCuSn3Zn11Pb4	3-11-4 锡青铜	2.0~ 4.0	9.0~ 13.0	3.0~ 6.0	-	-	-	-	其余	ZQSn3-12-5	
ZCuSn5Pb5Zn5	5-5-5 锡青铜	4.0~ 6.0	4.0~ 6.0	4.0~ 6.0	-	-	-	-	其余	ZQSn5-5-5	
ZCuSn10Pb1	10-1 锡青铜	9.0~ 11.5	-	-	-	-	-	P:0.5~ 1.0	其余	ZQSn10-1	
ZCuSn10Pb5	10-5 锡青铜	9.0~ 11.0	-	4.0~ 6.0	-	-	-	-	其余	ZQSn10-5	
ZCuSn10Zn2	10-2 锡青铜	9.0~ 11.0	1.0~ 3.0	-	-	-	-	-	其余	ZQSn10-2	
ZCuPb10Sn10	10-10 铅青铜	9.0~ 11.0	-	8.0~ 11.0	-	-	-	-	其余	ZQPb10-10	
ZCuPb15Sn8	15-8 铅青铜	7.0~ 9.0	-	13.0~ 17.0	-	-	-	-	其余	ZQPb12-8	
ZCuPb17Sn4Zn4	17-4-4 铅青铜	3.5~ 5.0	2.0~ 6.0	14.0~ 20.0	-	-	-	-	其余	ZQPb17-4-4	
ZCuPb20Sn5	20-5 铅青铜	4.0~ 6.0	-	18.0~ 23.0	-	-	-	-	其余	ZQPb25-5	
ZCuPb30	30 铅青铜	-	-	27.0~ 33.0	-	-	-	-	其余	ZQPb30	
ZCuAl8Mn13Fe3	8-13-3 铝青铜	-	-	-	7.0~ 9.0	2.0~ 4.0	12.0~ 14.5	-	其余	-	
ZCuAl8Mn13Fe3-Ni2	8-13-3-2 铝青铜	-	-	-	7.0~ 8.5	2.5~ 4.0	11.5~ 14.0	Ni:1.8~ 2.5	其余	ZQAl12-8-3-2	
ZCuAl9Mn2	9-2 铝青铜	-	-	-	8.0~ 10.0	-	1.5~ 2.5	-	其余	ZQAl9-2	
ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	9-4-4-2 铝青铜	-	-	-	8.5~ 10.0	4.0~ 5.0	0.8~ 2.5	Ni:4.0~ 5.0	其余	ZQAl9-4-4-2	
ZCuAl10Fe3	10-3 铝青铜	-	-	-	8.5~ 11.0	2.0~ 4.0	-	-	其余	ZQAl9-4	
ZCuAl10Fe3Mn2	10-3-2 铝青铜	-	-	-	9.0~ 11.0	2.0~ 4.0	1.0~ 2.0	-	其余	ZQAl10-3-1.5	
ZCuZn38	38 黄铜	-	其余	-	-	-	-	-	60.0~ 63.0	ZHb2	
ZCuZn25Al6Fe3-Mn3	25-6-3-3 铝黄铜	-	其余	-	4.5~ 7.0	2.0~ 4.0	1.5~ 4.0	-	60.0~ 66.0	ZHA166-6-3-2	
ZCuZn26Al4Fe3-Mn3	26-4-3-3 铝黄铜	-	其余	-	2.5~ 5.0	1.5~ 4.0	1.5~ 4.0	-	60.0~ 66.0	-	
ZCuZn31Al2	31-2 铝黄铜	-	其余	-	2.0~ 3.0	-	-	-	66.0~ 68.0	ZHA167-2.5	
ZCuZn35Al2Mn2-Fe1	35-2-2-1 铝黄铜	-	其余	-	0.5~ 2.5	0.5~ 2.0	0.1~ 3.0	-	57.0~ 65.0	ZHFe59-1-1	
ZCuZn38Mn2Pb2	38-2-2 锰黄铜	-	其余	1.5~ 2.5	-	-	1.5~ 2.5	-	57.0~ 60.0	ZHMn58-2-2	

(续)

合金牌号	合金名称	主要成分 (质量分数) (%)								与 GB/T 1176-1974 牌号对照
		锡	锌	铅	铝	铁	锰	硅	铜	
ZCuZn40Mn2	40-2 锰黄铜	—	其余	—	—	—	1.0~ 2.0	—	57.0~ 60.0	ZHMn58-2
ZCuZn40Mn3Fe1	40-3-1 锰黄铜	—	其余	—	—	0.5~ 1.5	3.0~ 4.0	—	53.0~ 58.0	ZHMn55-3-1
ZCuZn33Pb2	33-2 铅黄铜	—	其余	1.0~ 3.0	—	—	—	—	63.0~ 67.0	—
ZCuZn40Pb2	40-2 铅黄铜	—	其余	0.5~ 2.5	0.2~ 0.8	—	—	—	58.0~ 63.0	ZHPb59-1
ZCuZn16Si4	16-4 硅黄铜	—	其余	—	—	—	—	2.5~ 4.5	79.0~ 81.0	ZHSi80-3

表 3.2-11 铸造铜合金的力学性能及应用举例(摘自 GB/T1176-1987)

合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于				特性	应用举例
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS)		
ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	S	175	—	8	590	耐磨性较好, 易加工, 铸造性能好, 气密性较好, 耐腐蚀, 可在流动海水下工作	在各种液体燃料以及海水、淡水和蒸汽( $\leq 225^\circ\text{C}$ )中工作的零件, 压力不大于 2.5MPa 的阀门和管配件
	J	215	—	10	685		
ZCuSn3Zn11Pb4	S	175	—	8	590	铸造性能好, 易加工, 耐腐蚀	海水、淡水、蒸汽中, 压力不大于 2.5MPa 的管配件
	J	215	—	10	590		
ZCuSn5Pb5Zn5	S, J	200	90	13	590*	耐磨性和耐蚀性好, 易加工, 铸造性能和气密性较好	在较高负荷, 中等滑动速度下工作的耐磨、耐腐蚀零件, 如轴瓦、衬套、缸套、活塞离合器、泵件压盖以及蜗轮等
	Li, La	250	100*	13	635*		
ZCuSn10Pb1	S	220	130	3	785*	硬度高, 耐磨性极好不易产生咬死现象, 有较好的铸造性能和切削加工性能, 在大气和淡水中有良好的耐蚀性	可用于高负荷(20MPa 以下)和高滑动速度(8m/s)下工作的耐磨零件, 如连杆、衬套、轴瓦、齿轮、蜗轮等
	J	310	170	2	885*		
	Li	330	170*	4	885*		
	La	360	170*	6	885*		
ZCuSn10Pb5	S	195	—	10	685	耐腐蚀, 特别对稀硫酸、盐酸和脂肪酸	结构材料, 耐蚀、耐酸的配件以及破碎机衬套、轴瓦
	J	245	—	10	685		
ZCuSn10Zn2	S	240	120	12	685*	耐蚀性、耐磨性和切削加工性能好, 铸造性能好, 铸件致密性较高, 气密性较好	在中等及较高负荷和小滑动速度下工作的重要管配件, 以及阀、旋塞、泵体、齿轮、叶轮和蜗轮等
	J	245	140*	6	785*		
	Li, La	270	140*	7	785*		
ZCuPb10Sn10	S	180	80	7	635*	润滑性能、耐磨性能和耐蚀性能好, 适合作为双金属铸造材料	表面压力高, 又存在侧压力的滑动轴承, 如轧辊、车辆用轴承、负荷峰值 60MPa 的受冲击的零件, 以及最高峰值达 100MPa 的内燃机双金属轴瓦, 以及活塞销套、摩擦片等
	J	220	140	5	685*		
	Li, La	220	110*	6	685*		

(续)

合 金 牌 号	铸造方法	力学性能,不低于				特 性	应 用 举 例
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸 长 率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS)		
ZCuPb15Sn8	S	170	80	5	590*	在缺乏润滑剂和用水质润滑剂条件下,滑动性和自润滑性能好,易切削,铸造性能差,对稀硫酸耐腐蚀性能好	表面压力高,又有侧压力的轴承,可用于制造冷轧机的铜冷却管,耐冲击负荷达50MPa的零件,内燃机的双金属轴瓦,主要用于最大负荷达70MPa的活塞销套,耐酸配件
	J	200	100	6	635*		
	Li,La	220	100*	8	635*		
ZCuPb17Sn4Zn4	S	150		5	540	耐磨性和自润滑性能好,易切削,铸造性能差	一般耐磨件,高滑动速度的轴承等
	J	175		7	590		
ZCuPb20Sn5	S	150	60	5	440*	有较高的滑动性能,在缺乏润滑介质和以水为介质时有特别好的自润滑性能,适用于双金属铸造材料,耐硫酸腐蚀,易切削,铸造性能差	高滑动速度的轴承,及破碎机、水泵、冷轧机轴承,负荷达40MPa的零件,抗腐蚀零件,双金属轴承,负荷达70MPa的活塞销套
	J	150	70*	6	540*		
	La	180	80*	7	540*		
ZCuPb30	J	—	—	—	245	有良好的自润滑性,易切削,铸造性能差,易产生比重偏析	要求高滑动速度的双金属轴瓦、减磨零件等
ZCuAl8Mn13Fe3	S	600	270*	15	1570	具有很高的强度和硬度,良好的耐磨性能和铸造性能,合金致密性高,耐腐蚀性好,作为耐磨件工作温度不大于400℃,可以焊接,不易钎焊	适用于制造重型机械用轴套,以及要求强度高、耐磨、耐压零件,如衬套、法兰、阀体、泵体等
	J	650	280*	10	1665		
ZCuAl8Mn13Fe3Ni2	S	645	280	20	1570	有很高的力学性能,在大气、淡水和海水中均有良好的耐蚀性,腐蚀疲劳强度高,铸造性能好,合金组织致密,气密性好,可以焊接,不易钎焊	要求强度高耐腐蚀的重要铸件,如船舶螺旋桨、高压阀体、泵体,以及耐压、耐磨零件,如蜗轮、齿轮、法兰、衬套等
	J	670	310*	18	1665		
ZCuAl9Mn2	S	390	—	20	835	有高的力学性能,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,铸造性能好,组织致密,气密性高,耐磨性好,可以焊接,不易钎	耐蚀、耐磨零件、形状简单的大型铸件,如衬套、齿轮、蜗轮,以及在250℃以下工作的管配件和要求气密性高的铸件,如增压器内气封
	J	440	—	20	930		
ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	S	630	250	16	1570	有很高的力学性能,在大气、淡水、海水中均有优良的耐蚀性,腐蚀疲劳强度高,耐磨性良好,在400℃以下具有耐热性,可以热处理,焊接性能好,不易钎焊,铸造性能尚好	要求强度高、耐蚀性好的重要铸件,是制造船舶螺旋桨的主要材料之一,也可用作耐磨和400℃以下工作的零件,如轴承、齿轮、蜗轮、螺帽、法兰、阀体、导向套管
ZCuAl10Fe3	S	490	180	13	980*	具有高的力学性能,耐磨性和耐蚀性能好,可以焊接,不易钎焊,大型铸件自700℃空冷可以防止变脆	要求强度高、耐磨、耐蚀的重型铸件,如轴套、螺母、蜗轮以及250℃以下工作的管配件
	J	540	200	15	1080*		
	Li,La	540	200	15	1080*		

(续)

合 金 牌 号	铸造方法	力学性能, 不低于				特 性	应 用 举 例
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸 长 率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS)		
ZCuAl10Fe3Mn2	S	490	—	15	1080	具有高的力学性能和耐磨性, 可热处理, 高温下耐腐蚀性和抗氧化性能好, 在大气、淡水和海水中耐腐蚀性好, 可以焊接, 不易钎焊, 大型铸件自700℃空冷可以防止变脆	要求强度高、耐磨、耐腐蚀的零件, 如齿轮、轴承、衬套、管嘴, 以及耐热管配件等
	J	540	—	20	1175		
ZCuZn38	S	295	—	30	590	具有优良的铸造性能和较高的力学性能, 切削加工性能好, 可以焊接, 耐腐蚀性较好, 有应力腐蚀开裂倾向	一般结构件和耐蚀零件, 如法兰、阀座、支架、手柄和螺母等
	J	295	—	30	685		
ZCuZn25Al6Fe3Mn3	S	725	380	10	1570*	有很高的力学性能, 铸造性能良好, 耐腐蚀性较好, 有应力腐蚀开裂倾向, 可以焊接	适用高强、耐磨零件, 如桥梁支承板、螺母、螺杆、耐磨板、滑块和蜗轮等
	J	740	400	7	1665*		
	Li, La	740	400	7	1665*		
ZCuZn26Al4Fe3Mn3	S	600	300	18	1175*	有很高的力学性能, 铸造性能良好, 在空气、淡水和海水中耐腐蚀性较好, 可以焊接	要求强度高, 耐蚀零件
	J	600	300	18	1275*		
	Li, La	600	300	18	1275*		
ZCuZn31Al2	S	295	—	12	785	铸造性能良好, 在空气、淡水、海水中耐腐蚀性较好, 易切削, 可以焊接	适用于压力铸造, 如电机、仪表等压铸件, 以及造船和机械制造业的耐蚀零件
	J	390	—	15	885		
ZCuZn35Al2Mn2Fe2	S	450	170	20	980*	具有高的力学性能和良好的铸造性能, 在大气、淡水、海水中有较好的耐腐蚀性, 切削性能好, 可以焊接	管路配件和要求不高的耐蚀件
	J	475	200	18	1080*		
	Li, La	475	200	18	1080*		
ZCuZn38Mn2Pb2	S	245	—	10	685	有较高的力学性能和耐腐蚀性, 耐磨性较好, 切削性能良好	一般用途的结构件, 船舶、仪表等使用的外型简单的铸件, 如套筒、衬套、轴瓦、滑块等
	J	345	—	18	785		
ZCuZn40Mn2	S	345	—	20	785	有较高的力学性能和耐腐蚀性, 铸造性能好, 受热时组织稳定	在空气、淡水、海水、蒸汽(小于300℃)和各种液体燃料中工作的零件和阀体、阀杆、泵、管接头, 以及需要浇注巴氏合金和镀锡零件等
	J	390	—	25	885		
ZCuZn40Mn3Fe1	S	440	—	18	980	有高的力学性能, 良好的铸造性能和切削加工性能, 在空气、淡水、海水中耐腐蚀性较好, 有应力腐蚀开裂倾向	耐海水腐蚀的零件, 以及300℃以下工作的管配件, 制造船舶螺旋桨等大型铸件
	J	490	—	15	1080		
ZCuZn33Pb2	S	180	70	12	490*	结构材料, 给水温度为90℃时抗氧化性能好, 电导率约为10~14MS/m	煤气和给水设备的壳体, 机器制造业, 电子技术, 精密仪器和光学仪器的部分构件和配件



(续)

合金牌号	铸造方法	力学性能,不低于				特性	应用举例
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS)		
ZCuZn40Pb2	S	220	—	15	785*	有良好的铸造性能和耐磨性,切削加工性能好,耐腐蚀性较好,在海水中存在应力腐蚀倾向	一般用途的耐磨,耐蚀零件,如轴套、齿轮等
	J	280	120	20	885*		
ZCuZn16Si4	S	345	—	15	885	具有较高的力学性能和良好的耐腐蚀性,铸造性能好,流动性高,铸件组织致密,气密性好	接触海水工作的管配件以及水泵、叶轮、旋塞和在空气、淡水、油、燃料,以及工作压力在4.5MPa和250℃以下蒸汽中工作的铸件
	J	390	—	20	980		

注:S—砂型铸造,J—金属型铸造,La—连续铸造,Li—离心铸造。

\*为参考数值。

### 2.3 压铸铜合金(见表 3.2-12、表 3.2-13)

表 3.2-12 压铸铜合金牌号及化学成分(摘自 GB/T 15116—1994)

合金牌号	合金代号	化学成分(质量分数)(%)															
		主要成分							杂质含量 ≤								
		Cu	Pb	Al	Si	Mn	Fe	Zn	Fe	Si	Ni	Sn	Mn	Al	Pb	Sb	总和
YZCuZn40Pb	YT40-1 铅黄铜	58.0	0.5	0.2	—	—	—	余	0.8	0.05	—	—	0.5	—	—	1.0	1.5
		~ 63.0	~ 1.5	~ 0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
YZCuZn16Si4	YT16-4 硅黄铜	79.0	—	—	2.5	—	—	余	0.6	—	—	0.3	0.5	0.1	0.5	0.1	2.0
		~ 81.0	—	—	~ 4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
YZCuZn30Al3	YT30-3 铝黄铜	66.0	—	2.0	—	—	—	余	0.8	—	—	—	0.5	—	1.0	—	3.0
		~ 68.0	—	~ 3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
YZCuZn35Al2Mn2Fe	YT35-2-2-1 铝锰铁黄铜	57.0	—	0.5	—	0.1	0.5	余	—	0.1	3.0	1.0	—	—	0.5	Sb+Pb +As	2.0 <sup>①</sup>
		~ 65.0	—	~ 2.5	—	~ 3.0	~ 2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	

① 杂质总和和中不包括Ni。

表 3.2-13 压铸铜合金力学性能及应用(摘自 GB/T 15116—1994)

牌号	与 JB3071 1982 旧牌号对照 (代号)	力学性能 ≥			特性及应用
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS) 5/250/30	
YZCuZn40Pb	YZCuZn40Pb1 (Y591)	300	6	85	塑性、耐磨性高,优良的切削性及耐腐蚀性,但强度不高。适于制作一般用途的耐磨、耐蚀零件,如轴套、齿轮等
YZCuZn16Si4	YZCuZn17Si3 (Y803)	345	25	85	塑性、耐腐蚀性均好,高强度、铸造性能优良,切削性和耐磨性能一般。适于制造普通腐蚀介质中工作的管配件、阀体、盖以及各种形状较复杂的铸件
YZCuZn30Al3	YZCuZn30Al3 (Y672)	400	15	110	高强度、高耐磨性,铸造性能好,耐大气腐蚀好,耐其他介质一般,切削性能不好。适于制造在空气中工作的各种耐蚀件
YZCuZn35Al2Mn2Fe		475	3	130	力学性能好,铸造性好。在大气、海水、淡水中有很好的耐蚀性。适于制作管路配件和一般要求的耐磨件

### 3 锌合金

#### 3.1 铸造锌合金(见表 3.2-14、表 3.2-15)

表 3.2-14 铸造锌合金牌号及化学成分(摘自 GB/T1175—1997)

合金牌号	合金代号	化学成分(质量分数)(%)									
		合金元素				杂质含量≤					杂质总和
Al	Cu	Mg	Zn	Fe	Pb	Cd	Sn	其他			
ZZnAl4Cu1Mg	ZA4-1	3.5~4.5	0.75~1.25	0.03~0.08	余量	0.1	0.015	0.005	0.003	—	0.2
ZZnAl4Cu3Mg	ZA4-3	3.5~4.3	2.5~3.2	0.03~0.06	余量	0.075	Pb+Cd 0.009		0.002	—	—
ZZnAl6Cu1	AZ6-1	5.6~6.0	1.2~1.6	—	余量	0.075	Pb+Cd 0.009		0.002	Mg0.005	—
ZZnAl8Cu1Mg	ZA8-1	8.0~8.8	0.8~1.3	0.015~0.030	余量	0.075	0.006	0.006	0.003	Mn0.01 Cr0.01 Ni0.01	—
ZZnAl9Cu2Mg	ZA9-2	8.0~10.0	1.0~2.0	0.03~0.06	余量	0.2	0.03	0.02	0.01	Si0.1	0.35
ZZnAl11Cu1Mg	ZA11-1	10.5~11.5	0.5~1.2	0.015~0.030	余量	0.075	0.006	0.006	0.003	Mn0.01 Cr0.01 Ni0.01	—
ZZnAl11Cu5Mg	ZA11-5	10.0~12.0	4.0~5.5	0.03~0.06	余量	0.2	0.03	0.02	0.01	Si0.05	0.35
ZZnAl27Cu2Mg	ZA27-2	25.0~28.0	2.0~2.5	0.010~0.020	余量	0.075	0.006	0.006	0.003	Mn0.01 Cr0.01 Ni0.01	—

表 3.2-15 铸造锌合金的力学性能(摘自 GB/T1175—1997)

合金牌号	合金代号	铸造方法及状态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa ≥	伸长率 $\delta_5$ (%) ≥	布氏硬度 HBS
ZZnAl 4Cu1Mg	ZA4-1	JF	175	0.5	80
ZZnAl 4Cu3Mg	ZA4-3	SF	220	0.5	90
		JF	240	1	100
ZZnAl 6Cu1	ZA6-1	SF	180	1	80
		JF	220	1.5	80
ZZnAl 8Cu1Mg	ZA8-1	SF	250	1	80
		JF	225	1	85
ZZnAl 9Cu2Mg	ZA9-2	SF	275	0.7	90
		JF	315	1.5	105
ZZnAl 11Cu1Mg	ZA11-1	SF	280	1	90
		JF	310	1	90
ZZnAl 11Cu5Mg	ZA11-5	SF	275	0.5	80
		JF	295	1.0	100
ZZnAl 27Cu2Mg	ZA27-2	SF	400	3	110
		ST3	310	8	90
		JF	420	1	110

注: 1. 工艺代号: S—砂型铸造, J—金属型铸造, F—铸态, T3—均匀化处理。

2. T3 工艺为 320℃、3h、炉冷。

3. 锌合金的熔点低、流动性好、耐磨性好、有接近黄铜的力学性能, 广泛用于汽车、拖拉机、机械制造等工业部门, 铸造锌合金的应用推广会得到很好的经济效益。如 ZA4-1 适于复杂形状的铸件、压铸小尺寸的高强度、耐腐蚀性的零件; ZA9-2 可用于代替锡青铜和低锡巴氏合金, 制造复杂形状零件及滑动轴承; ZA4-3、ZA6-1 均可用于压铸各种零件。

3.2 压铸锌合金 (见表 3.2-16)

表 3.2-16 压铸锌合金牌号、化学成分及力学性能 (摘自 GB/T13818—1992)

合金牌号	合金代号	化学成分(质量分数)(%)									力学性能≥			
		主要成分					杂质含量≤				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) $L_0=50$	布氏硬度 (HBS) 5/250/30	冲击吸 收功 $A_K$ /J
		Al	Cu	Mg	Zn	Fe≤	Pb	Sn	Cd	Cu				
ZZnAl4Y	YX040	3.5~ 4.3	—	0.02~ 0.06	余量	0.1	0.005	0.003	0.004	0.25	250	1	80	35
ZZnAl4Cu1Y	YX041	3.5~ 4.3	0.75~ 1.25	0.03~ 0.08	余量	0.1	0.005	0.003	0.004	—	270	2	90	39
ZZnAl4Cu3Y	YX043	3.5~ 4.3	2.5~ 3.0	0.02~ 0.06	余量	0.1	0.005	0.003	0.004	—	320	2	95	42

注: 1. 在合金牌号前面以字母“Z”(“铸”字汉语拼音第一字母)表示属于铸造合金,在合金牌号后面书写“Y”(“压”字汉语拼音第一个字母)表示用于压力铸造。  
2. 压铸锌合金应用较广泛, YX040用于压铸较大的铸件,如汽车、仪表零件外壳; YX041广泛用于各种压铸零件及复杂形状铸件; YX043适于压铸各种零件。

4 铝及铝合金

4.1.1 变形铝及铝合金牌号及化学成分 (见表 3.2-17)

4.1 变形铝及铝合金

表 3.2-17 变形铝及铝合金牌号及化学成分 (摘自 GB/T3190—1996)

牌号	化学成分(质量分数)(%)											备注			
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	其他		Al		
											单个			合计	
1A99	0.003	0.003	0.005	—	—	—	—	—	—	—	0.002	—	99.99	LG5	
1A97	0.015	0.015	0.005	—	—	—	—	—	—	—	0.005	—	99.97	LG4	
1A95	0.030	0.030	0.010	—	—	—	—	—	—	—	0.005	—	99.95	—	
1A93	0.040	0.040	0.010	—	—	—	—	—	—	—	0.007	—	99.93	LG3	
1A90	0.060	0.060	0.010	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	99.90	LG2	
1A85	0.08	0.10	0.01	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	99.85	LG1	
1A80	0.15	0.15	0.03	0.02	0.02	—	—	0.03	Ca;0.03;V;0.05	0.03	—	0.02	—	99.80	—
1A80A	0.15	0.15	0.03	0.02	0.02	—	—	0.06	Ca;0.03	0.02	—	0.02	—	99.80	—
1070	0.20	0.25	0.04	0.03	0.03	—	—	0.04	V;0.05	0.03	—	0.03	—	99.70	—
1070A	0.20	0.25	0.03	0.03	0.03	—	—	0.07	—	0.03	—	0.03	—	99.70	代 L1
1370	0.10	0.25	0.02	0.01	0.02	0.01	—	0.04	Ca;0.03;V+Ti;0.02 B;0.02	—	—	0.02	0.10	99.70	—
1060	0.25	0.35	0.05	0.03	0.03	—	—	0.05	V;0.05	0.03	—	0.03	—	99.60	代 L2
1050	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	—	—	0.05	V;0.05	0.03	—	0.03	—	99.50	—
1050A	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	—	—	0.07	—	0.05	—	0.03	—	99.50	代 L3
1A50	0.30	0.30	0.01	0.05	0.05	—	—	0.03	Fe+Si;0.45	—	—	0.03	—	99.50	LB2
1350	0.10	0.40	0.05	0.01	—	0.01	—	0.05	Ca;0.03;V+Ti;0.02 B;0.05	—	—	0.03	0.10	99.50	—
1145	Si+Fe;0.55	0.05	0.05	0.05	—	—	—	0.05	V;0.05	0.03	—	0.03	—	99.45	—
1035	0.35	0.6	0.10	0.05	0.05	—	—	0.10	V;0.05	0.03	—	0.03	—	99.35	代 L4
1A30	0.10~ 0.20	0.15~ 0.30	0.05	0.01	0.01	—	0.01	0.02	—	0.02	—	0.03	—	99.30	L4-1
1100	Si+Fe;0.95	0.05~ 0.20	0.05	—	—	—	—	0.10	①	—	—	0.05	0.15	99.00	代 L5-1
1200	Si+Fe;1.00	0.05	0.05	—	—	—	—	0.10	—	0.05	—	0.05	0.15	99.00	代 L5
1235	Si+Fe;0.65	0.05	0.05	0.05	—	—	—	0.10	V;0.05	0.06	—	0.03	—	99.35	—

(续)

牌号	化学成分(质量分数)(%)														备注
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn		Ti	Zr	其他		Al	
												单个	合计		
2A01	0.50	0.50	2.2~ 3.0	0.20	0.20~ 0.50	—	—	0.10	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY1
2A02	0.30	0.30	2.6~ 3.2	0.45~ 0.7	2.0~ 2.4	—	—	0.10	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY2
2A04	0.30	0.30	3.2~ 3.7	0.50~ 0.8	2.1~ 2.6	—	—	0.10	Be:0.001~0.01 <sup>②</sup>	0.05~ 0.40	—	0.05	0.10	余量	LY4
2A06	0.50	0.50	3.8~ 4.3	0.50~ 1.0	1.7~ 2.3	—	—	0.10	Be:0.001~0.005 <sup>②</sup>	0.03~ 0.15	—	0.05	0.10	余量	LY6
2A10	0.25	0.20	3.9~ 4.5	0.30~ 0.50	0.15~ 0.30	—	—	0.10	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY10
2A11	0.7	0.7	3.8~ 4.8	0.40~ 0.8	0.40~ 0.8	—	0.10	0.30	Fe+Ni:0.7	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY11
2B11	0.50	0.50	3.8~ 4.5	0.40~ 0.8	0.40~ 0.8	—	—	0.10	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY8
2A12	0.50	0.50	3.8~ 4.9	0.30~ 0.9	1.2~ 1.8	—	0.10	0.30	Fe+Ni:0.50	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY12
2B12	0.50	0.50	3.8~ 4.5	0.30~ 0.7	1.2~ 1.6	—	—	0.10	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY9
2A13	0.7	0.6	4.0~ 5.0	—	0.30~ 0.50	—	—	0.6	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LY13
2A14	0.6~ 1.2	0.7	3.9~ 4.8	0.40~ 1.0	0.40~ 0.8	—	0.10	0.30	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LD10
2A16	0.30	0.30	6.0~ 7.0	0.40~ 0.8	0.05	—	—	0.10	—	0.10~ 0.20	0.20	0.05	0.10	余量	LY16
2B16	0.25	0.30	5.8~ 6.8	0.20~ 0.40	0.05	—	—	—	V:0.05~0.15	0.08~ 0.20	0.10~ 0.25	0.05	0.10	余量	LY16-1*
2A17	0.30	0.30	6.0~ 7.0	0.40~ 0.8	0.25~ 0.45	—	—	0.10	—	0.10~ 0.20	—	0.05	0.10	余量	LY17
2A20	0.20	0.30	5.8~ 6.8	—	0.02	—	—	0.10	V:0.05~0.15 B:0.001~0.01	0.07~ 0.16	0.10~ 0.25	0.05	0.15	余量	LY20
2A21	0.20	0.20~ 0.6	3.0~ 4.0	0.05	0.8~ 1.2	—	1.8~ 2.3	0.20	—	0.05	—	0.05	0.15	余量	214*
2A25	0.06	0.06	3.6~ 4.2	0.50~ 0.7	1.0~ 1.5	—	0.06	—	—	—	—	0.05	0.10	余量	225*
2A49	0.25	0.8~ 1.2	3.2~ 3.8	0.30~ 0.6	1.8~ 2.2	—	0.8~ 1.2	—	—	0.08~ 0.12	—	0.05	0.15	余量	149*
2A50	0.7~ 1.2	0.7	1.8~ 2.6	0.40~ 0.8	0.40~ 0.8	—	0.10	0.30	Fe-Ni:0.7	0.15	—	0.05	0.10	余量	LD5
2B50	0.7~ 1.2	0.7	1.8~ 2.6	0.40~ 0.8	0.40~ 0.8	0.01~ 0.20	0.10	0.30	Fe+Ni:0.7	0.20~ 0.10	—	0.05	0.10	余量	LD6
2A70	0.35	0.9~ 1.5	1.9~ 2.5	0.20	1.4~ 1.8	—	0.9~ 1.5	0.30	—	0.02~ 0.10	—	0.05	0.10	余量	LD7
2B70	0.25	0.9~ 1.4	1.8~ 2.7	0.20	1.2~ 1.8	—	0.8~ 1.4	0.15	Pb:0.05;Sn:0.05 Ti+Zr:0.20	0.10	—	0.05	0.15	余量	LD7-1*
2A80	0.50~ 1.2	1.0~ 1.6	1.9~ 2.5	0.20	1.4~ 1.8	—	0.9~ 1.5	0.30	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LD8
2A90	0.50~ 1.0	0.50~ 1.0	3.5~ 4.5	0.20	0.40~ 0.8	—	1.8~ 2.3	0.30	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LD9
2004	0.20	0.20	5.5~ 6.5	0.10	0.50	—	—	0.10	—	0.05	0.30~ 0.50	0.05	0.15	余量	—
2011	0.40	0.7	5.0~ 6.0	—	—	—	—	0.30	Bi:0.20~0.6 Pb:0.20~0.6	—	—	0.05	0.15	余量	—

(续)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)														备 注
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	其 他		Al		
											单 个	合 计			
2014	0.50~ 1.2	0.7	3.9~ 5.0	0.40~ 1.2	0.20~ 0.8	0.10	--	0.25	③	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
2014A	0.50~ 0.9	0.50	3.9~ 5.0	0.40~ 1.2	0.20~ 0.8	0.10	0.10	0.25	Ti+Zr:0.20	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
2214	0.50~ 1.2	0.30	3.9~ 5.0	0.40~ 1.2	0.20~ 0.8	0.10	—	0.25	③	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
2017	0.20~ 0.8	0.7	3.5~ 4.5	0.40~ 1.0	0.40~ 0.8	0.10	—	0.25	③	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
2017A	0.20~ 0.8	0.7	3.5~ 4.5	0.40~ 1.0	0.40~ 1.0	0.10	—	0.25	Ti+Zr:0.25	—	—	0.05	0.15	余量	—
2117	0.8	0.7	2.2~ 3.0	0.20	0.20~ 0.50	0.10	—	0.25	—	—	—	0.05	0.15	余量	—
2218	0.9	1.0	3.5~ 4.5	0.20	1.2~ 1.8	0.10	1.7~ 2.3	0.25	—	—	—	0.05	0.15	余量	—
2618	0.10~ 0.25	0.9~ 1.3	1.9~ 2.7	—	1.3~ 1.8	—	0.9~ 1.2	0.10	—	0.04~ 0.10	—	0.05	0.15	余量	—
2219	0.20	0.30	5.8~ 6.8	0.20~ 0.40	0.02	—	—	0.10	V:0.05~ 0.15	0.20~ 0.10	0.10~ 0.25	0.05	0.15	余量	LY19
2024	0.50	0.50	3.8~ 4.9	0.30~ 0.9	1.2~ 1.8	0.10	—	0.25	③	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
2124	0.20	0.30	3.8~ 4.9	0.30~ 0.9	1.2~ 1.8	0.10	—	0.25	③	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
3A21	0.6	0.7	0.20	1.0~ 1.6	0.05	—	—	0.10④	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LF21
3003	0.6	0.7	0.05~ 0.20	1.0~ 1.5	—	—	—	0.10	—	—	—	0.05	0.15	余量	—
3103	0.50	0.7	0.10	0.9~ 1.5	0.30	0.10	—	0.20	Ti+Zr:0.10	—	—	0.05	0.15	余量	—
3004	0.30	0.7	0.25	1.0~ 1.5	0.8~ 1.3	—	—	0.25	—	—	—	0.05	0.15	余量	—
3005	0.6	0.7	0.30	1.0~ 1.5	0.20~ 0.6	0.10	—	0.25	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
3105	0.6	0.7	0.30	0.30~ 0.8	0.20~ 0.8	0.20	—	0.40	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
4A01	4.5~ 6.0	0.6	0.20	—	—	—	—	Zn+Sn: 0.10	—	0.15	—	0.05	0.15	余量	LT1
4A11	11.5~ 13.5	1.0	0.50~ 1.3	0.20	0.8~ 1.3	0.10	0.50~ 1.3	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量	LD11
4A13	6.8~ 8.2	0.50	Cu+Zn: 0.15	0.50	0.05	—	—	—	Ca:0.10	0.15	—	0.05	0.15	余量	LT13
4A17	11.0~ 12.5	0.50	Cu+Zn: 0.15	0.50	0.05	—	—	—	Ca:0.10	0.15	—	0.05	0.15	余量	LT17
4004	9.0~ 10.5	0.8	0.25	0.10	1.0~ 2.0	—	—	0.20	—	—	—	0.05	0.15	余量	—
4032	11.0~ 13.5	1.0	0.50~ 1.3	—	0.8~ 1.3	0.10	0.50~ 1.3	0.25	—	—	—	0.05	0.15	余量	—
4043	4.5~ 6.0	0.8	0.30	0.05	0.05	—	—	0.10	①	0.20	—	0.05	0.15	余量	—
4043A	4.5~ 6.0	0.6	0.30	0.15	0.20	—	—	0.10	①	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
4047	11.0~ 13.0	0.8	0.30	0.15	0.10	—	—	0.20	①	—	—	0.05	0.15	余量	—

(续)

牌号	化学成分(质量分数)(%)													备注	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn		Ti	Zr	其他 单个合计	Al		
4047A	11.0~ 13.0	0.6	0.30	0.15	0.10			0.20		①	0.15	0.05	0.15	余量	—
5A01	Si+Fe: 0.40	0.10	0.30~ 0.7	6.0~ 7.0	0.10~ 0.20	—	0.25	—		0.15	0.10~ 0.20	0.05	0.15	余量	LF15
5A02	0.40	0.40	0.10	或Cr 0.15~ 0.40	2.0~ 2.8	—	—			Si-Fe:0.6	0.15	—	0.05	0.15	余量 LF2
5A03	0.50~ 0.8	0.50	0.10	0.30~ 0.6	3.2~ 3.8	—	—	0.20		—	0.15	—	0.05	0.10	余量 LF3
5A05	0.50	0.50	0.10	0.30~ 0.6	4.8~ 5.5	—	—	0.20		—	—	—	0.05	0.10	余量 LF5
5B05	0.40	0.40	0.20	0.20~ 0.6	4.7~ 5.7	—	—	—		Si-Fe:0.6	0.15	—	0.05	0.10	余量 LF10
5A06	0.40	0.40	0.10	0.50~ 0.8	5.8~ 6.8	—	—	0.20		Be:0.0001 ~0.005 <sup>②</sup>	0.02~ 0.10	—	0.05	0.10	余量 LF6
5B06	0.40	0.40	0.10	0.50~ 0.8	5.8~ 6.8	—	—	0.20		Be:0.0001 0.005 <sup>②</sup>	0.10~ 0.30	—	0.05	0.10	余量 LF14
5A12	0.30	0.30	0.05	0.40~ 0.8	8.3~ 9.6	—	0.10	0.20		Be:0.005 Sb:0.004~0.05	0.05~ 0.15	—	0.05	0.10	余量 LF12
5A13	0.30	0.30	0.05	0.40~ 0.8	9.2~ 10.5	—	0.10	0.20		Be:0.005 Sb:0.004~0.05	0.05~ 0.15	—	0.05	0.10	余量 LF13
5A30	Si+Fe:0.40	0.10	0.10	0.50~ 1.0	4.7~ 5.5	—	—	0.25		Cr:0.05~0.20	0.03~ 0.15	—	0.05	0.10	余量 LF16
5A33	0.35	0.35	0.10	0.10	6.0~ 7.5	—	—	0.50~ 1.5		Be:0.0005 ~0.005 <sup>②</sup>	0.05~ 0.15	0.10~ 0.30	0.05	0.10	余量 LF33
5A41	0.40	0.40	0.10	0.30~ 0.6	6.0~ 7.0	—	—	0.20		—	0.02~ 0.10	—	0.05	0.10	余量 LT41
5A43	0.40	0.40	0.10	0.15~ 0.40	0.6~ 1.4	—	—	—		—	0.15	—	0.05	0.15	余量 LF43
5A66	0.005	0.01	0.005	—	1.5~ 2.0	—	—	—		—	—	—	0.005	0.01	余量 LT66
5005	0.30	0.7	0.20	0.20	0.50~ 1.1	0.10	—	0.25		—	—	—	0.05	0.15	余量 —
5019	0.40	0.50	0.10	0.10~ 0.6	4.5~ 5.6	0.20	—	0.20		Mn+Cr:0.10~0.6	0.20	—	0.05	0.15	余量 —
5050	0.40	0.70	0.20	0.10	1.1~ 1.8	0.10	—	0.25		—	—	—	0.05	0.15	余量 —
5251	0.40	0.50	0.15	0.10~ 0.50	1.7~ 2.4	0.15	—	0.15		—	0.15	—	0.05	0.15	余量 —
5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2~ 2.8	0.15~ 0.35	—	0.10		—	—	—	0.05	0.15	余量 —
5154	0.50	0.40	0.10	0.10	3.1~ 3.9	0.15~ 0.35	—	0.20		①	0.20	—	0.05	0.15	余量 —
5154A	0.50	0.50	0.10	0.50	3.1~ 3.9	0.25	—	0.20		① Mn+Cr:0.10~0.50	0.20	—	0.05	0.15	余量 —
5454	0.25	0.40	0.10	0.50~ 1.0	2.4~ 3.0	0.05~ 0.20	—	0.25		—	0.20	—	0.05	0.15	余量 —
5554	0.25	0.40	0.10	0.50~ 1.0	2.4~ 3.0	0.05~ 0.20	—	0.25		①	0.05~ 0.20	—	0.05	0.15	余量 —
5754	0.40	0.40	0.10	0.50	2.6~ 3.6	0.30	—	0.20		Mn+Cr:0.10~0.6	0.15	—	0.05	0.15	余量 —
5056	0.30	0.40	0.10	0.05~ 0.20	4.5~ 5.6	0.05~ 0.20	—	0.10		—	—	—	0.05	0.15	余量 LF5-1

(续)

牌号	化学成分(质量分数)(%)											备注			
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn		Ti	Zr		其他 单个合计	Al	
5356	0.25	0.40	0.10	0.05~ 0.20	4.5~ 5.5	0.05~ 0.20	—	0.10	①	0.06~ 0.20	—	0.05	0.15	余量	—
5456	0.25	0.40	0.10	0.50~ 1.0	4.7~ 5.5	0.05~ 0.20	—	0.25	—	0.20	—	0.05	0.15	余量	—
5082	0.20	0.35	0.15	0.15	4.0~ 5.0	0.15	—	0.25	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
5182	0.20	0.35	0.15	0.20~ 0.50	4.0~ 5.0	0.10	—	0.25	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
5083	0.40	0.40	0.10	0.40~ 1.0	4.0~ 4.9	0.05~ 0.25	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量	LF4
5183	0.40	0.40	0.10	0.50~ 1.0	4.3~ 5.2	0.05~ 0.25	—	0.25	①	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
5086	0.40	0.50	0.10	0.20~ 0.7	3.5~ 4.5	0.05~ 0.25	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量	—
6A02	0.50~ 1.2	0.50	0.20~ 0.6	或Cr 0.15~ 0.35	0.45~ 0.9	—	—	0.20	—	0.15	—	0.05	0.10	余量	LD2
6B02	0.7~ 1.1	0.40	0.10~ 0.40	0.10~ 0.30	0.40~ 0.8	—	—	0.15	—	0.01~ 0.04	—	0.05	0.10	余量	LD2-1
6A51	0.50~ 0.7	0.50	0.15~ 0.35	—	0.45~ 0.6	—	—	0.25	Sn:0.15~0.35	0.01~ 0.04	—	0.05	0.15	余量	651*
6101	0.30~ 0.7	0.50	0.10	0.03	0.35~ 0.8	0.03	—	0.10	B:0.06	—	—	0.03	0.10	余量	—
6101A	0.30~ 0.7	0.40	0.05	—	0.40~ 0.9	—	—	—	—	—	—	0.03	0.10	余量	—
6005	0.6~ 0.9	0.35	0.10	0.10	0.40~ 0.6	0.10	—	0.10	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
6005A	0.50~ 0.9	0.35	0.30	0.50	0.40~ 0.7	0.30	—	0.20	Mn+Cr:0.12~0.50	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
6351	0.7~ 1.3	0.50	0.10	0.40~ 0.8	0.40~ 0.8	—	—	0.20	—	0.20	—	0.05	0.15	余量	—
6060	0.30~ 0.6	0.10~ 0.30	0.10	0.10	0.35~ 0.6	0.05	—	0.15	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
6061	0.40~ 0.8	0.7	0.15~ 0.40	0.15	0.8~ 1.2	0.04~ 0.35	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量	LD30
6063	0.20~ 0.6	0.35	0.10	0.10	0.45~ 0.9	0.10	—	0.10	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	LD31
6063A	0.30~ 0.6	0.15~ 0.35	0.10	0.15	0.6~ 0.9	0.05	—	0.15	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
6070	1.0~ 1.7	0.50	0.15~ 0.40	0.40~ 1.0	0.50~ 1.2	0.10	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量	LD2-2
6181	0.8~ 1.2	0.45	0.10	0.15	0.6~ 1.0	0.10	—	0.20	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
6082	0.7~ 1.3	0.50	0.10	0.40~ 1.0	0.6~ 1.2	0.25	—	0.20	—	0.10	—	0.05	0.15	余量	—
7A01	0.30	0.30	0.01	—	—	—	—	0.9~ 1.3	Si+Fe:0.45	—	—	0.03	—	余量	LB1
7A03	0.20	0.20	1.8~ 2.4	0.10	1.2~ 1.6	0.05	—	6.0~ 6.7	—	0.02~ 0.08	—	0.05	0.10	余量	LC3
7A04	0.50	0.50	1.4~ 2.0	0.20~ 0.6	1.8~ 2.8	0.10~ 0.25	—	5.0~ 7.0	—	0.10	—	0.05	0.10	余量	LC4
7A05	0.25	0.25	0.20	0.15~ 0.40	1.1~ 1.7	0.05~ 0.15	—	4.4~ 5.0	—	0.02~ 0.06	0.10~ 0.25	0.05	0.15	余量	705*

(续)

牌 号	化学成分(质量分数)(%)													备 注	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr	其 他		Al		
											单 个	合 计			
7A09	0.50	0.50	1.2~2.0	0.15	2.0~3.0	0.16~0.30	—	5.1~6.1	—	0.10	—	0.05	0.10	余量	LC9
7A10	0.30	0.30	0.50~1.0	0.20~0.35	3.0~4.0	0.10~0.20	—	3.2~4.2	—	0.10	—	0.05	0.10	余量	LC10
7A15	0.50	0.50	0.50~1.0	0.10~0.40	2.4~3.0	0.10~0.30	—	4.4~5.4	Be:0.005~0.01	0.05~0.15	—	0.05	0.15	余量	LC15
7A19	0.30	0.40	0.08~0.30	0.30~0.50	1.3~1.9	0.10~0.20	—	4.5~5.3	Be:0.0001~0.004 <sup>②</sup>	—	0.08~0.20	0.05	0.15	余量	LC19
7A31	0.30	0.6	0.10~0.40	0.20~0.40	2.5~3.3	0.10~0.20	—	3.6~4.5	Be:0.0001~0.001 <sup>②</sup>	0.02~0.10	0.08~0.25	0.05	0.15	余量	183-1*
7A33	0.25	0.30	0.25~0.55	0.05	2.2~2.7	0.10~0.20	—	4.6~5.4	—	0.05	—	0.05	0.10	余量	LB733*
7A52	0.25	0.30	0.05~0.20	0.20~0.50	2.0~2.8	0.15~0.25	—	4.0~4.8	—	0.05~0.18	0.05~0.15	0.05	0.15	余量	LC52
7003	0.30	0.35	0.20	0.30	0.50~1.0	0.20	—	5.0~6.5	—	0.20	0.05~0.25	0.05	0.15	余量	LC12
7005	0.35	0.40	0.10	0.20~0.7	1.0~1.8	—	—	4.0~5.0	—	0.01~0.06	0.08~0.20	0.05	0.15	余量	—
7020	0.35	0.40	0.20	0.05~0.50	1.0~1.4	0.10~0.35	—	4.0~5.0	Zr-Ti:0.08~0.25	—	0.08~0.20	0.05	0.15	余量	—
7022	0.50	0.50	0.50~1.0	0.10~0.40	2.6~3.7	0.10~0.30	—	4.3~5.2	Zr+Ti:0.20	—	—	0.05	0.15	余量	—
7050	0.12	0.15	2.0~2.6	0.10	1.9~2.6	0.04	—	5.7~6.7	—	0.06	0.08~0.15	0.05	0.15	余量	—
7075	0.40	0.50	1.2~2.0	0.30	2.1~2.9	0.18~0.28	—	5.1~6.1	③	0.20	—	0.05	0.15	余量	—
7475	0.10	0.12	1.2~1.9	0.06	1.9~2.6	0.18~0.25	—	5.2~6.2	—	0.06	—	0.05	0.15	余量	—
8A06	0.55	0.50	0.10	0.10	0.10	—	—	0.10	Fe+Si:1.0	—	—	0.05	0.15	余量	L6
8011	0.50~0.9	0.6~1.0	0.10	0.20	0.05	0.05	—	0.10	—	0.08	—	0.05	0.15	余量	LT98*
8090	0.20	0.30	1.0~1.6	0.10	0.6~1.3	0.10	—	0.25	Li:2.2~2.7	0.10	0.04~0.16	0.05	0.15	余量	—

- 注:1. GB/T 3190—1996 代替 GB3190—1982。仅在供需双方商定时,对挤压和锻造产品限定 Ti+Zr 含量不大于 0.25%。  
 2. 本表含量有上、下限者为合金元素,含量为单个数值者,铝为最低限,其他杂质元素为最高限,“其他”一栏系指未列出或未规定数值的金属元素。  
 3. 备注栏中的牌号为旧牌号对照;带\*号者是在以前工业生产中曾用过的牌号,经鉴定,但没有收入 GB3190—1982 中;带“代”字者是指与新牌号的化学成分相近,且符合 GB3190—1982 规定的牌号;其他均为 GB3190—1982 规定的旧牌号。  
 ① 用于电焊条和堆焊时,铍含量不大于 0.0008%。  
 ② 铍含量均按规定量加入,可不作分析。  
 ③ 仅在供需双方商定时,对挤压和锻造产品限定 Ti+Zr 含量不大于 0.20%。  
 ④ 作铆钉线材的 3A21 合金的锌含量应不大于 0.03%。

4.1.2 变形铝及铝合金产品状态代号(见表 3.2-18)

表 3.2-18 变形铝及铝合金产品基础状态、T 细分状态代号及新旧代号对照(摘自 GB/T 16475—1996)

基础状态代号	代号	名称	说明与应用
	F	自由加工状态	适用于在成型过程中,对于加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品,该状态产品的力学性能不作规定
O	退火状态	适用于经完全退火获得最低强度的加工产品	
H	加工硬化状态	适用于通过加工硬化提高强度的产品,产品在加工硬化后可经过(也可不经过)使强度有所降低的附加热处理 H 代号后面必须跟有两位或三位阿拉伯数字	
W	固溶处理状态	一种不稳定状态,仅适用于经固熔热处理后,室温下自然时效的合金,该状态代号仅表示产品处于自然时效阶段	
T	热处理状态 (不同于 F、O、H 状态)	适用于热处理后,经过(或不经过)加工硬化达到稳定状态的产品,T 代号后面必须跟一位或多位阿拉伯数字	



(续)

T 细 分 状 态 代 号	代号	说明与应用
	T0	固溶热处理后,经自然时效再通过冷加工的状态 适用于经过加工提高强度的产品
	T1	由高温成型过程冷却,然后自然时效至基本稳定的状态 适用于由高温成型过程冷却后,不再进行冷加工(可进行矫直、矫平,但不影响力学性能极限)的产品
	T2	由高温成型过程冷却,经冷加工后自然时效至基本稳定的状态 适用于由高温成型过程冷却后,进行冷加工、或矫直、矫平以提高强度的产品
	T3	固溶热处理后进行冷加工,再经自然时效至基稳定的状态 适用于在固溶热处理后,进行冷加工、或矫直、矫平以提高强度的产品
	T4	固溶热处理后自然时效至基本稳定的状态 适用于固溶热处理后,不再进行冷加工(可进行矫直、矫平,但不影响力学性能极限)的产品
	T5	由高温成型过程冷却,然后进行人工时效的状态 适用于由高温成型过程冷却后,不经过冷加工(可进行矫直、矫平,但不影响力学性能极限),予以人工时效的产品
	T6	固溶热处理后进行人工时效的状态 适用于固溶热处理后,不再进行冷加工(可进行矫直、矫平,但不影响力学性能极限)的产品
	T7	固溶热处理后进行过时效的状态 适用于固溶热处理后,为获取某些重要特性,在人工时效时,强度在时效直线上越过了最高峰点的产品
	T8	固溶热处理后经冷加工,然后进行人工时效的状态 适用于经冷加工、或矫直、矫平以提高强度的产品
	T9	固溶热处理后人工时效,然后进行冷加工的状态 适用于经冷加工提高强度的产品
T10	由高温成型过程冷却后,进行冷加工,然后人工时效的状态 适用于经冷加工、或矫直、矫平以提高强度的产品	

新 旧 状 态 代 号 对 照	旧代号	新代号	旧代号	新代号
	M	O	CYS	TX51、TX52等
	R	H112或F	CZY	T0
	Y	HX8	CSY	T9
	Y1	HX6	MCS	T62
	Y2	HX4	MCZ	T42
	Y4	HX2	CGS1	T73
	T	HX9	CGS2	T76
	CZ	T4	CGS3	T74
	CS	T6	RCS	T5

- 注: 1. 原以R状态交货的、提供CZ、CS试样性能的产品,其状态可分别对应新代号T62、T42。  
 2. 本表旧代号指GB340—1976“有色金属及合金产品牌号表示方法”中有关变形铝及铝合金产品状态代号部分。  
 3. GB/T16475—1996代替GB340—1976有关变形铝及铝合金产品状态代号,在替换过渡期间,国内过去使用的状态、代号仍可继续使用,但新编制的技术文件应使用GB/T16475—1996规定的新代号;新标准中还明确,新旧代号自然过渡,暂不限定过渡时间。  
 4. 对于某些6××××系的合金,无论是炉内固溶热处理,还是从高温成型过程急冷以保留可溶性组分在固溶体中,均能达到相同固溶热处理效果,这些合金的T3、T4、T6、T7、T8及T9状态可以采用上述两种方法的任一种处理方法。

4.1.3 变形铝及铝合金产品特性及应用 (见表3.2-19)

表 3.2-19 铝及铝合金加工产品特性及应用

类别	新牌号	旧牌号	特 性	应 用 举 例
工业用高纯铝	1A85、1A90 1A93、1A97 1A99	LG1、LG2 LG3、LG4 LG5	工业高纯铝	主要用于生产各种电解电容器用箔材,抗酸容器等,产品有板、带、箔、管等
工业用纯铝	1060、1050A 1035、8A06	L2、L3 L4、L6	工业纯铝都具有塑性高、耐蚀、导电性和导热性好的特点,但强度低,不能通过热处理强化,切削性不好,可接受接触焊、气焊	多利用其优点制造一些具有特定性能的结构件,如铝箔制成垫片及电容器、电子管隔离网、电线、电缆的防护套、网、线芯及飞机通风系统零件及装饰件
	1A30	L4-1	特性与1060、8A06等类似,但其Fe和Si杂质含量控制严格,工艺及热处理条件特殊	主要用于航天工业和兵器工业纯铝膜片等处的板材
	1100	L5-1	强度较低,但延展性、成型性、焊接性和耐蚀性优良	主要生产板材、带材,适于制作各种深冲压制品
包覆铝	7A01 1A50	LB1 LB2	是硬铝合金和超硬铝合金的包铝板合金	7A01用于超硬铝合金板材包覆,1A50用于硬铝合金板材包覆
防锈铝	5A02	LF2	为铝镁系防锈铝,强度、塑性、耐蚀性高,具有较高的抗疲劳强度,热处理不可强化,可用接触焊氢原子焊良好焊接,冷作硬化态下可切削加工,退火态下切削性不良,可抛光	油介质中工作的结构件及导管、中等载荷的零件装饰件、焊条、铆钉等

(续)

类别	新牌号	旧牌号	特 性	应 用 举 例
防 锈 铝	5A03	LF3	铝镁系防锈铝性能与5A02相似,但焊接性优于5A02,可气焊、氩弧焊、点焊、滚焊	液体介质中工作的中等负载零件、铸件、冷冲件
	5A05 5B05	LF5 LF10	铝镁系防锈铝,抗腐蚀性高,强度与5A03类似,不能热处理强化,退火状态塑性好,半冷作硬化状态可进行切削加工,可进行氢原子焊、点焊、气焊、氩弧焊	5A05多用于在液体环境中工作的零件,如管道、容器等,5B05多用作连接铝合金、镁合金的铆钉、铆钉应退火并进行阳极化处理
	5A06	LF6	铝镁系防锈铝,强度较高,耐腐性较高,退火及挤压状态下塑性良好,可切削性良好,可亚弧焊、气焊、点焊	焊接容器,受力零件,航空工业的骨架及零件、飞机蒙皮
	5A12	LF12	镁含量高,强度较好,挤压状态塑性尚可	多用航天工业及无线电工业用各种板材、棒材及型材
	5B06、5A13 5A33	LF14、LF13 LF33	镁含量高,且加入适量的Ti、Be、Zr等元素,使合金焊接性较高	多用于制造各种焊条的合金
	5A43	LF43	系铝、镁、锰合金,成本低,塑性好	多用于民用制品,如铝制餐具、用具
	3A21	LF21	铝锰系合金,强度低,退火状态塑性高,冷作硬化状态塑性低耐蚀性好,焊接性较好,不可热处理强化,是一种应用最为广泛的防锈铝	用在液体或气体介质中工作的低载荷零件,如油箱、导管及各种异形容器
	5083 5056	LF4 LF5-1	铝镁系高镁合金,由美国5083和5056合金成型引进,在不可热处理合金中具有强度良好、耐蚀性、切削性良好,阳极化处理外观美丽,且电焊性好	广泛用于船舶、汽车、飞机、导弹等方面,民用多来生产自行车、挡泥板,5056也制成管件制车架等结构件
硬 铝	2A01	LY1	强度低,塑性高,耐蚀性低,点焊焊接良好,切削性尚可工艺性能良好,在制作铆钉时应先进行阳极氧化处理	是主要的铆接材料,用来制造工作温度小于100℃的中等强度的结构用铆钉
	2A02	LY2	具有高强度,及较高的热强性可热处理强化,耐腐性尚可,有应力腐蚀破坏倾向,切削性较好,多在人工时效状态下使用	是一种主要承载结构材料及高温(200~300℃)工作条件下的叶轮及锻件
	2A04	LY4	剪切强度和耐热性较高,在退火及刚淬火(4-6h内)塑性良好,淬火及冷作硬化后切削性尚好,耐蚀性不良,需进行阳极氧化,是一种主要铆钉合金	用于制造125~250℃工作条件下的铆钉
	2B11 2B12	LY8 LY9	剪切强度中等,退火及刚淬火状态下塑性尚好,可热处理强化,剪切强度较高	用作中等强度铆钉,但必须在淬火后2小时内使用,用作高强度铆钉制造,但必须在淬火后20min内使用
	铝	2A10	LY10	剪切强度较高,焊接性一般,用气焊、氩弧焊有裂纹倾向,但点焊焊接性良好,耐蚀性与2A01、2A11相似,用作铆钉不受热处理后的时间限制,是其优越之处,但需要阳极氧化处理,并用重铬酸钾填充
2A11		LY11	一般称为标准硬铝,中等强度,点焊焊接性良好,以其作焊料进行气焊及亚弧焊时有裂纹倾向,可热处理强化,在淬火和自然时效状态下使用,抗蚀性不高,多采用包铝,阳极化和涂漆以作表面防护,退火态切削性不好,淬火时尚好	用作中等强度的零件,空气螺旋桨叶片,螺栓铆钉等,用作铆钉应在淬火后2h内使用

(续)

类别	新牌号	旧牌号	特 性	应 用 举 例
硬 铝	2A12	LY12	高强度硬铝,点焊焊接性良好,氩弧焊及气焊有裂纹倾向,退火状态切削性尚可,可作热处理强化,抗蚀性差,常用包铝,阳极氧化及涂漆提高耐蚀性	用来制造高负荷零件,其工作温度在150℃以下的飞机骨架、框隔、翼梁、翼肋、蒙皮等
	2A06	LY6	高强度硬铝、点焊焊接性与2A12相似,氩弧焊较2A12好,耐腐蚀性也2A12相同,加热至250℃以下其晶间腐蚀倾向较2A12小,可进行淬火和时效处理,其压力加工、切削性与2A12相同	可作为150~250℃工作条件下的结构板材,但对于淬火自然时效后冷作硬化的板材、不宜在高温长期加热条件下使用
	2A16	LY16	属耐热硬铝,即在高温下有较高的蠕变强度、合金在热态下有较高的塑性,无挤压效应,切削性良好,可热处理强化,焊接性能良好,可进行点焊、滚焊和氩弧焊,但焊缝腐蚀稳定性较差,为防腐,应采用阳极氧化处理	用于在高温下(250~350℃)工作的零件,如压缩机叶片圆盘及焊接件,如容器
	2A17	LY17	成分与性能和2A16相近,但2A17在常温和225℃下的持久强度超过2A16,但在225℃~300℃时低于2A16,且2A17不可焊接	用20~300℃要求有高强度的锻件和冲击件
锻 铝	6A02	LD2	具有中等强度、退火和热态下有高的可塑性,淬火自然时效后塑性尚好,且这种状态下的抗蚀性可与5A2、3A21相比,人工时效状态合金具有晶间腐蚀倾向,可切削性淬火后尚好,退火后不好,合金可点焊、氩原子焊、气焊尚好	制造承受中等载荷、要求有高塑性和高耐蚀性,且形状复杂的锻件和模锻件,如发动机曲轴箱、直升飞机桨叶
	6B02	LD2-1	系Al-Mg-Si系合金,与6A02相比其晶间腐蚀倾向要小	多用于电子工业装箱板及各种壳体等
	6070	LD2-2	系Al-Mg-Si系合金,是由美国的6070合金转化而来,其耐蚀性很好,焊接性能良好	可用于制造大型焊接结构件,及高级跳水板等
	2A50	LD5	热态下塑性较高,易于锻造、冲压。强度较高,在淬火及人工时效时与硬铝相近,工艺性能较好,但有挤压效应,因此纵横向性能差别较大,抗蚀性较好,但有晶间腐蚀倾向,切削性良好,接触焊、滚焊良好,但电弧焊、气焊性能不佳	用于制造要求中等强度,且形状复杂的锻件和冲击件
	2B50	LD6	性能,成分与2A50相近,可互换通用,但热态下其可塑性优于2A50	制造形状复杂的锻件
	2A70	LD7	热态下具有高的可塑性,无挤压效应,可热处理强化,成分与2A50相近,但组织较2A80要细,热强性及工艺性能比2A80稍好,属耐热锻铝,其耐蚀性、可切削性尚好,接触焊、滚焊性能良好,电弧焊及气焊性能不佳	用于制造高温环境下工作的锻件,如内燃机活塞及一些复杂件如叶轮、板材可用制造高温下的焊接冲压结构件
	2A80	LD8	热态下可塑性较低,可进行热处理强化,高温强度高,属耐热锻铝,无挤压效应,焊接性与LD7相同,耐蚀性,可切削性尚好,有应力腐蚀倾向	用途与2A70相近
	2A90	LD9	有较好的热强性、热态下可塑性尚好,可热处理强化,耐蚀性、焊接性和切削性与2A70相近,最一种较早应用的耐热锻铝	用途与2A7、2A80相近,且逐渐被2A70、2A80所代替

(续)

类别	新牌号	旧牌号	特 性	应 用 举 例
锻 铝	2A14	LD10	与 2A50 相比,含铜量较高,因此强度较高,热强性较好,热态下可塑性尚好,可切削性良好。接触焊、滚焊性能良好,电弧焊和气焊性能不佳,耐蚀性不高,人工时效状态时有晶间腐蚀倾向,可热处理强化,有挤压效应,因此纵横向性能有所差别	用于制造承受高负荷和形状简单的锻件
	4A11	LD11	属 Al-Cu-Mg-Si 系合金,是由前苏联 AK9 合金转化而来,可锻、可铸、热强性好,热膨胀系数小,抗磨性能好	主要用于制造蒸汽机活塞及汽缸材料
	6061 6063	LD30 LD31	属 Al-Mg-Si 系合金,相当美国的 6061 和 6063 合金,具有中等的强度,其焊接性优良,耐蚀性及冷加工性好,是一种使用范围广,很有前途的合金	广泛应用于建筑业门窗、台架等结构件、及医疗办公、车辆、船舶、机械等方面
超 硬 铝	7A03	LC3	铆钉合金,淬火人工时效状态可以铆接,可热处理强化,常抗剪强度较高,耐蚀性和可切削性能尚好,铆钉铆接时,不受热处理后时间限制	用作承力结构铆钉,工作温度在 125℃ 以下,可作 2A10 铆钉合金代用品
	7A04	LC4	系高强度合金,在刚淬火及退火状态下塑性尚可,可热处理强化,通常在淬火人工时效状态下使用,这时得到的强度较一般硬铝高很多,但塑性较低,合金点焊焊接性良好,气焊不良,热处理后可切削性良好,但退火后的可切削性不佳	用于制造主要承力结构件,如飞机上的大梁、桁条、加强框、蒙皮、翼肋、接头、起落架等
	7A09	LC9	属高强度铝合金,在退火和刚淬火状态下的塑性稍低于同样状态的 2A12、稍优于 7A04,板材的静疲劳、缺口敏感,应力腐蚀性能优于 7A04	制造飞机蒙皮等结构件和主要受力零件
	7A10	LC10	是 Al-Cu-Mg-Zn 系合金	主要生产板材,管材和锻件等,用于纺织工业及防弹材料
	7003	LC12	属于 Al-Cu-Mn-Zn 系合金,由日本的 7003 合金转化而来,综合力学性能较好,耐蚀性好	主要用来制作型材、生产自行车的车圈
特 殊 铝	4A01	LT1	属铝硅合金,抗蚀性高,压力加工性良好,但机械强度差	多用于制作焊条、焊棒
	4A13 4A17	LT13 LT17	是 Al-Si 系合金	主要用于钎接板、带材的包覆板,或直接生产板、带、箔和焊丝等
	5A41	LT41	特殊的高镁合金,其抗冲击性强	多用于制作飞机座舱防弹板
	5A66	LT66	高纯铝镁合金,相当于 5A02 其杂质含量要求严格控制	多用于生产高级饰品,如笔套,标牌等

## 4.2 铸造铝合金(见表 3.2-20~表 3.2-25)

表 3.2-20 铸造铝合金牌号及化学成分(摘自 GB/T 1173 1995)

合 金 牌 号	合金代号	主要元素 (质量分数) %							其他	Al
		Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti			
ZAlSi7Mg	ZL101	6.5~7.5		0.25~0.45					余量	
ZAlSi7MgA	ZL101A	6.5~7.5		0.25~0.45			0.08~0.20		余量	
ZAlSi12	ZL102	10.0~13.0							余量	
ZAlSi9Mg	ZL104	8.0~10.5		0.17~0.35		0.2~0.5			余量	
ZAlSi5Cu1Mg	ZL105	4.5~5.5	1.0~1.5	0.4~0.6					余量	
ZAlSi5Cu1MgA	ZL105A	4.5~5.5	1.0~1.5	0.4~0.55					余量	
ZAlSi8Cu1Mg	ZL106	7.5~8.5	1.0~1.5	0.3~0.5		0.3~0.5	0.10~0.25		余量	
ZAlSi7Cu4	ZL107	6.5~7.5	3.5~4.5						余量	
ZAlSi12Cu2Mg1	ZL108	11.0~13.0	1.0~2.0	0.4~1.0		0.3~0.9			余量	
ZAlSi12Cu1Mg1Ni1	ZL109	11.0~13.0	0.5~1.5	0.8~1.3				Ni0.8~1.5	余量	
ZAlSi5Cu6Mg	ZL110	4.0~6.0	5.0~8.0	0.2~0.5					余量	
ZAlSi9Cu2Mg	ZL111	8.0~10.0	1.3~1.8	0.4~0.6		0.10~0.35	0.10~0.35		余量	
ZAlSi7Mg1A	ZL114A	6.5~7.5		0.45~0.60			0.10~0.20	Be0.04~0.07 <sup>①</sup>	余量	
ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	4.8~6.2		0.4~0.65	1.2~1.8			Sb0.1~0.25	余量	
ZAlSi8MgBe	ZL116	6.5~8.5		0.35~0.55			0.10~0.30	Be0.15~0.40	余量	
ZAlCu5Mn	ZL201		4.5~5.3			0.6~1.0	0.15~0.35		余量	
ZAlCu5MnA	ZL201A		4.8~5.3			0.6~1.0	0.15~0.35		余量	
ZAlCu4	ZL203		4.0~5.0						余量	
ZAlCu5MnCdA	ZL204A		4.6~5.3			0.6~0.9	0.15~0.35	Cd0.15~0.25	余量	
ZAlCu5MnCdVA	ZL205A		4.6~5.3			0.3~0.5	0.15~0.35	Cd0.15~0.25 V0.05~0.3 Zr0.05~0.2 B0.005~0.06	余量	
ZAlRE5Cu3Si2	ZL207	1.6~2.0	3.0~3.4	0.15~0.25		0.9~1.2		Ni0.2~0.3 Zr0.15~0.25 RE4.4~5.0 <sup>②</sup>	余量	
ZAlMg10	ZL301			9.5~11.0					余量	
ZAlMg5Si1	ZL303	0.8~1.3		4.5~5.5		0.1~0.4			余量	
ZAlMg8Zn1	ZL305			7.5~9.0	1.0~1.5		0.1~0.2	Be0.03~0.1	余量	
ZAlZn11Si7	ZL401	6.0~8.0		0.1~0.3	9.0~13.0				余量	
ZAlZn6Mg	ZL402			0.5~0.65	5.0~6.5		0.15~0.25	Cr0.4~0.6	余量	

注:1. 合金代号由 ZL(铸、铝汉语拼音第一个字母)及其后三个阿拉伯数字组成,ZL 后的第一个数字表示合金系列,其中 1、2、3、4 分别代表铝硅、铝铜、铝镁、铝锌系列;ZL 后第二、第三两个数字表示合金的顺序号。优质合金在数字后面附加字母“A”。

2. 铝硅系需要变质的合金用钠(含钠盐)进行变质处理,在不降低合金使用性能前提下,允许采用其他变质剂或变质方法进行变质处理。

3. 在海洋环境中使用时,ZL101 铜含量不大于 0.1%。用金属型铸造时,ZL203 硅含量允许达 3.0%。

4. ZL105 中当铁含量大于 0.4%时,锰含量应大于铁含量的一半。

5. 当 ZL201、ZL201A 用于制作高温下工作的零件时,应加入锆 0.05%~0.20%。

6. 当提高力学性能,在 ZL101、ZL102 中允许含钽 0.08%~0.20%;在 ZL203 中允许含钛 0.08%~0.20%,此时,其铁含量应不大于 0.3%。

7. 与食品接触的铝合金制品,不许含有铍;砷含量不大于 0.015%,锌含量不大于 0.3%,铅含量不大于 0.15%。

8. 当用杂质总和来表示杂质含量时,如无特殊规定,其中每一种未列出的元素含量不大于 0.05%。

① 在保证合金力学性能条件下,可以不加元素铍(Be)。

② 混合稀土中含各种稀土总量不小于 98%,其中含铈(Ce)约 45%。

表 3.2-21 铸造铝合金力学性能(摘自 GB/T1173-1995)

合 金 牌 号	合金代号	铸 造 方 法	合金状态	力学性能,不低于		
				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS) (5/250/30)
ZAlSi7Mg	ZL101	S,R,J,K	F	155	2	50
		S,R,J,K	T2	135	2	45
		JB	T4	185	4	50
		S,R,K	T4	175	4	50
		J,JB	T5	205	2	60
		S,R,K	T5	195	2	60
		SB,RB,KB	T5	195	2	60
		SB,RB,KB	T6	225	1	70
		SB,RB,KB	T7	195	2	60
		SB,RB,KB	T8	155	3	55
ZAlSi7MgA	ZL101A	S,R,K	T4	195	5	60
		J,JB	T4	225	5	60
		S,R,K	T5	235	4	70
		SB,RB,KB	T5	235	4	70
		JB,J	T5	265	4	70
		SB,RB,KB	T6	275	2	80
		JB,J	T6	295	3	80
ZAlSi12	ZL102	SB,JB,RB,KB	F	145	4	50
		J	F	155	2	50
		SB,JB,RB,KB	T2	135	4	50
		J	T2	145	3	50
ZAlSi9Mg	ZL104	S,J,R,K	F	145	2	50
		J	T1	195	1.5	65
		SB,RB,KB	T6	225	2	70
		J,JB	T6	235	2	70
ZAlSi5Cu1Mg	ZL105	S,J,R,K	T1	155	0.5	65
		S,R,K	T5	195	1	70
		J	T5	235	0.5	70
		S,R,K	T6	225	0.5	70
		S,J,R,K	T7	175	1	65
ZAlSi5Cu1MgA	ZL105A	SB,R,K	T5	275	1	80
		J,JB	T5	295	2	80
ZAlSi8Cu1Mg	ZL106	SB	F	175	1	70
		JB	T1	195	1.5	70
		SB	T5	235	2	60
		JB	T5	255	2	70
		SB	T6	245	1	80
		JB	T6	265	2	70
		SB	T7	225	2	60
		J	T7	245	2	60
ZAlSi7Cu4	ZL107	SB	F	165	2	65
		SB	T6	245	2	90
		J	F	195	2	70
		J	T6	275	2.5	100
ZAlSi12Cu2Mg1	ZL108	J	T1	195	—	85
		J	T6	255	—	90
ZAlSi12Cu1Mg1Ni1	ZL109	J	T1	195	0.5	90
		J	T6	245	—	100
ZAlSi5Cu6Mg	ZL110	S	F	125	—	80
		J	F	155	—	80
		S	T1	145	—	80
		J	T1	165	—	90
ZAlSi9Cu2Mg	ZL111	J	F	205	1.5	80
		SB	T6	255	1.5	90
		J,JB	T6	315	2	100

(续)

合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 (HBS) (5/250/30)
ZAlSi7Mg1A	ZL114A	SB J,JB	T5	290	2	85
			T5	310	3	90
ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	S J S J	T4	225	4	70
			T4	275	6	80
			T5	275	3.5	90
			T5	315	5	100
ZAlSi8MgBe	ZL116	S J S J	T4	255	4	70
			T4	275	6	80
			T5	295	2	85
			T5	335	4	90
ZAlCu5Mn	ZL201	S,J,R,K S,J,R,K S	T4	295	8	70
			T5	335	4	90
			T7	315	2	80
ZAlCu5MnA	ZL201A	S,J,R,K	T5	390	8	100
ZAlCu4	ZL203	S,R,K J S,R,K J	T4	195	6	60
			T4	205	6	60
			T5	215	3	70
			T5	225	3	70
ZAlCu5MnCdA	ZL204A	S	T5	440	4	100
ZAlCu5MnCdVA	ZL205A	S S S	T5	440	7	100
			T6	470	3	120
			T7	460	2	110
ZAlRE5Cu3Si2	ZL207	S J	T1	165	—	75
			T1	175	—	75
ZAlMg10	ZL301	S,J,R	T4	280	10	60
ZAlMg5Si1	ZL303	S,J,R,K	F	145	1	55
ZAlMg8Zn1	ZL305	S	T4	290	8	90
ZAlZn11Si7	ZL401	S,R,K J	T1	195	2	80
			T1	245	1.5	90
ZAlZn6Mg	ZL402	J S	T1	235	4	70
			T1	215	4	65

注: 1. 合金状态代号含义: F—铸态, T1—人工时效, T2—退火, T4—固熔处理加自然时效, T5—固熔处理加不完全人工时效, T6—固熔处理加完全人工时效, T7—固熔处理加稳定化处理, T8—固熔处理加软化处理。

2. 铸造方法代号含义:

S—砂型铸造, J—金属型铸造, R—熔模铸造, K—壳型铸造, B—变质处理。

表 3.2-22 铸造铝合金高温和低温力学性能

合金代号	铸造方法及热处理种类	高温短时强度/MPa						持久强度/MPa (100h)			蠕变强度/MPa (300℃, 100h)		
		100℃	150℃	175℃	200℃	250℃	300℃	200℃	250℃	300℃	总变形	残余变形	
高温力学性能	ZL101	S, T4	180	160	—	160	150	—	—	—	—	—	—
		S, T5	—	—	—	140	110	90	60	45	28	—	12
	ZL102	S, T2	—	—	—	150	130	80	70	40	28	—	12
	ZL104	S, T6	220	190	180	160	110	100	80	50	25	10	—
	ZL105	S, T5	260	250	—	220	180	130	80	46	24	15	—
		S, T6	—	—	—	180	150	110	90	60	35	—	24
	ZL201	S, T4	—	—	270	270	180	140	—	110	65	40	—
		S, T5	—	—	280	280	200	150	150	115	65	40	—
ZL203	S, T4	250	240	—	210	150	—	—	—	—	—	—	
ZL301	S, T4	—	—	—	220	150	90	80	40	15	—	10	
ZL401	S, T1	170	—	—	120	—	40	—	50	35	—	—	
低温力学性能	合金代号	状 态	试验温度 /℃	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	冲击韧度 /J·cm <sup>-2</sup>						
	ZL101	T5	-70	189	133	3.7	4.0						
			-196	223	157	2.8	3.6						
	ZL102	铸态	-70	231	215	1.3	2.4						
			-196	257	231	0.9	2.3						
	ZL104	T6	-40	190	—	9	6.0						
			-70	200	—	8	5.0						
ZL104	T6	-40	280	—	3.5	2.5							
		-70	290	—	2.8	2.5							
		-196	330	—	2.5	2.5							

(续)

低温力学性能	合金代号	状态	试验温度 /°C	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	冲击韧度 /J·cm <sup>-2</sup>
	ZL201	T4	-40	280	—	6.5	—
		T5	-70	280	—	6.5	—
	ZL301	T4	-50	300	—	5	—
			-70	298	212	7.7	7.0
ZL402	自然时效	-196	247	233	1.2	2.3	
		-70	270	—	5	—	

注:本表数值供参考。

表 3.2-23 铸造铝合金物理性能

合金代号	密度 $\rho$ /g·cm <sup>-3</sup>	熔化温度范围 /°C	20~100°C时平均线膨胀系数 $\alpha$ / $\mu\text{m} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	100°C时比热容 $c$ /J·(kg·K) <sup>-1</sup>	25°C时热导率 $\lambda$ /W·(m·K) <sup>-1</sup>	20°C时电导率 $\kappa$ (%IACS)	20°C时电阻率 $\rho$ /n $\Omega$ ·m
ZL101	2.66	577~620	23.0	879	151	36	45.7
ZL101A	2.68	557~613	21.4	963	150	36	44.2
ZL102	2.65	577~600	21.1	837	155	40	54.8
ZL104	2.65	569~601	21.7	753	147	37	46.8
ZL105	2.68	570~627	23.1	837	159	36	46.2
ZL106	2.73	—	21.4	963	100.5	—	—
ZL108	2.68	—	—	—	117.2	—	—
ZL109	2.68	—	19	963	117.2	29	59.4
ZL111	2.69	—	18.9	—	—	—	—
ZL201	2.78	547.5~650	19.5	837	113	—	59.5
ZL201A	2.83	547.5~650	22.6	833	105	—	52.2
ZL202	2.91	—	22.0	963	134	34	52.2
ZL203	2.80	—	23.0	837	154	35	43.3
ZL204A	2.81	544~650	22.03	—	—	—	—
ZL205A	2.82	544~633	21.9	888	113	—	—
ZL206	2.90	542~631	20.6	—	155	—	64.5
ZL207	2.83	603~637	23.6	—	96.3	—	53
ZL208	2.77	545~642	22.5	—	155	—	46.5
ZL301	2.55	—	24.5	1047	92.1	21	91.2
ZL303	2.60	550~650	20.0	962	125	29	64.3
ZL401	2.95	545~575	24.0	879	—	—	—
ZL402	2.81	—	24.7	963	138.2	35	—

注:本表数值供参考。

表 3.2-24 铸造铝合金热处理工艺规范(摘自 GB/T1173—1995)

合金牌号	合金代号	合金状态	固溶处理		时效	
			温度 /°C	时间 /h	温度 /°C	时间 /h
ZAlSi7MgA	ZL101A	T4	535±5	6~12	室温 再 155±5	不少于 8 2~12
		T5	535±5	6~12		
		T6	535±5	6~12		
ZAlSi5Cu1MgA	ZL105A	T5	525±5	4~12	160±5	3~5
ZAlSi7Mg1A	ZL114A	T5	535±5	10~14	室温 再 160±5	不少于 8 4~8
ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	T4	540±5	10~12	150±5	3~5
		T5	540±5	10~12		
ZAlSi8MgBe	ZL116	T4	535±5	10~14	175±5	6
		T5	535±5	10~14		
ZAlCu5MnA	ZL201A	T5	535±5	7~9	160±5	6~9
			再 545±5	7~9		
ZAlCu5MnCdA	AL204A	T5	530±5	9	175±5	3~5
			再 540±5	9		



(续)

合金牌号	合金代号	合金状态	固溶处理		时效	
			温度 /°C	时间 /h	温度 /°C	时间 /h
ZAlCu5MnCdVA	ZL205A	T5	538±5	10~18	135±5	8~10
		T6	538±5	10~18	175±5	4~5
		T7	538±5	10~18	190±5	2~4
ZAlRE5Cu3Si2	ZL207	T1	—	—	200±5	5~10
ZAlMg8Zn1	ZL305	T4	435±5	8~10	—	—
			再 490±5	6~8	—	—

注:1. 本表为 GB/T1173—1995 标准附录的参考件。

2. 固溶处理时, 装炉温度一般在 300 °C 以下, 升温(升至固溶温度)速度以 100 °C/h 为宜。

表 3.2-25 铸造铝合金的特性及应用

组别	合金代号	铸造方法	主要特性	用途举例
铝	ZL101	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝硅镁三元合金, 特性是: ①铸造性能良好, 其流动性高、无热裂倾向、线收缩小、气密性高, 但稍有产生集中缩孔和气孔的倾向; ②有相当高的耐蚀性, 在这方面与 ZL102 相近; ③可经热处理强化, 同时合金淬火后有自然时效能力, 因而具有较高的强度和塑性; ④易于焊接, 可切削加工中等; ⑤耐热性不高; ⑥铸件可经变质处理或不经变质处理	适于铸造形状复杂、承受中等负荷的零件, 也可用于要求高的气密性、耐蚀性和焊接性能良好的零件, 但工作温度不得超过 200 °C, 如水泵及传动装置壳体、水冷发动机汽缸体、抽水机壳体、仪表外壳、汽化器等
	ZL101A		成分、性能和 ZL101 基本相同, 但其杂质含量低, 且加入少量 Ti 以细化晶粒, 故其力学性能比 ZL101 有较大程度的提高	同上, 主要用于铸造高强度铝合金铸件
铝	ZL102	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系典型的铝硅二元合金, 是应用最早的一种普通硅铝明合金, 其特性是: ①铸造性能和 ZL101 一样好, 但在铸件的断面厚大处容易产生集中缩孔, 吸气倾向也较大; ②耐蚀性高, 能经受得住湿的大气、海水、二氧化碳、浓硝酸、氨、硫、过氧化氢的腐蚀作用; ③不能热处理强化, 力学性能不高, 但随铸件壁厚增加, 强度降低的程度小; ④焊接性能良好, 但可切削性差、耐热性不高; ⑤需经变质处理	常在铸态或退火状态下使用, 适于铸造形状复杂、承受较低载荷的薄壁铸件, 以及要求耐腐蚀和气密性高、工作温度 ≤ 200 °C 的零件, 如仪表壳体、机器罩、盖子、船舶零件等
	ZL102			
硅合金	ZL104	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝硅镁锰系列四元合金, 特性是: ①铸造性能良好, 流动性高、无热裂倾向、气密性良好、线收缩小, 但吸气倾向大, 易于形成针孔; ②可经热处理强化, 室温力学性能良好, 但高温性能较差(只能在 ≤ 200 °C 下使用); ③耐蚀性好(类似于 ZL102, 但较 ZL102 低); ④可切削加工性和焊接性一般; ⑤铸件需经变质处理	适于铸造形状复杂、薄壁、耐腐蚀和承受较高静载荷和冲击载荷的大型铸件, 如水冷式发动机的曲轴箱、滑块和汽缸盖、汽缸体以及其他重要零件, 但不宜用于工作温度超过 200 °C 的场所
金	ZL105	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝硅铜镁系列四元合金, 特性是: ①铸造性能良好, 流动性高、收缩率较低、吸气倾向小、气密性良好、热裂倾向小; ②熔炼工艺简单, 不需采用变质处理和压力下结晶等工艺措施; ③可热处理强化, 室温强度较高, 但塑性、韧性较低; ④高温力学性能良好; ⑤焊接性和可切削加工性良好; ⑥耐蚀性尚可	适于铸造形状复杂、承受较高静载荷的零件, 以及要求焊接性能良好、气密性高或工作温度在 225 °C 以下的零件, 如水冷发动机的汽缸体、汽缸头、汽缸盖、空冷发动机头和发动机曲轴箱等 ZL105 合金在航空工业中应用相当广泛
	ZL105A		特性和 ZL105 合金基本相同, 但其杂质 Fe 的含量较少, 且加入少量 Ti 细化晶粒, 属于优质合金, 故其强度高于 ZL105 合金	同上, 主要用于铸造高强度铝合金铸件
金	ZL106	砂型、金属型铸件	系铝硅铜镁锰多元合金, 特性是: ①铸造性能良好, 流动性大、气密性高、无热裂倾向、线收缩小, 产生缩孔及气孔的倾向也较小; ②可经热处理强化, 室温下具有较高的力学性能, 高温性能也较好; ③焊接和可切削加工性能良好; ④耐腐蚀性能接近于 ZL101 合金	适于铸造形状复杂、承受高静载荷的零件, 也可用于要求气密性高或工作温度在 225 °C 以下的零件, 如泵体、水冷发动机汽缸头等
	ZL107	砂型、金属型铸造	系铝硅铜三元合金, 铸造流动性和抗热裂倾向均较 ZL101、102、104 差, 但比铝-铜、铝-镁合金要好得多; 吸气倾向较 ZL101 及 102 小, 可热处理强化, 在 20~250 °C 的温度范围内力学性能较 ZL104 高; 可切削加工性良好, 耐蚀性不高; 铸件需要进行变质处理(砂型)	用于铸造形状复杂、壁厚不均、承受较高负荷的零件, 如机架、柴油发动机的附件、汽化器零件, 电气设备外壳等

(续)

组别	合金代号	铸造方法	主要特性	用途举例
铝 硅 合 金	ZL108	金属型铸造	系铝硅铜镁多元合金,是我国目前常用的一种活塞铝合金,其特性是:①密度小、热胀系数低、热导率高、耐热性能好,但可切削加工性较差;②铸造性能良好,流动性高,无热裂倾向,气密性高,线收缩小,但易于形成集中缩孔,且有较大的吸气倾向;③可经热处理强化,室温和高温力学性能都较高;④在熔炼中需要进行变质处理,一般在硬模中(金属模)铸造,可以得到尺寸精确的零件,节省了加工时间,也是其一大优点	主要用于铸造汽车、拖拉机的发动机活塞和其他在250℃以下高温中工作的零件,当要求热胀系数小、强度高、耐磨性高时,也可以采用这种合金
	ZL109	金属型铸造	系加有部分镍的铝硅铜镁多元合金,和ZL108一样,也是一种常用的活塞铝合金,其性能和ZL108相似。加镍的目的在于提高其高温性能,但实际上效果并不显著,故在这种合金中的含镍量有降低和取消的倾向	同ZL108合金
	ZL111	砂型、金属型铸造	系铝硅铜镁钛多元合金,其特性是:①铸造性能良好,流动性好、充型能力优良,一般无热裂倾向、线收缩小、气密性高,可经受住高压气体和液体的作用;②在熔炼中需进行变质处理,可经热处理强化,在铸态或热处理后的力学性能是铝-硅系合金中最好的,可和高强铸铝合金ZL201相媲美,且高温性能也较好;③可切削加工性和焊接性良好;④耐蚀性较差	适于铸造形状复杂、承受高负荷、气密性要求高的大型铸件,以及在高压气体或液体下长期工作的大型铸件,如转子发动机的缸体、缸盖、水泵叶轮和军事工业中的大型壳体等重要机件
	ZL114A	砂型、金属型铸造	这是成分、性能和ZL101A优质合金相近似的铝硅镁系铝合金,由于杂质含量少、含镁量较ZL101A高,且加入少量的铍以消除杂质Fe的有害作用,故在保持ZL101A优良的铸造性能和耐蚀性的同时,显著地提高了合金的强度	这种合金是铝-硅系合金中强度最高的品种之一,主要用于铸造形状复杂、高强度铝合金铸件,由于铍较昂贵,同时合金的热处理温度要求控制较严、热处理时间较长等原因,应用受到一定限制
	ZL115	砂型、金属型铸造	系加有少量铋的铝硅镁锌多元合金。在合金中添加少量的铋,目的是用其作为共晶铋的长效变质剂,以提高合金在热处理后的力学性能;成分中的锌也可起到辅助强化作用。因而,这种合金的特性是:在具有铝硅镁系合金优良的铸造性能和耐蚀性的同时,兼有高的强度和塑性,是铝-硅合金中高强度品种之一	主要用于铸造形状复杂、高强度铝合金铸件以及耐腐蚀的零件 这种合金在熔炼中不需再经变质处理
	ZL116	砂型、金属型铸造	系铝硅镁铍多元合金,这种合金的特点是:杂质中允许较多的Fe含量和含有少量的Be;Be的作用是与Fe形成化合物,使粗大针状的含Fe相变成团状,同时Be还有促进时效强化的作用,故加铍后显著提高了合金的力学性能,使其成为铝-硅合金中高强度品种之一。加Be还提高耐蚀性。由于合金的含硅量较高,有利于获得致密的铸件	适用于制造承受高液压的油壳泵体等发动机附件,以及其他外形复杂、要求高强度、高耐蚀性的机件 因Be的价格甚贵,且有毒,所以这种合金在使用上受到一定限制
铝 制 合 金	ZL201	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系加有少量锰、钛元素的铝-铜合金,其特性是:①铸造性能不好,流动性差,形成热裂和缩孔的倾向大、线收缩大、气密性低,但吸气倾向小;②可热处理强化,经热处理后,合金具有很高的强度和良好的塑性、韧性,同时耐热性高(在强高和耐热性两方面,ZL201是铸造铝合金中最好的合金);③焊接性能和可切削加工性能良好;④耐腐蚀性能差	适于铸造工作温度为175~300℃或室温下承受高负荷、形状不太复杂的零件,也可用于低温下(-70℃)承受高负荷的零件,是用途较广的一种铝合金
	ZL201A		成分、性能和ZL201基本相同,但其杂质含量控制较严,属于优质合金,力学性能高于ZL201合金	同上,主要用于要求高强度铝合金铸件的场所
	ZL202	砂型、金属型铸造	这是一种典型的铝-铜二元合金,特性是:①铸造性能不好,流动性、收缩和气密性等均为一般,但较ZL203要好,热裂倾向大,吸气倾向小;②热处理强化效果差,合金的强度低、塑性及韧性差,并随铸件壁厚的增加而明显降低;③熔炼工艺简单,不需要进行变质处理;④有优良的可切削加工性和焊接性,耐腐蚀性差,密度大;⑤耐热性较好	用于铸造小型、低载荷的零件,亦可用于铸造在较高工作温度(≤250℃)下工作的零件,如小型内燃发动机的活塞和汽缸头等。此合金由于密度大、强度低、脆性高,已为其他合金所取代,现在用得很少了

(续)

组别	合金代号	铸造方法	主要特性	用途举例
铝 合 金	ZL203	砂型、 金属型、 壳型和 熔模铸 造	这也是一种典型的铝-铜二元合金(含铜量比ZL202低),其特性是:①铸造性能差,流动性低、形成热裂和疏松倾向大、线收缩大、气密性一般,但吸气倾向小;②经淬火处理后,有较高的强度和好的塑性,铸件经淬火后有自然时效倾向;③熔炼工艺简单,不需要进行变质处理;④可切削加工性和焊接性良好;⑤耐蚀性差(特别是在人工时效状态下的铸件);⑥耐热性不高	适于铸造形状简单、承受中等静负荷或冲击载荷、工作温度不超过200℃并要求可切削加工性能良好的小型零件,如曲轴箱、支架、飞轮盖等
	ZL204A	砂型 铸造	这是加入少量Cd、Ti元素的铝-铜合金,通过添加少量Cd以加速合金的人工时效,加少量Ti以细化晶粒,并降低合金中有害杂质的含量,选择合适的热处理工艺而获得 $\sigma_b$ 达437N/mm <sup>2</sup> 的高强度耐热铸铝合金。这种合金属于固溶体型合金,结晶间隔较宽,铸造工艺较差,一般用于砂型铸造,不适于金属型铸造	这类高强度、耐热铸铝合金的力学性能达到了常用锻铝合金的力学性能水平,它们的优质铸件可以代替一般的铝合金锻件。作为受力构件,在航空和航天工业中获得了广泛的应用
	ZL205A	砂型 铸造	性能同上。这是在ZL201的基础上加入了Cd、V、Zr、B等微量元素而发展起来的, $\sigma_b$ 达437N/mm <sup>2</sup> 以上的高强度耐热铸铝合金。微量V、B、Zr等元素能进一步提高合金的热强性,Cd能改善合金的人工时效效果,显著提高合金的力学性能。合金的耐热性高于ZL204A	同ZL204A合金
铝 稀 土 金 属 合 金	ZL207A	砂型 及金属 型铸造	系Al-RE(富铈混合稀土金属)为基的铸造铝合金。这种合金除含有较高的RE以外,还含有Cu、Si、Mn、Ni、Mg、Zr等元素,其特性是:①耐热性好,可在高温下长期使用,工作温度可达400℃;②铸造性能良好,结晶温度范围只有30℃左右,充型能力良好,且形成针孔的倾向较小,铸件的气密性高,不易产生热裂和疏松;③缺点是室温力学性能较低、成分复杂	可用于铸造形状复杂、受力不大、在高温下长期工作的铸件
铝 镁 合 金	ZL301	砂型、 金属型 和熔模 铸造	系典型的铝-镁二元合金,其特性是:①在海水大气等介质中有很高的耐蚀性,在这方面是铸造铝合金中最好的;②铸造性能差,流动性和产生气孔、形成热裂的倾向一般,易于产生显微疏松,气密性低,收缩率低,吸气倾向大;③可热处理强化,铸件在淬火状态下使用,具有高的强度和良好的塑性、韧性,但具有自然时效倾向。在长期使用过程中,塑性明显下降、变脆,并出现应力腐蚀倾向;④耐热性不高;⑤可切削加工性良好,可以达到很高的表面光洁度。表面经抛光后,能长期保持原来的光泽;⑥焊接性较差;⑦熔炼中容易氧化,且熔铸工艺较复杂、废品率高	适于铸造承受高静载荷和冲击载荷、暴露在大气或海水等腐蚀介质中、工作温度不超过200℃、形状简单的大、中、小型零件,如雷达底座、水上飞机和船舶配件(发动机机匣、起落架零件、船用舷窗等)以及其他装饰用零部件等
	ZL303	砂型、 金属型、 壳型和 熔模铸 造	这是添加1%左右Si和少量Mn的含Mg量为5%左右的铝-镁-硅系合金,其特性是:①耐蚀性能高,并类似、接近ZL301合金;②铸造性能尚可,流动性一般,有氧化、吸气、形成缩孔的倾向(但比ZL301好),收缩率大,气密性一般,形成热裂的倾向比ZL301小;③在铸态下具有一定的力学性能,但不能经热处理明显强化;④高温性能较ZL301高;⑤可切削性和抛光性与ZL301一样好,而焊接性则较ZL301有明显改善;⑥生产工艺简单,但熔炼中容易氧化和吸气	适于铸造同腐蚀介质接触和在较高温度( $\leq 220^\circ\text{C}$ )下工作、承受中等负荷的船舶、航空及内燃机车零件,如海轮配件、各种壳件、气冷发动机汽缸头,以及其他装饰性零部件等
	ZL305	砂型 铸造	这是加有少量Be、Ti元素的铝-镁-锌系合金,它是ZL301的改型合金,由于ZL301有自然时效倾向、力学性能稳定性差和有应力腐蚀倾向,故应用受到很大限制。针对ZL301合金的这一缺点,降低其Mg含量,并加入Zn及少量Ti,从而提高了合金的自然时效稳定性和抗应力腐蚀能力。合金中加入微量Be,可防止在熔炼和铸造过程中的氧化现象,合金的其他性能均与ZL301相近	用途和ZL301基本相同,但工作温度不宜超过100℃。因为这种合金在人工时效温度超过150℃时,大量强化相析出,抗拉强度虽有提高,但塑性大量下降,应力腐蚀现象也同时加剧

(续)

组别	合金代号	铸造方法	主要特性	用途举例
铝 锌	ZL401	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝锌硅镁四元合金,俗称铝锌铝明,其特性是:①铸造性能良好,流动性好,产生缩孔和形成热裂的倾向小,线收缩小,但有较大的吸气倾向;②在熔炼中需进行变质处理;③它的主要优点在于铸态下具有自然时效能力,因而即可获得高的强度,不必进行热处理;④耐热性低,耐腐蚀性一般,密度大;⑤焊接和可切削加工性能良好;⑥价格便宜	适于铸造大型、复杂和承受高的静载荷而又不得进行热处理的零件,但工作温度不得超过200℃,如汽车零件、医疗器械、仪器零件、日用品等。因密度大,在某些场合下限制了它的应用
合 金	ZL402	砂型和金属型铸造	这是含有少量Cr和Ti的铝-锌-镁系合金,其特性是:①铸造性能尚好,流动性和气密性良好,缩松和热裂倾向都不大;②在铸态经时效后即可获得较高的力学性能,在-70℃的低温下仍能保持良好的力学性能,但高温性能低(工作温度≤150℃);③有良好的耐腐蚀性和抗应力腐蚀性能,在这方面超过铝铜合金而接近于铝硅合金;④可切削加工性良好,焊接性一般;⑤铸件经人工时效后尺寸稳定;⑥密度较大	适于铸造承受高的静载荷和冲击载荷而又不便于进行热处理的零件,亦可用于要求同腐蚀介质接触和尺寸稳定性高的零件,如高速旋转的整铸叶轮、飞行起落架、空气压缩机活塞、精密仪表零件等。因密度大,也限制了它的应用

### 4.3 压铸铝合金(见表3.2-26)

表3.2-26 压铸铝合金牌号、化学成分及力学性能(摘自GB/T 15115-1994)

合金牌号	合金代号	化学成分(质量分数)(%)							力学性能		
		Si	Cu	Mn	Mg	Fe	Zn	Al	抗拉强度 $\sigma_b \geq$ /MPa	伸长率 $\delta(\%) \geq$ ( $L_0=50$ )	布氏硬度 HBS $\geq$ (5/250/30)
YZAlSi12	YL102	10.0~13.0	≤0.6	≤0.6	≤0.05	≤1.2	≤0.3	余	220	2	60
YZAlSi10Mg	YL104	8.0~10.5	≤0.3	0.2~0.5	0.17~0.30	≤1.0	≤0.3	余	220	2	70
YZAlSi12Cu2	YL108	11.0~13.0	1.0~2.0	0.3~0.9	0.4~1.0	≤1.0	≤1.0	余	240	1	90
YZAlSi9Cu4	YL112	7.5~9.5	3.0~4.0	≤0.5	≤0.3	≤1.2	≤1.2	余	240	1	85
YZAlSi11Cu3	YL113	9.6~12.0	1.5~3.5	≤0.5	≤0.3	≤1.2	≤1.0	余	230	1	80
YZAlSi-17Cu5Mg	YL117	16.0~18.0	4.0~5.0	≤0.5	0.45~0.65	≤1.2	≤1.2	余	220	<1	—
YZAlMg5Si1	YL302	0.8~1.3	≤0.1	0.1~0.4	4.5~5.5	≤1.2	≤0.2	余	220	2	70

注:1. 除有范围的元素及铁为必检元素外,其余元素在有要求时抽检。

2. 本表力学性能为单铸拉力试样所测得的铸态性能。

3. 压铸铝合金在汽车、拖拉机、航空、仪表、纺织、国防等工业部门广泛用于各种压铸零件,各牌号的特性及应用可参见铸造铝合金(表3.2-25)相应牌号。

## 5 钛及钛合金

纯钛为银白色金属,密度约为4.5g/cm<sup>3</sup>、熔点约1682℃、其热膨胀系数小,导热性低、强度低,但塑性良好、切削加工性及耐蚀性均良好,常温下可进行压力加工,工业纯钛主要应用于化工、造船、医疗等工作温度在350℃以下受力不大的耐蚀零件。

钛具有同素异构现象,其组织可分为三种类型,在883℃以下为密排六方晶格,称α型钛(TA),在883℃以上为体心立方晶格,称β型钛(TB),在883℃时发生同素异构转变,称α+β型钛(TC)。

在工业纯钛中加入各种元素,使钛合金呈现出不同的特性。工业上将钛合金按其组织状态分为α型钛合金(TA)、β型钛合金(TB)、α+β型钛合金(TC)。

1) α型钛合金:其主要合金元素是锡、铝、硼、铜

等。α型钛合金主要热处理方式为退火,不能热处理强化,室温下力学性能较差,但高温下(500~600℃)其强度及蠕变强度却很好,且组织稳定、抗氧化和焊接性能好,α型合金的切削性良好,但压力加工性较差,其低温性能也很好,如TA7在接近临界温度(-253℃)时仍具有良好的韧性及综合性能,是一种优秀的低温合金,因此α型钛合金广泛应用在科学试验仪器、军用飞机及导弹的燃料罐、超音速飞机涡轮机匣等。

2) β型钛合金:主要是由钨、钼、钒等合金元素组成,其强度较高、压力加工性及焊接性优良,且可通过淬火和时效处理使其进一步强化,但β型钛合金生产工艺复杂、且其性能稳定较差,因此主要用于350℃以下工作的结构零件,如压气机叶片、轴、轮盘等。

3) α+β型钛合金,其合金元素即有β稳定化元素和α稳定元素,如铁、钼、铬、铝、硼等。在室温即具

有 $\alpha$ 相、也有 $\beta$ 相, $\alpha+\beta$ 型钛合金具有良好的综合力学性能,可热处理强化,其切削加工性和压力加工性均较好,在150~500℃时有较好的耐热性。在 $\alpha+\beta$ 型钛合金中应用最为广泛的是TC4合金,它主要应用在400℃以下长期工作的飞机发动机结构零件及导弹、火

箭等燃料箱部件。

铸造钛及钛合金的抗拉强度和疲劳强度与变形钛及钛合金相近,其冲击韧度较之有所提高,且铸造工艺能节省材料及降低切削加工费用。因此,钛及钛合金铸件已应用较多。

### 5.1 变形钛及钛合金 (见表 3.2-27~表 3.2-30)

表 3.2-27 变形钛及钛合金牌号及化学成分 (摘自 GB/T3620.1-1994)

合金 牌号	化学成分组	化学成分(质量分数)(%)																				
		主要成分														杂质,不大于						
		Ti	Al	Sn	Mo	V	Cr	Fe	Mn	Zr	Pd	Ni	Cu	Nb	Sr	B	Fe	C	N	H	O	其他元素
																					单一	总和
TAD	碘法钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	0.03	0.01	0.015	0.05	—	—
TA0	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15	0.10	0.03	0.015	0.15	0.1	0.4
TA1	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.10	0.03	0.015	0.20	0.1	0.4
TA2	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.015	0.25	0.1	0.4
TA3	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40	0.10	0.05	0.015	0.30	0.1	0.4
TA4	Ti-3Al	余量	2.0~ 3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.015	0.15	0.1	0.4
TA5	Ti-4Al- 0.005B	余量	3.3~ 4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.005	0.30	0.10	0.04	0.015	0.15	0.1	0.4
TA6	Ti 5Al	余量	4.0~ 5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.015	0.15	0.1	0.4
TA7	Ti-5Al- 2.5Sn	余量	4.0~ 6.0	2.0~ 3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.50	0.10	0.05	0.015	0.20	0.1	0.4
TA7 ELI	Ti-5Al- 2.5Sn (ELI)	余量	4.50 ~ 5.75	2.0~ 3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.05	0.035	0.0125	0.12	0.05	0.3
TA9	Ti-0.2Pd	余量	—	—	—	—	—	—	—	0.12 ~ 0.25	—	—	—	—	—	0.25	0.10	0.03	0.015	0.20	0.1	0.4
TA10	Ti-0.5Mo- 0.8Ni	余量	—	—	0.2 ~ 0.4	—	—	—	—	—	0.6 ~ 0.9	—	—	—	—	0.30	0.08	0.03	0.015	0.25	0.1	0.4
TB2	Ti-0.5Mo- 5V-8Cr- 3Al	余量	2.5~ 3.5	—	4.7 ~ 5.7	4.7 ~ 5.7	7.5 ~ 8.5	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.05	0.04	0.015	0.15	0.1	0.4
TB3	Ti-3.5Al- 10Mo-8V- 1Fe	余量	2.7~ 3.7	—	9.5 ~ 11.0	7.5 ~ 8.5	0.8 ~ 1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.04	0.015	0.15	0.1	0.4
TB4	Ti-4Al- 7Mo-10V- 2Fe-1Zr	余量	3.0~ 4.5	—	6.0 ~ 7.8	9.0 ~ 10.5	1.5 ~ 2.5	0.5 ~ 1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.04	0.015	0.20	0.1	0.4
TC1	Ti-2Al- 1.5Mn	余量	1.0~ 2.5	—	—	—	—	0.7 ~ 2.0	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.012	0.15	0.1	0.4
TC2	Ti-4Al- 1.5Mn	余量	3.5~ 5.0	—	—	—	—	0.8 ~ 2.0	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.012	0.15	0.1	0.4
TC3	Ti-5Al-4V	余量	4.5~ 6.0	—	—	3.5 ~ 4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.015	0.15	0.1	0.4
TC4	Ti-6Al-4V	余量	5.5~ 6.8	—	—	3.5 ~ 4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.015	0.20	0.1	0.4
TC6	Ti-6Al-1.5 Cr-2.5Mo- 0.5Fe -0.3Si	余量	5.5~ 7.0	—	2.0 ~ 3.0	—	0.8 ~ 2.3	0.2 ~ 0.7	—	—	—	—	—	0.15 ~ 0.40	—	—	0.10	0.05	0.015	0.18	0.1	0.4

(续)

合金 牌号	化学成分组	化学成分(质量分数)(%)																					
		主要成分														杂质,不大于							
		Ti	Al	Sn	Mo	V	Cr	Fe	Mn	Zr	Pd	Ni	Cu	Nb	Si	B	Fe	C	N	H	O	其他元素	
																					单	总和	
TC9	Ti-6.5Al-3.5Mo-2.5Sn-0.3Si	余量	5.8~6.8	1.8~2.8	2.8~3.8									0.2~0.4		0.40	0.10	0.05	0.015	0.15	0.1	0.4	
TC10	Ti-6Al-6V-2Sn-0.5Cu-0.5Fe	余量	5.5~6.5	1.5~2.5		3.5~5.5	0.35~1.0							0.35~1.0			0.10	0.04	0.015	0.20	0.1	0.4	
TC11	Ti-6.5Al-3.5Mo-1.5Zr-0.3Si	余量	5.8~7.0			2.8~3.8				0.8~2.0				0.20~0.35		0.25	0.10	0.05	0.012	0.15	0.1	0.4	
TC12	Ti-5Al-4Mo-4Cr-2Zr-2Sn-1Nb	余量	4.5~5.5	1.5~2.5	3.5~4.5		3.5~4.5			1.5~3.0				0.5~1.5			0.30	0.10	0.05	0.015	0.20	0.1	0.4

注: 1. “ELI”表示为超低间隙。

2. TA7ELI牌号的杂质“Fe-O”的总和应不大于0.32%。

3. 其他元素一般包括: Al、V、Sn、Mo、Cr、Mn、Zr、Ni、Cu、Si、Y(该牌号中含有的合金元素应除去)。

4. 成分允许偏差应符合GB/T3620.2-1994钛及钛合金牌号化学成分允许偏差的规定。

表 3.2-28 变形钛及钛合金力学性能

代号	种类和状态	试验温度 /°C	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	断后伸长率 $\delta$ (%)	冲击韧度 $a_K$ /J·cm <sup>-2</sup>	弹性模量 $E$ /GPa
TA1	棒材,退火	20	420	—	35	105	105
TA2	棒材,退火	20	500	—	31	90	105
TA3	棒材,退火	20	600	—	24	80	105
TA4	锻件	20	730	640	22	80	—
		300	370	320	26	180	—
TA5	板材,退火	20	700	650	15	60	126
		500	380	300	15.7	—	98
TA6	板材,退火	20	800	690	5	30~50	105
		500	—	350	14	—	—
TA7	板、棒,退火	20	750~950	650~850	10	40	105~120
		500	520~450	300~400	20	—	58.5
TA8	棒材,退火	20	1040~1100	980~1000	12	24~32	120
		500	750	620	17	—	90
TB2	棒材,淬火+时效	20	1400	—	7	15	—
TC1	板材,退火	20	600~750	470~650	20~40	60~120	105
		400	310~450	240~390	12~25	—	—
TC2	板材,退火	20	700	—	15	—	—
		500	420	—	—	—	—
TC3	棒材,退火	20	1100	1000	13	35~60	118
		500	750	—	14	—	—
TC4	棒材,退火	20	950	860	15	40	113
		400	640	500	17	—	—
TC6	棒材,淬火时效	20	1100	1000	12	40	115
		400	750	600	15	—	—
TC7	棒材,退火	20	1000	950	13	35	127
		450	600	—	17	—	—
TC9	棒材,退火	20	1200	1030	11	30	118
		500	870	660	14	—	95
TC10	棒材,退火	20	1100	1050	12	40	108
		450	800	600	19	—	90
TC11	棒材	20	1110	1014	17	30	123
		500	780	600	22	—	99

表 3.2-29 变形钛及钛合金物理性能数值

性 能	合 金 代 号															
	TA1,TA2,TA3	TA4	TA5	TA6	TA7	TA8	TB2	TC1	TC2	TC3	TC4	TC6	TC7	TC9	TC10	TC11
0 °C 密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	4.5	—	4.43	4.40	4.46	4.56	4.81	4.55	4.55	4.43	4.45	4.5	4.40	4.52	4.53	4.48
熔点/°C	1640~1671	—	—	—	1538~1649	—	—	—	1570~1640	1593~1610	1538~1649	1620~1650	—	—	—	—
	0.544	—	—	—	0.540	—	0.540	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100 °C	0.544	—	—	0.586	0.540	0.502	0.540	0.574	—	—	0.678	0.502	—	0.540	0.540	—
200 °C	0.628	—	—	0.670	0.569	0.586	0.553	—	0.565	0.586	0.691	0.586	—	—	0.548	—
300 °C	0.670	—	—	0.712	0.590	0.628	0.569	0.641	0.628	0.628	0.703	0.670	—	—	0.565	0.605
400 °C	0.712	—	—	0.796	0.620	0.628	0.636	0.699	0.670	0.670	0.711	0.712	—	—	0.557	0.654
500 °C	0.754	—	—	0.879	0.653	0.670	0.599	0.729 <sup>①</sup>	0.754	0.712	0.754	0.796	—	—	0.528	0.712
600 °C	0.837	—	—	0.921	0.691	—	0.862	—	—	—	0.879	—	—	—	—	0.786
电阻率 $\rho/n\Omega \cdot m$	470	—	1260	1080	1380	16940	1550	—	—	1420	1600	1360	1600	1620	1870	1710
20 °C	16.33	10.47	—	7.54	8.79	7.54	—	9.63	9.63	8.37	5.44	7.95	7.12	7.54	—	—
100 °C	16.33	12.14	—	8.79	9.63	8.37	12.14 <sup>②</sup>	10.47	—	8.79	6.70	8.79	—	12.98	—	6.3
200 °C	16.33	—	—	10.05	10.89	9.63	12.56	11.72	11.30	10.05	8.79	10.05	—	11.30	—	7.5
300 °C	16.75	—	—	11.72	12.14	10.89	12.98	12.14	12.14	10.89	10.47	11.30	—	12.14	10.47	9.2
400 °C	17.17	—	—	13.40	13.40	12.14	16.33	13.40	13.40	12.56	12.56	12.59	—	12.98	12.14	10.5
500 °C	18.00	—	—	15.07	14.65	—	17.58	14.65	14.65	14.24	14.24	—	—	13.40 <sup>③</sup>	13.40	12.1
600 °C	—	—	—	16.75	15.91	—	18.84	16.33	—	15.49	15.91	—	—	14.65	—	13.0
20~100 °C	8.0	8.2	9.28	8.3	9.36	9.02	8.53	8.0	8.0	—	7.89	8.60	—	7.70	9.45	9.3
20~200 °C	8.6	—	9.53	8.9 <sup>④</sup>	9.4	9.41	9.34	8.6	8.6	—	9.01	—	—	8.90	9.73	9.3
20~300 °C	9.1	—	9.87	9.5 <sup>⑤</sup>	9.5	9.72	9.52	9.1	9.1	—	9.30	—	—	9.27	9.97	9.5
20~400 °C	9.25	—	10.08	10.4 <sup>⑥</sup>	9.54	9.98	9.79	9.6	9.6	—	9.24	—	—	9.64	10.15	9.7
20~500 °C	9.4	—	10.09	10.6 <sup>⑦</sup>	9.68	10.20	9.83	9.6	9.4	—	9.39	11.60 <sup>⑧</sup>	—	9.85	10.19	10.0
20~600 °C	9.8	—	10.28	10.8 <sup>⑧</sup>	9.85	10.42	9.59	—	—	—	9.40	—	—	—	12.21	10.2

注:本表数值供参考用。

- ① 450 °C。
- ② 80 °C。
- ③ 100~200 °C。
- ④ 200~300 °C。
- ⑤ 300~400 °C。
- ⑥ 400~500 °C。
- ⑦ 500~600 °C。
- ⑧ 490 °C。

表 3.2-30 变形钛及钛合金特性及应用

分类	牌号	主要特性	用途举例
化学纯钛 (碘法钛)	TA0	化学纯钛是以碘化物法所获得高纯度钛、又称碘法钛,其主要特性是化学性能稳定,强度低	工业中应用较少,多用于科学试验等工作中
工业纯钛	TA0	工业纯钛的杂质含量较化学纯钛要多,因此其强度、硬度也稍高,其力学性能及化学性能与不锈钢相近,比起钛合金纯钛强度低、塑性好,且可焊接、可切削加工、耐腐蚀性较好,在抗氧化性方面优于奥氏体不锈钢,但耐热性较差,TA1、TA2、TA3依次杂质含量增高,机械强度、硬度依次增强,但塑性、韧性依次下降	主要用于工作温度在350°C以下,受力不大,但要求高塑性的冲压件和耐蚀结构零件,如飞机骨架、蒙皮、船用阀门、管道、海水淡化装置等,化工上的泵、冷却器、搅拌机、蒸馏塔、叶轮等及压缩机(汽阀)、柴油发动机活塞等。TA1、TA2由于有良好的低温韧性及低温强度,可作-253°C以下低温结构材料
	TA1		
	TA2		
	TA3		
α型钛合金	TA4	此类合金不能热处理强化,主要依靠固溶强化,提高机械性能,室温下其强度低于β型和α+β型钛合金,但在500~600°C其高温强度是一类钛合金中是最好的,α型钛合金还具有组织稳定、抗氧化性及焊接性好,耐腐蚀性及切削加工性尚好,塑性低,压力加工性较差	可用作中等强度范围的结构材料
	TA5		400°C以下腐蚀性介质中工作的零件及焊接件如:飞机蒙皮、骨架零件、压气机叶片等
	TA6		500°C以下长期工作的结构件及模锻件,也是一种优良的超低温材料
	TA7		500°C以下长期工作零件可用于制造压气机盘及叶片,由于组织稳定性较差,使用受到一定限制
β型钛合金	TA8		
	TB2		β型钛合金可热处理强化,合金强度高、焊接性、压力加工性良好,但性能不稳定,且熔炼工艺复杂
α+β型钛合金	TC1	α+β型钛合金综合力学性能较好,TC1、TC2、TC7不能热处理强化,其他可热处理强化,可切削加工、压力加工性良好、室温强度高,在150~500°C以下有较好的耐热性,综合力学性能良好	400°C以下工作的冲压件、焊接件及模锻件,也可用作低温材料
	TC2		400°C以下长期工作零件、结构锻件、各种容器、泵、低温部件、坦克履带、舰船耐压壳体,TC4是α+β型钛合金中产量最多,应用最广的一种
	TC3		450°C以下使用,可作飞机发动机结构材料
	TC4		500°C以下长期使用的零件,如飞机发动机叶片等
	TC6		450°C以下长期工作零件,如飞机结构件、起落支架、导弹发动机外壳、武器结构件等
	TC7		
	YC9		
	TC10		

5.2 铸造钛及钛合金(见表 3.2-31、表 3.2-32)

表 3.2-31 钛及钛合金铸件室温力学性能(摘自 GB/T6614—1994)

牌 号	代 号	抗拉强度 /MPa ≥	0.2 规定残余伸长应力 /MPa ≥	伸长率 (%) ≥	硬 度 (HBS) ≥
ZTi1	ZTA1	345	275	20	210
ZTi2	ZTA2	440	370	13	235
ZTi3	ZTA3	540	470	12	245
ZTiAl4	ZTA5	590	490	10	270
ZTiAl5Sn2.5	ZTA7	795	725	8	335
ZTiAl6V4	ZTC4	895	825	6	365
ZTiMo32	ZTB32	795	--	2	260
ZTiAl6Sn4.5Nb2Mo1.5	ZTC21	980	850	5	350

表 3.2-32 铸造钛及钛合金牌号及化学成分(摘自 GB/T15073—1994)

铸造钛及钛合金		化学成分(质量分数) (%)													
		主要成分						杂质,不大于							
牌号	代号	Ti	Al	Sn	Mo	V	Nb	Fe	Si	C	N	H	O	其他元素	
														单个	总和
ZTi1	ZTA1	基	—	—	—	—	—	0.25	0.10	0.10	0.03	0.015	0.25	0.10	0.40



(续)

铸造钛及钛合金		化学成分(质量分数) (%)													
		主要成分							杂质,不大于						
牌号	代号	Ti	Al	Sn	Mo	V	Nb	Fe	Si	C	N	H	O	其他元素	
														单个	总和
ZTi2	ZTA2	基	—	—	—	—	—	0.30	0.15	0.10	0.05	0.015	0.35	0.10	0.40
ZTi3	ZTA3	基	—	—	—	—	—	0.40	0.15	0.10	0.05	0.015	0.40	0.10	0.40
ZTiAl4	ZTA5	基	3.3~ 4.7	—	—	—	—	0.30	0.15	0.10	0.04	0.015	0.20	0.10	0.40
ZTiAl5Sn2.5	ZTA7	基	4.0~ 6.0	2.0~ 3.0	—	—	—	0.50	0.15	0.10	0.05	0.015	0.20	0.10	0.40
ZTiAl6V4	ZTC4	基	5.5~ 6.8	—	—	3.5~ 4.5	—	0.40	0.15	0.10	0.05	0.015	0.25	0.10	0.40
ZTiMo32	ZTB32	基	—	—	30.0~ 34.0	—	—	0.30	0.15	0.10	0.05	0.015	0.15	0.10	0.40
ZTiAlbSn4.5 Nb2Mo1.5	ZTC21	基	5.5~ 6.5	4.0~ 5.0	1.0~ 2.0	—	1.5~ 2.0	0.30	0.15	0.10	0.05	0.015	0.20	0.10	0.40

- 注:1. 杂质其他元素单个含量和总量只有在有异议时才考虑分析。  
 2. 对杂质含量有特殊要求时,应经供需双方协商后在合同中注明。  
 3. 本表适用于石墨加工型、石墨捣实型、金属型和熔模精铸型铸件的钛及钛合金。  
 4. 本表中的其他元素是指铸件生产中固有存在的微量元素,一般包括 Al、V、Sn、Mo、Cr、Mn、Zr、Ni、Cu、Si、Nb、Y(该牌号中含有的合金元素应除去)。  
 5. 铸造钛合金的特点是冲击韧性比变形钛合金高,可加工为形状复杂的零件且节省材料,主要应用于化工设备,如球阀、泵、叶轮等,其精密铸件也可用于航空、航天工业,ZTB32 为 B 型钛合金,是耐还原性介质腐蚀最强的一种钛合金,但耐氧化性介质腐蚀能力很差,由于铜含量高,因此合金变脆,加工工艺性差,主要用于化工中受还原性介质腐蚀的容器及结构件。

### 6 铸造轴承合金(见表 3.2-33、表 3.2-34)

表 3.2-33 铸造轴承合金牌号、化学成分及力学性能(摘自 GB/T1174-1992)

种类	合金牌号	化学成分(质量分数)(%)													铸造方法	力学性能≥				
		Sn	Pb	Cu	Zn	Al	Sb	Ni	Mn	Si	Fe	Bi	As	其他元素总和		$\sigma_b$ /MPa	$\delta_5$ (%)	布氏硬度(HBS)		
锡基	ZSnSb12-Pb10Cu4	其余	9.0~11.0	2.5~5.0	0.01	0.01	11.0~13.0	—	—	—	0.1	0.08	0.1	—	0.55	J	—	—	29	
	ZSnSb12-Cu6Cd11		0.15	4.5~6.3	0.05	0.05	10.0~13.0	0.3~0.6	—	—	0.1	—	0.4~0.7	Cd1.1~1.6 Fe+Al+Zn ≤0.15	—	J	—	—	34	
	ZSnSb-11Cu6		0.35	5.5~6.5	0.01	0.01	10.0~12.0	—	—	—	0.1	0.03	0.1	—	0.55	J	—	—	27	
	ZSnSb8-Cu4		0.35	3.0~4.0	—	0.005	0.005	7.0~8.0	—	—	—	0.1	0.03	0.1	—	0.55	J	—	—	24
	ZSnSb4Cu4		0.35	4.0~5.0	0.01	0.01	4.0~5.0	—	—	—	—	0.08	0.1	—	0.50	J	—	—	20	
铅基	ZPbSb16-Sn16Cu2	其余	15.0~17.0	1.5~2.0	0.15	—	15.0~17.0	—	—	—	0.1	0.1	0.3	—	0.6	J	—	—	30	
	ZPbSb15-Sn5Cu3Cd2		5.0~6.0	2.5~3.0	0.15	—	14.0~16.0	—	—	—	0.1	0.1	0.6~1.0	Cd1.75~2.25	0.4	J	—	—	32	
	ZPSb15-Sn10		9.0~11.0	0.7	0.005	0.005	14.0~16.0	—	—	—	0.1	0.1	0.6	Cd0.05	0.45	J	—	—	24	
	ZPbSb-15Sn5		4.0~5.5	0.5~1.0	0.15	0.01	14.0~15.5	—	—	—	0.1	0.1	0.2	—	0.75	J	—	—	20	
	ZPbSb-10Sn6		5.0~7.0	0.7	0.005	0.005	9.0~11.0	—	—	—	0.1	0.1	0.25	Cd0.05	0.7	J	—	—	18	

(续)

种类	合金牌号	化学成分(质量分数)(%)													其他元素总和	铸造方法	力学性能 $\geq$			
		Sn	Pb	Cu	Zn	Al	Sb	Ni	Mn	Si	Fe	Bi	As	$\sigma_b$ /MPa			$\delta_5$ (%)	布氏硬度(HBS)		
铜基	ZCuSn5-Pb5Zn5	4.0 ~ 6.0	4.0 ~ 6.0	其余	4.0 ~ 6.0	0.01	0.25	2.5 $\Delta$		0.01	0.30	—	—	P0.05 S0.10	0.7	S, J Li	200 250	13 13	60* 65*	
	ZCuSn-10P1	9.0 ~ 11.5	0.25		0.05	0.01	0.05	0.10	0.05	0.02	0.10	0.005	—	P0.05 ~1.0 S0.05	0.7	S J Li	200 310 330	3 2 4	80* 90* 90*	
	ZCuPb-10Sn10	9.0 ~ 11.0	8.0 ~ 11.0		2.0 $\Delta$	0.01	0.5	2.0 $\Delta$	0.2	0.01	0.25	0.005	—	—	P0.05 S0.10	1.0	S J Li	180 220 220	7 5 6	65* 70* 70*
	ZCuPb-15Sn8	7.0 ~ 9.0	13.0 ~ 17.0		2.0 $\Delta$	0.01	0.5	2.0 $\Delta$	0.2	0.01	0.25	—	—	—	P0.10 S0.10	1.0	S J Li	170 200 220	5 6 8	60* 65* 65*
	ZCuPb-20Sn5	4.0 ~ 6.0	18.0 ~ 23.0		2.0 $\Delta$	0.01	0.75	2.5 $\Delta$	0.2	0.01	0.25	—	—	—	P0.10 S0.10	1.0	S J	150 150	5 6	45* 55*
	ZCuPb30	1.0	27.0 ~ 33.0		—	0.01	0.2	—	0.3	0.02	0.5	0.005	0.10	—	P0.08	1.0	J	—	—	25*
	ZCuAl-10Fe3	0.3	0.2		0.4	8.5 ~ 11.0	—	3.0 $\Delta$	1.0 $\Delta$	0.20	2.0 ~ 4.0	—	—	—	—	1.0	S, J, Li	490 540	13 15	100* 110*
铝基	ZAlSn6-Cu1Ni1	5.5 ~ 7.0	—	0.7 ~ 1.3	—	其余	0.7 ~ 1.3	0.1	0.7	0.7	—	—	Ti0.2 Fe-Si+Mn $\leq$ 1.0	1.5	S J	110 130	10 15	35* 40*		

注:1. 凡表格中所列两个数值,系指该合金主要元素含量范围,表格中所列单一数值,系指允许的其他元素最高含量。

2. 表中有“ $\Delta$ ”号为数值,不计入其他元素总和;“\*”者为参考硬度值。

表 3.2-34 铸造轴承合金特性及应用

组别	合金代号	主要特征	用途举例
锡基轴承合金	ZSnSb12Pb10Cu4	为含锡量最低的锡基轴承合金,其特点是:性软而韧、耐久、硬度较高,因含铅,浇注性能较其他锡基轴承合金差,热强性也较低,但价格比其他锡基轴承合金较低	适于浇注一般中速、中等载荷发动机的主轴承,但不适用于高温部分
	ZSnSb11Cu6	这是机械工业中应用较广的一种锡基轴承合金。其组成成分的特点是:锡含量较低,铜、铟含量较高。其性能特点是:有一定的韧性、硬度适中(27HB)、抗压强度较高、可塑性好,所以它的减摩性和抗磨性均较好,其冲击韧度虽比ZSnSb8Cu4、ZSnSb4Cu4锡基轴承合金差,但比铅基轴承合金高。此外,还有优良的导热性和耐蚀性、流动性能好,膨胀系数比其他巴氏合金都小。缺点是:疲劳强度较低,故不能用于浇注层很薄和承受较大振动载荷的轴承。此外,工作温度不能高于110℃,使用寿命较短	适于浇注重载、高速、工作温度低于110℃的重要轴承,如:2000(735.5W)以上的高速蒸汽机、500(735.5W)的涡轮增压机和涡轮泵、1200(735.5W)以上的快速行程柴油机、750kW以上的电动机、500kW以上发电机,高转速的机床主轴的轴承和轴瓦
	ZSnSb8Cu4	除韧性比ZSnSb11Cu6较好,强度及硬度比ZSnSb11Cu6较低之外,其他性能与ZSnSb11Cu6近似,但因含锡量高,价格较ZSnSb11Cu6更贵	适于浇注工作温度在100℃以下的一般负荷压力大、大型机器轴承及轴衬、高速高载荷汽车发动机薄壁双金属轴承
	ZSnSb4Cu4	这种合金的韧度是巴氏合金中最高的,强度及硬度比ZSnSb11Cu6略低,其他性能与ZSnSb11Cu6近似,但价格也最贵	用于要求韧性较大和浇注层厚度较薄的重载高速轴承,如:内燃机、涡轮机、特别是航空和汽车发动机的高速轴承及轴衬

(续)

组别	合金代号	主要特征	用途举例
铅基轴承合金	ZPbSb16Sn16Cu2	这种合金和ZSnSb11Cu6相比,它的摩擦系数较大,硬度相同,抗压强度较高,在耐磨性和使用寿命方面也不低,尤其是价格便宜得多;但其缺点是冲击韧度低,在室温下是比较脆的。当轴承经受冲击负荷的作用时,易形成裂缝和剥落;当轴承经受静负荷的作用时,工作情况比较好	适用于工作温度 $<120^{\circ}\text{C}$ 的条件下承受无显著冲击载荷、重载高速的轴承,如:汽车拖拉机的曲柄轴承和1200(735.5W)以内的蒸汽或水力涡轮机、750kW以内的电动机、500kW以内的发电机、500(735.5W)以内的压缩机以及轧钢机等轴承
	ZPbSb15Sn5Cu3Cd2	这种合金的含锡量比ZPbSb16Sn16Cu2约低2/3,但因加有Cd(镉)和As(砷),它们之间的性能却无多大差别,它是ZPbSb16Sn16Cu2很好的代用材料	用以代替ZPbSb16Sn16Cu2浇注汽车拖拉机发动机的轴承,以及船舶机械、100~250kW电动机、抽水机、球磨机和金属切削机床齿轮箱轴承
	ZPbSb15Sn10	这种合金的冲韧韧度比ZPbSb16Sn16Cu2高,它的摩擦系数虽然较大,但因其具有良好的磨合性和可塑性,所以仍然得到广泛的应用。合金经热处理(退火)后,塑性、韧性、强度和减摩性能均大大提高,而硬度则有所下降,故一般在浇注后均进行热处理,以改善其性能	用于浇注承受中等压力、中速和冲击负荷机械的轴承,如汽车、拖拉机发动机的曲轴轴承和连杆轴承。此外,也适用于高温轴承
	ZPbSb15Sn5	这是一种性能较好的铅基低锡轴承合金,和锡基轴承合金ZSnSb11Cu6相比,耐压强度相同,塑性和热导率较差,在高温高压和中等冲击负荷的情况下,它的使用性能比锡基轴承合金差;但在温度不超过 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 和冲击载荷较低的情况下,这种合金完全可以适用,其使用寿命并不低于锡基轴承合金ZSnSb11Cu6	可用于低速、轻压力条件下工作的机械轴承。一般多用于浇注矿山水泵轴承,也可用于汽轮机、中等功率电动机、拖拉机发动机、空压机等轴承和轴衬
	ZPbSb10Sn6	这种合金是锡基轴承合金ZSnSb4Cu4理想的代用材料,其主要特点是:(1)强度与弹性模量的比值 $\sigma_b/E$ 较大,抗疲劳剥落的能力较强;(2)由于铅的弹性模量较小,硬度较低,因而具有较好的顺应性和嵌藏性;(3)铅有自然润滑性能,并有较好的油膜吸附能力,故有较好的抗咬合性能;(4)铅和钢的摩擦系数较小,硬度低,对轴颈的磨损小;(5)软硬适中,韧性好,装配时容易刮削加工,使用中容易磨合;(6)原材料成本低廉,制造工艺简单,浇铸质量容易保证。缺点是耐腐蚀性和合金本身的耐磨性不如锡基轴承合金	可代替ZSnSb4Cu4用于浇注工作层厚度不大于0.5mm、工作温度不超过 $120^{\circ}\text{C}$ 的条件下,承受中等负荷或高速低负荷的机械轴承。如:汽车汽油发动机、高速转子发动机、空压机、制冷机、高压油泵等主机轴承,也可用于金属切削机床、通风机、真空泵、离心泵、燃气泵、水力透平机和一般农机上的轴承

注:铅基轴承合金ZAlSn6Cu1Ni1适于高速重载的轴承。铜基轴承合金的应用可参见加工铜合金相应牌号(见表3.2-9)和铸造铜合金相应牌号(见表3.2-11)。

## 7 有色金属及其合金国内外牌号对照

### 7.1 铜及铜合金国内外牌号对照(见表3.2-35、表3.2-36)

表3.2-35 加工铜及铜合金国内外牌号对照

合金组别	中国 GB/T 5231	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
纯铜	T1	—	—	—	C103	—	M0	—
	T2	Cu-FRHC	C1100	E-Cu58	C101,C102	Cu-0.1, Cu-0.2	M1	C11000
	T3	Cu-FRTP	—	—	C104	—	M2	C12700

(续)

合金组别	中国 GB/T 5231	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
无氧铜	TU0	—	—	—	—	—	—	—
	TU1	—	C1011	—	—	Cu-C2	M06	C10100
	TU2	Cu-OF	C1020	OF Cu	103	Cu-C1	M16	C10200
磷脱氧铜	TP1	Cu-DLP	C1201	SW-Cu	—	Cu-b2	M1P	C12000
	TP2	Cu-DHP	C1220	SF Cu	C106	Cu-b1	M2P	C12200 C12300
普通黄铜	TAg0.1	CuAg0.1	—	CuAg0.1	—	—	БрСр0.1	—
	H96	CuZn5	C2100	CuZn5	CZ125	CuZn5	Ж96	C21000
	H90	CuZn10	C2200	CuZn10	CZ101	CuZn10	Ж90	C22000
	H85	CuZn15	C2300	CuZn15	CZ102	CuZn15	Ж85	C23000
	H80	CuZn20	C2400	CuZn20	CZ103	CuZn20	Ж80	C24000
	H70	CuZn30	C2600	CuZn30	CZ106	CuZn30	Ж70	C26000
	H68	—	—	CuZn33	—	—	Ж68	C26200
	H65	CuZn35	C2700	CuZn36	CZ107	CuZn33	—	C27000
	H63	CuZn37	C2720	CuZn37	CZ108	CuZn37	Ж63	C27200
	H62	CuZn40	C2800	—	—	CZ109	CuZn40	—
镍黄铜	HNi65-5	—	—	—	—	—	ЖН65-5	—
	HNi56-3	—	—	—	—	—	—	—
铁黄铜	HFe59-1-1	—	—	CuZn40Al1	CZ114	—	ЖКМЛ59-1-1	C67820
	HFe58-1-1	—	—	—	—	—	ЖКС58-1-1	—
铅黄铜	HPb89-2	—	—	—	—	—	—	—
	HPb66-0.5	—	—	—	—	—	—	—
	HPb63-3	—	C3450	CuZn36Pb3	CZ124	—	ЖС63-3	C34500
	HPb63-0.1	—	—	CuZn37Pb0.5	—	—	—	—
	HPb62-0.8	CuZn37Pb1	C3710	—	—	—	—	C35000
	HPb62-3	—	—	—	—	—	—	—
	HPb62-2	—	—	—	—	—	—	—
	HPb61-1	—	C3710	CuZn39Pb0.5	CZ123	CuZn40Pb	ЖС60-1	C37100
	HPb60-2	—	—	—	—	—	—	—
HPb59-3	—	—	—	—	—	—	—	
HPb59-1	CuZn39Pb1	C3771	CuZn40Pb2	CZ122	—	ЖС59-1	C37710	
铝黄铜	HA177-2	—	—	—	—	—	—	—
	HA167-2.5	—	—	—	—	—	—	—
	HA166-6-3-2	—	—	—	CZ116	—	—	—
	HA161-4-3-1	—	—	—	—	—	—	—
	HA160-1-1	CuZn39Al-FeMn	—	—	CZ115	—	ЖАЖ60-1-1	C67800
HA159-3-2	—	—	—	—	—	ЖАЖ59-3-2	—	
锰黄铜	HMn62-3-3-0.7	—	—	—	—	—	—	—
	HMn58-2	—	—	CuZn40Mn	—	—	ЖМЛ58-2	—
	HMn57-3-1	—	—	—	—	—	ЖМЛ57-3-1	—
	HMn55-3-1	—	—	—	—	—	—	—
锡黄铜	HSn90-1	—	—	—	—	—	ГО90-1	C40400
	HSn70-1	—	—	—	—	—	—	—
	HSn62-1	CuZn38Sn1	C4620	CuZn39Sn	CZ112	—	ГО62-1	C46400
	HSn60-1	—	—	—	CZ113	CuZn38Sn1	ГО60-1	C48600
加砷黄铜	H85A	—	—	—	—	—	—	—
	HSn70-1	CuZn28Sn1	C4430	CuZn28Sn	CZ111	CuZn29Sn1	ГО70-1	C44300
	H68A	CuZn30As	—	—	CZ216	CuZn30	—	C28130
硅黄铜	HSi80-3	—	—	—	—	ЖК80-3	—	

(续)

合金组别	中国 GB/T 5231	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
锡青铜	QSn1.5-0.2	—	—	—	—	—	—	—
	QSn4-0.3	—	—	—	—	—	—	—
	QSn4-3	CuSn4Zn2	—	—	—	—	БРОЦ4-3	—
	QSn4-4-2.5	—	—	—	—	—	БРОЦ4-4-2.5	—
	QSn4-4-4	CuSnPb4Zn3	—	—	—	CuSn4Zn4Pb4	БРОЦ4-4-4	C54400
	QSn6.5-0.1	CuSn6	C5191	CuSn6	PB103	CuSn6P	БРОФ6.5-0.15	C51900
	QSn6.5-0.4	CuSn6	C5191	CuSn6	PB103	CuSn6P	БРОФ6.5-0.4	C51900
	QSn7-0.2	CuSn8	C5210	CuSn8	—	CuSn8P	БРОФ7-0.2	C52100
QSn8-0.3	—	—	—	—	—	—	—	
铝青铜	QAl5	CuAl5	—	CuAl5As	CA101	CuAl6	БРА5	C60600
	QAl7	CuAl7	—	CuAl8	CA102	CuAl8	БРА7	C61000
	QAl9-2	CuAl9Mn2	—	CuAl9Mn2	—	—	БРАМ9-2	—
	QAl9-4	CuAl10Fe3	—	—	—	—	БРАЖ9-4	C62300
	QAl9-5-1-1	—	C628	—	—	—	—	—
	QAl10-3-1.5	—	—	CuAl10Fe-3Mn2	—	—	БРАЖМ10-3-1.5	C63200
	QAl10-4-4	CuAl10Ni5Fe5	—	CuAl10Ni5Fe4	CA104	CuAl10Ni5Fe4	БРАЖН10-4-4	C63300
	QAl10-5-5	—	C6301	—	CA105	—	—	C63280
QAl11-6-6	—	—	CuAl11Ni6Fe6	—	—	—	C62730	
铍青铜	QBe2	CuBe2	C1720	CuBe2	—	CuBe1.9	БРБ2	C17200
	QBe1.9	—	—	—	—	CuBe1.9	БРЫТ1.9	—
	QBe1.9-0.1	—	—	—	—	—	БРЫТ1.9М	—
	QBe1.7	CuBe1.7	C1700	CuBe1.7	CB101	CuBe1.7	БРЫТ1.7	C17000
	QBe0.6-2.5	—	—	—	—	—	—	—
	QBe0.4-1.8	—	—	—	—	—	—	—
硅青铜	QSi3-1	CuSi3Mn1	—	CuSi3Mn	CS101	—	БРКМ13-1	C65500 C65800
	QSi-3	—	—	CuNi3Si	—	—	БРКН1-3	—
	QSi3.5-3-1.5	—	—	—	—	—	—	—
锰青铜	QMn1.5	—	—	CuMn2	—	—	—	—
	QMn2	—	—	CuMn2	—	—	—	—
	QMn5	—	—	CuMn5	—	—	БРМЦ5	—
锆青铜	QZr0.2	—	—	CuZr	—	—	—	C15000
	QZr0.4	—	—	—	—	—	—	—
铬青铜	QCr0.5	CuCr1	—	CuCr	CC101	—	БРХ1	C18200
	QCr0.5-0.2-0.1	—	—	—	—	—	—	—
	QCr0.6-0.4-0.05	CuCr1Zr	—	—	CC102	—	—	C18100
	QCr1	—	—	—	—	—	—	—
镉青铜	QCd1	CuCd1	—	CuCd1	C108	—	БРКЦ1	C16200
镁青铜	QMg0.8	—	—	CuMg0.7	—	—	БРМГ0.3	—
铁青铜	QFe2.5	—	—	—	—	—	—	—
碲青铜	QTe0.5	—	—	—	—	—	—	—
普通白铜	B0.6	—	—	—	—	—	МН0.6	—
	B5	—	—	CuNi5Fe	CN101	CuNi5	МН5	—
	B19	—	C7100	CuNi20Fe	CN104	CuNi20	МН19	C71000
	B25	CuNi25	—	CuNi25	CN105	CuNi25	МН25	C71300
	B30	—	—	—	—	—	—	—

(续)

合金组别	中国 GB/T 5231	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
铁白铜	BFe5-1.5 0.5	—	—	—	—	—	—	—
	BFe10-1-1	CuNi10Fe1Mn	—	CuNi10Fe	CN102	CuNi10Fe1Mn	МН1ЖМН10-1-1	C70600
	BFe30-1-1	CuNi30Mn1Fe	—	CuNi30Mn	CN107	CuNi30Mn1Fe	МН1ЖМН130-1-1	C71630
锰白铜	BMn3 12	—	—	—	—	—	МНМН3-12	—
	BMn40-1.5	—	—	—	—	—	МНМН40-1.5	—
	BMn43-0.5	CuNi44Mn1	—	CuNi44	—	CuNi44Mn	МНМН43-0.5	—
锌白铜	BZn18-18	—	—	—	—	—	—	—
	BZn18-26	—	—	—	—	—	—	—
	BZn15-20	CuNi15Zn21	C7541	—	NS105	—	МН115-20	C75400
	BZn15-21-1.8	—	—	—	NS112	—	—	—
铝白铜	BAl3-3	—	—	—	—	—	МН1А13-3	—
	BAl6 1.5	—	—	—	—	—	МН1А6-1.5	—

表 3.2-36 铸造铜合金国内外牌号对照

中国 GB/T 1176	国际标准化组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
ZCuSn3Zn8Pb6Ni	—	—	G-CuSn2ZnPb	LG1	—	БР03117С5Н1	C83800
ZCuSn3Z11Pb4	—	BC1	—	—	—	БР031112С5	C84500
ZCuSn5Pb5Zn5	CuPb5Sn5Zn5	BC6	C-CuSn5ZnPb	LG2	CuPb5Sn5Zn5	БР05115С5	C83600
ZCuSn10P1	CuSn10P	PBC2B	—	PB4	—	БР010Ф1	C90700
ZCuSn10Pb5	—	LBC2	G-CuPb5Sn	—	—	БР010С5	—
ZCuSn10Zn2	CuSn10Z2	BC3	G-CuSn10Zn	G1	CuSn12	БР010112	C90500
ZCuPb10Sn10	CuPb10Sn10	LBC3	G-CuPb10Sn	LB2	CuPb10Sn10	БР010С10	—
ZCuPb15Sn8	CuPb15Sn8	LBC4	G-CuPb15Sn	LB1	—	—	—
ZCuPb17Sn4Zn4	—	—	—	—	—	БР04114С17	—
ZCuPb20Sn5	CuPb20Sn5	LBC5	G-CuPb20Sn	LB5	CuPb20Sn5	—	—
ZCuPb30	—	—	—	—	—	БРС30	—
ZCuAl8Mn13Fe3	—	—	—	—	—	—	—
ZCuAl8Mn13Fe3Ni2	—	ALBC4	Al-MnBZ13	CMA1	—	НБВ8-70	C95700
ZCuAl9Mn2	—	—	G-CuAl9Mn	—	—	БРАМН19-2	—
ZCuAl9Fe4 Ni4Mn2	—	ALBC3	—	AB2	CuAl10Fe5Ni5	БРАЖМН19-4-4-1	C95800
ZCuAl10Fe3	CuAl10Fe3	ALBC1	G-CuAl10Fe	AB1	CuAl10Fe3	БРАЖ9-4Л	C95200
ZCuAl10Fe3Mn2	—	—	—	—	CuAl10Fe3	БРАЖМН10-3-1.5	—
ZCuZn38	—	YBSC1	—	DCB1	—	Л62Л	C85500
ZCuZ25Al6 Fe3Mn3	CuZn25Al6 Fe3Mn3	HBSC4	G-CuZn25Al5	HTB 3	CuZn19Al6	Л1АЖМН1 66-6-3-2	C86300
ZCuZn26Al14 Fe3Mn3	CuZn26Al14 Fe3Mn3	HBSC3	—	HTB-2	—	—	C86200
ZCuZn31Al2	—	—	—	—	—	Л1А67-2	—
ZCuZn35Al2 Mn2Fe1	CuZn35Al FeMn	HBSC1	G-CuZn35Al1	HTB-1	—	Л1АМ59-1-1Л1	C86500
ZCuZn38Mn2Pb2	—	—	—	—	—	Л1МЛС58-2-2	—
ZCuZn40Mn2	—	—	—	—	—	Л1МЛС58-2	—
ZCuZn40Mn3Fe1	—	HBSC2	—	—	—	Л1МЛК55-3-1	C86800
ZCuZn33Pb2	CuZn33Pb	YBSC3	—	SCB3	—	—	C85400
ZCuZn40Pb2	CuZn40Pb	—	G-CuZn37Pb	DCB3	—	Л1С59-1Л1	C85700
ZCuZn16Si4	—	—	G-CuZn15Si4	—	—	Л1К80-3Л1	C87400 C87800

## 7.2 铝及铝合金国内外牌号对照(见表3.2-37、表3.2-38)

表3.2-37 变形铝及铝合金国内外牌号对照

中国 GB/T 3190 新牌号		旧牌号	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
1A99	LC5	—	—	1N99	Al99.98R	S1	—	AB000	1199
1A90	LC2	—	—	1N90	Al99.9	—	—	AB1	1090
1A85	LG1	—	Al99.8	A1080	Al99.8	1A	—	AB2	1080
1070A	L1	—	Al99.7	A1070	Al99.7	—	1070A	A00	1070
1060	L2	—	—	A1060	—	—	—	A0	1060
1050A	L3	—	Al99.5	—	Al99.5	1B	1050A	A1	1050
1100	L3-1	—	Al99.0	A1100	Al99.0	3L54	1100	A2	1100
1200	L5	—	—	A1200	Al99	1C	1200	—	1200
5A02	LF2	—	AlMg2.5	A5052	AlMg2.5	N4	5052	AMF2	5052
5A03	LF3	—	AlMg3	A5154	AlMg3	N5	—	AMF3	5154
5083	LF4	—	AlMg4.5Mn0.7	A5083	AlMg4.5Mn	N8	5083	AMF4	5083
5056	LF5-1	—	AlMg5	A5056	AlMg5	N6	—	—	5056
5A05	LF5	—	AlMg5Mn0.4	—	—	N61	—	AMF5	5456
3A21	LF21	—	AlMn1Cu	A3003	AlMnCu	N3	3003	AMB1	3003
6A02	LD2	—	—	A6165	—	—	—	AB	6165
2A70	LD7	—	AlCu2MgNi	2N01	—	H16	2618A	AK4	2618
2A90	LD9	—	—	A2018	—	—	—	AK2	2018
2A14	LD10	—	AlCu4SiMg	A2014	AlCuSiMn	—	2014	AK8	2014
4A11	LD11	—	—	A4032	—	38S	4032	AK9	4032
6061	LD30	—	AlMg1SiCu	A6061	AlMg1SiCu	H120	6061	A133	6061
6063	LD31	—	AlMg0.7Si	A6063	AlMgSi0.5	H19	—	AL31	6063
2A01	LY1	—	AlCu2.5Mg	A2217	AlCu2.5Mg0.5	3L86	—	L18	2217
2A11	LY11	—	AlCu4MgSi	A2017	AlCuMg1	H15	2017A	L1	2017
2A12	LY12	—	AlCu4Mg1	A2024	AlCuMg2	GB-24S	2024	L16	2024
7A03	LC3	—	AlZn7MgCu	—	—	—	—	B94	7141
7A09	LC9	—	AlZn5.5MgCu	A7075	AlZnMgCu1.5	L95	7075	—	7075
7A10	LC10	—	—	7N11	AlZnMgCu0.5	—	—	—	7079
4A01	LT1	—	AlSi5	A4043	AlSi5	N21	—	AK	4043
4A17	LT17	—	AlSi12	A4047	AlSi12	N2	—	—	4047
7A01	LB1	—	—	A7072	AlZn1	—	—	—	7072

表3.2-38 铸造铝合金国内外牌号对照

中国 GB/T 1173 合金牌号		合金代号	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
ZAISi7Mg	ZL101	—	AlSi7Mg(Fe)	AC4C	G-AlSi7Mg	LM25	A-S7G	AJ9	A03560
ZAISi7MgA	ZL101A	—	AlSi7Mg	AC4CH	G-AlSi7Mg	—	A-S7G03	AJ9-1	A13560
ZAISi12	ZL102	—	AlSi12	AC3A	G-AlSi12	LM6	A-S13	AJ9-2	A04130
ZAISi9Mg	ZL104	—	AlSi10Mg	AC4A	G-AlSi10Mg	LM9	A-S9G	AJ4	A03600
ZAISi5Cu1Mg	ZL105	—	AlSi5Cu1Mg	AC4D	G-AlSi5(Cu)	LM16	—	AJ5	A03550
ZAISi5Cu1MgA	ZL105A	—	—	—	—	—	—	AJ5-1	A33550
ZAISi8Cu1Mg	ZL106	—	—	—	G-AlSi8Cu3	LM27	—	AJ32	A03280
ZAISi7Cu4	ZL107	—	AlSi6Cu4	AC2B	G-AlSi6Cu4	LM21	—	—	A03190
ZAISi12Cu2Mg1	ZL108	—	—	—	G-AlSi12Cu	—	—	AJ25	A23320
ZAISi2Cu1Mg1Ni1	ZL109	—	—	AC8A	—	LM13	A-S12UNG	AJ30	A13320
ZAISi5Cu6Mg	ZL110	—	—	—	—	—	—	—	—
ZAISi9Cu2Mg	ZL111	—	—	—	G-AlSi8Cu3	—	—	—	A03540
ZAISi7Mg1A	ZL114	—	—	—	—	—	A-S7G06	—	A13570
ZAISi5Zn1Mg	ZL115	—	—	—	—	—	—	—	—
ZAISi8MgBe	ZL116	—	—	—	—	—	—	AJ34	—
ZAlCu5Mn	ZL201	—	—	—	—	—	—	AJ19	—
ZAlCu5MnA	ZL201A	—	—	—	—	—	—	—	—
ZAlCu4	ZL203	—	AlCu4Ti	AC1A	G-AlCu4Ti	—	—	AJ7	A02950
ZAlCu5MnCdA	ZL204A	—	—	—	—	—	—	—	—
ZAlCu5MnCdVA	ZL205A	—	—	—	—	—	—	—	—
ZAlRE5Cu3Si2	ZL207	—	—	—	—	—	—	ALP-1	—
ZAlMg10	ZL301	—	AlMg10	AC7B	G-AlMg10	LM10	—	AJ8	A05200
ZAlMg5Si1	ZL303	—	AlMg5Si1	—	G-AlMg5Si	LM5	—	AJ13	A25140
ZAlMg8Zn1	ZL305	—	—	—	—	—	—	—	—
ZAlZn11Si7	ZL401	—	—	—	—	—	—	AJ11	—
ZAlZn6Mg	ZL402	—	AlZn5Mg	—	—	—	A-Z5G	—	A07120

## 7.3 钛及钛合金国内外牌号对照(见表 3.2-39、表 3.2-40)

表 3.2-39 加工钛及钛合金国内外牌号对照

中国 GB/T 3620.1	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	德国 <sup>①</sup> DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
TA1	Grade1	1级	3.7035(Ti2)	—	T40	BT10	Grade1
TA2	Grade2	2级	3.7055(Ti3)	—	—	—	Grade2
TA3	Grade3	3级	3.7065(Ti4)	—	—	—	Grade3
TA6	—	—	—	—	—	BT5	—
TA7	—	—	TiAl3Sn2 (TiAl5Sn2.5)	—	—	BT5-1	Grade6
TA7(ELI)	—	—	—	—	—	—	—
TC1	—	—	—	—	—	OT4-1	—
TC2	—	—	—	—	—	OT4	—
TC4	Ti-6Al-4V	—	TiAl6V4	(Ti-6Al-4V)	TA6V	BT6	Grade5
TC6	—	—	—	—	—	BT3-1	—
TC10	—	—	(TiAl6V6Sn2)	—	—	—	—
TC11	—	—	—	—	—	BT9	—

① 括号中是新标准草案规定的牌号。

表 3.2-40 铸造钛及钛合金国内外牌号对照

中国 GB/T 15073	国际标准化 组织 ISO	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM	日本 JIS	德国 DIN
ZTA1	—	BT1.1	C-1级	KS50-C	G-T199.2
ZTA2	—	—	C-2级	KS50-LFC	G-T199.4
ZTA3	—	—	C-3级	KS70-C	G-T199.5
ZTA5	—	BT5.1	—	—	—
ZTA7	—	—	C-6级	KS115AS-C	G-TiAl5Sn2.5
ZTB32	—	—	—	—	—
ZTC4	—	BT6.1	C-5级	KS130AV-C	G-TiAl6V4
ZTC21	—	—	—	—	—

## 7.4 镁及镁合金国内外牌号对照(见表 3.2-41、表 3.2-42)

表 3.2-41 加工镁合金国内外牌号对照

中国 GB/T 5153	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
MB1	—	—	MgMn2	MAG101	G-M2	MA1	AIM1A
MB2	—	M1	MgAl3Zn	MAG111	—	MA2	AZ31C
MB3	—	—	—	—	—	MA2-1	—
MB5	—	M2	MgAl6Zn	MAG121	—	MA3	AZ61A
MB6	—	—	MgAl6Zn3	—	—	MA4	—
MB7	—	AZ61A	MgAl7Zn	—	—	MA5	AZ80X
MB8	—	AZ80A	AM537	—	—	MA8	—
MB15	—	ZK60A	MgZn6Zr	MAG161	—	(MP65-1)	ZK60A

表 3.2-42 铸造镁合金国内外牌号对照

中国 GB/T 1177	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
ZM1	—	MC6	—	MAG4	—	MJ12	ZK51A
ZM2	—	—	G-MgZn4Se1Zr1	MAG5	531G-Z4TV	MJ15	ZE41A
ZM3	—	—	—	MAG6	—	MJ11	EK41A
ZM4	Mg- RE3Zn2Zr	—	G-MgRE3Zn2Zr1 (ZRE1)	MAG6 (ZRE1) 2L126	G-TR3Z2Zr G-Tr3Zr (ZRE1)	—	EZ33A
ZM5	Mg-Al8Zn Mg-Al9Zn	MC2	G-MgAl8Zn1 (AZ81) G-MgAl9Zn1 (AZ91)	MAG1 3L112	G-A8Z G-A9Z	MJ15	AZ81A AZ91C
ZM6	—	—	—	—	—	M.16	—
ZM7	—	—	—	—	—	—	—
ZM10	Mg-Al9Zn	—	G-MgAl9Zn1 (AZ91)	MAG3 3L125	G-A9Z	MJ10	AM100A



## 7.5 镍及镍合金国内外牌号对照(见表 3.2-43)

表 3.2-43 加工镍及镍合金国内外牌号对照

中国 GB/T 5235	国际标准化 组织 ISO	日本 JIS	德国 DIN	英国 BS	法国 NF	俄罗斯 ГОСТ	美国 ASTM
N2 N4 N6	—	—	Ni99.7, Ni99.6 Ni99.2, Ni99.0 Ni99.4NiO	NA11 NA12	Ni-01 Ni-02	H111, H112, H113, H114, H1109B11, H11198, H1129	—
N8	—	VNiP — VNiR	LC-Ni99	—	—	—	N02200 — N02201
DN	—	—	—	—	—	HMГ	—
NY1	—	—	Ni997, Ni99.0	—	—	НПА1	—
NY2	—	—	Ni99.4NiO	—	—	НПА11	—
NY3	—	—	Ni99CSi	—	—	НПА2	—
NMn3	—	—	NiMn3Al	—	—	НМ12.5	—
NMn5	—	—	NiMn5	—	—	НМ15	—
NCu40-2-1	—	—	—	—	—	—	—
NCu28-2.5 -1.5	—	NCuP, NCuT, NCuB, NCuW, NCuR	NiCu30Fe	NA13	NiCu32Fe 1.5Mn	НМЖМ128-2.5-1.5	N4400
NMg0.1	—	VNiP2C	Ni99.7Mg	电子管用含 镁活性镍	—	НМГ0.1	—
NSi0.19	—	VNiT1A	—	—	—	HK0.2	—
NW4-0.15	—	—	—	—	—	НБМГ3-0.08B	—
NW4-01 NW4-0.07	—	VNi4T	—	—	—	—	—
NSi3	—	—	—	—	—	—	—
NCr10	—	GCR69	—	—	—	НХ9.5, НХ9	—

## 8 有色金属型材

## 8.1 棒材

## 8.1.1 铜及铜合金拉制棒(见表 3.2-44~表 3.2-48)

表 3.2-44 铜及铜合金拉制棒的牌号、状态及规格(摘自 GB/T 4423—1992)

牌 号	状 态	直径/mm	牌 号	状 态	直径/mm
T2, T3, TP2, H96, TU1, TU2	硬(Y) 软(M)	5~80	QSn7-0.21	硬(Y) 特硬(T)	5~40
H80, H65	硬(Y) 软(M)	5~40	QCd1	硬(Y) 软(M)	5~60
H68	半硬(Y <sub>2</sub> ) 软(M)	5~80 13~35	QCr0.5	硬(Y) 软(M)	5~40
H62, HPb59-1	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~80	BZn15-20	硬(Y) 软(M)	5~40
H63, HPb63-0.1	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~40			
HPb63-3	硬(Y)	5~30	BZn15-24-1.5	特硬(T) 硬(Y) 软(M)	5~18
	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~60			
HFe59-1-1, HFe58-1-1, HSn62-1, HMn58-2	硬(Y)	5~60	BFe30-1-1	硬(Y) 软(M)	16~50
QSn6.5-0.1, QSn6.5-0.4, QSn4-3, QSn4-0.3, QSi3-1, QA19-2, QA19-4, QA110-3-1.5	硬(Y)	5~40	BMn40-1.5	硬(Y)	7~40

注:1. 方棒、六角棒直径系指为切圆直径或两平行面之间的距离。

2. GB/T4423—1992 代替 GB4423~GB4426—1984, GB4429~GB4433—1984。

表 3.2-45 铜及铜合金拉制棒材的公称尺寸及允许偏差(摘自 GB/T 4423—1992) (mm)

直径	优先尺寸	直径允许偏差		
		高级	较高级	普通级
5~6	5,5.5,6	-0.05	0.08	-0.12
>6~10	6.5,7,7.5,8,8.5,9,9.5,10	-0.06	-0.09	-0.15
>10~15	11,12,13,14,15,16,17,18	-0.07	-0.11	-0.18
>18~30	19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30	-0.08	-0.13	-0.21
>30~50	32,34,35,36,38,40,42,44,45,46,48,50	-0.16	-0.25	-0.39
>50~80	52,54,55,56,58,60,65,70,75,80	-0.19	0.30	-0.46

表 3.2-46 非圆铜及铜合金拉制棒材棱角处允许圆角(摘自 GB/T 4423 1992) (mm)

棒材直径	5~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80
圆角半径( $\leq$ )	0.5	0.8	1.2	1.8	2.8	4.0

注:此项供方可不检验,但必须保证。

表 3.2-47 铜及铜合金拉制棒材的弯曲度(摘自 GB/T 4423—1992) (mm)

直径	圆 棒		方、六角棒
	5~18	>18~20	
每米长弯曲度 $\leq$	3	2	6

注:1. 经供需双方协议,自动车用棒材、每米弯曲度不大于 1.5mm。

2. 软状态棒材不按本表规定。

表 3.2-48 铜及铜合金拉制棒材的牌号及力学性能(摘自 GB/T 4423—1992)

牌 号	状 态	直径或对边距离	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率(%)		硬 度 (HBS)
				$\delta_{10}$	$\delta_2$	
T2 T3	硬(Y)	5~40	275	5	10	—
		>40~60	245	8	12	—
		>60~80	210	13	16	—
TU1, TU2, TP2	软(M)	5~80	200	35	40	—
	硬(Y)	5~80	—	—	—	—
H96	硬(Y)	5~40	265	4	—	—
		>40~60	245	6	—	—
		>60~80	205	10	—	—
H80	软(M)	5~80	200	35	—	—
	硬(Y)	5~40	390	—	—	—
H68	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~40	275	45	—	—
		>40~80	275	45	—	—
H65	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~12	370	15	18	—
		>12~40	315	25	30	—
		>40~80	295	30	34	—
H62	软(M)	13~35	295	45	50	—
		5~40	295	40	—	—
HPb59-1	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~40	370	15	18	—
		>40~80	335	20	24	—
HPb63-0.1 H63	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~20	420	10	12	—
		>20~40	390	12	14	—
		>40~80	370	16	19	—
HPb63-3	半硬(Y <sub>2</sub> )	5~20	370	15	18	—
		>20~40	340	18	21	—
		5~15	490	3	4	—
HSn62-1	硬(Y)	>15~20	450	8	9	—
		>20~30	410	10	12	—
HIMn58-2	硬(Y)	5~20	390	10	12	—
		>20~60	360	14	16	—
HFe58-1-1	硬(Y)	5~40	390	15	17	—
		>40~60	360	20	23	—
		5~12	440	20	24	—
HFe58-1-1	硬(Y)	>12~40	410	20	24	—
		>40~60	390	25	29	—
HFe58-1-1	硬(Y)	5~40	440	10	—	—
		>10~60	390	12	—	—

(续)

牌 号	状 态	直径或对边距离	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率(%)		硬 度 (HBS)
				$\delta_{10}$	$\delta_5$	
HFe59-1-1	硬(Y)	5~12	490	15	17	—
		>12~40	440	17	19	—
		>40~60	410	20	22	—
QA19-2	硬(Y)	5~40	540	13	16	—
QA19-4	硬(Y)	5~40	580	12	13	—
QA110-3-1.5	硬(Y)	5~40	630	6	8	—
QSi3 1	硬(Y)	5~12	490	10	13	—
		>12~40	470	15	19	—
QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4	硬(Y)	5~12	470	11	13	—
		>12~25	440	13	15	—
		>25~40	410	15	18	—
QSn7-0.2	硬(Y)	5~40	440	15	19	130~200
	特硬(T)	5~40	—	—	—	≥180
QSn4-0.3	硬(Y)	5~12	410	8	10	—
		>12~25	390	10	13	—
		>25~40	355	12	15	—
QSn4-3	硬(Y)	5~12	430	10	14	—
		>12~25	370	15	21	—
		>25~35	335	16	23	—
		>35~40	315	16	23	—
QCd1	硬(Y)	5~60	370	4	—	≥100
	软(M)	5~60	215	35	—	≥75
QCr0.5	硬(Y)	5~40	390	5	—	—
	软(M)	5~40	230	38	—	—
BZn15-20	硬(Y)	5~12	440	5	—	—
		>12~25	390	7	—	—
		>25~40	345	12	—	—
BZn15-24-1.5	软(M)	5~40	295	30	—	—
	特硬(T)	5~18	590	—	3	—
	硬(Y)	5~18	440	—	5	—
BF30-1-1	软(M)	5~18	295	—	30	—
	硬(Y)	16~50	490	—	—	—
BMn40-1.5	软(M)	16~50	345	—	25	—
	硬(Y)	7~20	540	5	—	—
		>20~30	490	7	—	—
		>30~40	440	10	—	—

注:1. 直径小于10mm的棒材不做硬度试验。

2. 伸长率指标若同时有 $\delta_{10}$ 和 $\delta_5$ 者,仲裁时以 $\delta_{10}$ 为准。

3. 棒材的化学成分应符合GB/T 5231—2001《加工铜及铜合金》相应牌号的规定。

## 8.1.2 铜及铜合金挤制棒(见表3.2-49~表3.2-55)

表 3.2-49 铜及铜合金挤制棒的牌号、状态及规格(摘自GB/T 13808—1992)

牌 号	状 态	直径/mm		长 度 /m
		圆棒	方、六角棒	
T2、T3	R	30~120	30~120	不定尺长度 <i>l</i> ,直径10~50mm, <i>l</i> 为1~5m;直径大于50~75mm, <i>l</i> 为0.5~5m;直径大于75mm, <i>l</i> 为0.5~4m。定尺或倍尺应在不定尺长度内,并应在合同中注明,否则按不定尺供货
TU1、TU2、TP2、H80、H68、H59	R	15~120	16~120	
H96、H62、HP659-1、HSn62-1、HSn70-1、HMn58-2、HFe59-1-1、HFe58-1-1、HA160-1-1、HA177-2	R	10~160	10~120	
HMn55-3-1、HMn57-3-1、HA166-6-3-2、HA167-2-5	R	10~160	10~120	
QA19-2、QA19-4、QA110-3-1.5、QA110-4-4、QA111-6-6、HSi80-3、HNi56-3	R	10~160	—	
QSi 1 3	R	20~100	—	
QCd1	R	20~120	—	
QSi3-1	R	20~160	—	
QSi3-5-3-1.5、BF30-1-1、BA113-3、BMn40-1.5	R	40~120	—	
QSn7-0.2、QSn4-3	R	40~120	40~120	
QSn6.5-0.1、QSn6.4-0.4	R	30~120	30~120	
QCr0.5	R	18~160	—	
BZn15-20	R	25~120	—	

注:1. 方棒、六角棒直径系指内切圆直径或两平行面之间的距离。

2. 化学成分应符合GB/T5231—2001相应牌号规定。

3. GB/T13808代替GB4423~GB4426—1984、GB4429~GB4433—1984。

表 3.2-50 普通黄铜、铅黄铜棒直径允许偏差(摘自 GB/T 13808—1992) (mm)

直径	优选尺寸	允许偏差	
		较高级	普通级
10	10	±0.29	±0.45
>10~18	11,12,13,14,15,16,17,18	±0.35	±0.55
>18~30	19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30	±0.42	±0.65
>30~50	32,34,35,36,38,40,42,44,45,46,48,50	±0.50	±0.80
>50~80	52,54,55,56,58,60,65,70,75,80	±0.60	±0.95
>80~120	80,90,95,100,105,110,115,120	±0.70	±1.10
>120~160	130,140,150,160	±0.80	±1.25

表 3.2-51 纯铜棒、复杂黄铜棒、锡青铜棒直径允许偏差(摘自 GB/T 13808—1992) (mm)

直径	优选尺寸	允许偏差	
		较高级	普通级
10	10	±0.29	±0.45
>10~18	11,12,13,14,15,16,17,18	±0.35	±0.55
>18~30	19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30	±0.42	±0.65
>30~50	32,34,35,36,38,40,42,44,45,46,48,50	±0.50	±0.80
>50~80	52,54,55,56,58,60,65,70,75,80	±0.60	±0.95
>80~120	80,90,95,100,105,110,115,120	±1.10	±1.75
>120~160	130,140,150,160	±1.50	±2.00

表 3.2-52 铝青铜、硅青铜、铬青铜直径允许偏差(摘自 GB/T 13808—1992) (mm)

直径	优选尺寸	允许偏差	
		较高级	普通级
10	10	±0.45	±0.50
>10~18	10,11,12,13,14,15,16,17,18	±0.55	±0.65
>18~30	19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30	±0.65	±0.75
>30~50	32,34,35,36,38,40,42,44,45,46,48,50	±0.80	±1.10
>50~80	52,54,55,56,58,60,65,70,75,80	±0.95	±1.25
>80~120	85,90,95,100,105,110,115,120	±1.10	±1.60
>120~160	130,140,150,160	±1.25	±2.00
>160~180	170,180	±2.00	±3.00

表 3.2-53 白铜棒直径允许偏差(摘自 GB/T 13808—1992) (mm)

直径	优选尺寸	允许偏差	
		较高级	普通级
25~30	25,26,27,28,29,30	±0.75	±1.05
>30~50	32,34,35,36,38,40,42,44,45,46,48,50	±1.00	±1.25
>50~80	52,54,55,56,58,60,65,70,75,80	±1.25	±1.50
>80~120	85,90,95,100,105,110,115,120	±1.75	±2.00

表 3.2-54 铜及铜合金挤制棒的弯曲度(摘自 GB/T 13808—1992) (mm)

直径	10~20	>20~40	>40~120	>120~160
每米长弯曲度不大于	8	6	10	15

表 3.2-55 铜及铜合金挤制棒的牌号及力学性能(摘自 GB/T 13808—1992) (续)

牌 号	状 态	直径 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 (%)		布氏硬度 (HBS)
				$\delta_{10}$	$\delta_5$	
T2, T3	R	30~120	186	30	40	—
TU1, TU2, TP2	R	16~120	—	—	—	—
H96	R	16~80	196	30	—	—
	R	>80~120	—	—	—	—
H80	R	16~120	—	—	—	—
H68	R	16~80	295	40	45	—
	R	>80~120	—	—	—	—
H62	R	10~160	295	30	35	—

牌 号	状 态	直径 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 (%)		布氏硬度 (HBS)
				$\delta_{10}$	$\delta_5$	
H59	R	16~120	—	—	—	—
HPb59-1	R	10~160	365	18	21	—
HSn62-1	R	10~120	365	20	22	—
		>120~160	—	—	—	—
HSn70-1	R	10~75	245	40	—	—
		>75~160	—	—	—	—
HSn58-2	R	10~120	395	25	29	—
		>120~160	—	—	—	—
HMn55-3-1	R	10~75	490	15	—	—
		>75~160	—	—	—	—
HMn57-3-1	R	10~70	490	15	16	—

(续)

牌 号	状 态	直 径 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸 长 率 (%)		布 氏 硬 度 (HBS)
				$\delta_{10}$	$\delta_5$	
HMe57-3-1	R	>70~160	—	—	—	—
HFe58-1-1	R	10~120	295	20	—	—
		>120~160	—	—	—	—
HFe59-1-1	R	10~120	430	28	31	—
		>120~160	—	—	—	—
HA160-1-1	R	10~120	440	18	—	—
		>120~160	—	—	—	—
HA166-6-3-2	R	10~75	>35	7	—	—
		>75~160	—	—	—	—
HA167-2.5	R	10~75	395	15	—	—
		>75~160	—	—	—	—
HA177-2	R	10~75	245	40	—	—
		>75~160	—	—	—	—
HNi56-3	R	10~75	440	25	—	—
		>75~160	—	—	—	—
HSi80-3	R	10~75	295	25	—	—
		>75~160	—	—	—	—
QA19-2	R	10~45	490	15	18	—
		>45~120	470	20	24	—
		>120~160	—	—	—	—
QA19-4	R	10~120	540	15	17	110~190
		>120~160	450	12	13	110~190
QA110-3-1.5	R	10~16	610	8	9	130~190
		>16~160	590	12	13	130~190
QA110-4-4	R	10~29	690	4	5	170~240
		>29~120	655	3	6	170~240
		>120~160	590	5	6	170~240
QA111-6-6	R	10~28	690	4	—	—
		>28~50	635	5	—	—
QSi1-3	R	20~80	490	10	—	—
		>80~100	—	—	—	—
QSi3-1	R	20~100	345	20	23	—
		>100~160	—	—	—	—
QSi3-1.5	R	40~120	—	—	—	—
QSn4-3	R	40~120	275	25	30	—
QSn6.5-0.1	R	30~40	355	50	55	—
		>40~100	345	55	60	—
QSn6.5-0.4	R	>100~120	305	58	—	—
QSn7-0.2	R	40~120	355	55	64	$\geq 70$
QCd1	R	20~120	196	35	—	$\leq 75$
QCr0.5	R	18~160	—	—	—	—
BZn15-20	R	25~80	295	30	—	—
		>80~120	—	—	—	—
BFe30-1-1	R	40~80	345	25	—	—
		>80~120	—	—	—	—
BA13-3	R	40~80	685	6	—	—
		>80~120	—	—	—	—
BMn40-1.5	R	40~80	345	25	—	—
		>80~120	—	—	—	—

- 注:1. 伸长率指标同时有  $\delta_{10}$  和  $\delta_5$  者,仲裁时以  $\delta_{10}$  为准。  
 2. 直径小于 16mm 棒材不做布氏硬度试验。  
 3. 直径大于 50mm 的 QA110-3-1.5 棒材,当伸长率  $\delta_{10}$  不小于 15% 时,  $\sigma_b$  可不小于 540MPa。  
 4. 直径 10~120mm 的 HFe59-1-1 和 HA160-1-1 棒材,当  $\sigma_b$  和  $\delta_{10}$  数值之和不小于 460 时,其伸长率  $\delta_{10}$  分别允许降至 20% 和 15%。

8.1.3 铜及铜合金矩形棒(见表 3.2-56~表 3.2-61)

表 3.2-56 铜及铜合金矩形棒的牌号及状态(摘自 GB/T 13809—1992)

牌 号	制造方法	状 态	规格 a/mm×b/mm
T2	拉制	软(M)、硬(Y)	3~75×4~80
	挤制	热挤(R)	20~80×30~120
H62	拉制	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~75×4~80
	挤制	热挤(R)	5~40×8~50
HPb59-1	拉制	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~75×4~80
	挤制	热挤(R)	5~40×8~50
HPb63-3	拉制	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~75×4~80

注:规格中 a 系指棒材厚度, b 系指棒材宽度。

表 3.2-57 铜及铜合金矩形棒的宽厚比(摘自 GB/T 13809—1992)

a/mm	b/a ≤
≤10	2.0
>10~20	3.0
>20	3.5

表 3.2-58 铜及铜合金拉制矩形棒的尺寸允许偏差(摘自 GB/T 13809—1992)(mm)

宽度或厚度	3	>3~6	>6~10	
允许偏差 较高级	±0.05	±0.07	±0.08	
允许偏差 普通级	±0.07	±0.09	±0.11	
宽度或厚度	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80
允许偏差 较高级	±0.10	±0.15	±0.20	±0.25
允许偏差 普通级	±0.14	±0.17	±0.31	±0.37

表 3.2-59 铜及铜合金挤制棒材的尺寸允许偏差(摘自 GB/T 13809—1992)(mm)

宽度或厚度	≤6	>6~10	>10~18	
允许偏差 较高级	±1.2%, 但最小值为 ±0.30			
允许偏差 普通级	±0.60	±0.75	±0.90	
宽度或厚度	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120
允许偏差 较高级	±1.2%, 但最小值为 ±0.30			
允许偏差 普通级	±1.05	±1.25	±1.50	±1.75

表 3.2-60 铜及铜合金拉制矩形棒的弯曲度(摘自 GB/T 13809—1992)(mm)

长 度	弯曲度, 不大于	
	普通级	较高级
1000~2000	每 1m 为 10	每 1m 为 6
>2000~5000	每 2m 为 20	每 2m 为 15

注:挤制棒材的弯曲度可按供需双方商定。

表 3.2-61 铜及铜合金矩形棒材的力学性能(摘自 GB/T 13809—1992)

牌 号	状 态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸 长 率 (%)	
			$\delta_{10}$	$\delta_5$
T2	软(M)	196	30	36
	硬(Y)	245	6	9
	热挤(R)	186	30	40
H62	半硬(Y <sub>2</sub> )	335	15	17
		335	20	23
	热挤(R)	295	30	35

(续)

牌 号	状 态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率(%)	
			$\delta_{10}$	$\delta_5$
HPb59-1	半硬(Y <sub>2</sub> )	390	10	12
		375	15	18
	热挤(R)	340	15	17
HPb63-3	半硬(Y <sub>2</sub> )	380	12	14
		365	16	19

注:1. 伸长率指标仲裁时,以 $\delta_{10}$ 为准。

2. 棒材的化学成分应符合 GB/T5231-2001 的规定。

8.1.4 黄铜磨光棒(见表 3.2-62~表 3.2-64)

表 3.2-62 黄铜磨光棒的牌号、状态及规格

(摘自 GB/T 13812-1992)

牌 号	状 态	直 径/mm
HPb59-1, HPb63-3, H62	硬(Y), 半硬(Y)	5~19

注:经双方商定也可供应其他牌号、状态和规定的磨光棒材。

表 3.2-63 黄铜磨光棒材的直径允许偏差及圆度

(摘自 GB/T 13812-1992) (mm)

直径	直径允许偏差		圆度 $\leq$	
	较高级	普通级	较高级	普通级
5~8	0 -0.01	0 -0.02	0.005	0.010

表 3.2-65 铝及铝合金挤压棒材牌号、状态及规格(摘自 GB/T 3191-1998)

牌 号	供应状态	规 格/mm			
		圆棒直径		方棒、六角棒内切圆直径	
		普通棒材	高强度棒材	普通棒材	高强度棒材
1070A, 1060, 1050A, 1035, 1200, 8A06, 5A02, 5A03, 5A05, 5A06, 5A12, 3A21, 5052, 5083, 3003	H112 F O	5~600	—	5~200	—
2A70, 2A80, 2A90, 4A11, 2A02, 2A06, 2A16	H112, F	5~600	—	5~200	—
	T6	5~150	—	5~120	—
7A04, 7A09, 6A02, 2A50, 2A14	H112, F	5~600	20~160	5~200	20~100
	T6	5~150	20~120	5~120	20~100
2A11, 2A12	H112, F	5~600	20~160	5~200	20~100
	T4	5~150	20~120	5~120	20~100
2A13	H112, F	5~600	—	5~200	—
	T4	5~150	—	5~120	—
6063	T5, T6	5~250	—	5~25	—
	F	5~600	—	5~200	—
6061	H112, F	5~600	—	5~200	—
	T6 T4	5~150	—	5~120	—

注:1. 棒材的化学成分应符合 GB/T3190-1996 变形铝及铝合金化学成分相应牌号的规定。

2. GB/T3191-1998 铝及铝合金挤压棒材代件 GB3191-82, GB3192-82 及 GB10572-89。

3. 标记示例:用 2A12 合金制造的、T4 状态、直径 30mm 的 B 级圆棒,标记为:棒 2A12-T4B 级  $\phi$ 30 GB/T3191-1998。

表 3.2-66 铝及铝合金挤压棒材直径及允许偏差(摘自 GB/T 3191-1998) (mm)

直 径	直径允许偏差				直 径	直径允许偏差			
	A 级	B 级	C 级	D 级		A 级	B 级	C 级	D 级
5~6	-0.30	-0.48	—	—	>10~18	-0.43	-0.70	-1.10	-1.30
>6~10	-0.36	-0.58	—	—	>18~28	-0.52	-0.84	-1.30	-1.50

(续)

直径	直径允许偏差		圆度 $\leq$	
	较高级	普通级	较高级	普通级
>8~15	0 -0.02	0 -0.03	0.008	0.015
>15~19	0 -0.03	0 -0.04	0.015	0.020

注:1. 合同中无特别注明时,以普通级供货。

2. 圆度是指在棒材同一横截面上最大直径与最小直径之差。

表 3.2-64 黄铜磨光棒材的力学性能

(摘自 GB/T 13812-1992)

牌 号	状 态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $\geq$	伸长率(%) $\geq$	
			$\delta_{10}$	$\delta_5$
HPb59-1	Y	430	10	12
	Y <sub>2</sub>	390	10	12
HPb63-3	Y	430	4	6
	Y <sub>2</sub>	350	12	14
H62	Y	390	10	12
	Y <sub>2</sub>	370	15	17

注:1. 伸长率指标,仲裁时以 $\delta_{10}$ 为准。

2. 有特殊要求的棒材,其力学性能由供需双方在合同中商定。

3. 棒材的化学成分应符合 GB/T5231-2001 的规定。

8.1.5 铝及铝合金挤压棒材(见表 3.2-65~表 3.2-71)

(续)

直 径	直径允许偏差				直 径	直径允许偏差			
	A 级	B 级	C 级	D 级		A 级	B 级	C 级	D 级
>28~50	-0.62	-1.00	-1.60	-2.00	>250~300	—	—	-3.30	-5.50
>50~80	-0.74	-1.20	-1.90	-2.50	>300~400	—	—	—	-7.20
>80~120	—	-1.40	-2.20	-3.20	>400~500	—	—	—	-8.00
>120~180	—	—	-2.50	-3.80	>500~600	—	—	—	-9.00
>180~250	—	—	-2.90	-4.50					

注:1. 对于方棒及六角棒其直径系指内切圆直径。

2. 棒材直径在规定范围内是连续的。

3. 方棒、六角棒的最大圆角半径  $r$ : 内切圆直径  $d < 25\text{mm}$ ,  $r$  为 2.0mm;  $d \geq 25 \sim 50\text{mm}$ ,  $r$  为 3.0mm;  $d > 50\text{mm}$ ,  $r$  为 5.0mm。

4. 定尺或倍尺交货的棒材, 定尺长度由供需双方协商, 其长度允许偏差为  $+20\text{mm}$ ; 倍尺应保留每一锯口 5mm 锯切余量。合同中不注明定尺者按倍尺交货, 直径  $\leq 50\text{mm}$  时交货长度为 1000~6000mm, 直径  $> 50\text{mm}$  时, 交货长度为 500~6000mm。

表 3.2-67 铝及铝合金挤压棒材弯曲度(摘自 GB/T 3191—1998)

(mm)

直 径	弯曲度 $\leq$			
	普通级		高精级	
	每米长度上	全长 $L/\text{m}$	每米长度上	全长 $L/\text{m}$
>10~100	3.0	$3.0 \times L$ , 但最大为 15	2.0	$2.0 \times L$ , 但最大为 10
>100~120	6.0	$6.0 \times L$ , 但最大为 25	5.0	$5.0 \times L$ , 但最大为 20
>120~130	10.0	$10.0 \times L$ , 但最大为 40	7.0	$7.0 \times L$ , 但最大为 30
>130~200	14.0	$14.0 \times L$ , 但最大为 50	10.0	$10.0 \times L$ , 但最大为 40

注:1. 表中弯曲度数值是将棒材置于平台上, 靠自重平衡后仍存在的弯曲。

2. 不足 1m 的棒材按 1m 计算弯曲度。

3. 直径  $< 10\text{mm}$  棒材, 允许有手轻压, 即可消除的弯曲。

表 3.2-68 铝及铝合金挤压棒材(方、六角棒)

(续)

的扭拧度(摘自 GB/T 3191—1998)

方棒、六角棒内 切圆直径/mm	扭拧度 $\leq$			
	普通级		高精级	
	1m 长度上	全长 $L$ (m)	1m 长度上	全长 $L$ (m)
$\leq 14$	$60^\circ$	$60^\circ \times L$	$40^\circ$	$40^\circ \times L$
$> 14 \sim 30$	$45^\circ$	$45^\circ \times L$	$30^\circ$	$30^\circ \times L$
$> 30 \sim 50$	$30^\circ$	$30^\circ \times L$	$20^\circ$	$20^\circ \times L$
$> 50 \sim 120$	$25^\circ$	$25^\circ \times L$	—	—

注:不足 1m 的棒材, 扭拧度按 1m 计算。

表 3.2-69 铝及铝合金棒材室温纵向力学

性能(摘自 GB/T 3191—1998)

牌 号	供应 状态	试样 状态	棒材直径 (方棒、六 角棒内切 圆直径) /mm	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	规定非 比例伸 长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)
1060	O	O	$\leq 150$	60~95	15	22
1070A	H112	H112		60	15	22
1050A	H112	H112		55	15	—
1200	H112	H112		65	20	—
1035,	O、	O、		75	20	—
8A06	H112	H112		$\leq 120$	—	25
3003	O	O		95~130	35	22
	H112	H112		90	30	22
3A21	O	O		$\leq 165$	—	20
5A02	O	O		$\leq 225$	—	10

牌 号	供应 状态	试样 状态	棒材直径 (方棒、六 角棒内切 圆直径) /mm	抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	规定非 比例伸 长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	
5A03			$\leq 150$	175	80	13	
5A05				265	120	15	
5A06	H112	H112		315	155	15	
5A12	H112	H112		370	185	15	
	H112	H112		175	70	—	
5052	O	O		175~245	70	20	
2A11	H112	T42		$\leq 150$	370	215	12
2A12				$\leq 22$	390	255	12
				$> 22 \sim 150$	420	275	10
2A13	T4	T4		$\leq 22$	315	—	4
				$> 22 \sim 150$	345	—	4
6061	H112, T6	T62, T6		$\leq 150$	260	240	9
	T4	T4		180	110	14	
	T6	T6	$\leq 25$	205	170	9	
6063	T5	T5	$\leq 12.5$	150	110	7	
			$> 12.5 \sim 25.0$	145	105	7	
7A04,	H62	H112	$\leq 22$	490	370	7	
7A09	T6	T6	$> 22 \sim 150$	530	400	6	
2A02			$\leq 150$	430	275	10	
2A16				355	235	8	
	H112	T62	$\leq 22$	430	285	10	
2A06			$> 22 \sim 100$	440	295	9	
			$> 100 \sim 150$	430	285	10	

(续)

牌号	供应状态	试样状态	棒材直径 (方棒、六角棒内切圆直径) /mm	抗拉强度	规定非比例伸	伸长率 $\delta_5$ (%)
				$\sigma_b$ /MPa	长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	
6A02	T6	T6	$\leq 150$	295	—	12
2A50				355	—	12
2A70, 2A80, 2A90				355	—	8
2A14			$\leq 22$	440	—	10
			$>22\sim 150$	450	—	10

注:1. 要求退火交货的非热处理强化铝合金棒材,若热挤压状态性能符合退火状态性能,可不退火。  
2. 直径大于150mm棒材及表中未列合金棒材附实测结果。

表 3.2-70 高强度铝合金棒材室温纵向力学性能(摘自 GB/T 3191—1998)

牌号	供应状态	试样状态	棒材直径 (方棒、六角棒内切圆直径) /mm	抗拉强度	规定非比例伸	伸长率 $\delta_5$ (%)
				$\sigma_b$ /MPa	长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	
2A11	H112,	T42,	20~120	390	245	8
2A12	T4	T4	20~120	440	305	8

表 3.2-72 钛及钛合金棒材牌号、制造方法、状态及规格(摘自 GB/T 2965—1996)

牌 号	制造方法	供应状态	直径或边长/mm	
			圆 棒 (直径)矩 形棒(边 长)	
TA0,TA1,TA2,TA3 TA5,TA6,TA7 TA9, TA10 TB2	(1) 热锻 热挤 热轧	(1) 热加工态  R		(1) 热锻 8~200 (2) 热挤 15~80 (3) 热轧 8~120
TC1,TC2,TC3,TC4, TC6,TC9,TC10, TC11, TC12	(2) 热锻+车(磨)光 热挤+车(磨)光 热轧+车(磨)光	(2) 冷加工态 Y		
	(3) 冷轧 冷拔	(3) 退火状态 M		(4) 冷轧、冷拔 $\phi 8\sim 20$

注:1. 钛及钛合金棒材的化学成分应符合 GB/T3620.1—1994 的规定(见表 3.2-27)。

2. 标记示例:

用 TC4 制造、直径  $\phi 50$ mm,长度 2000mm 热轧圆棒。

标记为:棒 TC4R 轧  $\phi 50\times 2000$ GB/T2965—1996

表 3.2-73 钛及钛合金棒尺寸及其允许偏差(摘自 GB/T 2965—1996)

热加工棒材直径或 边长及其允许偏差	直径或边长/mm	允许偏差/mm		
		热锻棒	热挤棒	热轧棒
		8~15	$\pm 1.0$	+0.8 -0.7
>15~20	$\pm 1.5$	+1.5 -1.0	+0.7 -0.5	
>20~35	$\pm 2.0$	$\pm 2.0$	+1.2 -0.5	
>35~50	$\pm 2.5$	$\pm 2.5$	+1.5 -1.0	
>50~80	$\pm 3.0$	$\pm 2.5$	+2.0 -1.0	

(续)

牌号	供应状态	试样状态	棒材直径 (方棒、六角棒内切圆直径) /mm	抗拉强度	规定非比例伸	伸长率 $\delta_5$ (%)
				$\sigma_b$ /MPa	长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	
6A02	H112, T6	T62, T6	20~120	305	—	8
2A50			20~120	380	—	10
2A14			20~120	460	—	8
7A04, 7A09			20~120	550	450	6
			$>20\sim 120$	530	430	6

表 3.2-71 铝合金挤压棒材高温持久纵向力学性能(摘自 GB/T 3191—1998)

牌 号	温度/°C	应力/MPa	保持时间/h
2A02	270 $\pm$ 3	64	100
		78	50
2A16	300 $\pm$ 3	69	100

注:2A02 合金棒材,应力在 78MPa,50h 不合格时,则以 64MPa,100h 试验结果为最终依据。

8.1.6 钛及钛合金棒材(见表 3.2-72~表 3.2-75)



(续)

热加工棒材直径或边长及其允许偏差	直径或边长/mm	允许偏差/mm		
		热锻棒	热挤棒	热轧棒
	>80~125	±3.5	—	+2.0 -1.2
>125~150	±5.0	—	—	
>150~200	±6.5	—	—	

车(磨)光棒材、冷轧、冷拔棒材直径及允许偏差	直径/mm	允许偏差/mm	制造方法	直径或边长/mm	弯曲度
					/mm·m <sup>-1</sup>
	8~10	±0.3	棒材弯曲度	热加工	<35
>10~20	±0.4	≥85			10
>20~30	±0.5	冷、热加工后经车(磨)光的圆棒		<35	4
>30~50	±0.6		≥35	5	
>50~80	±0.8		—	—	
>80~100	±1.1	—	—	—	
>100~120	±1.3	—	—	—	
>120~160	±1.8	—	—	—	
>160~200	±2.0	—	—	—	

- 注:1. 加工态棒材的不定尺长度为 300~6000mm, 退火状态棒材不定尺长度为 300~2000mm, 定尺或倍尺长度应在不定尺范围内; 定尺长度允许偏差为 +20mm。倍尺长度应计入棒材切口量, 每一切口量为 5mm; 定尺或倍尺长度应在合同中注明。
2. 棒材两端应切平齐, 直径或边长不大于 35mm 棒材切斜应不大于 3mm, 直径或边长大于 35mm 棒材切斜应不大于 5mm。
3. 热加工后经车(磨)光棒材圆度应不大于其尺寸公差之半。

表 3.2-74 钛及钛合金棒材室温力学性能

(续)

(摘自 GB/T 2965-1996)

牌号	室温力学性能 ≥				热处理制度 (加热温度, 保温时间, 冷却方式)
	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	断面收缩率 $\psi$ (%)	
TA0	280	170	24	30	600~700°C, 1~3h, 空冷
TA1	370	250	20	30	
TA2	440	320	18	30	
TA3	540	410	15	25	
TA5	685	585	15	40	700~850°C, 1~3h, 空冷
TA6	685	585	10	27	750~850°C, 1~3h, 空冷
TA7	785	680	10	25	
TA9	370	250	20	25	600~700°C, 1~3h, 空冷
TA10	485	345	18	25	
TB2	≤980	820	18	40	淬火; 800~850°C, 30min, 空冷或水冷
	1370	1100	7	10	时效: 450~500°C, 8h, 空冷
TC1	585	460	15	30	700~850°C, 1~3h, 空冷
TC2	685	560	12	30	
TC3	800	700	10	25	700~800°C, 1~3h, 空冷
TC4	895	825	10	25	
TC6	980	840	10	25	870±10°C, 1~3h, 炉冷室 650°C, 2h, 空冷
TC9	1060	910	9	25	950~1000°C, 1~3h, 空冷 + 530±10°C, 6h, 空冷
TC10	1030	900	12	25	700~800°C, 1~3h, 空冷
	1030	900	12	30	

牌号	室温力学性能 ≥				热处理制度 (加热温度, 保温时间, 冷却方式)
	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	断面收缩率 $\psi$ (%)	
TC11	1030	900	10	30	950±10°C, 1~3h, 空冷 + 530±10°C, 6h, 空冷
TC12	1150	1000	10	25	700~850°C, 1~3h, 空冷

- 注:1. 横截面积不大于 65cm<sup>2</sup> 棒材室温力学性能按本表规定; 大于 65cm<sup>2</sup> 棒材按需方要求可提供横向力学性能实测数据, 如需考核, 其指标由供需双方协议。
2. 需方要求并在合同中注明, 方可测试  $\sigma_{r0.2}$  和高温力学性能。

表 3.2-75 钛及钛合金棒材高温力学性能

(摘自 GB/T 2965-1996)

牌 号	试验温度 /°C	高温力学性能 ≥		
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	持久强度/MPa	
			$\sigma_{100h}$	$\sigma_{33h}$
T16	350	420	390	—
TA7	350	490	440	—
TC1	350	345	325	—
TC2	350	420	390	—
TC4	400	620	570	—
TC6	400	735	665	—
TC9	500	785	590	—
TC10	400	835	785	—
TC11	500	685	—	640 <sup>①</sup>
TC12	500	700	590	—

- ① TC11 合金的持久强度满足不了本表要求时, 允许再用 500°C 的 100h 持久强度 ( $\sigma_{100h} \geq 590\text{MPa}$ ) 进行检验, 合格后该批棒材的持久强度亦为合格。
- 注: 横截面积不大于 65cm<sup>2</sup> 棒材高温力学性能应符合本表规定。当需方要求并在合同中注明时方予测试高温力学性能。

8.1.7 钛及钛合金饼和环(见表 3.2-76、表 3.2-77)

表 3.2-76 钛及钛合金饼及环产品牌号、状态、规格及尺寸允许偏差(摘自 GB/T 16598 1996)

牌号、 状态及规格	牌号	供应状态	产品型式	规格/mm			
				外径	内径	截面高度	环材壁厚
				TA0、TA1 TA2、TA3 TA9、TA10 TC4	热加工状态 (R)	饼	150~300
	退火状态 (M)	环	>300~500	--	35~150	--	
			>500~600	--	40~110	--	
			200~400	100~300	35~120	40~150	
			>400~700	150~500	40~160	40~250	
			>700~900	300~700	50~180	40~300	
			>900~1300	400~900	70~250	40~400	

尺寸允许 偏差/ mm	饼直径	允许偏差	截面高度	允许偏差	环外径	允许偏差	环内径	允许偏差	截面高度	允许偏差	
	150~300	+3 -1	35~140	+3 -1	200~400	+3 -1	100~300	+1 -3	35~120	+3 -1	
	>300~500	+3 -1	35~150	+3 -1	>400~700	+4 -2	150~500	+2 -4	40~160	+4 -2	
	>500~600	+3 -1	40~110	+4 -2	>700~900	+5 -3	300~700	+3 -5	50~180	+5 -3	
			--			>900~1300	+6 -3	400~900	+3 -6	70~250	+6 -3

注:1. 产品牌号的化学成分应符合 GB/T3620.1—1994 的规定(见表 3.2-27);化学成分允许偏差应符合 GB/T3620.2—1994 的规定。

2. 标记示例:用 TA2 制造、退火状态、直径 400mm、截面高度 100mm 的饼材

标记为:饼 TA2Mφ400×100GB/T16598 1996

表 3.2-77 钛及钛合金饼和环室温力学性能(摘自 GB/T 16598-- 1996)

牌 号	推荐热处理制度	截面积 /cm <sup>2</sup>	室温力学性能,不小于			
			抗拉强度 σ <sub>b</sub> /MPa	规定残余伸长应力 σ <sub>0.2</sub> /MPa	伸长率 δ <sub>5</sub> (%)	断面收缩率
TA0	650~700°C, 保温不少于 1h, 空冷	≤100	280	170	30	35
TA1			370	250	20	35
TA2			440	320	18	35
TA3			540	410	15	30
TA9			370	250	20	30
TA10			485	345	18	25
TC4	700~800°C, 保温不少于 1h, 空冷		895	825	10	25

注:1. 力学性能在经热处理后的试样环上测试,需要时,供方可适当选择和调整热处理制度,但应在质量证书上注明。

2. 需方要求测定 TC4 产品高温力学性能时,其试验温度和性能指标应双方协商并在合同中注明。

3. 产品应进行两个端面(当环材壁厚<40mm 时或环材截面高度与壁厚之比不小于 4 时,为外圆周面)的超声波探伤检验。

4. 产品低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、金属或非夹杂、影响使用的偏析及其他肉眼可见的冶金缺陷。

5. 需方要求时,在合同中注明,供方可检验 TC4 产品显微组织,应为两相区加工产生的组织,无完整的原始 β 晶界。

6. 产品表面应车光和倒角,两端面表面粗糙度不大于 R<sub>a</sub>3.2μm,内外侧面 R<sub>a</sub> 应不大于 12.5μm(外圆周面需进行超声探伤时,R<sub>a</sub> 不大于 3.2μm)。

7. 产品适于一般工业部门之用。

8.2 管材

8.2.1 一般用途加工铜及铜合金无缝圆管尺寸规格(见表 3.2-78~表 3.2-85)

表 3.2-78 黄铜薄壁无缝管规格(摘自 GB/T 16866—1997)

(mm)

公称外径	公称壁厚											
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
3,3.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
3.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
4,5,6,7,8,9,10,11,5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(续)

公称外径	公称壁厚											
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
12,12.6		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14,15.6,16,16.5				○	○	○	○	○	○	○	○	○
18,18.5					○	○	○	○	○	○	○	○
20							○	○	○	○	○	○
22								○	○	○	○	○
24,25.2,26,27.5									○	○	○	○
28										○	○	○
30											○	○

注:1.“○”表示可供应规格,需要其他规格的产品应由供需双方商定。

2. 黄铜薄壁管供应长度为 1000~4000mm。

表 3.2-79 黄铜薄壁无缝管外径及壁厚允许偏差(摘自 GB/T16866—1997) (mm)

公称外径	3.2~5	>5~9	>9~12.6	>12.6~15.6	>15.6~18.5	>18.5~20	>20~30
外径允许偏差,±	0.020	0.025	0.030	0.040	0.045	0.050	0.070
公称壁厚	0.15~0.25	>0.25~0.35	>0.35~0.45	>0.45~0.60	>0.60~0.80	0.90	—
壁厚允许偏差,±	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	—

注:圆度和壁厚不均不超出外径和壁厚的允许偏差。

表 3.2-80 挤制铜及铜合金无缝管规格(摘自 GB/T 16866—1997) (mm)

公称外径	公称壁厚																											
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.5	9.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	50.0	
20,21,22	○	○	○	○	○																							
23,24,25,26	○	○	○	○	○																							
27,28,29			○	○	○	○	○	○	○																			
30,32			○	○	○	○	○	○	○																			
34,35,36				○	○	○	○	○	○																			
38,40,42,44					○		○	○	○	○	○																	
45,(46),(48)						○	○	○	○	○	○																	
50,(52),(54),55							○	○	○	○	○	○	○															
(56),(58),60								○	○	○	○	○	○	○														
(62),(64),65,68,70									○	○	○	○	○	○	○													
(72),74,75,(78),80										○	○	○	○	○	○	○	○											
85,90											○	○	○	○	○	○	○	○	○									
95,100												○	○	○	○	○	○	○	○	○								
105,110													○	○	○	○	○	○	○	○	○							
115,120														○	○	○	○	○	○	○	○	○						
125,130															○	○	○	○	○	○	○	○	○					
135,140																○	○	○	○	○	○	○	○	○				
145,150																	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
155,160																		○	○	○	○	○	○	○	○	○		
165,170																			○	○	○	○	○	○	○	○	○	
175,180																				○	○	○	○	○	○	○	○	
185,190,195,200																					○	○	○	○	○	○	○	
(205),210,(215),220																						○	○	○	○	○	○	
(225),230,(235),240,(245),250																							○	○	○	○	○	
(255),260,(265),270,(275),280																								○	○	○	○	

(续)

公称外径	公称壁厚																											
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0	7.5	9.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	50.0	
290,300																		○	○	○								

注:1.“○”表示可供规格,( )表示不推荐采用的规格,需要其他规格的产品应由供需双方商定。

2. 挤制管材外形尺寸范围:纯铜管,外径 30~300mm,壁厚 5.0~30mm;  
黄铜管,外径 21~280mm,壁厚 1.5~42.5mm;  
铝青铜管,外径 20~250mm,壁厚 3~50mm。

表 3.2-81 拉制铜及铜合金无缝管规格(摘自 GB/T 16866-1997)

(mm)

公称外径	公称壁厚																
	0.5	0.75	1.0	(1.25)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	(9.0)	10.0
3,4,5,6,7	○	○	○	○	○												
8,9,10,11,12,13,14,15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
16,17,18,19,20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
21,22,23,24,25, 26,27,28,(29),30			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
31,32,33,34,35,36, 37,38,(39),40			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
(41),42,(43),(44), 45,(46),(47),48,(49),50			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
(52),54,55,(56),58,60			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
(62),(64),65,(66),68,70					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(72),(74),75,76,(78),80					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(82),(84),85,86,(88), 90,(92),(94),96,(98),100					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
105,110,115,120,125, 130,135,140,145,150					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
155,160,165,170,175, 180,185,190,195,200						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
210,220,230,240,250							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
260,270,280,290,300, 310,320,330,340,350,360								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注:1.“○”表示可供规格,其中壁厚为 1.25mm 仅供拉制锌白铜管,( )表示不推荐采用的规格,需要其他规格的产品应由供需双方商定。

2. 拉制管材外形尺寸范围:纯铜管,外径 3~360mm,壁厚 0.5~10.0mm(1.25mm 除外);  
黄铜管,外径 3~200mm,壁厚 0.5~10.0mm(1.25mm 除外);  
锌白铜管,外径 4~40mm,壁厚 0.5~4.0mm。

表 3.2-82 挤制铜及铜合金无缝管外径允许偏差(摘自 GB/T 16866-1997)

(mm)

公称外径	外径允许偏差,±			公称外径	外径允许偏差,±		
	纯铜管	黄铜管	铝青铜管		纯铜管	黄铜管	铝青铜管
20~22	—	0.22	0.3	105~120	1.2	1.3	1.2
23~26	—	0.25	0.3	125~130	1.3	1.5	1.3
27~29	—	0.30	0.3	135~140	1.4	1.6	1.4
30~32	0.35	0.35	0.35	145~150	1.5	1.7	1.5
34~36	0.35	0.40	0.4	155~160	1.6	1.9	1.6
38~44	0.40	0.45	0.4	165~170	1.7	2.0	1.7
45~48	0.45	0.50	0.5	175~180	1.8	2.1	1.9
50~55	0.50	0.55	0.5	185~190	1.9	2.2	1.9
56~60	0.60	0.62	0.6	195~200	2.0	2.2	2.0
62~70	0.70	0.72	0.7	205~220	2.2	2.3	2.2
72~80	0.80	0.82	0.8	225~250	2.5	2.5	2.5
85~90	0.90	0.92	0.9	255~280	2.8	2.8	—
95~100	1.0	1.1	1.0	290~300	3.0	—	—

注:当要求外径偏差全为正(+)或全为负(-)时,其允许偏差应为表中相应数值之两倍。

表 3.2-83 挤制铜及铜合金无缝管壁厚允许偏差(摘自 GB/T 16866-1997)

(mm)

材料名称	公称外径	公称壁厚												
		1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.5	9.0	10.0	12.5
纯铜管	3~300	—	—	—	—	—	—	—	0.5	0.6	0.75	0.9	1.0	1.2
黄铜管	21~280	0.25	0.30	0.40	0.45	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.75	0.9	1.0	1.3
铝青铜管	20~250	—	—	—	0.4	—	0.5	—	0.5	—	0.75	—	1.0	1.2

(续)

材料名称	公称外径	公称壁厚													
		15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	50.0
		壁厚允许偏差, ±													
纯铜管	3~300	1.4	1.6	1.8	1.8	2.0	2.2	2.4	—	—	—	—	—	—	—
黄铜管	21~280	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	4.0	4.3	—	—
铝青铜管	20~250	1.4	1.6	1.8	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	4.0

- 注: 1. 当要求壁厚偏差全为正(+)或全为负(-)时,其允许偏差值为表中对应数值的 2 倍。  
 2. 供应长度为 500~6000mm。  
 3. 圆度和壁厚不均不超出外径和壁厚允许偏差。外径和壁厚之比不小于 15 者,其短轴尺寸不应小于公称外径的 90%。  
 4. 弯曲度  $t$ : 公称外径  $d \leq 10\text{mm}$ ,  $t$  不大于 5mm/m;  $d > 40 \sim 80\text{mm}$ ,  $t$  不大于 8mm/m;  
 $d > 80 \sim 150\text{mm}$ ,  $t$  不大于 10mm/m;  $d > 150\text{mm}$ ,  $t$  不大于 15mm/m。

表 3.2-84 拉制铜及铜合金无缝管外径允许偏差(摘自 GB/T 16866—1997) (mm)

外 径	平均外径允许偏差, ±		外 径	平均外径允许偏差, ±	
	普通级	高精度		普通级	高精度
3~15	0.09	0.05	>100~125	0.35	0.15
>15~25	0.10	0.06	>125~150	0.45	0.18
>25~50	0.15	0.08	>150~200	0.60	—
>50~75	0.22	0.10	>200~250	0.70	—
>75~100	0.28	0.13	>250~360	0.40%	—

- 注: 1. 平均外径是指在管材任意截(断)面上测得的最大外径和最小外径的平均值。  
 2. 当要求平均外径允许偏差全为(+)或全为(-)时,其允许偏差值应为表中相对数值的两倍。

表 3.2-85 拉制铜及铜合金无缝管壁厚允许偏差(摘自 GB/T 16866—1997) (mm)

普通级	外 径	壁 厚																
		0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
		壁厚允许偏差, ±																
	3~15	0.07	0.10	0.13	0.13	0.10	0.16	0.20	0.25	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—
	>15~25	0.08	0.10	0.15	0.15	0.18	0.18	0.25	0.25	0.30	0.30	0.40	0.40	—	—	—	—	—
	>25~50	—	—	0.15	0.15	0.18	0.18	0.25	0.25	0.30	0.30	0.40	0.40	0.45	—	—	—	—
	>50~100	—	—	0.18	0.18	0.22	0.22	0.25	0.25	0.30	0.30	0.40	0.40	0.45	0.55	8%	8%	8%
	>100~175	—	—	—	—	—	0.25	0.30	0.30	0.35	0.35	0.42	0.42	0.45	0.60	9%	9%	9%
	>175~250	—	—	—	—	—	—	0.35	0.35	0.40	0.40	0.45	0.50	0.55	0.65	10%	10%	10%
	>250~360	供需双方协商																
高精度	外 径	壁 厚																
		0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0							
		壁厚允许偏差, ±																
		3~15	0.05	0.06	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.13	0.13	0.15	0.15				
		>15~25	0.05	0.06	0.09	0.09	0.10	0.10	0.13	0.13	0.18	0.18	0.20	0.20				
	>25~50	—	—	0.09	0.09	0.10	0.10	0.13	0.13	0.18	0.18	0.20	0.20					
	>50~100	—	—	0.13	0.13	0.15	0.15	0.18	0.18	0.20	0.20	0.20	0.20					

- 注: 1. 当要求壁厚允许偏差全为(+)或全为(-)时,其允许偏差值应为表中对应数值的两倍。  
 2. 外径  $\leq 100\text{mm}$  拉制铜管和外径  $\leq 50\text{mm}$  拉制黄铜管,供应长度为 1000~7000mm,外径  $\leq 30\text{mm}$ ,壁厚在 3mm 以下的拉制铜管,可供应长度不小于 6000mm 圆盘管。  
 3. 定尺或倍尺长度应在不定尺范围内,其长度允许偏差为  $\pm 15\text{mm}$ ,倍尺长度应加入锯切分段的每一锯切量 5mm。此项规定适用于 GB/T16866 的各种产品。  
 4. 管材圆度和壁厚不均匀,不应超出外径和壁厚的允许偏差,但属下列情况之一者,其短轴尺寸不应小于公称外径的 95%: a) 挤制管和拉制软管的外径与壁厚之比不小于 15 者; b) 拉制硬管和半硬管的外径与壁厚之比不小于 25 者。  
 5. 成盘供应的拉制管,其短轴尺寸不应小于公称外径的 90%。  
 6. 直条供应拉制硬管和半硬管弯曲度  $t(\text{mm}/\text{m})$ : 公称外径  $d \leq 80\text{mm}$ , 高精度,  $t \leq 3$ , 普通级  $t \leq 5$ ;  $d > 80 \sim 150\text{mm}$ , 高精度  $t \leq 5$ , 普通级  $t \leq 8$ ;  $d > 150\text{mm}$ , 高精度  $t \leq 7$ , 普通级  $t \leq 12$ 。

8.2.2 铜及铜合金拉制管(见表 3.2-86)

表 3.2-86 铜及铜合金拉制管牌号、规格及力学性能(摘自 GB/T 1527 1997)

牌 号	状 态	室温纵向力学性能				规格/mm	
		公称外径 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率(%)		公称外径	壁厚
				$\delta_{10}$	$\delta_5$		
T2,T3,TP1 TP2,TU1, TU2	硬(Y)	$\leq 100$	315	—	—	3~360	0.5~10
		$> 100 \sim 360$	295	—	—		
	半硬(Y <sub>2</sub> )	$\leq 100$	235~345	—	—	3~100	0.5~10
	软(M)	3~360	205	35	40	3~360	0.5~10
H96	硬(Y)	3~200	295	—	—	3~200	0.15~10
	软(M)	3~200	205	35	42	3~200	0.15~10
H68	硬(Y)	3.2~30	390	—	—	3.2~30	0.15~0.90
	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~60	345	30	34	3~60	0.15~10
	软(M)	3~60	295	38	43	3~60	0.15~10
H62	硬(Y)	3.2~30	390	—	—	3.2~30	0.15~0.90
	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~200	335	30	34	3~200	0.15~10
	软(M)	3~200	295	38	43	3~200	0.15~10
HSn70-1	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~60	345	30	34	3~60	0.5~10
	软(M)	3~60	295	38	43	3~60	0.5~10
HSn62-1	半硬(Y <sub>2</sub> )	3~60	335	30	—	3~60	0.5~10
	软(M)	3~60	295	35	—	3~60	0.5~10
BZn15-20	硬(Y)	4~40	490	3	—	4~40	0.5~4.0
	半硬(Y <sub>2</sub> )	4~40	390	15	—	4~40	0.5~4.0
	软(M)	4~40	295	30	—	4~40	0.5~4.0

注:1. 纯铜、黄铜、锌白铜拉制钢管适用于各工业部门,GB/T1527 1997 铜及铜合金拉制管代替 GB1527-87、GB1529-87、GB8006 87、GB8007-87。

2. 圆管的化学成分符合 GB/T5231-2001 标准中相应牌号的规定。

3. 管材的尺寸及其允许偏差应符合 GB/T16866 一般用途加工铜及铜合金无缝圆管尺寸及允许偏差的规定。

4. TU1、TU2 管材无力学性能要求。

5. 管材壁厚不大于 2.5mm 的 BZn15-20 软管在扩口率为 20% 时应不产生裂纹;管材内径为 5~15mm 者,顶心锥度为 30°,管材内径大于 15mm 者,顶心锥度为 60°。需方在合同中注明,方进行扩口试验。

6. T2、T3 管材退火后作压扁试验,压扁后内壁距离等于壁厚。半硬管和硬管退火温度 550~650°C,时间为 1~2h。供方可不进行此项试验,但必须保证。

7. TP1、TP2 软管或硬管在氢气中退火后作压扁试验,压扁后内壁距离等于壁厚,退火温度为 750~800°C,时间为 40min。供方可不进行此项试验,但必须保证。

8. 壁厚不大于 2.5mm 的 HSn62-1 和 HSn70-1 管材进行压扁试验时,软管压扁后内壁距离等于壁厚。半硬管压扁后内壁距离等于 3 倍壁厚。压扁试验后不应有肉眼可见裂纹或裂口。

9. HSn62-1、HSn70-1 的半硬管和 H62、H68、BZn15-20 的半硬、硬态管材,应进行消除内应力退火。需方有特殊要求并在合同中注明,可进行内应力检验。

10. 管材可按 GB/T1527-1997 规定方法进行液压试验。供方可不进行液压试验,但必须保证。

11. 标记示例:用 H62 制造、硬状态、外径 20mm、壁厚 0.5mm 圆管,标记为:管 H62Y  $\phi 20 \times 0.5$  GB/T1527-1997。

### 8.2.3 铜及铜合金挤制管(见表 3.2-87、表 3.2-88)

表 3.2-87 铜及铜合金挤制管牌号、状态及规格(摘自 GB/T 1528-1997)

牌 号	状 态	规格/mm	
		外 径	壁 厚
T2,T3,TP2,TU1,TU2	挤制(R)	30~300	5~30
H96,H62,HPb59-1,HFe59-1-1		21~280	1.5~42.5
QA19-2,QA19-4,QA110-3-1.5,QA110-4-4		20~250	3~50

注:1. 管材化学成分应符合 GB/T5231-2001 标准中相应牌号的规定。

2. 管材的尺寸及尺寸允许偏差应符合 GB/T16866-1997 一般用途的加工铜及铜合金无缝圆形管材尺寸规格的规定(见表 3.2-78~85)。

3. 标记示例:用 T2 制造、挤制状态、外径为 80mm、壁厚 9.0mm 的圆管,标记为:管 T2R $\phi 80 \times 9.0$ GB/T1528-1997

4. GB/T1528-1997 代替 GB1528-87、GB1530-87、GB8889-88。

表 3.2-88 铜及铜合金挤制管室温纵向力学性能(摘自 GB/T 1528-1997)

牌 号	状 态	壁 厚 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸 长 率 (%)		布氏硬度 (HBS)
				$\delta_{5.0}$	$\delta_5$	
T2、T3、TP2	R	5~30	186	不小于		—
H96	R	1.5~42.5	186	35	42	—
H62	R	1.5~42.5	295	38	43	—
HPb59-1	R	1.5~42.5	390	20	24	—
HFe59-1-1	R	1.5~42.5	430	28	31	—
QA19-2	R	3~50	470	15	—	—
QA19-4	R	3~50	490	15	17	110~190
QA110-3-1.5	R	<20	390	12	14	140~200
		$\geq 20$	540	13	15	135~200
QA110 4 4	R	3~50	635	5	6	170~230

注:1. 仲裁时,伸长率指标以  $\delta_{10}$  为准。

2. 布氏硬度试验应在合同中注明,方予进行。

3. TU1、TU2 管材无力学性能要求的规定。

4. 外径大于 200mm 的 QA19-2、QA19-4、QA110-3-1.5、QA110-4-4, 管材一般不作拉伸试验,但供方必须保证。

#### 8.2.4 热交换器用铜合金无缝管(见表 3.2-89、表 3.2-90)

表 3.2-89 热交换器用铜合金无缝管(摘自 GB/T 8890-1998)

外 径/mm		壁 厚/mm								
		0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
公称 尺寸	允许偏差		允许偏差							
	普通	较高	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$
10			○	○	—	—	—	—	—	—
11	-0.18	-0.14	○	○	—	—	—	—	—	—
12			○	○	—	—	—	—	—	—
14			○	○	○	○	○	○	—	—
15	-0.22	-0.20	○	○	○	○	○	○	○	—
16			○	○	○	○	○	○	○	○
18			○	○	○	○	○	○	○	○
19			○	○	○	○	○	○	○	○
20	-0.30	-0.24	○	○	○	○	○	○	○	○
21			○	○	○	○	○	○	○	○
22			○	○	○	○	○	○	○	○
23	-0.30	-0.24	○	○	○	○	○	○	○	○
24			○	○	○	○	○	○	○	○
25			○	○	○	○	○	○	○	○
26			—	○	○	○	○	○	○	○
28			—	○	○	○	○	○	○	○
30	-0.36	-0.30	—	○	○	○	○	○	○	○
32			—	○	○	○	○	○	○	○
35			—	○	○	○	○	○	○	○
38			—	—	—	○	○	○	○	○
40	-0.40	-0.36	—	—	—	○	○	○	○	○
42			—	—	—	○	○	○	○	○
45			—	—	—	○	○	○	○	○
			—	—	—	○	○	○	○	○

注:1. “○”表示有产品,“—”表示无产品。

2. 管材长度一般为  $\leq 9m$ , 普通级允许偏差  $^{+0.3}$ mm, 较高级  $^{+0.1}$ mm; 长度  $> 9 \sim 18m$ , 普通级允差  $^{+0.5}$ mm, 较高级  $^{+0.15}$ mm。

3. 壁厚 0.75mm 黄铜管最大外径为 20mm。

4. 产品适宜于船舶和电力等工业部门热交换器及冷凝器用。

表 3.2-90 热交换器用铜合金无缝管力学性能(摘自 GB/T 8890—1998)

牌号	状态	尺寸范围/mm 直径×壁厚	力学性能		牌号	状态	尺寸范围/mm 直径×壁厚	力学性能	
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)				抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)
BFe30-1-1	M(软)	10~35× 0.75~3.0	370	25	HSn70-1	M	10~45 × 0.75~3.5	295	38
	Y <sub>2</sub> (半硬)		490	6		Y <sub>2</sub>		320	35
BFe10-1-1	M		300	25	H68A	M		295	38
	Y <sub>2</sub>		345	8		Y <sub>2</sub>		320	35
AA177-2	M	10~45× 0.75~3.5	345	45	H85A	M	245	25	
	Y <sub>2</sub>		370	40		Y <sub>2</sub>	295	20	

注:1. 本表性能只适用于外径 10~35mm, 外径大于 35mm 黄铜管性能由双方协定。

2. 管材扩口试验冲头锥度 60°, BFe10-1-1 管材扩口率为 15%, 其他牌号管材扩口率均为 25%。

3. 管材圆度不应超出外径允差, 精度级别应在合同中注明, 未注明者按普通级供应。

4. 管材弯曲度(不大于, mm): Y<sub>2</sub>: 5/(1000~2000), 8/(>2000~2500), 12/(>2500~3000), 12/任意 3000。

M: 8/(1000~2000), 13/(>2000~2500), 19/(>2500~3000), 19/任意 3000。

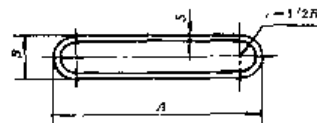
5. 管材液压试验压力: BFe30-1-1, HA177-2 压力为 6.86MPa, 其余牌号管材压力为 4.96MPa, 持续时间均为 10s。

6. 管材化学成分应符合 GB/T 5231—2001 相应牌号规定。

7. 标记示例: 用 H68A 制作, Y<sub>2</sub>、较高精度, 外径 25mm, 壁厚 1.0mm, 长度 8500mm 管材, 标记为: 管 H68AY<sub>2</sub> 较高 #25 × 1.0 × 8500GB/T 8890—1998。

### 8.2.5 铜及铜合金散热扁管(见表 3.2-91~表 3.2-96)

表 3.2-91 铜及铜合金散热扁管尺寸规格(摘自 GB/T 8891—2000)



(mm)

宽度 A	高度 B	壁厚 S						
		0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
16	3.7	○	○	○	○	○	○	○
17	3.5	○	○	○	○	○	○	○
17	5.0	—	○	○	○	○	○	○
18	1.9	○	○	—	—	—	—	—
18.5	2.5	○	○	○	○	—	—	—
18.5	3.5	○	○	○	○	○	○	○
19	2.0	○	○	—	—	—	—	—
19	2.2	○	○	○	—	—	—	—
19	2.4	○	○	○	—	—	—	—
19	4.5	○	○	○	○	○	○	○
21	3.0	○	○	○	○	○	—	—
21	4.0	○	○	○	○	○	○	○
21	5.0	—	—	○	○	○	○	○
22	3.0	○	○	○	○	○	—	—
22	6.0	—	—	○	○	○	○	○
25	4.0	○	○	○	○	○	○	○
25	6.0	—	—	—	—	○	○	○

注:1. “○”表示有产品, “—”表示无产品。

2. 铜及铜合金散热扁管主要用于汽车、机车、拖拉机、坦克等的散热器。

表 3.2-92 铜及铜合金散热扁管的尺寸允许偏差(摘自 GB/T 8891—2000) (mm)

宽度 A 范围	允许偏差		高度 B 范围	允许偏差		壁厚 S 范围	允许偏差	
	普通级	高精级		普通级	高精级		普通级	高精级
16~25	±0.15	±0.10	1.9~6.0	±0.15	±0.10	≤0.20	±0.02	±0.01
						>0.20~0.30	±0.03	±0.02
						>0.30~0.50	±0.04	±0.03
						>0.50~0.70	±0.05	±0.04

注:经双方协商可供应其他规格和允许偏差的管材。



表 3.2-93 铜及铜合金散热扁管的长度允许偏差  
(摘自 GB/T 8891 2000) (mm)

管材交货长度	允许偏差≤	
	普通级	高精级
≤400	+1.5	+1.0
>400~1000	+2.0	+1.5
>1000~1500	+2.5	+2.0

表 3.2-94 铜及铜合金散热扁管的直线度  
(摘自 GB/T 8891—2000) (mm)

管材长度	直线度≤			
	正向(A)		侧向(B)	
	普通级	高精级	普通级	高精级
≤400	1.5	1.0	0.6	0.4
>400~600	3.0	2.0	1.4	1.0
>600~1000	4.0	2.5	1.8	1.6
>1000~1500	5.0	3.5	2.4	2.0

表 3.2-95 铜及铜合金散热扁管的扭曲度  
(摘自 GB/T 8891- 2000) (mm)

管材长度	扭曲度≤	
	普通级	高精级
≤400	0.4	0.3

表 3.2-97 无缝铜水管和铜气管牌号、化学成分及尺寸规格(摘自 GB/T 18033—2000)

尺寸规格	牌 号	状 态	种 类	规格/mm									
				外径	壁厚	长度							
	T2, TP2	硬(Y)	直管	6~219	0.6~6	3000							
		半硬(Y <sub>2</sub> )		6~54		5800							
		软(M)		6~35		≥15000							
		软(M)	≤19										
牌号和化学成分	牌 号	化学成分(质量分数)(%)											
		主要成分				杂质成分≤							
		Cu	Ag	P	S	Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Sn	Zn
	T2	≥99.90	—	0.005	0.001	0.002	0.002	0.005	0.005	0.005	0.002	0.005	0.06
	TP2	≥99.90	0.015~0.040	0.005	0.001	0.002	0.002	0.005	0.005	0.005	0.002	0.005	0.01

表 3.2-98 无缝铜水管和铜气管的外形尺寸系列(摘自 GB/T 18033—2000)

通径/mm	公称外径/mm	壁厚/mm			理论重量/kg·m <sup>-1</sup>			硬态(Y)			半硬态(Y <sub>2</sub> )			软态(M)		
		类型			A	B	C	最大工作压力 p /MPa			最大工作压力 p /MPa			最大工作压力 p /MPa		
		A	B	C				A	B	C	A	B	C	A	B	C
5	6	1.0	0.8	0.6	0.140	0.116	0.091	21.23	18.81	13.70	19.23	14.92	10.87	15.85	12.30	8.96
6	8	1.0	0.8	0.6	0.196	0.161	0.124	17.50	13.70	10.05	13.89	10.87	8.00	11.44	8.96	6.57
8	10	1.0	0.8	0.6	0.252	0.206	0.158	13.70	10.77	7.94	10.87	8.55	6.30	8.96	7.04	5.19
10	12	1.2	0.8	0.6	0.362	0.251	0.191	13.69	8.87	6.56	10.87	7.04	5.21	8.96	5.80	4.29
15	15	1.2	1.0	0.7	0.463	0.391	0.280	10.79	8.87	6.11	8.56	7.04	4.85	7.04	5.80	3.99
—	18	1.2	1.0	0.8	0.564	0.475	0.385	8.87	7.31	5.81	7.04	5.81	4.61	5.80	4.79	3.80
20	22	1.5	1.2	0.9	0.860	0.698	0.531	9.08	7.19	5.92	7.21	5.70	4.23	5.94	4.70	3.48
25	28	1.5	1.2	0.9	1.111	0.899	0.682	7.05	5.59	4.62	5.60	4.44	3.30	4.61	3.66	2.72
32	35	2.0	1.5	1.2	1.845	1.405	1.134	7.54	5.59	4.44	5.99	4.44	3.51	4.93	3.66	2.90
40	42	2.0	1.5	1.2	2.237	1.699	1.369	6.23	4.63	3.68	4.95	3.68	2.92	—	—	—
50	54	2.5	2.0	1.2	3.600	2.908	1.772	6.06	4.81	2.85	4.81	3.82	2.26	—	—	—
65	67	2.5	2.0	1.5	4.509	3.635	2.747	4.85	3.85	2.87	—	—	—	—	—	—
80	85	2.5	2.0	1.5	5.138	4.138	3.125	4.26	3.39	2.53	—	—	—	—	—	—
100	108	3.5	2.5	1.5	10.226	7.374	4.467	4.19	2.97	1.77	—	—	—	—	—	—
125	133	3.5	2.5	1.5	12.673	9.122	5.515	3.39	2.40	1.43	—	—	—	—	—	—
150	159	4.0	3.0	2.0	17.335	13.085	8.779	3.23	2.41	1.60	—	—	—	—	—	—
200	219	6.0	5.0	4.0	35.733	29.917	24.046	3.33	2.93	2.34	—	—	—	—	—	—

1. 最大工作压力(p)指工作条件为 65℃ 时,硬态管允许应力(s)为 63MPa,半硬态管允许应力(s)为 50MPa,软态管允许应力(s)为 41.2MPa。
2. 通径——公称内径。
3. 管材的壁厚允许偏差应为管材名义壁厚的±10%。

管材长度	扭曲度≤	
	普通级	高精级
>400~600	0.6	0.5
>600~1000	1.2	0.8
>1000~1500	1.8	1.4

表 3.2-96 铜及铜合金散热扁管的力学性能  
(摘自 GB/T 8891—2000)

牌号	状态	抗拉强度 σ <sub>b</sub> /MPa≥	伸长率 δ <sub>10</sub> (%)≥
T2, H96	硬(Y)	295	—
H85	半硬(Y <sub>2</sub> )		—
H85	软(M)		35

1. 管材进行气压试验时,其空气压力为 0.4MPa,管材完全浸入水中 60s,管材应无气泡出现。
2. 硬态的黄铜管材应进行消除残余应力退火。如需方有特殊要求并在合同中注明,可进行残余应力检验。
3. 管材采用的牌号化学成分应符合 GB/T5231—2001 的规定。

8.2.6 无缝铜水管和铜气管(见表 3.2-97~表 3.2-103)

表 3.2-99 无缝铜水管和铜气管的标准尺寸(摘自 GB/T 18033—2000)

(mm)

公称 外径	壁 厚															
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
6	○															
8	○															
10	○															
12	○	(○)		(○)												
15		○	(○)		○	○										
16					(○)		(○)									
18			○		○	○	(○)									
19					(○)		(○)									
22			(○)	○		○	○						△			
27													△			
28				○		○	○									
34													△			
35					(○)	○	○		○							
42						○	○	(○)	○				△			
44									(○)							
48													△			
54						○		(○)	○	○						
55									(○)							
60													△			
67							○		○	○						
70									(○)	(○)						
76									(○)					△		
79										(○)						
85							○		○	○						
89										(○)				△		
105										(○)	(○)					
108							○			○	(○)	○				
114															△	
130										(○)	(○)					
133							○			○	(○)	○				
140															△	
156											(○)		(○)			
159									○		○	(○)	○			
165																△
206											(○)		(○)			
219													○		○	○

注:表中“○”表示焊接或卡套连接的管材的推荐标准尺寸,“△”表示螺纹连接的管材的推荐标准尺寸,打括号的表示其他标准尺寸。

表 3.2-100 无缝铜水管和铜气管的平均外径允许偏差(摘自 GB/T 18033—2000) (mm)

公称外径	平均外径允许偏差		公称外径	平均外径允许偏差	
	普通级	高精级		普通级	高精级
6~18	±0.06	±0.03	>85~108	±0.30	±0.06
>18~28	±0.08	±0.04	>108~133	±0.40	±0.10
>28~42	±0.10	±0.05	>133~159	±0.60	±0.18
>42~54	±0.20	±0.05	>159~219	±0.70	±0.25
>54~85	±0.24	±0.06			

注:1. 平均外径是指在管材任意截(断)面上测得的最大外径和最小外径的平均值。

2. 当要求平均外径允许偏差全为正(+)或全为负(-)时,其允许偏差应为集中对应数值的2倍。

表 3.2-101 无缝铜水管和铜气管的直线度  
(摘自 GB/T 18033—2000) (mm)

长 度	直线度≤
3000	12
5800	任意 3000mm 不超过 12

注:外径不大于 90mm 硬态和半硬态直管的直线度应符合表中的规定,外径大于 90mm 管材的直线度由供需双方协商。

表 3.2-102 无缝铜水管和铜气管的圆度  
(摘自 GB/T 18033—2000)

壁厚/mm	圆度/mm≤
0.01~0.03	公称外径的 1.5%
>0.03~0.05	公称外径的 1.0%
>0.05~0.10	公称外径的 0.8%(最小值 0.05mm)
>0.10	公称外径的 0.7%(最小值 0.05mm)

注:硬态和半硬态管材的圆度应符合表中的规定。

表 3.2-103 无缝铜水管和铜气管的力学性能(摘自 GB/T 18033—2000)

牌 号	状 态	公称外径 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率(%) $\geq$	
			$\geq$	$\delta_5$	$\delta_{10}$
T2 TP2	硬(Y)	$\leq 100$	315	—	—
		$> 100$	295	—	—
	半硬(Y <sub>2</sub> )	$\leq 54$	250	30	25
		$\leq 35$	205	40	35

注:无缝铜水管和铜气管主要适用于输送一般应用水、卫生用水和民用天然气、煤气、氧气及对铜不腐蚀的其他介质。

8.2.7 铜及铜合金毛细管(见表 3.2-104~表 3.2-108)

表 3.2-104 铜及铜合金毛细管牌号、化学成分、状态和规格(摘自 GB/T 1531—1994)

牌 号	化学成分	供应状态	规格/mm(外径×内径)
T2, TP1, TP2, H68, H62	按 GB/T 5231—2001	硬 Y, 半硬 Y <sub>2</sub> , 软 M	$\phi 0.5 \sim 3.0 \times \phi 0.3 \sim 2.5$
H96, QSn4-0.3, QSn6.5-0.1, BZn15-20	中相应牌号规定	硬 Y, 软 M	
产品分级	高级	适用于家用电冰箱、电冰柜、高精度仪表等工业部门用铜毛细管	
	较高级	适用于较高精度的仪器、仪表和电子等工业部门之用	
	普通级	适用于一般精度仪器、仪表和电子等工业部门之用	

注:标记示例:用 T2 制造、硬状态、高级、外径 2mm、内径 0.7mm 的毛细管。  
标记为:管 T2Y 高 2×0.7 GB/T 1531—1994

表 3.2-105 铜毛细管高级管材外径、内径及允许偏差(摘自 GB/T 1531—1994) (mm)

公称尺寸	外 径	允许偏差	内 径									
			0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	1.0	
			允许偏差 ±0.02									
1.70	+0.03	—	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
1.80		0	0	0	0	0	—	—	—	—		
1.85		—	0	0	0	0	—	—	—	—		
1.90		—	0	0	0	0	0	—	—	—		
2.00		—	0	0	0	0	0	—	—	—		
2.05		—	—	—	—	—	0	—	0	—		
2.20		—	—	—	—	—	—	—	—	0		

注:1.“0”表示有产品,“-”表示无产品。成卷供应管材其长度不小于 3m,长度由双方协议。  
2.直条供应管材长度为 0.15~3.5m。长度 0.15~0.60m,长度允许偏差-2.0mm;长度 >0.60~1.80m,允许偏差+3.5mm;长度 >1.80~3.50m,允许偏差+7.0mm。

表 3.2-106 铜及铜合金毛细管(普通级和较高级)外径、内径及允许偏差(摘自 GB/T 1531—1994) (mm)

公称尺寸	外 径	允许偏差	内 径											
			0.3		0.4		0.5		0.6		0.7		0.8	
			内径允许偏差											
			较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级
0.5	±0.03	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.6		—	—	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.7		—	—	—	—	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—
0.8		—	—	±0.03	±0.05	—	—	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—
1.0		—	—	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—	±0.03	±0.05	—
1.2		—	—	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—
1.4		—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	—
1.5		—	—	—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	—
1.6		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	—
1.7		—	—	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	—
1.8		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.05	±0.08	—
2.0		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—
2.2		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—
2.4		—	—	—	—	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—
2.5		—	—	—	—	—	—	—	—	±0.06	+0.10	—	—	—
2.6		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±0.06	±0.10	—
2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

(续)

外径		内 径											
公称尺寸	允许偏差	0.9		1.0		1.1		1.2		1.3		1.4	
		内径允许偏差											
		较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级
1.2	±0.03	—	—	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4		±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—	+0.03	±0.05	—	—	—	—
1.5		±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—	±0.03	+0.05	—	—
1.6		±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—	±0.03	+0.05
1.7		±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—
1.8		±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	±0.03	±0.05
2.0		—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06
2.2		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.05	±0.08	+0.05	±0.08	±0.05	±0.08
2.4		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.05	±0.08
2.5		±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—
2.6		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10
2.8		—	—	±0.06	±0.10	—	—	+0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10
3.0	—	—	—	—	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	

外径		内 径									
公称尺寸	允许偏差	1.5		1.6		1.7		1.8		1.9	
		内径允许偏差									
		较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级
1.7	+0.03	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8		—	—	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—
2.0		±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—	±0.03	±0.05	—	—
2.2		±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	+0.03	±0.05	—	—
2.4		+0.05	±0.08	±0.05	+0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05
2.5		±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.05	+0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06
2.6		—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06
2.8		—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.05	±0.08	±0.05	±0.08
3.0	—	—	±0.06	±0.10	—	—	±0.06	±0.10	—	—	

外径		内 径											
公称尺寸	允许偏差	2.0		2.1		2.2		2.3		2.4		2.5	
		内径允许偏差											
		较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级
2.4	±0.03	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.5		±0.03	±0.05	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	
2.6		±0.04	±0.06	±0.03	±0.05	—	—	—	—	—	—	—	
2.8		±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	+0.03	+0.05	—	—	—	
3.0		±0.05	±0.08	±0.05	+0.08	±0.05	±0.08	±0.04	±0.06	±0.04	±0.06	±0.03	±0.05

注：“—”表示无产品。

表 3.2-107 铜及铜合金毛细管室温纵向力学性能 (摘自 GB/T 1531—1994)

牌 号	状 态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)
T2, TP1, TP2	M	$\geq 205$	$\geq 35$
	Y <sub>2</sub>	245~370	—
	Y	$\geq 345$	—
H96	M	$\geq 205$	$\geq 35$
	Y	$\geq 295$	—
H62, H68	M	$\geq 295$	$\geq 35$
	Y <sub>2</sub>	$\geq 345$	$\geq 30$
	Y	$\geq 390$	—
QSn4-0.3	M	$\geq 325$	$\geq 30$
QSn6.5-0.1		$\geq 325$	$\geq 30$
BZn15-20	Y	$\geq 490$	—

注：外径与内径之差小于 0.30mm 的毛细管不作拉力试验。有特殊要求者，由供需双方协商解决。

表 3.2-108 铜及铜合金毛细管气密性试验 压力 (摘自 GB/T 1531—1994)

外径与内径之差/mm (2倍壁厚)	气体压力/MPa			持续时间/s
	高级	较高级	普通级	
0.20~0.50	—	2.9	2.0	30~60
>0.50~0.70	—	3.9	2.9	
>0.70~1.00	6.9	5.9	4.9	
>1.00~1.80	7.8	7.8	6.9	

注：1. 普通管和较高级管材应进行通气性试验，内孔应畅通；高级管材应进行出口压力试验或流量试验，压力差值或流量值由供需双方协商。  
2. 管材按本表压力值进行试验时，管材不变形不漏气。

8.2.8 铝及铝合金管材尺寸规格

铝及铝合金管材的截面形状如图 3.2-1~图 3.2-4 所示，圆管、方形管、矩形管及椭圆管的尺寸规格见

表 3.2-109~表 3.2-113;其尺寸允许偏差见表 3.2-114~表 3.2-120。

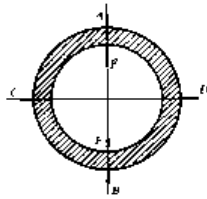


图 3.2-1 圆管

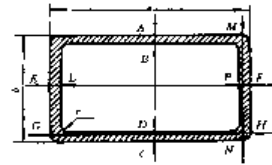


图 3.2-3 矩形管

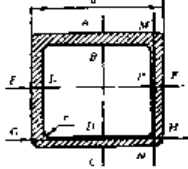


图 3.2-2 方形管

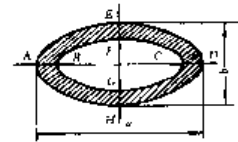


图 3.2-4 椭圆管

表 3.2-109 铝及铝合金挤压圆管尺寸规格(摘自 GB/T 4436-1995)

(mm)

外 径	壁 厚												
	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	9.0	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	
25	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
36	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
38	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
40	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
42	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
48	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—
52	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
58	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
62	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
65	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
75	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
80	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

外 径	壁 厚														
	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0
85	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
90	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
95	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
105	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
110	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—
115	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
120	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
125	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
130	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
135	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
140	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
145	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
150	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
155	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
160	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
165	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
170	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
175	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
180	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
185	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
190	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
195	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
200	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(续)

外 径	壁 厚														
	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0
205	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
210	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
215	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
220	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
225	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
230	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
235	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
240	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
245	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
250	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
260	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
270	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
280	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
290	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
300	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
310	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
320	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
330	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
340	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
350	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
360	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
370	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
380	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
390	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
400	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注：“○”表示可供规格。

表 3.2-110 铝及铝合金冷拉、冷轧圆管尺寸规格(摘自 GB/T 4436 1995) (mm)

外径	壁 厚										
	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
6	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
8	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
10	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
12	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
14	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
15	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
16	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
18	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
22	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
25	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
26	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
28	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
30	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
32	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
31	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
35	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
36	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
38	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
42	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
45	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
48	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
50	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
52	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
55	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
58	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
60	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(续)

外径	壁 厚										
	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
65	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○
70	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○
75	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○
80	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○
85	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○
90	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○
95	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○
100	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○
105	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○
110	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○
115	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○
120	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○

注：“○”表示可供规格。

表 3.2-111 铝及铝合金冷拉正方形管材尺寸规格(摘自 GB/T 4436—1995) (mm)

公称边长 <i>a</i>	壁 厚							公称边长 <i>a</i>	壁 厚						
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.5	5.0		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.5	5.0
10	○	○	—	—	—	—	—	32	—	○	○	○	○	○	—
12	○	○	—	—	—	—	—	36	—	○	○	○	○	○	—
14	○	○	○	—	—	—	—	40	—	○	○	○	○	○	—
16	○	○	○	—	—	—	—	42	—	○	○	○	○	○	—
18	○	○	○	○	—	—	—	45	—	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	—	—	—	50	—	○	○	○	○	○	○
22	—	○	○	○	○	—	—	55	—	○	○	○	○	○	○
25	—	○	○	○	○	—	—	60	—	○	○	○	○	○	○
28	—	○	○	○	○	○	—	65	—	○	○	○	○	○	○
								70	—	○	○	○	○	○	○

注：“○”表示可供规格。

表 3.2-112 铝及铝合金冷拉矩形管尺寸规格(摘自 GB/T 4436—1995) (mm)

公称边长 <i>a</i> × <i>b</i>	壁 厚							公称边长 <i>a</i> × <i>b</i>	壁 厚						
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
14×10	○	○	○	—	—	—	—	32×25	○	○	○	○	○	○	○
16×12	○	○	○	—	—	—	—	36×20	○	○	○	○	○	○	○
18×10	○	○	○	—	—	—	—	36×28	○	○	○	○	○	○	○
18×14	○	○	○	○	—	—	—	40×25	—	○	○	○	○	○	○
20×12	○	○	○	○	—	—	—	40×30	—	○	○	○	○	○	○
22×14	○	○	○	○	—	—	—	45×30	—	○	○	○	○	○	○
25×15	○	○	○	○	○	—	—	50×30	—	○	○	○	○	○	○
28×16	○	○	○	○	○	—	—	55×40	—	○	○	○	○	○	○
28×22	○	○	○	○	○	○	—	60×40	—	—	○	○	○	○	○
32×18	○	○	○	○	○	○	—	70×50	—	—	○	○	○	○	○

注：“○”表示可供规格。

表 3.2-113 铝及铝合金冷拉椭圆形管尺寸规格(摘自 GB/T 4436—1995) (mm)

长轴 <i>a</i>	短轴 <i>b</i>	壁厚	长轴 <i>a</i>	短轴 <i>b</i>	壁厚
27.0	11.5	1.0	67.5	28.5	2.0
33.5	14.5	1.0	74.0	31.5	1.5
40.5	17.0	1.0	74.0	31.5	2.0
40.5	17.0	1.5	81.0	34.0	2.0
47.0	20.0	1.0	81.0	34.0	2.5
47.0	20.0	1.5	87.5	37.0	2.0
54.0	23.0	1.5	87.5	40.0	2.5
54.0	23.0	2.0	94.5	40.0	2.5
60.5	25.5	1.5	101.0	43.0	2.5
60.5	25.5	2.0	108.0	45.5	2.5
67.5	28.5	1.5	114.5	48.5	2.5

表 3.2-114 挤压圆管外径允许偏差(摘自 GB/T 4436—1995)

(mm)

公称外径	普通级(±)		高精级(±)			
	任一外径与公称外径的允许偏差		任一外径与公称外径的允许偏差		平均外径与公称外径的允许偏差	
	高镁合金	其他合金	高镁合金	其他合金	高镁合金	其他合金
25	0.99	0.66	0.76	0.54	0.38	0.25
>25~50	1.30	0.83	0.96	0.64	0.46	0.30
>50~100	1.50	0.99	1.14	0.76	0.58	0.38
>100~150	2.50	1.70	1.90	1.25	0.96	0.61
>150~200	3.70	2.50	2.85	1.90	1.35	0.88
>200~250	5.00	3.30	3.80	2.54	1.73	1.14
>250~300	6.20	4.10	4.78	3.18	2.10	1.40
>300~350	7.40	5.00	5.70	3.80	2.49	1.65
>350~400	8.70	5.80	6.68	4.45	2.85	1.90

- 注:1. 当产品标准或合同中要求直径偏差全为(+)或全为(-)时,其偏差值为本表对应数值的2倍;  
2. 当要求的直径偏差为内径时,应根据该管材的外径取表中对应的外径偏差值作为内径偏差,并在合同中注明“直径偏差要求内径”字样;  
3. 表中的任一外径是指在管材断面上任一点测得的外径;平均外径是指在管材断面上任意测量两个互为直角的外径所得到的平均值,如图 3.3-1 中的  $1/2(AB+CD)$ ;  
4. 高镁合金是指化学成分中,平均镁含量大于或等于 3% 的铝镁合金(如 LF3、LF5、3056 合金等)。  
5. 挤压圆管定尺和不定尺长度范围为 300~5800mm,定尺长度允许偏差为 +15mm,倍尺管材每个锯口应留有 5mm 的锯切量。

表 3.2-115 挤压圆管弯曲度(摘自 GB/T 4436—1995)

(mm)

公称外径	弯曲度,不大于					
	普通级		高精级		超高精级	
	每米长上	全长 $L(m)$ 上	每米长上	全长 $L(m)$ 上	每米长上	全长 $L(m)$ 上
25~150	3.0	$3.0 \times L$	2.0	$2.0 \times L$	1.0	$1.0 \times L$
>150~250	4.0	$4.0 \times L$	3.0	$3.0 \times L$	2.0	$2.0 \times L$

注:本表对于退火状态的管材不适用。退火状态的管材和外接圆直径大于 250mm 的管材,弯曲度有要求时应在合同中注明。

表 3.2-116 挤压圆管壁厚允许偏差(摘自 GB/T 4436—1995)

(mm)

级别	公称壁厚	任一壁厚与平均壁厚的允许偏差	平均壁厚与公称壁厚的允许偏差							
			公称外径							
			$\leq 30$		$>30 \sim 75$		$>75 \sim 125$		$>125$	
		高镁合金	其他合金	高镁合金	其他合金	高镁合金	其他合金	高镁合金	其他合金	
普通级	5.0~6.0	平均壁厚的 ±15% 最大值 ±2.30	±0.54	±0.35	±0.54	±0.35	±0.77	±0.50	±1.10	±0.77
	>6.0~10.0		±0.65	±0.42	±0.65	±0.42	±0.92	±0.62	±1.50	±0.96
	>10.0~12.0		—	—	±0.87	±0.57	±1.20	±0.80	±2.00	±1.30
	>12.0~20.0		—	—	±1.10	±0.77	±1.60	±1.10	±2.60	±1.70
	>20.0~25.0		—	—	—	—	±2.00	±1.30	±3.20	±2.10
	>25.0~38.0		—	—	—	—	±2.60	±1.70	±3.70	±2.50
高精级	5.0~6.0	平均壁厚的 ±10% 最大值 ±1.50	±0.36	±0.23	±0.36	±0.23	±0.50	±0.33	±0.76	±0.50
	>6.0~10.0		±0.43	±0.28	±0.43	±0.28	±0.60	±0.41	±0.96	±0.64
	>10.0~12.0		—	—	±0.58	±0.38	±0.80	±0.53	±1.35	±0.88
	>12.0~20.0		—	—	±0.76	±0.51	±1.05	±0.71	±1.73	±1.14
	>20.0~25.0		—	—	—	—	±1.35	±0.88	±2.10	±1.40
	>25.0~38.0		—	—	—	—	±1.73	±1.14	±2.49	±1.65
>38.0~50.0	—	—	—	—	—	—	±2.85	±1.90		

- 注:1. 当规定的尺寸是外径和内径而不是壁厚本身时,则壁厚偏差只检查任一壁厚与平均壁厚的允许偏差;  
2. 当产品标准或合同中要求壁厚偏差全为(+)或全为(-)时,其偏差值为本表对应数值的2倍;  
3. 表中的任一壁厚是指在管材断面上任一点测得的壁厚;平均壁厚是指在管材断面的任一外径两端测得壁厚的平均值,如图 3.2-1 中的  $1/2(AE+BF)$ ;  
4. 高镁合金是指化学成分中,其平均镁含量(质量分数)大于或等于 3% 的铝镁合金(如 LF3、LF5、5056 合金等)。



表 3.2-117 冷拉和冷轧圆管直径允许偏差及弯曲度(摘自 GB/T 4436—1995) (mm)

直径允许偏差	公称外径	普通级(±)				高精级(±)				
		任一外径与公称外径的允许偏差				平均外径与公称外径的允许偏差	任一外径与公称外径的允许偏差			平均外径与公称外径的允许偏差
		退火	高镁	淬火	其他	所有管	退火	淬火	其他	所有管
6~12	0.72	0.20	0.23	0.12	0.12	0.48	0.15	0.08	0.08	
>12~25	0.90	0.20	0.30	0.13	0.15	0.60	0.20	0.10	0.10	
>25~50	1.20	0.30	0.38	0.20	0.20	0.75	0.25	0.13	0.13	
>50~75	1.38	0.35	0.45	0.23	0.23	0.90	0.30	0.15	0.15	
>75~120	1.80	0.50	0.62	0.30	0.30	1.20	0.41	0.20	0.20	

弯曲度	公称外径	普通级		高精级	
		每米长上		全长(L米上)	
		≤10	≤60	≤60×L	≤42
>10~120	≤2	≤2×L	≤1	≤1×L	

- 注:1. 当产品标准或合同中要求直径偏差全为(+)或全为(-)时,其偏差值为本表对应数值的2倍。  
 2. 表中的任一外径是指在管材断面上任一点测得的外径;平均外径是指在管材断面上任意测量两个互为直角的外径所得到的平均值,如图 3.2-1 中的  $1/2(AB+CD)$ 。  
 3. 高镁管是指化学成分中,平均镁含量(质量分数)大于或等于 3% 的铝镁合金(如 LF3、LF5、5056 合金等)管。  
 4. 当管材既是退火管又是高镁管时,其偏差按退火管确定。

表 3.2-118 冷拉和冷轧圆管壁厚允许偏差(摘自 GB/T 4436—1995) (mm)

级 别	公称壁厚	平均壁厚与公称壁厚的允许偏差	任一壁厚与公称壁厚的允许偏差		
			高镁管	其他管	
				不淬火管	淬火管
普通级	≤8	±0.10	—	±0.14	不超过公称壁厚的 ±15%, 最小值 ±0.12
	>0.8~1.2	±0.12	±0.20	±0.19	
	>1.2~2.0	±0.20	±0.20	±0.22	
	>2.0~3.0	±0.23	±0.30	±0.27	
	>3.0~4.0	±0.30	±0.40	±0.40	
高精级	≤0.8	±0.05	±0.05	±0.05	不超过公称壁厚的 ±10%, 最小值 ±0.08
	>0.8~1.2	±0.08	±0.08	±0.08	
	>1.2~2.0	±0.10	±0.10	±0.10	
	>2.0~3.0	±0.13	±0.15	±0.15	
	>3.0~4.0	±0.15	±0.20	±0.20	

- 注:1. 当规定的尺寸为外径和内径而不是壁厚本身时,不检查表中的项目,只检查任一壁厚与平均壁厚之间的偏差值,其高精级为公称壁厚的 ±10%,普通级为公称壁厚的 ±15%。  
 2. 当产品标准或合同中要求壁厚偏差全为(+)或全为(-)时,其偏差值为本表对应数值的2倍。  
 3. 表中的任一壁厚是指在管材断面上任一点测得的壁厚;平均壁厚是指在管材断面的任一外径两端测得壁厚的平均值,如图 3.2-1 中的  $1/2(AE+BF)$ 。

表 3.2-119 冷拉正方形管和矩形管尺寸及形状允许偏差(摘自 GB/T 4436—1995) (mm)

宽度或高度允许偏差	公称宽度或高度	普通级(±)		高精级(±)	
		边缘处宽或高与公称宽或高的允许偏差	非边缘处宽或高与公称宽或高的允许偏差	边缘处宽或高与公称宽或高的允许偏差	非边缘处宽或高与公称宽或高的允许偏差
		≤12.5	0.50	1.00	0.08
>12.5~25	0.50	1.00	0.10	0.20	
>25~50	0.50	1.00	0.13	0.25	
>50~60	0.55	1.10	0.15	0.30	
>60~70	0.65	1.30	0.15	0.30	

壁厚允许偏差	公称壁厚	普通级		高精级	
		平均壁厚与公称壁厚的允许偏差	任一壁厚与公称壁厚的允许偏差	平均壁厚与公称壁厚的允许偏差	任一壁厚与公称壁厚的允许偏差
		±0.12	不超过公称壁厚的 ±15%	±0.08	不超过公称壁厚的 ±10%
		±0.20		±0.10	
		±0.23		±0.13	
		±0.30		±0.15	
±0.40	±0.15				

(续)

弯曲度	公称宽度	普通级		高精级	
		每米长度上	全长(L)米上	每米长度上	全长(L)米上
弯曲度	≤10	≤60	≤60×L	≤42	≤42×L
	>10~70	≤2	≤2×L	≤1	≤1×L
扭拧度	公称宽度 mm	普通级		高精级	
		每米长度上	全长(L)米上	每米长度上	全长(L)米上
扭拧度	≤40	≤3°	≤3°×L	≤2°	≤2°×L, 最大7°
	>40~70	≤1.5°	≤1.5°×L	≤1°	≤1°×L, 最大5°
平面间隙	管材的宽度或高度	普通级		高精级	
		平面间隙	平面间隙	平面间隙	平面间隙
平面间隙	≤12.5	≤0.5	≤0.08	≤0.08	≤0.08
	>12.5~25	≤0.5	≤0.10	≤0.10	≤0.10
	>25~50	≤0.5	≤0.13	≤0.13	≤0.13
	>50~70	≤0.75	≤0.15	≤0.15	≤0.15

- 注 1 边缘处宽度如图 3-2-2、3 中的  $GH$ , 边缘处高度如图 3-2-2、图 3-2-3 中的  $MN$ , 均为金属实体尺寸; 非边缘处宽度为  $EF$ , 非边缘处高  $AC$ , 均为包含空间在内的尺寸。
- 2 矩形管非边缘处宽度  $EF$  偏差值, 应取非边缘处高度  $AC$  的偏差值, 但此值小于边缘处宽度  $GH$  的偏差值时, 应取边缘处宽度  $GH$  的偏差值。
- 3 平均壁厚是指在管材的任一宽度或高度两端测得壁厚的平均值, 如图 3-2-2、图 3-2-3 中的  $\frac{1}{2}(AB+CD)$  或  $\frac{1}{2}(EL+PF)$ 。
- 4 弯曲度和扭拧度不适合退火状态管材, 退火管材的供货长度 1000~5000mm。

(续)

牌号	状态	壁厚/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例 伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率(%)			
					全截面试样	其他试样		
					标距 50mm	50mm 定标距	$\delta_5$	
1060 1070A 1070	O H14	所有		60~95 85	—	—	—	
1100 1200	O H14	所有		75~110 110	—	—	—	
2A11	T4	外径 $\leq 22$	$\leq 1.5$	375	195	—		
			$> 1.5 \sim 2.0$			13		
			$> 2.0 \sim 5.0$			14		
		外径 $> 22 \sim 50$	$\leq 1.5$	390	225	—		
			$> 1.5 \sim 5.0$			12		
			$> 50$			13		
		所有			11			
2017	O	所有		$\leq 245$	$\leq 125$	17	16	16
	T4	所有		375	215	13	12	12
2A12	T4	外径 $\leq 22$	$\leq 2.0$	410	255	—		
			$> 2.0 \sim 5.0$			13		
		外径 $> 22 \sim 50$	所有	420	275	—		
			$> 50$			12		
		所有		420	275	10		
2024	O	所有		$\leq 220$	$\leq 100$	—		
	T4	0.63~1.2		440	290	12	10	—
3003	O	0.63~1.2		95~130	—	30	20	—
		$> 1.2 \sim 5.0$		95~130	—	35	25	—
	H14	0.63~1.2		140	115	5	3	—
		$> 1.2 \sim 5.0$		140	115	8	4	—
3A21	O	所有		$\leq 135$	—	—		
	H14	所有		135	—	—		
5A02	O	所有		$\leq 225$	—	—		
	H14	外径 $\leq 55$ , 壁厚 $\leq 2.5$ 其他所有		225 195	— —	— —		
5A03	O	所有		175	80	15		
	H34	所有		215	125	8		
5A05	O	所有		215	90	15		
	H32	所有		245	145	8		
5A06	O	所有		315	145	15		
5052	O	所有		170~240	70	—		
	H14	所有		235	180	—		
5056	O	所有		$\leq 315$	100	—		
	H32	所有		305	—	—		
5083	O	所有		270~355	110	14	12	12
	H32	所有		315	235	5	5	5
6A02	O	所有		$\leq 155$	—	14		
	T4	所有		205	—	14		
	T6	所有		305	—	8		
6061	O	所有		$\leq 150$	$\leq 95$	15	15	13
		0.63~1.20		205	100	16	14	—
	T4	$> 1.20 \sim 5.0$		205	110	18	16	—
		0.63~1.20		290	240	10	8	—
T6	$> 1.20 \sim 5.0$		290	240	12	10	—	
			所有		$\leq 130$	—	—	
6063	O	所有		$\leq 130$	—	—		
	T6	0.63~1.20		230	195	12	8	—
		$> 1.2 \sim 5.0$		230	195	14	10	—

(续)

牌号	状态	壁厚/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例 伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率(%)		
					全截面试样	其他试样	
					标距 50mm	50mm 定标距	$\delta_s$
8A06	O	所有		$\leq 120$	不小于		20
	H14	所有		100			5

注:1. 表中未列入的合金、状态、规格、力学性能由供需双方协商或附抗拉强度、伸长率的试验结果,但该结果不能作为验收依据。

2. 管材采用牌号的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定。

3. 管材适于一般工业部门应用。

4. 管材的尺寸规格及允许偏差应符合 GB/T4436 中普通级的规定(参见本章 8.2.8),需要高精级时应在合同中注明。

5. 本表中 5A03、5A05、5A06 规定非比例伸长应力仅供参考,不作为验收依据。矩形管的 T× 和 H× 状态的伸长率低于本表 2 个百分点。

6. 标记示例

用 3A12 合金制造、退火状态,外径 10mm、壁厚 2.0mm、长度 1500mm 定尺的圆管标记为:管 3A12-O  $\phi 10 \times 2.0 \times 1500$  GB/T 6893-2000

用 2A11 合金制造、淬火自然时效状态、边长为 45mm、宽为 45mm、壁厚为 3.0mm、长度为不定尺的矩形管材标记为:矩形管 2A11-T4 45×45×3.0 GB/T 6893-2000

### 8.2.10 铝及铝合金热挤压无缝圆管(见表 3.2-122)

表 3.2-122 铝及铝合金热挤压无缝圆管的力学性能(摘自 GB/T 4437.1-2000)

合金牌号	供应状态	试样状态	壁厚/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率(%)	
						50mm	$\delta$
1070A、1060	O	O	所有	60~95	—	25	22
	H112	H112	所有	60	—	25	22
1050A、1035	O	O	所有	60~100	—	25	23
1100、1200	O	O	所有	75~105	—	25	22
	H112	H112	所有	75	—	25	22
2A11	O	O	所有	$\leq 245$	—	—	10
	H112	H112	所有	350	195	—	10
2017	O	O	所有	$\leq 245$	$\leq 125$	—	16
	H112、T4	T4	所有	345	215	—	12
2A12	O	O	所有	$\leq 245$	—	—	10
	H112、T4	T4	所有	390	255	—	10
2017	O	O	所有	$\leq 245$	$\leq 130$	12	10
	H112	T4	$\leq 18$	395	260	12	10
			$> 18$	395	260	—	9
3A21	H112	H112	所有	$\leq 165$	—	—	—
3003	O	O	所有	95~130	—	25	22
	H112	H112	所有	95	—	25	22
5A02	H112	H112	所有	$\leq 225$	—	—	—
5052	O	O	所有	170~240	70	—	—
5A03	H112	H112	所有	175	70	—	15
5A05	H112	H112	所有	225	110	—	15
5A06	O、H112	O、H112	所有	315	145	—	15
5083	O	O	所有	270~350	110	14	12
	H112	H112	所有	270	110	12	20
5454	O	O	所有	215~285	85	14	12
	H112	H112	所有	215	85	12	10
5086	O	O	所有	240~315	95	14	12
	H112	H112	所有	240	95	12	10
6A02	O	O	所有	$\leq 145$	—	—	17
	T4	T4	所有	205	—	—	14
	H112、T6	T6	所有	295	—	—	8
6061	T4	T4	所有	180	110	16	14

(续)

合金牌号	供应状态	试样状态	壁厚/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率(%)	
						50mm	$\delta$
6061	T6	T6	$\leq 6.3$	260	240	8	—
			$> 6.3$	260	240	10	9
6063	T4	T4	$\leq 12.5$	130	70	14	12
	T6	T6	$> 12.5 \sim 25$	125	60	—	12
7A04, 7A09	H112, T6	T6	所有	205	170	10	9
7075	H112, T6	T6	$\leq 6.3$	540	485	7	—
			$> 6.3$	560	505	7	6
			$\leq 12.5$	560	495	—	6
7A15	H112, T6	T6	所有	470	420	—	6
8A06	H112	H112	所有	$\leq 120$	—	—	20

注:1. 管材适于一般工业技术部门使用。

2. 管材牌号的化学成分应符合 GB/T 3190 的规定。

3. 圆管材的尺寸规格及允许偏差应符合 GB/T 4436 中普通级的规定,如需要高精级时,则应于合同中注明。

4. 本表为管材室温纵向力学性能,但表中 5A05 合金规定的非比例伸长应力仅供参考,不作为验收依据。

5. 外径 185~300mm,壁厚大于 32.5mm 的管材,室温纵向力学性能由供需双方协商或附试验结果。

6. 标记示例:2A12 合金、退火状态,外径 40mm,长度 4000mm,定尺的热挤压圆管,标记为:管 2A12 O  $\phi 40 \times 6 \times 4000$   
GB/T4437.1-2000

8.2.11 铝及铝合金焊接管(见表 3.2-123~表 3.2-126)

表 3.2-123 铝及铝合金焊接圆管尺寸规格(摘自 GB/T 10571-1989)

(mm)

外径	壁厚									
	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	
9.5	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
12.7	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
15.9	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
16	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
19.1	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
20	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
22	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
22.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
25	—	○	○	○	○	○	○	○	○	
25.4	—	○	○	○	○	○	○	○	○	
28	—	—	○	○	○	○	○	○	○	
30	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
31.8	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
32	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
33	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
36	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
40	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
50.8	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
65	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
75	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
76.2	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
80	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
85	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
90	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
100	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
105	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
120	—	—	—	○	○	○	○	○	○	

注:1. “○”为供货规格。

2. 如需其他规格可由供需双方另行协商,并在合同中注明。

表 3.2-124 铝及铝合金焊接方管尺寸规格(摘自 GB/T 10571—1989) (mm)

宽度	高度	壁 厚								
		0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0
16	16	—	—	○	○	○	○	○	—	—
20	15	—	—	○	○	○	○	○	—	—
20	20	—	—	○	○	○	○	○	—	—
22	10	—	○	○	○	○	○	○	—	—
22	20	—	—	○	○	○	○	○	—	—
25	15	—	—	○	○	○	○	○	—	—
30	16	—	○	○	○	○	○	○	—	—
32	30	—	—	○	○	○	○	○	—	—
36	20	—	—	○	○	○	○	○	—	—
40	20	—	—	○	○	○	○	○	—	—
40	25	—	—	—	○	○	○	○	○	—
40	40	—	—	—	○	○	○	○	○	—
50	30	—	—	—	○	○	○	○	○	—

注:1.“○”为供货规格。

2. 如需其他规格可由供需双方另行协商,并在合同中注明。

表 3.2-125 铝及铝合金焊接管尺寸允许偏差(摘自 GB/T 10571—1989) (mm)

圆管外径允许偏差	公称外径	平均外径与公称外径之间的允许偏差		任一点外径与公称外径之间的允许偏差				
		普精级	高精级	普精级	高精级			
	≤10	+0.16	±0.08	±0.18	±0.15			
	>10~25	±0.20	±0.10	±0.40	±0.20			
	>25~50.8	±0.20	±0.13	±0.45	±0.25			
	>50.8~76.2	±0.30	±0.15	±0.50	±0.30			
	>76.2~120	±0.35	±0.20	±0.60	±0.40			
方管高度和宽度允许偏差	公称宽度或高度	角上宽度或高度允许偏差		非角上宽度或高度允许偏差				
		普精级	高精级	普精级	高精级			
	≤25	±0.20	±0.13	±0.40	±0.20			
	>25~50	±0.30	±0.15	±0.45	±0.25			
方管任一点壁厚与公称壁厚之间允许偏差	公称壁厚	壁厚允许偏差		焊接管的直度	公称外径	任意每米长最大弯曲		
		0.5~0.8	±0.05				9.5~25	2.5
		>0.8~1.2	±0.06					
		>1.2~1.8	±0.08					
		>1.8~2.0	±0.09					
>2.0~2.5	±0.10							
>2.5~3.0	±0.12	>25~50	3.5					
				>50~120	4.0			

注:1. 平均外径为任两相互垂直方向上测得的外径的平均值。

2. 除方管外,偏差要求单向偏差时,其值为表中数值的二倍。

3. 角上宽或高度为靠边焊接管角部测得的实体部分宽度和高度;非角上宽度或高度为焊接管非完全实体部分的宽度或高度。

4. 方管壁厚允许偏差数值不适用于焊接部位。

5. 管的长度允许偏差为+8mm;方管的扭拧度每米大于3°,全长不大于7°。

6. 标记示例:用L3制造,冷作硬化状态,宽度25mm,高度15mm,长度3000mm的焊接矩形管,标记为:焊接方管L3Y25×15×3000 GB/T10571—1989。

表 3.2-126 铝及铝合金焊接管坯的牌号及力学性能(摘自 GB/T 10571—1989)

牌 号	状 态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	牌 号	状 态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)
L1,L2, L3,L4, L5,L6	M	1.0~3.0	≤107.8	28	LF2	Y	0.8~1.0	265	3
	Y <sub>2</sub>	0.8~1.0	98	5			>1.0~3.0		4
		Y		>1.0~3.0	137.2	3	LF21	Y	1.0~3.0
LF2	M	0.5~3.0	167~225	16	0.8~3.0	147~216			6
		>1.0~3.0			186	0.5			1
	Y <sub>2</sub>	0.8~1.0	235	4		>0.5~0.8			2
>1.0~3.0		6			>0.8~1.2	3			
							>1.2~3.0		4

注:1. 焊缝的纵向抗拉强度值不应低于基本材料的80%,此值为保证值,需方有要求时才作试验。

2. 将焊管压至0.75管外径,焊缝不出现裂纹。

3. 焊管应保证在不小于0.62MPa液压下保持15s不出现压力降低。

4. 焊管牌号的化学成分应符合GB/T 3190的规定。

5. 管材适于各工业技术部门使用。

8.2.12 钛及钛合金管 (见表 3.2-127~表 3.2-129)

表 3.2-127 钛及钛合金管牌号、状态及规格 (摘自 GB/T 3624—1995) (mm)

牌号	供应状态	制造方法	外 径	壁 厚																
				0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5			
TA0 TA1 TA2 TA9 TA10	退火状态 (M)	冷轧 (冷拔)	3~5	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
			>5~10	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—		
			>10~15	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	
			>15~20	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	
			>20~30	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	
			>30~40	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	
			>40~50	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	
			>50~60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	
		>60~80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	
		>80~110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	
				焊接	16	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					19	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
					25、27	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
					31、32、33	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
		38	—		—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—		
		50	—		—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—		
		焊接轧制	63	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—			
			6~10	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—			
			>10~15	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—		
			>15~20	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—		
			>20~30	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—		

- 注: 1. “○”表示可供规格, “—”表示不生产规格。
- 2. 牌号的化学成分符合 GB/T3620.1 的规定 (见表 3.2 27)。
- 3. 本表产品适用于一般工业用途, 不适用于热交换器、冷凝器及各种压力容器所使用的钛及钛合金管。
- 4. 标记示例: 用 TA0 制造的, 退火状态、外径 30mm, 壁厚 1.5mm, 长度为 3500mm 的无缝管, 标记为: 无缝管 TA0M $\phi$ 30 $\times$ 1.5 $\times$ 3500 GB/T3624—1995。

表 3.2-128 钛及钛合金管尺寸规格及允许偏差 (摘自 GB/T 3624—1995) (mm)

外径允许偏差	外 径		允许偏差			外 径		允许偏差		
		3~10	>10~30	±0.15	±0.30	±0.50	>50~80	>80~100	>100	±0.65 ±0.75 ±0.85
管材不定尺长度	无缝管		焊接管			焊接—轧制管		管材定尺或倍尺长度应在其不定尺长度内, 定尺长度允许偏差为 -10mm, 倍尺长度应计入每个切口量为 5mm 的切断长		
	外 径		壁 厚			壁 厚				
	≤15	>15	0.5~1.25	>1.25~2.0	>2.0~2.5	0.5~0.8	>0.8~2.0			
	500~4000	500~9000	500~15000	500~6000	500~4000	500~8000	500~5000			
端部切斜	外 径		切斜, ≤		弯曲度		外 径		弯曲度/mm·m <sup>-1</sup> ≤	
	3~30	>30~60	2	3			3~30	>30~60	3	4
	>60~110		4				>60~110			

- 注: 1. 管材壁厚 (不包括焊接管) 允许偏差不超过公称壁厚的 ±12.5%。
- 2. 管材圆度及壁厚不均, 不超过外径和壁厚允许偏差。

表 3.2-129 钛及钛合金管材室温力学性能 (摘自 GB/T 3624 1995)

牌 号	状 态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ /MPa	伸 长 率 $\delta$ $L_0=50\text{mm}$ (%)
			$\geq$	
TA0	退火状态 M	280~420	170	24
TA1	退火状态 M	370~530	250	20
TA3	退火状态 M	440~620	320	18
TA9	退火状态 M	370~530	250	20
TA10	退火状态 M	$\geq 440$	—	18

- 注: 1. 规定残余伸长应力  $\sigma_{r0.2}$  只在需方要求并在合同中注明时方予测定。  
 2. 需方要求并在合同中注明时可按 GB/T 3624—1995 的规定进行压扁试验。  
 3. 需方要求并在合同中注明, 管材可按要求的试验方式和压力进行水压试验, 合同不注明, 供方可不进行试验, 但必须保证最低水压试验要求 (选用 5MPa, 1.5 倍工作压力)。  
 4. 管材内部气压试验压力为 0.7MPa, 保持压力时间为 5s, 管材不泄漏。

### 8.3 板材

#### 8.3.1 铜及铜合金板材

GB/T 2040—2002《铜及铜合金板材》的牌号、状态及规格见表 3.2-130; 板材的尺寸及尺寸允许偏差

应符合 GB/T 17793—1999《一般用途的加工铜及铜合金板带材 外形尺寸及允许偏差》的规定, 一般用途加工铜及铜合金板材的尺寸及尺寸允许偏差见表 3.2-131~表 3.2-135; GB/T 2040—2002 铜及铜合金板材的力学性能、板材的弯曲试验、软状态板材晶粒度的检验和规定见表 3.2-136~表 3.2-138。

表 3.2-130 铜及铜合金板材牌号, 状态及规格 (摘自 GB/T 2040—2002)

牌 号	状 态	规 格 /mm		
		厚 度	宽 度	长 度
T <sub>2</sub> 、T <sub>3</sub> 、TP <sub>1</sub> 、TP <sub>2</sub> 、TU <sub>1</sub> 、TU <sub>2</sub>	R	4~60	≤3000	≤6000
	M、Y <sub>1</sub> 、Y <sub>2</sub> 、Y	0.2~12		
H96、H80	M、Y	0.2~10		
H90	M、Y <sub>2</sub> 、Y			
H70、H65	M、Y <sub>1</sub> 、Y <sub>2</sub> 、Y、T			
H68	R	4~60		
	M、Y <sub>1</sub> 、Y <sub>2</sub> 、Y、T	0.2~10		
H62	R	4~60		
	M、Y <sub>2</sub> 、Y、T	0.2~10		
H59	R	4~60		
	M、Y	0.2~10		
HPb59-1	R	4~60		
	M、Y <sub>2</sub> 、Y	0.2~10		
HMn58-2	M、Y <sub>2</sub> 、Y	0.2~10		
	R			
HSn62-1	R	4~60		
	M、Y <sub>2</sub> 、Y	0.2~10		
HMn55-3-1、HMn57-3-1、HA160-1-1、HA167-2.5、HA166-3-2、HNi65-5	R	4~40	≤1000	≤2000
	R	9~50	≤600	≤2000
QSn6.5-0.1	M、Y <sub>3</sub> 、Y <sub>2</sub> 、Y、T			
QSn6.5-0.4、QSn4-3、QSn4-0.3、QSn7-0.2	M、Y、T	0.2~12		
BA16-1.5、BA113-3	Y、CS	0.5~12	≤600	≤1500
BZn15-20	M、Y <sub>2</sub> 、Y、T	0.5~10	≤600	≤1500
B5、B19 BFe10-1-1、BFe30-1-1	R	7~60	≤2000	≤4000
	M、Y	0.5~10	≤600	≤1500
QA15	M、Y	0.4~12	≤1000	≤2000
QA17	Y <sub>2</sub> 、Y			
QA19-2	M、Y			
QA19-4	Y			

- 注: 1. 经供需双方协商, 可以供应其他规格的板材。  
 2. 板材的尺寸规格及其允许偏差应符合 GB/T 17793 规定, 见表 3.2-131~135。  
 3. 板材的牌号化学成分应符合 GB/T 5231—2001 相应牌号的规定 (见表 3.2-4~7)。



表 3.2-131 一般用途加工铜及铜合金热轧

板厚度及其允许偏差

(摘自 GB/T 17793-1999) (mm)

厚度	宽度					
	≤500	>500 ~1000	>1000 ~1500	>1500 ~2000	>2000 ~2500	>2500 ~3000
	厚度允许偏差, ±					
4.0~6.0	0.20	0.22	0.28	0.40		
>6.0~8.0	0.23	0.25	0.35	0.45		
>8.0~12.0	0.30	0.33	0.45	0.60	1.00	1.30
>12.0~16.0	0.35	0.45	0.55	0.70	1.10	1.40
>16.0~20.0	0.40	0.50	0.70	0.80	1.20	1.50
>20.0~25.0	0.45	0.55	0.80	1.00	1.30	1.80
>25.0~30.0	0.55	0.65	1.00	1.10	1.60	2.00
>30.0~40.0	0.70	0.85	1.25	1.30	2.00	2.70

(续)

厚度	宽度					
	≤500	>500 ~1000	>1000 ~1500	>1500 ~2000	>2000 ~2500	>2500 ~3000
	厚度允许偏差, ±					
>40.0~50.0	0.90	1.10	1.50	1.60	2.50	3.50
>50.0~60.0		1.30	2.00	2.20	3.00	4.30

注: 需方只要求单向偏差时, 其值为表中数值的 2 倍。

表 3.2-132 一般用途铜及铜合金板材平面度

(摘自 GB/T 17793-1999)

厚度 /mm	平面度/mm·m <sup>2</sup>
≤1.5	≤20
>1.5~5.0	≤15
>5.0	≤10

表 3.2-133 一般用途纯铜和黄铜冷轧板材厚度及其允许偏差 (摘自 GB/T 17793-1999) (mm)

厚度	宽度									
	≤400		>400~700		>700~1000		>1000~1250		>1250~1500	
	厚度允许偏差, ±									
	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级
0.2~0.3	0.025	0.020	0.030	0.025	—	—	—	—	—	—
>0.3~0.4	0.030	0.025	0.040	0.030	0.060	0.050	—	—	—	—
>0.4~0.5	0.035	0.030	0.050	0.040	0.070	0.060	—	—	—	—
>0.5~0.8	0.040	0.035	0.060	0.050	0.090	0.080	0.100	0.080	—	—
>0.8~1.2	0.050	0.040	0.080	0.060	0.100	0.090	0.120	0.100	0.150	0.120
>1.2~2.0	0.060	0.050	0.100	0.080	0.120	0.100	0.150	0.120	0.180	0.150
>2.0~3.2	0.080	0.060	0.120	0.100	0.150	0.120	0.180	0.150	0.220	0.200
>3.2~5.0	0.100	0.080	0.150	0.120	0.180	0.150	0.220	0.200	0.280	0.250
>5.0~8.0	0.130	0.110	0.180	0.160	0.230	0.200	0.260	0.230	0.340	0.300
>8.0~12.0	0.180	0.150	0.250	0.200	0.280	0.250	0.330	0.300	0.400	0.350

厚度	宽度							
	>1500~1750		>1750~2000		>2000~2500		>2500~3000	
	厚度允许偏差, ±							
	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级
0.2~0.3	—	—	—	—	—	—	—	—
>0.3~0.4	—	—	—	—	—	—	—	—
>0.4~0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
>0.5~0.8	—	—	—	—	—	—	—	—
>0.8~1.2	—	—	—	—	—	—	—	—
>1.2~2.0	0.280	0.250	0.350	0.300	—	—	—	—
>2.0~3.2	0.330	0.300	0.400	0.350	0.500	0.400	—	—
>3.2~5.0	0.400	0.350	0.450	0.400	0.600	0.500	0.700	0.600
>5.0~8.0	0.450	0.400	0.550	0.450	0.800	0.700	1.000	0.800
>8.0~12.0	0.600	0.500	0.700	0.600	1.000	0.800	1.300	1.00

注: 需方只要求单向偏差时, 其值为表中数值的 2 倍。

表 3.2-134 一般用途青铜和白铜冷轧板材厚度及其允许偏差 (摘自 GB/T 17793-1999)

厚度/mm	宽度 /mm								
	≤400			>400~700			>700~1000		
	厚度允许偏差, ±/mm								
	普通级	较高级	高级	普通级	较高级	高级	普通级	较高级	高级
0.2~0.3	0.030	0.025	0.015	—	—	—	—	—	—
>0.3~0.4	0.035	0.030	0.020	—	—	—	—	—	—
>0.4~0.5	0.040	0.035	0.025	0.060	0.050	0.045	—	—	—
>0.5~0.8	0.050	0.040	0.030	0.070	0.060	0.050	—	—	—
>0.8~1.2	0.060	0.050	0.040	0.080	0.070	0.060	0.150	0.120	0.080
>1.2~2.0	0.090	0.070	0.050	0.110	0.090	0.080	0.200	0.150	0.100
>2.0~3.2	0.110	0.090	0.060	0.140	0.120	0.100	0.250	0.200	0.150
>3.2~5.0	0.130	0.110	0.80	0.180	0.150	0.120	0.300	0.250	0.200
>5.0~8.0	0.150	0.130	0.100	0.200	0.180	0.150	0.350	0.300	0.250
>8.0~12.0	0.180	0.150	0.120	0.220	0.200	0.180	0.450	0.400	0.300

注: 需方只要求单向偏差时, 其值为表中数值的 2 倍。

表 3.2-135 一般用途加工铜及铜合金板材宽度及宽度允许偏差 (摘自 GB/T 17793—1999)

厚度 /mm	宽度 /mm			宽度 /mm		
	≤1000	>1000~2000	>2000~3000	≤1000	>1000~2000	>2000~3000
0.2~0.8	1.5	2.5				
>0.8~3.0	2.5	5	5			
>3.0~12.0	5	7.5	0.6%			
>12.0~25.0	7.5	10	0.7%			
>25.0~60.0	—	—	—	2	3	5

注: 1. 需方只要求单向偏差时, 其值为表中数值的 2 倍。

2. 厚度>15mm 时热轧板, 可不切边交货。

表 3.2-136 铜及铜合金板材力学性能 (摘自 GB/T 2040 2002)

牌 号	状 态	拉伸试验			硬度试验	
		厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	厚度/mm	维氏硬度 HV
T2、T3 TP1、TP2 TU1、TU2	R	1~11	≥195	≥30	—	—
	M	0.3~10	≥205	≥30	≥0.3	—
	Y <sub>4</sub>		215~275	≥25		55~100
	Y <sub>2</sub>		245~345	≥8		75~120
Y	≥295	—	—	≥80		
H96	M	0.3~10	≥215	≥30	—	—
Y	≥320		≥3			
H90	M	0.3~10	≥245	≥35	—	—
Y <sub>2</sub>	330~440		≥5			
Y	≥390	≥3				
H80	M	0.3~10	≥265	≥50	—	—
Y	≥390		≥3			
H68	R	4~14	≥290	≥40	—	—
H170 H68 H65	M	0.3~10	≥290	≥40	≥0.3	—
	Y <sub>4</sub>		325~410	≥35		75~215
	Y <sub>2</sub>		340~460	≥25		85~145
	Y		390~530	≥10		105~175
T	≥490	≥3	—	≥145		
H62	R	4~14	≥290	≥30	—	—
	M	0.3~10	≥290	≥35	≥0.3	—
	Y <sub>2</sub>		350~470	≥20		85~145
	Y		410~630	≥10		105~175
T	≥585	≥2.5	—	≥145		
H59	R	4~14	≥290	≥25	—	—
	M	0.3~10	≥290	≥10	≥0.3	—
Y	≥410		≥5	≥130		
HPb59-1	R	4~14	≥370	≥18	—	—
	M	0.3~10	≥340	≥25	—	—
	Y <sub>3</sub>		390~490	≥12		
Y	≥410	≥5				
HMn58-2	M	0.3~10	≥380	≥30	—	—
	Y <sub>2</sub>		440~610	≥25		
Y	≥585	≥3				
HSn62-1	R	4~14	≥340	≥20	—	—
	M	0.3~10	≥295	≥35	—	—
	Y <sub>2</sub>		350~400	≥15		
Y	≥390	≥5				
HMn57-3-1	R	4~8	≥440	≥10	—	—
HMn55-3-1	R	4~15	≥490	≥15	—	—
HA160-1-1	R	4~15	≥440	≥15	—	—
HA167-2.5	R	4~15	≥390	≥15	—	—
HA166-6-3-2	R	4~8	≥685	≥3	—	—
HNi65-5	R	4~15	≥290	≥35	—	—
QA15	M	0.4~12	≥275	≥33	—	—
	Y		≥585	≥2.5		
QA17	Y <sub>2</sub>	0.4~12	585~740	≥10	—	—
	Y		≥635	≥5		

(续)

牌 号	状 态	拉伸试验			硬度试验	
		厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	厚度/mm	维氏硬度 HV
QA19 2	M Y	0.4~12	$\geq 440$ $\geq 585$	$\geq 18$ $\geq 5$	—	—
QA19-4	Y	0.4~12	$\geq 585$	—	—	—
QSn6.5-0.1	R	9~14	$\geq 290$	$\geq 38$	—	—
	M	0.2~12	$\geq 290$	$\geq 40$	$\geq 0.2$	— 100~160 150~205 180~230 $\geq 200$
	Y <sub>4</sub>		390~510	$\geq 35$		
	Y <sub>2</sub>		440~570	$\geq 8$		
	Y		540~690	$\geq 5$		
T	$\geq 640$	$\geq 1$				
QSn6.5-0.4 QSn7-0.2	M Y T	0.2~12	$\geq 295$ 540~690 $\geq 665$	$\leq 40$ $\geq 8$ $\geq 2$	—	—
QSn4-3 QSn4-0.3	M Y T	0.2~12	$\geq 290$ 540~690 $\geq 635$	$\geq 40$ $\geq 3$ $\geq 2$	—	—
BZn15-20	M	0.5~10	$\geq 340$	$\leq 35$	—	—
	Y <sub>2</sub>		440~570	$\geq 5$		
	Y		540~690	$\leq 1.5$		
	T		640	$\geq 1$		
B5	R	7~14	$\geq 215$	$\geq 20$	—	—
	M Y	0.5~10	$\geq 215$ $\geq 370$	$\leq 30$ $\geq 10$	—	—
B19	R	7~14	$\geq 295$	$\geq 20$	—	—
	M Y	0.5~10	$\geq 290$ $\geq 390$	$\geq 25$ $\geq 3$	—	—
BFc10-1-1	R	7~14	$\geq 275$	$\geq 20$	—	—
	M Y	0.5~10	$\geq 275$ $\geq 370$	$\geq 28$ $\geq 3$	—	—
BFc30-1-1	R	7~14	$\geq 345$	$\geq 15$	—	—
	M Y	0.5~10	$\geq 370$ $\geq 530$	$\geq 20$ $\geq 3$	—	—
BA16-1.5 BA13-3	Y	0.5~12	$\geq 535$	$\geq 3$	—	—
	CS		$\geq 635$	$\geq 5$		

- 注：1. 厚度超出规定范围的板材，其性能由供需双方商定。  
 2. 板材供各工业技术部门一般用途使用。  
 3. 板材牌号的化学成分应符合 GB/T5231—2001 的规定。  
 4. 板材横向室温拉伸试验结果应符合本表规定。需方如有要求并在合同中注明时，供方应进行硬度试验，但其结果仅供参考。  
 5. GB/T2040 2002 代替 GB/T2040—1989《纯铜板》、GB/T2041—1989《黄铜板》、GB/T2042—1989《复杂黄铜板》、GB/T2043—1989《铅青铜板》、GB/T2048—1989《锡青铜板》、GB/T2050—1980《普通白铜板》、GB/T2051—1989《铝白铜板》、GB/T2053—1989《铋白铜板》。  
 6. 标记示例：  
 用 H62 制造的，供应状态为 Y<sub>2</sub>、厚度为 0.8mm、宽度为 600mm、长度为 1500mm 的定尺板材，标记为：  
 板 H62Y<sub>2</sub>0.8×600×1500 GB/T2040—2002

表 3.2-137 铜及铜合金板材弯曲试验 (摘自 GB/T 2040—2002)

牌 号	状 态	厚度/mm	弯曲角度	内侧半径
TU1 TU2 T2 T3 TP1 TP2	M	$\leq 2.0$ $> 2.0$	180° 180°	紧密贴合 0.5 倍板厚
H96 H90 H80 H70 H68 H65 H62	M Y <sub>2</sub>	1.0~10	180° 90°	1 倍板厚 1 倍板厚
QSn6.5-0.1 QSn4-3 QSn6.5-0.4 QSn4-0.3	Y T	$\geq 1.0$	90° 90°	1 倍板厚 2 倍板厚

注：需方有要求，并在合同中注明，可进行弯曲试验，弯曲表面不能有肉眼可见的裂纹。

表 3.2-138 铜反铜合金板材 (软状态) 晶粒度 (摘自 GB/T 2040—2002) (mm)

牌号	状态	晶 粒 度		
		级别	公称粒度	最大粒度
T2、T3、TP1 TP2、TU1、TU2	软 (M)	—	—	① 0.050

(续)

牌号	状态	晶 粒 度			
		级别	公称粒度	最小粒度	最大粒度
H80、H70 H68、H65	软 (M)	A 级	0.015	①	0.025
		B 级	0.025	0.015	0.035
		C 级	0.035	0.025	0.050
		D 级	0.050	0.035	0.070

① 是指完全再结晶后的最小颗粒。

注：需方有要求，并在合同中注明，可进行软状态板材晶粒度检验，其晶粒度要求按本表规定。

8.3.2 铜及黄铜板、带、箔的理论重量 (见表 3.2-139、表 3.2-140)

表 3.2-139 铜及黄铜板、带、箔的理论重量

厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>		厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>		厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>		厚度 /mm	理论重量 /kg·m <sup>-2</sup>	
	纯铜板	黄铜板		纯铜板	黄铜板		纯铜板	黄铜板		纯铜板	黄铜板
0.005	0.0445	0.0425	0.55	4.90	4.68	2.75	24.48	23.38	24	213.6	204.0
0.008	0.0712	0.0680	0.57	—	4.85	2.80	24.92	23.80	25	222.5	212.5
0.010	0.0890	0.0850	0.60	5.34	5.10	3.00	26.70	25.50	26	231.4	221.0
0.012	0.107	0.102	0.65	5.79	5.53	3.5	31.15	29.75	27	240.3	229.8
0.015	0.134	0.128	0.70	6.23	5.95	4.0	35.60	34.00	28	249.2	238.0
0.02	0.178	0.170	0.72	—	6.12	4.5	40.05	38.25	29	258.1	246.5
0.03	0.267	0.255	0.75	6.68	6.38	5.0	44.50	42.50	30	267.0	255.0
0.04	0.356	0.340	0.80	7.12	6.80	5.5	48.95	46.75	32	284.8	272.0
0.05	0.445	0.425	0.85	7.57	7.23	6.0	53.40	51.00	34	302.6	289.0
0.06	0.534	0.510	0.90	8.01	7.65	6.5	57.85	55.25	35	311.5	297.5
0.07	0.623	0.595	0.93	—	7.91	7.0	62.30	59.50	36	320.4	306.0
0.08	0.712	0.680	1.00	8.90	8.50	7.5	66.75	63.75	38	338.2	323.0
0.09	0.801	0.765	1.10	9.79	9.35	8.0	71.20	68.00	40	356.0	340.0
0.10	0.890	0.850	1.13	—	9.61	9.0	80.10	76.50	42	373.8	357.0
0.12	1.07	1.02	1.20	10.68	10.20	10	89.00	85.00	44	391.6	374.0
0.15	1.34	1.28	1.22	—	10.37	11	97.90	93.50	45	400.5	382.5
0.18	1.60	1.53	1.30	11.57	11.05	12	106.8	102.0	46	409.3	391.0
0.20	1.78	1.70	1.35	12.02	11.48	13	115.7	110.5	48	427.2	408.0
0.22	1.96	1.87	1.40	12.46	11.90	14	124.6	119.0	50	445.0	425.0
0.25	2.23	2.13	1.45	—	12.33	15	133.5	127.5	52	462.8	442.0
0.30	2.67	2.55	1.50	13.35	12.75	16	142.4	136.0	54	480.6	459.0
0.32	—	2.72	1.60	14.74	13.60	17	151.3	144.5	55	489.5	467.5
0.34	—	2.89	1.65	14.69	14.03	18	160.2	153.0	56	498.4	476.0
0.35	3.12	2.98	1.80	16.02	15.30	19	169.1	161.5	58	516.2	493.0
0.40	3.56	3.40	2.00	17.80	17.00	20	178.0	170.0	60	534.0	510.0
0.45	4.01	3.83	2.20	19.58	18.70	21	186.9	178.5			
0.50	4.45	4.25	2.25	20.03	19.13	22	195.8	187.0			
0.52	—	4.42	2.50	22.25	21.35	23	204.7	195.5			

注：本表理论重量计算采用的密度：纯铜板为 8.9g/cm<sup>3</sup>；黄铜板为 8.5g/cm<sup>3</sup>。不同牌号黄铜密度和理论重量换算系数见表 3.2-140 即本表数值与换算系数乘积即为相应牌号的理论重量。

表 3.2-140 各种牌号黄铜密度和理论重量换算系数

黄铜牌号	密度/g·cm <sup>-3</sup>	换算系数
H68、H65、H62 HPb63-3、HPb59-1 HA167-2.5、HA166-6-3-2 HMn58-2、HMn57-3-1 HMn55-3-1	8.5	1
H59、HA160-1-1	8.4	0.9882
HSn62-1	8.45	0.9941
HA177-2、HSi80-3	8.6	1.0118
HNi65-5	8.66	1.0188
H90	8.8	1.0353
H96	8.85	1.0412

8.3.3 铅及铅锡合金板 (见表 3.2-141~表 3.2-143)

表 3.2-141 铅及铅锡合金板牌号、厚度规格及硬度值 (摘自 GB/T 1470—1988)

牌 号	厚 度 /mm	维氏硬度 (HV) ≥
Pb1、Pb2、Pb3	0.5~25	—
PbSb0.5	1.0~25	—
PbSb2		6.6
PbSb4		7.2
PbSb6		8.1
PbSb8		9.5

注：1. 产品适于做放射性防护、稀硫酸容器的衬里和其他工业部门做耐酸材料之用。  
2. 需方要求并在合同中注明，方进行硬度试验。  
3. 标记示例：用 PbSb0.5 制成的厚度 3.0mm、宽度 2500mm、长 5000mm 较高精度板材，标记为：板 PbSn0.5 较高 3.0×2500×5000GB/T1470—1988。

表 3.2-142 铅及铅锡合金板尺寸及允许偏差 (摘自 GB/T1470 1988) (mm)

厚度	厚度允许偏差		宽度允许偏差		长度允许偏差		厚度	厚度允许偏差		宽度允许偏差		长度允许偏差	
	普通精度	较高精度	<1000	≥1000	≤5000	>5000		普通精度	较高精度	<1000	≥1000	≤5000	>5000
0.5	±0.10	±0.05					8.0	±0.35	±0.25				
1.0	±0.15	±0.10					9.0	±0.35	±0.25				
1.5	±0.15	±0.10					10.0	±0.38	±0.30				
2.0	±0.15	±0.10					12.0	+0.38	±0.30				
2.5	±0.15	±0.10					14.0	±0.38	±0.35				
3.0	±0.20	±0.15	-20	+30	+40	+60	15.0	±0.38	±0.35	+20	+30	+40	-60
3.5	±0.20	±0.15	0	0	0	0	16.0	±0.40	±0.35	0	0	0	0
4.0	±0.20	±0.15					18.0	±0.45	±0.40				
4.5	0+20	±0.15					20.0	±0.50	±0.45				
5.0	±0.27	±0.20					22.0	±0.55	±0.50				
6.0	±0.27	±0.20					25.0	±0.60	±0.50				
7.0	±0.27	±0.20											

注: 如在合同中未注明精度等级, 则按普通精度供货。

表 3.2-143 铅及铅锡合金板牌号及化学成分 (摘自 GB/T1470-1988)

金属分类	牌 号	主要成份 (质量分数) (%)				杂质含量 (质量分数) (%) ≤							
		Pb 不小于	Sb	Ag	Cu	Sb	As	Bi	Sn	Zn	Fe	总和	
纯铅	Pb1	99.994	—	0.0005	0.001	0.001	0.0005	0.003	0.001	0.0005	0.0005	0.006	
	Pb2	99.9	—	0.002	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.002	0.002	0.1	
	Pb3	99.0	—	0.003	0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.01	0.01	1.0	
铅锡合金	PbSb0.5	余量	0.3~0.8	—	—	—	0.005	0.06	0.008	0.005	0.005	0.15	
	PcSb2		1.5~2.5	—	—	—	0.010	0.06	0.008	0.005	0.005	0.2	
	PbSb4		3.5~4.5	—	—	—	0.010	0.06	0.008	0.005	0.005	0.2	
	PbSb6		5.5~6.5	—	—	—	0.015	0.08	0.01	0.01	0.01	0.3	
	PbSb8		7.5~8.5	—	—	—	0.015	0.08	0.01	0.01	0.01	0.3	

注: 铅含量按 100% 减去杂质含量的总和计算, 所得结果不再进行修约。

8.3.4 铝及铝合金板带材 (见表 3.2-144~表 3.2-146)

表 3.2-144 铝及铝合金板、带材厚度及其允许偏差 (摘自 GB/T3194-1998) (mm)

厚 度	规定的宽度							
	≤1000		>1000~1500		>1500~2000		>2000~2500	
	厚度允许偏差							
	板材	带材	板材	带材	板材	带材	板材	带材
>0.20~0.40	±0.05	±0.05	±0.06	±0.06	—	—	—	—
>0.40~0.63	-0.10	±0.05	-0.14	±0.08	-0.18	±0.09	-0.24	±0.12
>0.63~0.80	-0.12	±0.06	-0.14	±0.08	-0.18	±0.10	-0.26	±0.13
>0.80~1.00	-0.15	±0.08	-0.17	±0.09	-0.20	±0.11	-0.29	±0.15
>1.00~1.20	-0.15	±0.08	-0.17	±0.10	-0.22	±0.12	-0.29	±0.15
>1.20~1.60	-0.20	±0.10	-0.25	±0.13	-0.27	±0.14	-0.29	±0.15
>1.60~2.00	-0.20	±0.10	-0.26	±0.13	-0.28	±0.15	-0.30	±0.18
>2.00~2.50	-0.25	±0.13	-0.29	±0.15	-0.30	±0.16	-0.32	±0.18
>2.50~3.20	-0.30	±0.15	-0.34	±0.17	-0.35	±0.18	-0.36	±0.23
>3.20~4.00	-0.30	±0.15	-0.36	±0.20	-0.37	±0.23	-0.38	±0.25
>4.00~5.00	+0.10	±0.23	+0.10	±0.25	-0.10	±0.28	+0.10	±0.30
	-0.35		-0.37		-0.42		-0.45	
>5.00~6.30	+0.10	±0.25	+0.10	±0.28	+0.10	±0.33	+0.10	±0.38
	-0.40		-0.42		-0.42		-0.45	
>6.30~8.00	+0.10	±0.30	+0.10	±0.36	+0.10	±0.38	+0.10	±0.46
	-0.45		-0.47		-0.50		-0.60	
>8.00~10.00	+0.10	±0.38	+0.10	±0.43	-0.10	±0.51	+0.10	±0.58
	-0.50		-0.50		-0.50		-0.60	
>10.00~16.00	±0.50		±0.50		±1.0		±1.5	
>16.00~25.00	±0.75		±0.75		±1.5		±2.0	
>25.00~40.00	±1.0		±1.0		±1.5		±2.0	
>40.00~60.00	±1.5		±1.5		±2.0		±3.0	
>60.00~80.00	±3.0		±3.0		±3.5		±4.0	
>80.00~100.00	±3.5		±3.5		±5.0		±5.5	
>100.00~160.00	—		±4.0		±5.5		±6.0	

5A03、5A05、5A06、5083、5086、5A41 等含镁量 (质量分数) 平均值 ≥3% 的铝镁合金, 普通级板带厚度 ≥4.0mm 时, 允许偏差为其公称厚度的 ±5%

(续)

	厚度	规定的宽度								
		≤1000	>1000 ~1200	>1200 ~1400	>1400 ~1500	>1500 ~1800	>1800 ~2000	>2000 ~2200	>2200 ~2500	
		厚度允许偏差								
航空工业 铝合金板带材 厚度允许偏差	>0.20~0.63	+0.040	—	—	—	—	—	—	—	
	>0.63~0.80	±0.040	±0.040	+0.06	±0.06	±0.08	—	—	—	
	>0.80~1.00	±0.040	±0.040	±0.06	±0.08	±0.08	±0.09	±0.10	—	
	>1.00~1.20	±0.050	±0.050	+0.06	±0.08	±0.08	±0.10	±0.10	—	
	>1.20~1.60	±0.050	±0.050	+0.08	±0.08	±0.08	±0.10	±0.10	—	
	>1.60~2.00	±0.050	±0.050	±0.08	±0.09	±0.09	±0.10	±0.10	—	
	>2.00~2.50	±0.065	±0.065	±0.09	±0.11	±0.11	±0.12	±0.12	—	
	>2.50~3.20	±0.09	±0.09	±0.10	±0.12	±0.12	±0.12	±0.12	—	
	>3.20~4.00	±0.11	±0.11	±0.12	±0.17	±0.18	—	—	—	
	>4.00~5.00	±0.15	±0.18	±0.18	±0.23	±0.23	—	—	—	
	>5.00~6.30	±0.24	—	—	—	—	—	—	—	
	>6.30~10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	
	>10.00~16.00	—	—	—	—	+0.72	±0.72	±0.86	±0.86	
	>16.00~25.00	—	—	—	—	±0.94	±0.94	±1.10	±1.10	
	>25.00~40.00	—	—	—	—	±1.20	±1.20	±1.40	±1.40	
	>40.00~60.00	±1.40	±1.40	±1.40	±1.40	±1.60	±1.90	±1.90	±1.90	
	>60.00~80.00	±2.00	±2.00	±2.00	±2.00	±2.10	±2.10	±2.80	±2.80	
	>80.00~100.00	±2.60	±2.60	±2.60	±2.60	±2.95	±2.95	±3.40	±3.40	
>100.00~160.00	—	±3.40	±3.40	±3.40	±3.80	±3.80	±4.30	±4.30		
非航空工业 铝合金板带材 厚度允许偏差	规定的宽度									
	厚度	≤1000	>1000~1500	>1500~2000	>2000~2500					
		厚度允许偏差								
	>0.20~0.40	±0.025	±0.040	—	—					
	>0.40~0.63	±0.040	±0.050	±0.05	±0.09					
	>0.63~0.80	±0.045	+0.060	±0.08	±0.10					
	>0.80~1.00	±0.050	±0.08	±0.09	±0.11					
	>1.00~1.20	±0.06	±0.08	±0.10	±0.14					
	>1.20~1.60	±0.08	±0.09	±0.13	—					
	>1.60~2.00	±0.08	±0.10	—	—					
	>2.00~2.50	±0.08	±0.10	—	—					
	>2.50~3.20	±0.10	±0.13	—	—					
	>3.20~4.00	±0.14	±0.17	—	—					
	>4.00~5.00	±0.18	+0.23	—	—					
	>5.00~6.30	±0.23	—	—	—					
	>6.30~10.00	—	—	—	—					
	>10.00~16.00	—	—	±0.69	±0.81					
	>16.00~25.00	—	—	±0.94	±1.10					
>25.00~40.00	—	—	±1.20	±1.40						
>40.00~60.00	±1.40	±1.40	±1.55	±1.80						
>60.00~80.00	±1.90	±1.90	±2.15	±2.55						
>80.00~100.00	±2.55	±2.55	±2.90	±3.20						
100.00~160.00	—	±3.30	±3.70	±4.20						

注：1. GB/T3194-1998将产品分为板材、带材、大规格板（宽度大于1500mm或长度大于4000mm），变断面板（厚度沿板材方向均匀变化的板）。

2. 尺寸分级：非航空工业用板材厚度、航空工业用板材厚度、宽度、长度、平面度等项目分为普通级和高精级；对角线、侧边弯曲度只有高精级；带材只有厚度、宽度指标分普通级与高精级，变断面板材不分级；其各项指标数值见表3.2-143。

3. 航空工业用高精级板材的合金牌号为：2014、2024、201、2A14、2A12、2A11、7075、7A04、7A09等。

4. 普通级板带厚度允许偏差，如果对于非对称偏差的板材，需要对称偏差时，由双方协商采用相应带材的偏差。

5. 航空工业用和非航空工业用高精级板、带材厚度允许偏差采用单向偏差“+”或“-”时，其值为表中数值的二倍；表中未规定部分的偏差按本表普通级的相应规定。

6. 厚度大于40mm普通级板材，在用整个铸块轧制后，不切头尾，整块交货。

7. 变断面板材公称长度以薄端、厚端的公称厚度和平均楔形度计算。

表 3.2-145 铝及铝合金板带材长度、宽度允许偏差及形状公差 (摘自 GB/T3194-1998)(mm)

普通级 板材长度 允许偏差	公称厚度	长度允许偏差		公称厚度	长度允许偏差						
	≤4.50	+25 -5	>10.0-40.0	±40	>4.50~10.00	±25	变断面板≤5.0(厚端) +50 0				
高精级 板材长度 允许偏差	厚度	规定的长度									
		≤1000	>1000 ~2000	>2000 ~3000	>3000 ~4000	>4000 ~5000	>5000 ~7500	>7500 ~10000	>10000 ~12500		
	长度允许偏差										
	>0.20~2.00	±2	±2.5	±3	±3	±3.5	±4.5	±5	±6		
>2.00~4.50	±3	+3	±4	±4	+5	±6	±7	±8			
>4.50~160.00	-6	+7	+8	-9	-10	+12	+14	-16			
普通级 板材宽度 允许偏差	厚度	规定的宽度						允许偏差			
		≤1000	+5 -3	>1000~2000	-10 -5	>2000~2400	±10	>4.5	-30 -10		
	不切边	5A03, 5A05, 5A06, 5083 等含镁量(质量分数)平均值大于或等于3%的铝镁合金以及 7A09, 7A04, 7075 其他合金及纯铝						+150 0	+120 0		
高精级 板材宽度 允许偏差	厚度	规定的宽度					宽度允许偏差				
		≤250	>250~500	>500~1000	>1000~2000	>2000~2500	±1.5	±2	±2.5	±3	±4
	>0.20~3.20	±1.5	±2	±2.5	±3	±3.5	±4.5				
	>3.20~4.50	±2	±2.5	±3	±3.5	±4.5					
>4.50~12.50	+6	+7	+8	+9	+11						
>12.50~160.00	-6	-6	+7	+8							
普通级 带材宽度 允许偏差	厚度	规定的宽度						宽度允许偏差			
		≤500	>500~750	>750~1000	>1000~1500	>1500~2000	>2000~2500	±1.5	±2	±2.5	±3
	>0.20~1.60	±1.5	±2	±2.5	±3	-	-	-	-		
	>1.60~2.00	±2	±2.5	±2.5	±3	-	-	-	-		
>2.00~4.50	-	-	-	-	-	-	-	-			
>4.50~6.50	-	-	±7	±10	-	-	-	-			
高精级 带材宽度 允许偏差	厚度	规定的宽度							宽度允许偏差		
		≤150	>150 ~250	>250 ~500	>500 ~750	>750 ~1000	>1000 ~1500	>1500 ~2000	>2000 ~2500	±0.25	±0.5
	>0.20~2.00	±0.25	±0.5	±1	±1	±1	±1.5	±2.5	-	-	
	>2.00~4.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
>4.50~6.50	-	-	-	-	±2	±3	±4	-	-		
高精级 板材对角 线允许 公差	长度	规定的宽度 W						对角线允许偏差 ≤			
		≤1000	>1000	0.8 × $\frac{W}{100}$	0.7 × $\frac{W}{100}$	≤3500	0.8 × $\frac{W}{100}$	1.0 × $\frac{W}{100}$			
	>3500	1.2 × $\frac{W}{100}$	1.0 × $\frac{W}{100}$	注: 如果宽度 W 不是 100mm 的整数, 则表中 $\frac{W}{100}$ 用不小于 $\frac{W}{100}$ 的最小整数代替。例如: 如果宽度为 750mm, 长度为 2800mm, 则对角线允许偏差为 0.8 × 8mm = 6.4mm。如果所得结果不是整数 (mm), 则应把结果值圆整成相邻较小的整数 (mm)							
高精级 板材侧边 弯曲度	规定的厚度	规定的宽度	规定的长度								
			≤1000	>1000~2000	>2000~3000	>3000~4000	>4000~5000	>5000			
	侧边弯曲度 ≤										
	>0.20~3.20	100~900	1	2.5	5	9	14	20			
>3.20~6.50	>900	0.5	1.5	3	5	8	12				
>6.50~160.00	>400	0.5	1.5	3	5	8	12				
>160.00	>400	0.5	2	3.5	6	10	13				

(续)

高精级 带材侧边 弯曲度	厚度	规定的宽度								
		25~50	>50~100	>100~250	>250					
	>0.20~2.00	15	10	6	5					
普通级 板材平面	合金	厚度/mm	下列宽度板材上的平面度/mm ≤							
			≤1200		>1200~1500		>1500~1800		>1800~2400	
			端头部位	其他部位	端头部位	其他部位	端头部位	其他部位	端头部位	其他部位
	含镁量(质量分数)平均值大于3%的高镁合金	>0.50~4.50 >4.50~10.00	30 35	22 30	35 40	22 30	40 45	22 30	45 50	22 30
	可热处理强化的合金	>0.50~4.50 >4.50~10.00	20 35	14 20	25 40	14 20	30 45	14 20	35 50	14 20
	除高镁合金,可热处理强化合金外的其他合金	>0.20~1.60 >1.60~4.50 >4.50~10.00	10 15 30	7 10 15	15 18 35	7 10 15	18 20 40	7 10 15	20 22 45	7 10 15
所有合金	>10.00~20.00 >20.00~80.00 >80.00~160.00	8mm/m 6mm/m 8mm/m		8mm/m 6mm/m 8mm/m		10mm/m 8mm/m 8mm/m		8mm/m 6mm/m 6mm/m		
端头部位指沿板材长度方向上两端300mm范围内所包含的版面,如下图中的A部位所示。若板材为正方形时,端头部位为靠边缘四周300mm所包含的正方形圈的版面										
高精级 板材平面度(厚度≤6.5mm)	合金(包括铝包合金)	规定的厚度	中间浪或边缘浪的纵向或横向中心距1), 2)							
			≤500	>500~1000	>1000~1500	>1500~2000	>2000			
	偏差3), 4) ≤									
	1×××系, 8×××系, 除3004外的3×××系及5005, 5050	>0.50~1.60 >1.60~6.50	2 3	4 5	6 8	8 10	10 13			
3004, 5052, 5A02, 5×54, 5083, 5086, 5456等含镁量(质量分数)大于3%的铝镁合金, 钎焊板和所有的可热处理强化合金	>0.50~1.60 >1.60~6.50	4 5	6 7	9 10	11 12	14 15				
1) 中间浪或边缘浪的中心距为任一方向上两波峰之间的距离 2) 如果只有一个纵向(或)横向中间浪或边缘浪, 那么, 也适用于薄板的整个长度或宽度 3) 不适用于O、F、H×8以及较硬状态板材 4) 不适用于端头或边角的卷起部分										

- 注: 1. 对宽度≤4.5mm经盐浴炉热处理的板材, 对长度>4000mm大规格板, 其宽度允许偏差为+<sup>0</sup>/<sub>0</sub>mm。  
 2. 本表中未规定部分的带材, 用“-”表示者, 供方一般不切边供货, 如用户要求切边时, 供需双方协商。  
 3. 板材长度和宽度, 每批允许有不超过10%的短尺板材(航空工业用板除外)。短尺板材的长或宽度不应小于其公称尺寸的90%, H112以及F状态板材不应小于80%。  
 4. 变断面切边板材宽度允许偏差为+<sup>0</sup>/<sub>0</sub>mm, 不切边板材宽度允许偏差为+<sup>0</sup>/<sub>0</sub>mm。  
 5. 侧边弯曲度定义: 板材在公称长度上(带材在任意2000mm内), 其中一侧边与一直线的最大允许偏差。

表 3.2-146 铝合金板材理论重量 (摘自 GB/T3194—1998)

7A04 合金板材理论重量				各种牌号板材的密度换算系数	
公称厚度/mm	重量/kg·m <sup>-2</sup>	公称厚度/mm	重量/kg·m <sup>-2</sup>	牌 号	密度换算系数
0.2	0.570	1.0	2.850	1×××系	0.951
0.3	0.855	1.2	3.420	2A14、2014、2A11	0.982
0.4	1.140	1.5	4.275	2A06	0.969
0.5	1.425	1.8	5.130	2A12、2024	0.975
0.6	1.710	2.0	5.700	2A16	0.996
0.7	1.995	2.3	6.555	2017	0.979
0.8	2.280	2.5	7.125	3A21、3003	0.958
0.9	2.565	2.8	7.980	3004	0.954



(续)

7A04 合金板材理论重量				各种牌号板材的密度换算系数	
公称厚度/mm	重量/kg·m <sup>-2</sup>	公称厚度/mm	重量/kg·m <sup>-2</sup>	牌 号	密度换算系数
3.0	8.550	25	71.250	5A02, 5A43, 5052, 5A66	0.940
3.5	9.975	30	85.500	5083, 5A03	0.987
4.0	11.400	35	99.750	5A05	0.930
5.0	14.250	40	114.000	5A06, 5A41	0.926
6.0	17.100	50	142.500	5005	0.947
7.0	19.950	60	171.000	5086, 5456, 5254	0.933
8.0	22.800	70	199.500	5050, 5454, 5554	0.944
9.0	25.650	80	228.000	6A02	0.947
10	28.500	90	256.500	7A04, 7A09, 7075	1.000
12	34.200	100	285.000	8A06	0.951
14	39.900	110	313.500	L162	0.951
15	42.750	120	342.000	LF11	0.930
16	45.600	130	370.500		
18	51.300	140	399.000		
20	57.000	150	427.500		
22	62.700	160	456.000		

注：其他牌号铝及铝合金板材理论重量 (kg/m<sup>2</sup>) 等于本表中 7A04 合金板材理论重量乘以本表中的相应牌号密度换算系数。表中未列出的牌号其密度换算系数由供需双方协定，并在合同中注明。

### 8.3.5 铝及铝合金轧制板材 (见表 3.2-147~表 3.2-151)

表 3.2-147 铝及铝合金轧制板材牌号、状态及厚度 (摘自 GB/T3880—1997)

牌 号	供应状态	厚度/mm	牌 号	供应状态	厚度/mm
1A97, 1A93, 1A90, 1A85	F, H112	>4.5~150.0	5A02	F, H112	>4.5~150.0
	O	>0.2~10.0		O	>0.5~10.0
1070, 1070A, 1060, 1050, 1050A, 1100, 1145, 1200, 3003, 3004	H12, H22, H14, H24, H16, H26, H18	>0.2~4.5	5005	H12, H32, H14, H34, H16, H36, H18, H38	>0.5~4.5
	F, H112	>4.5~150.0		F, H112	>4.5~150.0
	O	>0.2~10.0		O, H14, H24, H34	>0.5~4.5
3A21, 8A06	H14, H24, H18	>0.2~4.5	5A03	F, H112	>4.5~150.0
	F, H112	>4.5~150.0		O	>0.5~4.5
	O	>0.5~10.0		F, H112	>4.5~150.0
5052	H12, H22, H32, H14, H24, H34, H16, H26, H36, H18, H38	>0.5~4.5	5083, 5A05, 5A06, 5086	O, T4, T6	>0.5~10.0
				F, H112	>4.5~150.0
	F, H112	>4.5~150.0	6A02, 2A14, 2014	O, T4, T3	>0.5~10.0
				F, H112	>4.5~150.0
5A02	O	>0.5~10.0	2A11, 2A12, 2017, 2024	O, T6	>0.5~10.0
	H14, H24, H34, H18	>0.5~4.5		F, H112	>4.5~150.0
				7A09, 7A04, 7075	F, H112

表 3.2-148 铝及铝合金轧制板材厚度对应的宽度及长度规格 (摘自 GB/T3880—1997)

厚 度 /mm	宽 度 /mm	长 度 /mm
>0.2~0.8	1000~1500	1000~10000
>0.8~1.2	1000~2000	
>1.2~4.5	1000~2400	
>4.5~8.0	1000~1800	
>8.0~150.0	1000~2400	

- 注：1. 1070、1070A、1060、1050、1050A、1100、1145、1200、3003、3004、3A21、8A06 可供应宽度小于 400mm 的板材，但尺寸偏差按 400mm 宽度的板材检查，当供应宽度为大于 400mm 至 1000mm 时，其尺寸偏差按 1000mm 宽度的板材检查；可供应长度小于 1000mm 的板材，其尺寸偏差按长度为 1000mm 的板材检查。
2. 厚度小于等于 0.7mm 经盐浴炉生产的退火板材，只能供应宽度小于或等于 1200mm，长度小于或等于 4000mm 的板材。
3. GB/T3880—1997 代替 GB/T3880—1983、GB/T3193—1982、GB/T10568—1989 及 GB/T10569—1989。
4. 标记示例：  
a) 定尺板材  
用 2A12 合金制造的、T4 状态、厚度为 2.0mm、宽度为 1200mm、长度为 4000mm 的定尺板材，标记为：板 2A12-T4 2.0×1200×4000 GB/T3880—1997  
b) 不定尺板材  
用 3A21 合金制造的、H24 状态、厚度为 1.5mm 的不定尺板材，标记为：  
板 3A21-H24 1.5 GB/T3880—1997
5. 铝及铝合金轧制板材的厚度、宽度、长度、平面度等外形尺寸允许偏差应符合 GB/T3194—1998 中普通级板材的规定。如尺寸偏差要求高精度时，应在合同中注明。

表 3.2-149 铝及铝合金轧制板材包覆层材料牌号及轧制后的包覆层厚度 (摘自 GB/T3880—1997)

包铝分类	基体合金牌号	包覆材料牌号	板材状态	板材厚度/mm	每面包覆厚度占板材总厚度的百分比(%)，不小于
正常包铝	2A11、2017、2A12、2024	1A50	O、T3、T4	0.5~1.6	4
				>1.6~10.0	2
	7A04、7A09、7075	7A01	O、T6	0.5~1.6	4
				>1.6~10.0	2
工艺包铝	2A11、2014、2A12、2024、2A14、2017、5A06	1A50	O、T3、T4、T6、F、H112	0.5~4.5	≤1.5
				>4.5~150.0	
	7A04、7A09、7075	7A01	O、T6、F、H112	0.5~4.5	≤1.5
				>4.5~150.0	

注：1. 2A11、2A12、2017、2024、7A04、7A09、7075 合金厚度≤10.0mm 的非 H112、非 F 状态板材一般采用正常包铝，若要求工艺包铝时，必须在合同中注明。

2. 需要包覆的板材应进行双面包覆。

表 3.2-150 铝及铝合金轧制板材力学性能 (摘自 GB/T3880—1997)

牌 号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 (%)			
							5l)	50mm		
1A97 1A93	—	H112	H112	>4.5~80.0	附实测值					
		F	—	>4.5~150.0	—					
1A90 1A85	—	H112	H112	>4.5~12.5	≥60	—	—	≥21		
				>12.5~20.0	≥60	—	≥19	—		
		F	—	>20.0~80.0	附实测值					
				>4.5~150.0	—					
1070 1070A 1060	—	O	O	>0.2~0.3	55~95	—	—	≥15		
				>0.3~0.5			—	≥20		
				>0.5~0.8			—	≥25		
				>0.8~1.3			—	≥30		
				>1.3~10.0			≥15	—	≥35	
				>0.2~0.3			70~110	—	—	≥2
				>0.3~0.5					—	≥3
				>0.5~0.8					—	≥4
				>0.8~1.3					—	≥6
				>1.3~2.9					≥55	—
		>2.9~4.5	—	—	≥9					
		>0.2~0.3	85~120	—	—	≥1				
		>0.3~0.5			—	≥2				
		>0.5~0.8			—	≥3				
		>0.8~1.3			—	≥4				
		>1.3~2.9			≥65	—	≥5			
		>2.9~4.5			—	—	≥6			
		>0.2~0.5			100~135	—	—	≥1		
		>0.5~0.8					—	≥2		
		>0.8~1.3	—	≥3						
		>1.3~4.5	≥75	—			≥4			
		>0.2~0.5	≥120	—			—	≥1		
		>0.5~0.8					—	≥2		
		>0.8~1.3			—	≥3				
>1.3~4.5	—	≥4								
H112	H112	H112	>4.5~6.5	≥75	≥35	—	≥13			
			>6.5~12.5	≥70	≥35	—	≥15			
			>12.5~25.0	≥60	≥25	≥20	—			
			>25.0~80.0	≥55	≥15	≥25	—			
			F	—	—	—	—			
			>4.5~150.0	—	—	—	—			
1050 1050A 1145	—	O	O	>0.2~0.5	60~100	—	—	≥15		
				>0.5~0.8			—	≥20		
				>0.8~1.3			—	≥25		
				>1.3~6.5			≥20	—	≥30	
				>6.5~10.0			—	—	≥28	
		H12 H22	H12 H22	H12 H22	>0.2~0.3	80~120	—	—	≥2	
					>0.3~0.5			—	≥3	
					>0.5~0.8			—	≥4	

(续)

牌号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率(%)			
							5D	50mm		
1050 1050A 1145	—	H12 H22	H12 H22	>0.8~1.3	80~120	$\geq 65$	—	$\geq 6$		
				>1.3~2.9			—	$\geq 8$		
				>2.9~4.5			—	$\geq 9$		
		H14 H24	H14 H24	>0.2~0.3	95~125	$\geq 75$	—	$\geq 1$		
				>0.3~0.5			—	$\geq 2$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 3$		
				>0.8~1.3			—	$\geq 4$		
				>1.3~2.9			—	$\geq 5$		
				>2.9~4.5			—	$\geq 6$		
		H16 H26	H16 H26	>0.2~0.5	120~145	$\geq 85$	—	$\geq 1$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 2$		
				>0.8~1.3			—	$\geq 3$		
		H18	H18	>1.3~4.5	$\geq 125$	—	—	$\geq 4$		
				>0.2~0.5			—	$\geq 1$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 2$		
		H112	H112	>0.8~1.3	$\geq 85$	$\geq 45$	—	$\geq 10$		
				>1.3~4.5			—	$\geq 4$		
				>4.5~6.5			$\geq 80$	$\geq 45$	—	$\geq 10$
				>6.5~12.5			$\geq 70$	$\geq 35$	$\geq 16$	—
		F	—	>12.5~25.0	$\geq 65$	$\geq 20$	$\geq 22$	—		
				>25.0~80.0	—	—	—	—		
				>4.5~150.0	—	—	—	—		
		1100 1200	—	O	O	>0.2~0.5	75~110	$\geq 25$	—	$\geq 15$
						>0.5~0.8			—	$\geq 20$
>0.8~1.3	—					$\geq 25$				
>1.3~6.5	—					$\geq 30$				
>6.5~10.0	—					$\geq 28$				
H12 H22	H12 H22			>0.2~0.3	95~125	$\geq 75$	—	$\geq 2$		
				>0.3~0.5			—	$\geq 3$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 4$		
				>0.8~1.3			—	$\geq 6$		
				>1.3~2.9			—	$\geq 8$		
				>2.9~4.5			—	$\geq 9$		
H14 H24	H14 H24			>0.2~0.3	120~145	$\geq 95$	—	$\geq 1$		
				>0.3~0.5			—	$\geq 2$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 3$		
				>0.8~1.3			—	$\geq 4$		
				>1.3~2.9			—	$\geq 5$		
H16 H26	H16 H26			>2.9~4.5	130~165	$\geq 120$	—	$\geq 6$		
				>0.2~0.5			—	$\geq 1$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 2$		
H18	H18			>0.8~1.3	$\geq 155$	—	—	$\geq 3$		
				>1.3~4.5			—	$\geq 4$		
				>0.2~0.5			—	$\geq 1$		
				>0.5~0.8			—	$\geq 2$		
H112	H112			>0.8~1.3	$\geq 95$	$\geq 50$	—	$\geq 9$		
		>1.3~4.5	—	$\geq 9$						
		>4.5~6.5	$\geq 90$	$\geq 35$			$\geq 14$	—		
		>6.5~12.5	$\geq 85$	$\geq 25$			$\geq 20$	—		
F	—	>12.5~50.0	$\geq 80$	—	—	—				
		>50.0~80.0	—	—	—	—				
		>4.5~150.0	—	—	—	—				
2017	正常包铝 或 工艺包铝	O	O	0.5~10.0	$\leq 215$	$\leq 100$	—	$\geq 12$		
				0.5~1.6	—	—	—	$\geq 15$		
		O	T42	>1.6~2.9	$\geq 355$	$\geq 195$	—	$\geq 17$		
				>2.9~6.5			—	$\geq 15$		
				>6.5~10.0			$\geq 185$	—	$\geq 12$	
		T3	T3	>0.5~1.6	$\geq 375$	$\geq 215$	—	$\geq 15$		
				>1.6~2.9			—	$\geq 17$		
				>2.9~10.0			—	$\geq 15$		
				—			—	—	—	

(续)

牌 号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 (%)			
							5D	50mm		
2017	正常包铝 或 工艺包铝	T4	T4	0.5~1.6	$\geq 355$	$\geq 195$	—	$\geq 15$		
				>1.6~2.9			—	$\geq 17$		
				>2.9~10.0			—	$\geq 15$		
		H112	T42	>4.5~6.5	$\geq 355$	$\geq 195$	—	$\geq 15$		
				>6.5~12.5			—	$\geq 12$		
				>12.5~25.0			—	—		
				>25.0~40.0			$\geq 330$	$\geq 195$	$\geq 8$	—
				>40.0~70.0			$\geq 310$	$\geq 195$	$\geq 6$	—
				>70.0~80.0			$\geq 285$	$\geq 195$	$\geq 4$	—
		F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—		
2A11	正常包铝 或 工艺包铝	O	O	0.5~2.9	$\leq 225$	—	—	$\geq 12$		
				>2.9~10.0	$\leq 235$	—	—	—		
		O	T42	0.5~2.9	$\geq 350$	$\geq 185$	—	$\geq 15$		
				>2.9~10.0	$\geq 355$	$\geq 195$	—	$\geq 15$		
		T3	T3	0.5~1.6	$\geq 375$	$\geq 215$	—	$\geq 15$		
				>1.6~2.9			—	$\geq 17$		
				>2.9~10.0			—	$\geq 15$		
		T4	T4	0.5~2.9	$\geq 360$	$\geq 185$	—	$\geq 15$		
				>2.9~10.0	$\geq 370$	$\geq 195$	—	—		
		H112	T42	>4.5~10.0	$\geq 355$	$\geq 195$	—	$\geq 15$		
				>10.0~12.5	$\geq 370$	$\geq 215$	—	$\geq 11$		
				>12.5~25.0	$\geq 370$	$\geq 215$	$\geq 11$	—		
				>25.0~40.0	$\geq 330$	$\geq 195$	$\geq 8$	—		
				>40.0~70.0	$\geq 310$	$\geq 195$	$\geq 6$	—		
				>70.0~80.0	$\geq 285$	$\geq 195$	$\geq 4$	—		
		F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—		
2014	工艺包铝	O	O	0.5~10.0	$\leq 205$	$\leq 95$	—	$\geq 16$		
				0.5	$\geq 425$	$\geq 370$	—	$\geq 7$		
				>0.5~1.0	$\geq 435$	$\geq 380$	—	$\geq 7$		
				>1.0~10.0	$\geq 440$	$\geq 395$	—	$\geq 8$		
		T6	T6	0.5	$\geq 425$	$\geq 370$	—	$\geq 7$		
				>0.5~1.0	$\geq 435$	$\geq 380$	—	$\geq 7$		
				>1.0~10.0	$\geq 440$	$\geq 395$	—	$\geq 8$		
				>4.5~12.5	$\geq 440$	$\geq 395$	—	$\geq 8$		
		H112	T62	>12.5~25.0	$\geq 460$	$\geq 405$	$\geq 5$	—		
				>25.0~40.0	$\geq 460$	$\geq 405$	$\geq 3$	—		
F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—				
2A14	工艺包铝	O	O	0.5~10.0	$\leq 245$	—	—	$\geq 10$		
		T6	T6	0.5~10.0	$\geq 430$	$\geq 340$	—	$\geq 5$		
		H112	T62	>4.5~12.5	$\geq 430$	$\geq 340$	—	$\geq 5$		
				>12.5~40.0	$\geq 430$	$\geq 340$	$\geq 5$	—		
		F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—		
2024	正常包铝 或 工艺包铝	O	O	0.5~1.6	$\leq 205$	$\leq 95$	—	$\geq 12$		
				1.6~10.0	$\leq 220$	$\leq 95$	—	$\geq 12$		
				0.5~1.6	$\geq 395$	$\geq 235$	—	$\geq 15$		
				>1.6~6.5	$\geq 415$	$\geq 250$	—	$\geq 15$		
		O	T42	>6.5~10.0	$\geq 415$	$\geq 250$	—	$\geq 12$		
				0.5~1.6	$\geq 405$	$\geq 270$	—	$\geq 15$		
		T3	T3	1.6~10.0	$\geq 420$	$\geq 275$	—	$\geq 15$		
				0.5~1.6	$\geq 400$	$\geq 245$	—	$\geq 15$		
		T4	T4	1.6~10.0	$\geq 420$	$\geq 260$	—	$\geq 15$		
				0.5~1.6	$\geq 400$	$\geq 245$	—	$\geq 15$		
		H112	T42	>4.5~6.5	$\geq 415$	$\geq 250$	—	$\geq 15$		
				>6.5~12.5	$\geq 415$	$\geq 250$	—	$\geq 12$		
				>12.5~25.0	$\geq 420$	$\geq 260$	$\geq 7$	—		
				>25.0~40.0	$\geq 415$	$\geq 260$	$\geq 6$	—		
				>40.0~50.0	$\geq 415$	$\geq 260$	$\geq 5$	—		
		F	—	>50.0~80.0	$\geq 400$	$\geq 260$	$\geq 3$	—		
>4.5~150.0	—			—	—	—				
O	O	0.5~4.5	$\leq 215$	—	—	$\geq 14$				
		>4.5~10.0	$\leq 235$	—	—	$\geq 12$				

(续)

牌 号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 (%)			
							5D	50mm		
2A12	正常包铝 或 工艺包铝	O	T42	0.5~2.9	$\geq 390$	$\geq 245$	—	$\geq 15$		
				$>2.9\sim 10.0$	$\geq 410$	$\geq 265$	—	$\geq 12$		
		T3	T3	0.5~1.6	$\geq 405$	$\geq 270$	—	$\geq 15$		
				1.6~10.0	$\geq 420$	$\geq 275$	—	$\geq 15$		
		T4	T4	0.5~2.9	$\geq 405$	$\geq 270$	—	$\geq 13$		
				$>2.9\sim 4.5$	$\geq 425$	$\geq 275$	—	$\geq 12$		
				$>4.5\sim 10.0$	$\geq 425$	$\geq 275$	—	$\geq 12$		
				$>10.0\sim 12.5$	$\geq 410$	$\geq 265$	—	$\geq 12$		
		H112	T42	$>12.5\sim 25.0$	$\geq 420$	$\geq 275$	—	$\geq 7$		
				$>25.0\sim 40.0$	$\geq 420$	$\geq 275$	$\geq 7$	—		
				$>40.0\sim 70.0$	$\geq 390$	$\geq 255$	$\geq 5$	—		
				$>70.0\sim 80.0$	$\geq 370$	$\geq 245$	$\geq 4$	—		
F	—	—	$\geq 345$	$\geq 245$	$\geq 3$	—				
3003	—	O	O	$>1.5\sim 150.0$	—	—	—	—		
				$>0.2\sim 0.5$	95~130	$\geq 35$	—	$\geq 20$		
				$>0.5\sim 1.3$			—	$\geq 22$		
				$>1.3\sim 6.5$			—	$\geq 25$		
		$>6.5\sim 10.0$	—	$\geq 23$						
		H12 H22	H12 H22	$>0.2\sim 0.5$	120~160	$\geq 85$	—	$\geq 3$		
				$>0.5\sim 0.8$			—	$\geq 3$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 4$		
				$>1.3\sim 4.5$			—	$\geq 6$		
		H14 H24	H14 H24	$>0.2\sim 0.5$	140~180	$\geq 115$	—	$\geq 1$		
				$>0.5\sim 0.8$			—	$\geq 2$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 3$		
				$>1.3\sim 2.9$			—	$\geq 5$		
		H16 H26	H16 H26	$>2.9\sim 4.5$	165~205	$\geq 145$	—	$\geq 5$		
				$>0.2\sim 0.5$			—	$\geq 1$		
				$>0.5\sim 0.8$			—	$\geq 2$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 3$		
		H18	H18	$>1.3\sim 4.5$	$\geq 185$	$\geq 165$	—	$\geq 4$		
				$>0.2\sim 0.5$			—	$\geq 1$		
				$>0.5\sim 0.8$			—	$\geq 2$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 3$		
		H112	H112	$>4.5\sim 12.5$	$\geq 115$	$\geq 70$	—	$\geq 8$		
				$>12.5\sim 50.0$			$\geq 105$	$\geq 40$	$\geq 12$	—
				$>50.0\sim 80.0$			$\geq 110$	$\geq 40$	$\geq 18$	—
F	—			—			—	—		
3A21	—	O	O	$>4.5\sim 150.0$	—	—	—	—		
				$>0.2\sim 0.8$	100~150	—	—	$\geq 19$		
				$>0.8\sim 4.5$			—	$\geq 23$		
		$>4.5\sim 10.0$	—	$\geq 21$						
		H14 H24	H14 H24	$>0.2\sim 0.8$	145~215	—	—	$\geq 6$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 6$		
				$>1.3\sim 4.5$			—	$\geq 6$		
		H18	H18	$>0.2\sim 0.5$	$\geq 185$	—	—	$\geq 1$		
				$>0.5\sim 0.8$			—	$\geq 2$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 3$		
		H112	H112	$>1.3\sim 4.5$	$\geq 110$	—	—	$\geq 4$		
				$>4.5\sim 10.0$			—	$\geq 16$		
$>10.0\sim 12.5$	$\geq 120$			—			$\geq 16$			
$>12.5\sim 25.0$	$\geq 120$			$\geq 16$			—			
F	—	$>25.0\sim 80.0$	$\geq 110$	—	$\geq 16$	—				
		$>4.5\sim 150.0$	—	—	—	—				
3004	—	O	O	$>0.2\sim 0.5$	150~200	$\geq 60$	—	$\geq 9$		
				$>0.5\sim 0.8$			—	$\geq 12$		
				$>0.8\sim 1.3$			—	$\geq 15$		
				$>1.3\sim 6.5$			—	$\geq 18$		
				$>6.5\sim 10.0$			—	$\geq 16$		

(续)

牌 号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p.2}$ /MPa	伸长率 (%)	
							5D	50mm
3004	—	H12 H22	H12 H22	>0.5~0.8	190~240	$\geq 145$	—	$\geq 1$
				>0.8~1.3			—	$\geq 3$
				>1.3~4.5			—	$\geq 5$
		H14 H24	H14 H24	>0.2~0.5	200~265	$\geq 170$	—	$\geq 1$
				>0.5~0.8			—	$\geq 2$
				>0.8~1.3			—	$\geq 3$
		H16 H26	H16 H26	>1.3~4.5	250~285	$\geq 190$	—	$\geq 4$
				>0.2~0.5			—	$\geq 1$
				>0.5~0.8			—	$\geq 2$
		H18	H18	>0.8~1.3	$\geq 260$	$\geq 215$	—	$\geq 3$
				>1.3~4.5			—	$\geq 4$
				>0.2~0.3			—	$\geq 1$
		H112	H112	>0.3~0.8	$\geq 160$	$\geq 60$	—	$\geq 1$
				>0.8~1.3			—	$\geq 2$
>1.3~4.5	—			$\geq 4$				
F	—	>4.5~12.5	—	—	—	$\geq 7$		
		>12.5~40.0			—	6	—	
		>40.0~80.0			—	6	—	
5A02	—	O	O	>4.5~150.0	—	—	—	—
				>0.5~1.0	105~225	—	—	$\geq 17$
		H14 H24 H34	H14 H24 H34	>1.0~10.0	$\geq 235$	—	—	$\geq 19$
				>0.5~1.0			—	$\geq 4$
		H18	H18	>1.0~4.5	$\geq 265$	—	—	$\geq 6$
				>0.5~1.0			—	$\geq 3$
		H112	H112	>1.0~4.5	$\geq 175$	—	—	$\geq 4$
>4.5~12.5	$\geq 175$			—			$\geq 7$	
>12.5~25.0	$\geq 175$			—			—	
F	—	>25.0~80.0	$\geq 155$	—	—	$\geq 6$		
		>4.5~150.0			—	—	—	
		—			—	—	—	—
5A03	—	O	O	>0.5~4.5	$\geq 195$	$\geq 100$	—	$\geq 16$
				H14 H24 H34	H14 H24 H34	>0.5~4.5	$\geq 225$	$\geq 195$
		H112	H112	>4.5~10.0	$\geq 185$	$\geq 80$	—	$\geq 16$
				>10.0~12.5	$\geq 175$	$\geq 70$	—	$\geq 13$
				>12.5~25.0	$\geq 175$	$\geq 70$	$\geq 13$	—
		F	—	>25.0~50.0	$\geq 165$	$\geq 60$	$\geq 12$	—
>4.5~150.0	—			—	—	—		
5A05	—	O	O	>0.5~4.5	$\geq 275$	$\geq 145$	—	$\geq 16$
				>4.5~10.0	$\geq 275$	$\geq 125$	—	$\geq 16$
		H112	H112	>10.0~12.5	$\geq 265$	$\geq 115$	—	$\geq 14$
				>12.5~25.0	$\geq 265$	$\geq 115$	$\geq 14$	—
				>25.0~50.0	$\geq 255$	$\geq 105$	$\geq 13$	—
F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—		
5A06	工艺包铝	O	O	>0.5~4.5	$\geq 315$	$\geq 155$	—	$\geq 16$
				>4.5~10.0	$\geq 315$	$\geq 155$	—	$\geq 16$
		H112	H112	>10.0~12.5	$\geq 305$	$\geq 145$	—	$\geq 12$
				>12.5~25.0	$\geq 305$	$\geq 145$	$\geq 12$	—
				>25.0~50.0	$\geq 295$	$\geq 135$	$\geq 6$	—
F	—	>4.5~150.0	$\geq 295$	$\geq 135$	—	—		
5052	—	O	O	>0.5~0.8	170~215	$\geq 65$	—	$\geq 15$
				>0.8~1.3			—	$\geq 17$
				>1.3~6.5			—	$\geq 19$
				>6.5~10.0			—	$\geq 18$
		H12 H22 H32	H12 H22 H32	>0.5~1.3	215~265	$\geq 160$	—	$\geq 5$
				>1.3~4.5			—	$\geq 7$
		H14 H24 H34	H14 H24 H34	>0.5~0.8	235~285	$\geq 180$	—	$\geq 3$
				>0.8~1.3			—	$\geq 4$
		H16 H26 H36	H16 H26 H36	>1.3~4.5	255~305	$\geq 200$	—	$\geq 6$
				0.5~0.8			—	$\geq 3$
>0.8~4.5	—	$\geq 4$						

(续)

牌 号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 (%)				
							5D	50mm			
5052	—	H18 H38	H18 H38	0.5~0.8	$\geq 270$	$\geq 220$	—	$\geq 3$			
				>0.8~4.5			—	$\geq 1$			
		H112	H112	>4.5~6.5	$\geq 195$	$\geq 110$	—	$\geq 9$			
				>6.5~12.5	$\geq 195$	$\geq 110$	—	$\geq 7$			
				>12.5~40.0	$\geq 175$	$\geq 65$	$\geq 10$	—			
				>40.0~80.0	$\geq 175$	$\geq 65$	$\geq 14$	—			
F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—					
5005	—	O	O	0.5~0.8	105~145	$\geq 35$	—	$\geq 16$			
				>0.8~1.3			—	$\geq 19$			
				>1.3~6.5			—	$\geq 21$			
				>6.5~10.0			—	$\geq 22$			
		H12 H32	H12 H32	0.5~0.8	125~165	$\geq 95$	—	$\geq 3$			
				>0.8~1.3			—	$\geq 4$			
				>1.3~4.5			—	$\geq 7$			
		H14 H34	H14 H34	>0.5~0.8	145~185	$\geq 115$	—	$\geq 2$			
				>0.8~1.3			—	$\geq 2$			
				>1.3~4.5			—	$\geq 3$			
		H16 H36	H16 H36	0.5~0.8	165~205	$\geq 135$	—	$\geq 1$			
				>0.8~1.3			—	$\geq 2$			
				>1.3~4.5			—	$\geq 3$			
		H18 H38	H18 H38	0.5~0.8	$\geq 185$	—	—	$\geq 1$			
				>0.8~1.3			—	$\geq 2$			
				>1.3~4.5			—	$\geq 3$			
		H112	H112	>4.5~12.5	$\geq 115$	—	—	$\geq 8$			
				>12.5~40.0	$\geq 105$		$\geq 10$	—			
>40.0~80.0	$\geq 100$			$\geq 16$	—						
F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—					
5083	—	O	O	0.5~4.5	275~350	125~200	—	$\geq 16$			
				>4.5~6.5	$\geq 275$	$\geq 125$	—	$\geq 11$			
		H112	H112	>6.5~12.5	$\geq 275$	$\geq 125$	—	$\geq 12$			
				>12.5~40.0	$\geq 275$	$\geq 125$	$\geq 10$	—			
				>40.0~50.0	$\geq 270$	$\geq 115$	$\geq 10$	—			
		F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—			
5086	—	O	O	0.5~1.3	240~305	$\geq 95$	—	$\geq 16$			
				>1.3~4.5			—	$\geq 18$			
		H112	H112	>4.5~12.5	$\geq 250$	$\geq 125$	—	$\geq 8$			
				>12.5~40.0	$\geq 240$	$\geq 105$	$\geq 9$	—			
				>40.0~50.0	$\geq 235$	$\geq 95$	$\geq 12$	—			
		F	—	>4.5~150.0	—	—	—	—			
6A02	—	O	O	0.5~4.5	$\leq 145$	—	—	$\geq 21$			
				>4.5~10.0			—	$\geq 16$			
				T62			>0.5~4.5	$\geq 295$	—	—	$\geq 11$
							>4.5~10.0			—	$\geq 8$
		T4	T4	0.5~0.8	$\geq 195$	—	—	$\geq 19$			
				>0.8~2.9			—	$\geq 21$			
				>2.9~4.5			—	$\geq 19$			
		T6	T6	>4.5~10.0	$\geq 175$	—	—	$\geq 17$			
				0.5~4.5			$\geq 295$	—	—	$\geq 11$	
				>4.5~10.0					—	$\geq 8$	
		H12	T62	>4.5~12.5	$\geq 295$	—	—	$\geq 8$			
				>12.5~25.0	$\geq 295$		$\geq 7$	—			
				>25.0~40.0	$\geq 285$		$\geq 6$	—			
				>40.0~80.0	$\geq 275$		$\geq 6$	—			
				T42	>4.5~12.5		$\geq 175$	—	—	$\geq 17$	
					>12.5~25.0		$\geq 175$		$\geq 14$	—	
		>25.0~40.0	$\geq 165$		$\geq 12$	—					
		O	T62	>10.0~80.0	$\geq 165$	—	—	$\geq 10$			
0.5~10.0	$\leq 245$			—	—		$\geq 11$				
F	—	>4.5~150.0	—		—	—	—				
O	—	0.5~2.9	$\geq 470$	$\geq 390$	—	$\geq 7$					

(续)

牌 号	包铝分类	供货状态	试样状态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例伸长 应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 (%)			
							5D	50mm		
7A04 7A09	正常包铝 或 工艺包铝	O	T62	>2.9~10.0	$\geq 490$	$\geq 410$	—	$\geq 7$		
		T6	T6	0.5~2.9	$\geq 480$	$\geq 400$	—	—		
				>2.9~10.0	$\geq 490$	$\geq 410$	—	$\geq 7$		
		H112	T62	>4.5~10.0	$\geq 490$	$\geq 410$	—	$\geq 7$		
				>10.0~12.5	$\geq 490$	$\geq 410$	—	$\geq 4$		
				>12.5~25.0	$\geq 490$	$\geq 410$	$\geq 4$	—		
>25.0~40.0	$\geq 490$			$\geq 410$	$\geq 3$	—				
F	—	—	>4.5~150.0	—	—	—	—			
7075	正常包铝 或 工艺包铝	O	O	0.5~1.6	$\leq 250$	$\leq 140$	—	$\geq 10$		
				1.6~10.0	$\leq 270$	$\leq 145$	—	$\geq 10$		
				T62	T62	0.5~1.0	$\geq 485$	$\geq 415$	—	$\geq 7$
						>1.0~1.6	$\geq 495$	$\geq 425$	—	$\geq 8$
						>1.6~4.5	$\geq 505$	$\geq 435$	—	$\geq 8$
						>4.5~6.5	$\geq 515$	$\geq 440$	—	$\geq 8$
		>6.5~10.0	$\geq 515$	$\geq 445$	—	$\geq 9$				
		T6	T6	0.5~1.0	$\geq 485$	$\geq 415$	—	$\geq 7$		
				>1.0~1.6	$\geq 495$	$\geq 425$	—	$\geq 8$		
				>1.6~6.5	$\geq 505$	$\geq 435$	—	$\geq 8$		
				>6.5~10.0	$\geq 515$	$\geq 445$	—	$\geq 9$		
				H112	T62	>4.5~6.5	$\geq 515$	$\geq 440$	—	$\geq 8$
						>6.5~12.5	$\geq 515$	$\geq 445$	—	$\geq 9$
		>12.5~25.0	$\geq 540$			$\geq 470$	$\geq 6$	—		
		>25.0~40.0	$\geq 530$			$\geq 460$	$\geq 7.15$	—		
		F	—	—	>4.5~150.0	—	—	—	—	
		8A06	—	O	O	>0.2~0.3	$\leq 110$	—	—	$\geq 16$
						>0.3~0.5			—	$\geq 21$
>0.5~0.8	—					$\geq 26$				
>0.8~10.0	—					$\geq 30$				
H14 H24	H14 H24			>0.2~0.3	$\geq 100$	—	$\geq 1$			
				>0.3~0.5		—	$\geq 3$			
				>0.5~0.8		—	$\geq 4$			
				>0.8~1.0		—	$\geq 5$			
H18	H18			>1.0~4.5	$\geq 135$	—	$\geq 6$			
				>0.2~0.3		—	$\geq 1$			
				>0.3~0.8		—	$\geq 2$			
H112	H112			>0.8~4.5	$\geq 70$	—	$\geq 3$			
				>4.5~10.0		—	$\geq 19$			
				>10.0~12.5		—	$\geq 19$			
				>12.5~25.0		—	$\geq 19$			
F	—			>25.0~80.0	$\geq 80$	—	$\geq 19$	—		
				>25.0~80.0	$\geq 80$	—	$\geq 16$	—		
F	—			—	>4.5~150.0	—	—	—	—	

注：1. 抗拉强度上限值及规定非比例伸长应力极限值对 H22、H24、H26 状态的材料不适用。

2. 1×××系板材供方一般不作规定非比例伸长应力，需方要求时，必须在合同中注明。

3. 当厚度为 40mm~80mm 时，供方不做力学性能试验，但应保证符合本表的要求。

4. 厚度大于 40mm 的 2A14、2014、7A04、7A09、7075 合金板材和厚度大于 50mm 的 5A03、5A05、5A06、5083、5086 合金板材以及厚度大于 80mm 的所有板材供方不做力学性能试验，当需方要求提供力学性能时，供方只附中心层试样的实测结果。

5. 2×××系、6×××系、7×××系合金以 H112 状态供应时，如合同中不加注明，只提供试样 T42 或 T62 状态力学性能。

6. 厚度小于 10mm 并以 O 状态供货的板材一般不做 T42 或 T62 状态性能，用户需要时必须在合同中注明，其 T42 或 T63 状态试样的力学性能应符合本表的规定；若用户需要厚度大于 10mm 的 O 状态板材时，供方可以提供，但性能附实测结果。

7. 板材牌号的化学成分符合 GB/T3190—1996 的规定。

8. 本表牌号和旧牌号的对照见表 3.2-17。



表 3.2-151 铝及铝合金轧制板材室温高向性能 (摘自 GB/T3880—1997)

合金牌号	供货状态	试样状态	厚度 (mm)	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 (%)
					5D
2A11、2017	H112	T42	35~80	$\geq 295$	$\geq 4$
2A12、2024	H112	T42	35~80	$\geq 345$	$\geq 3$
7A04、7A09、7075	H112	T62	35~40	$\geq 390$	$\geq 2$

注：当需方有要求并在合同中注明时，才提供高向性能。

8.3.6 铝及铝合金花纹板

铝及铝合金花纹板 (GB/T3618—1989) 是单面花纹板，适用于建筑、车辆、船舶、飞机等防滑板。花纹板的花纹图案分为 7 种，各种花纹纹形见图 3.2-5~表 3.2-11。

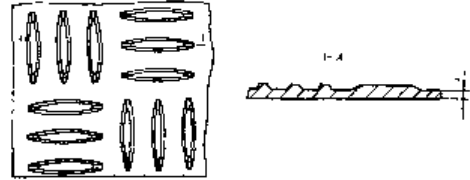


图 3.2-8 4号花纹板

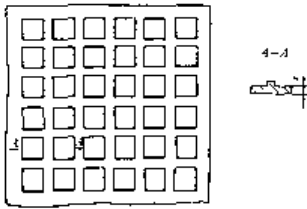


图 3.2-5 1号花纹板

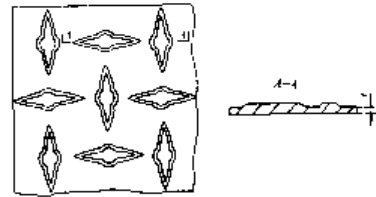


图 3.2-9 5号花纹板

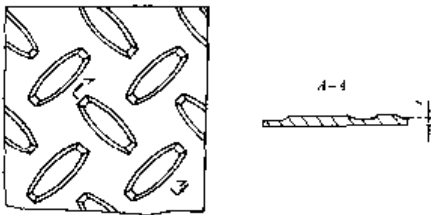


图 3.2-6 2号花纹板

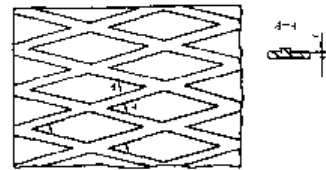


图 3.2-10 6号花纹板

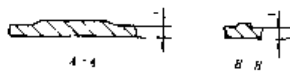


图 3.2-7 3号花纹板

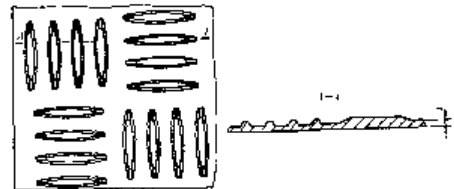


图 3.2-11 7号花纹板

铝及铝合金花纹板产品的代号、牌号、状态及规格见表 3.2-152，牌号的化学成分应符合 GB/T3190 的规定。花纹板厚度、宽度及长度允许偏差见表 3.2-153。其力学性能见表 3.2-154。花纹板的理论重量见表 3.2-155。

表 3.2-152 铝及铝合金花纹板产品代号、牌号、状态及规格 (摘自 GB/T3618—1989)

代号	牌号	状态	底板厚度 $t$	筋高	宽度	长度
			mm			
1号	LY12	CZ	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0	1.0	1000~1600	2000~10000
2号	LY11	Y <sub>1</sub>	2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0	1.0		
	LF2	Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub>				
3号	L1, L2, L3, L4, L5, L6	Y	1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5	1.0		
	LF2, LF43	M, Y <sub>2</sub>				
4号	LY11, LF2	Y <sub>1</sub>	2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0	1.2		

(续)

代号	牌号	状态	底板厚度 $t$	筋高	宽度	长度
			mm			
5号	L1, L2, L3, L4, L5, L6	Y	1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0	1.0	1000~1600	2000~10000
	LF2, LF43	M, Y <sub>2</sub>				
6号	LY11	Y <sub>1</sub>				
7号	LD30	M	3.0, 4.0, 5.0, 6.0	0.9		
	LF2	M, Y <sub>1</sub>	2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0	1.2		

注: 1. Y<sub>1</sub> 状态为板材完全再结晶退火后, 经 20%~40% 的冷变形所产生的状态。

2. 要求其他合金、状态时应由供需双方协商。

3. 标记示例: a. 用 LY12 合金制造的, 淬火自然时效状态的 1 号花纹板, 底板公称厚度 1.5mm, 宽 1000mm, 长 2000mm, 标记为:

1 号花纹板 LY12CZ 1.5×1000×2000 GB/T3618-1989

b. 用 LF2 合金制造的, 半硬状态的 3 号花纹板, 底板公称厚度 4.0mm, 宽 1200mm, 长 3000mm, 标记为:

3 号花纹板 LF2Y<sub>2</sub> 4.0×1200×3000 GB/T3618-1989

表 3.2-153 铝及铝合金花纹板厚度、宽度、长度偏差 (摘自 GB/T3618-1989) (mm)

底板厚度 $t$	厚度允许偏差	宽度允许偏差	长度允许偏差	底板厚度 $t$	厚度允许偏差	宽度允许偏差	长度允许偏差
1.0	-0.17	+5	±5	3.0	-0.36	±5	±5
1.2	-0.20			3.5	-0.40		
1.5	-0.23			4.0	-0.45		
1.8	-0.26			1.5	-0.47		
2.0	-0.28			5.0	0.50	—	
2.5	-0.32			6.0	-0.55		

注: 1. 要求厚度偏差为正值时, 需经双方协商并在合同中注明。

2. 非标准厚度的板材, 经双方协商并在合同中注明。可供货, 其允许偏差按相邻小规格检验。

3. 厚度 4.5~6.0mm 的板材, 不切边供货。经双方协商, 并在合同中注明。可锯边供货。

表 3.2-154 铝及铝合金花纹板的力学性能 (摘自 GB/T3618-1989)

代号	牌号	状态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)
			$\geq$		
1号	LY12	CZ	402	255	10
2号, 4号, 6号	LY11	Y <sub>1</sub>	216	—	3
3号, 5号	L1, L2, L3, L4, L5, L6	Y	98	—	3
3号, 5号, 7号	LF2	M	$\leq 147$	—	14
2号, 3号, 5号		Y <sub>2</sub>	177	—	3
2号, 4号, 7号		Y <sub>1</sub>	196	—	2
3号, 5号	LF43	M	$\leq 98$	—	15
		Y <sub>2</sub>	118	—	4
7号	LD30	M	$\leq 147$	—	12

注: 1. 计算截面积所用的厚度为底板厚度。

2. 1号花纹板力学性能应符合本表规定, 其他纹号板的指标均为参考值。

表 3.2-155 铝及铝花纹板的理论重量 (摘自 GB/T3618-1989)

底板厚度 /mm	各种花纹板理论重量/kg·m <sup>-1</sup>						
	1号 LY12	2号 LY11	3号 L1~L6	4号 LY11	5号 LF6, LF43	6号 LY11	7号 LD30
1.0	3.45	—	—	—	—	—	—
1.2	4.01	—	—	—	—	—	—
1.5	4.84	—	4.67	—	4.62	—	—
1.8	5.68	—	—	—	—	—	—
2.0	6.23	6.90	6.02	5.06	5.96	—	6.00
2.5	7.62	8.30	7.38	7.46	7.30	—	7.35
3.0	9.01	9.70	8.73	8.86	8.64	9.1	8.10
3.5	—	11.10	10.09	10.26	9.98	—	10.05

(续)

底板厚度 /mm	各种花纹板理论重量/kg·m <sup>-1</sup>						
	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号
	LY12	LY11	L1~L6	LY11	LF6、LF43	LY11	LD30
4.0	—	12.50	11.44	11.66	11.32	11.95	11.40
4.5	—	—	12.80	—	—	—	—
5.0	—	—	—	—	—	13.35	—
6.0	—	—	—	—	—	18.20	—

8.3.7 钛及钛合金板材 (见表 3.2-156~表 3.2-160)

表 3.2-156 钛及钛合金板材牌号、状态和规格 (摘自 GB/T 3621-1994)

牌 号	制造方法	供应状态	规 格/mm
			(厚度×宽度×长度)
TA0、TA1、TA2、TA3、TA5、TA6、 TA7、TA9、TA10、TB2、TC1、TC2、 TC3、TC4	热 轧	热加工状态 (R) 退火状态 (M)	(4.1~60.0) × (400~3000) × (1000~4000)
	冷 轧	冷加工状态 (Y) 退火状态 (M)	(0.3~1.0) × (400~1000) × (1000~3000)
TB2	热 轧	淬火 (C)	(4.1~10.0) × (400~3000) × (1000~4000)
	冷 轧	淬火 (C)	(1.0~4.0) × (400~1000) × (1000~3000)

- 注: 1. 工业纯钛板材供货最小厚度为 0.3mm。  
 2. 钛及钛合金板材牌号的化学成分应符合 GB/T3620 的规定。  
 3. 标记示例: 用 TA2 制造的退火状态、厚度 10.0mm, 宽度 1000mm, 长度为 3000mm 的板材, 标记为: 板 TA2M10.0 × 1000 × 3000GB/T3621-1994

表 3.2-157 钛及钛合金板材尺寸允许偏差 (摘自 GB/T3621 1994) (mm)

厚度允许偏差	厚度	宽度	400~1000	>1000~2000	>2000
			0.3, 0.4, 0.5	±0.05	—
0.6, 0.7, 0.8	+0.07	—	—		
0.9, 1.0, 1.1	±0.09	—	—		
1.2, 1.4, (1.5)	±0.11	—	—		
1.6, 1.8, 2.0	±0.15	—	—		
2.2, 2.5, 2.8, 3.0	±0.18	—	—		
3.5, 4.0	±0.22	—	—		
4.5, 5.0, 5.5, 6.0	±0.35	±0.40	—		
7.0, 8.0	±0.40	±0.60	±0.80		
9.0, 10.0	±0.50	±0.60	±0.80		
11.0, 12.0, 14.0, (15.0)	±0.70	±0.80	±1.00		
16.0, 18.0, 20.0	±0.70	±0.90	±1.10		
22.5, 25.0, 28.0, 30.0	±0.90	±1.00	±1.20		
32.0, 35.0, 38.0, 40.0	+1.10	±1.20	±1.50		
42.0, 45.0, 48.0, 50.0	±1.20	±1.50	±2.00		
53.0, 56.0, 60.0	±1.60	±2.00	±2.50		
宽度和长度允许偏差	厚度	宽度	宽度允许偏差	长度	长度允许偏差
	0.3~4.0	400~1000	+10 0	1000~3000	-15 0
	>4.0~20.0	400~3000	+15 0	1000~4000	+30 0
>20.0~60.0	400~3000	+50 0	1000~4000	+50 0	

注: 厚度大于 15mm 的板材, 需方同意时也可不切边交货。

表 3.2-158 钛及钛合金板平面度 (摘自 GB/T3621 1994)

平面度 /mm · m <sup>-1</sup> ≤	宽度 /mm	厚度/mm	
		≤2000	>2000
≤4		20	—
>4~10		18	20
>10~20		15	18
>20~35		13	15
>35~60		8	13

注: 1. 经剪切的板材边部应切齐, 无裂口、卷边, 允许有轻微的毛刺。  
2. 板材各角应尽量切成直角, 切斜时不应超过板材长度和宽度的允许偏差。

表 3.2-159 钛及钛合金板材横向室温力学性能 (摘自 GB/T3621 1994)

牌 号	状 态	板材厚度 /mm	弯曲角 α/ (°) ≥	室温力学性能, 不小于			
				抗拉强度 σ <sub>b</sub>	规定残余伸长应力 σ <sub>r0.2</sub>	伸长率 δ <sub>5</sub> (%)	
				MPa			
TA0	M	0.3~2.0	140	280~420	170	45	
		2.1~5.0				30	
		5.1~10.0	—			30	
TA1	M	0.3~2.0	140	370~530	250	40	
		2.1~5.0	130			30	
		5.1~10.0	—			30	
TA2	M	0.3~1.0	100	440~620	320	35	
		1.1~2.0				30	
		2.1~5.0	80			25	
		5.1~10.0 10.1~25.0	—			25 20	
TA3	M	0.3~1.0	90	540~720	410	30	
		1.1~2.0				25	
		2.1~5.0	80			20	
		5.1~10.0	—			20	
TA5	M	0.5~1.0	60	685	585	20	
		1.1~2.0				15	
		2.1~5.0				12	
		5.1~10.0				12	
TA6	M	0.8~1.5	50	685	—	20	
		1.6~2.0	40			15	
		2.1~5.0				12	
		5.1~10.0	—			12	
TA7	M	0.8~1.5	50	735~930	685	20	
		1.6~2.0	40			15	
		2.1~5.0				12	
		5.1~10.0	—			12	
TA9	M	0.8~2.0	130	370~530	250	30	
		2.1~5.0				25	
		5.1~10.0				25	
TA10	M	2.0~5.0	130	485	345	20	
		5.1~10.0	—			15	
		—	—			—	
TB2	C CS	1.0~3.5	120	≤980	—	20	
				1320		8	
TC1	M	0.5~1.0	100	590~735	—	25	
		1.1~2.0				25	
		2.1~5.0				60	20
		5.1~10.0				—	20
TC2	M	0.5~1.0	80	685	—	25	
		1.1~2.0				60	15
		2.1~5.0				50	12
		5.1~10.0				—	12
TC3	M	0.8~2.0	35	880	—	12	
		2.1~5.0				30	10

(续)

牌 号	状 态	板材厚度 /mm	弯曲角 $\alpha'$ (°) $\geq$	室温力学性能, 不小于		伸长率 $\delta_5$ (%)
				抗拉强度 $\sigma_b$	规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$	
TC3	M	5.1~10.0		880	—	10
TC4	M	0.8~2.0	35	895	830	12
		2.1~5.0	30			10
		5.1~10.0				10

注: 1. “CS”表示“淬火和时效”状态。

2. 当需方要求并在合同中注明时, 可测定板材纵向室温力学性能, 并应符合本表的规定。

3. 本表未列入的其他规格板材, 以及R、Y状态的板材, 需方要求并在合同中注明, 其高温及室温力学性能报告实测数据。

表 3.2-160 钛及钛合金板高温力学性能 (摘自 GB/T3621--1994)

合 金 牌 号	试 验 温 度 /°C	高 温 力 学 性 能	
		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	持久强度 $\sigma_{10^5}$ /MPa
		不小于	
TA6	350	120	390
	500	340	195
TA7	350	490	440
	500	140	195
TC1	350	340	320
	400	310	295
TC2	350	420	390
	400	390	360
TC3, TC4	400	590	540
	500	440	195

注: 需方要求并在合同中注明, 板材高温力学性能按本表规定, 试验温度应在合同中注明。

## 8.4 带材

一般用途铜及铜合金带材尺寸及其允许偏差见表 3.2-162~表 3.2-165; 铜及铜合金力学性能、弯曲试验、杯突值、晶粒度及电性能见表 3.2-166~表 3.2-169。

### 8.4.1 铜及铜合金带材

铜及铜合金带材牌号、状态和规格见表 3.2-161;

表 3.2-161 铜及铜合金带材牌号、状态和规格 (摘自 GB/T2059—2000)

牌 号	状 态	厚度/mm	宽度/mm
T2、T3、TU1、TU2 TP1、TP2	软 (M)、1/4 硬 (Y <sub>4</sub> ) 半硬 (Y <sub>2</sub> ), 硬 (Y)	0.05~<0.5	≤600
		0.5~3.0	≤1000
H96、H80、H59	软 (M)、硬 (Y)	0.05~<0.5	≤600
		0.5~3.0	≤1000
H90	软 (M)、半硬 (Y <sub>2</sub> ), 硬 (Y)	0.05~<0.5	≤600
		0.5~3.0	≤1000
H70、H68、H65	软 (M)、1/4 硬 (Y <sub>4</sub> )、半硬 (Y <sub>2</sub> ) 硬 (Y)、特硬 (T)	0.05~<0.5	≤600
		0.5~3.0	≤1000
H62	软 (M)、半硬 (Y <sub>2</sub> ) 硬 (Y)、特硬 (T)	0.05~<0.5	≤600
		0.5~3.0	≤1000
HPb59-1、HMn58-2	软 (M)、半硬 (Y <sub>2</sub> )、硬 (Y)	0.05~0.20	≤300
		>0.20~2.0	≤550
HSn62-1	硬 (Y)	0.05~0.20	≤300
		>0.20~2.0	≤550
QA15	软 (M)、硬 (Y)	0.05~1.20	≤300
QA17	半硬 (Y <sub>2</sub> )、硬 (Y)		
QA19-2	软 (M)、硬 (Y)、特硬 (T)		
QA19-4	硬 (Y)		
QSn6.5 0.1	软 (M)、1/4 硬 (Y <sub>4</sub> )、半硬 (Y <sub>2</sub> ) 硬 (Y)、特硬 (T)	0.05~>0.15	≤300
		>0.15~2.0	≤600

(续)

牌 号	状 态	厚 度/mm	宽 度/mm
QSn7 0.2, QSn6.5-0.4 QSn4 3, QSn4 0.3	软 (M)、硬 (Y)、特硬 (T)	0.05~0.15 >0.15~2.0	≤300
QCd-1	硬 (Y)	0.05~1.20	≤300
QMn1-5	软 (M)	0.10~1.20	
QMn5	软 (M)、硬 (Y)		
QSi3 1	软 (M)、硬 (Y)、特硬 (T)	0.05~1.20	≤300
QSn4-4-2.5	软 (M)、1/3 硬 (Y <sub>3</sub> )	0.80~1.00	≤200
QSn4-4 4	半硬 (Y <sub>2</sub> )、硬 (Y)	1.00~1.20	
BZn15-20	软 (M)、半硬 (Y <sub>2</sub> )、硬 (Y)、特硬 (T)	0.05~1.20	≤300
B5, B19, BFe10 1 1, BFe30-1-1 BMn40-1.5, BMn3 12	软 (M)、硬 (Y)		

注：1. 带材适于各工业技术部门的一般用途。

2. 带材牌号的化学成分应符合 GB/T5231-2001 的规定。

3. 带材尺寸及尺寸允许偏差应符合 GB/T17793-1999 的规定。

4. 标记示例：用 H62 制造的、半硬 Y<sub>2</sub> 状态、厚度为 0.8mm、宽度为 200mm 的带材，标记为：带 H62Y<sub>2</sub>0.8×200 GB/T2059-2000。

表 3.2-162 一般用途纯铜和黄铜带材厚度及其允许偏差 (摘自 GB/T17793-1999) (mm)

厚 度	宽 度							
	≤200		200~300		300~600		600~1000	
	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级
	厚度允许偏差 ±							
0.05~0.1	0.007	0.005	0.010	0.007	—	—	—	—
>0.1~0.2	0.012	0.007	0.015	0.010	0.020	0.015	—	—
>0.2~0.3	0.015	0.010	0.020	0.015	0.025	0.020	—	—
>0.3~0.4	0.020	0.015	0.025	0.020	0.030	0.025	—	—
>0.4~0.5	0.025	0.020	0.030	0.025	0.035	0.030	0.050	0.040
>0.5~0.8	0.030	0.025	0.040	0.035	0.045	0.040	0.070	0.060
>0.8~1.0	0.040	0.030	0.045	0.040	0.050	0.045	0.080	0.070
>1.0~1.2	0.045	0.035	0.050	0.045	0.060	0.050	0.100	0.080
>1.2~2.0	0.050	0.045	0.060	0.050	0.080	0.070	0.120	0.100
>2.0~3.0	0.060	0.050	0.070	0.060	0.100	0.080	0.140	0.120

注：需方只要求单向偏差时，其值为表中数值的 2 倍。

表 3.2-163 一般用途青铜和白铜带材厚度及其允许偏差 (摘自 GB/T17793-1999) (mm)

厚 度	宽 度					
	≤200		200~300		300~600	
	普通级	较高级	普通级	较高级	普通级	较高级
	厚度允许偏差 ±					
0.05~0.1	0.005	—	0.010	—	—	—
>0.1~0.2	0.010	0.005	0.015	0.007	0.020	0.010
>0.2~0.3	0.015	0.008	0.020	0.010	0.035	0.015
>0.3~0.4	0.020	0.010	0.025	0.015	0.040	0.025
>0.4~0.5	0.025	0.015	0.035	0.020	0.050	0.035
>0.5~0.8	0.030	0.020	0.045	0.025	0.060	0.040
>0.8~1.0	0.040	0.025	0.050	0.030	0.070	0.050
>1.0~1.2	0.050	0.030	0.060	0.035	0.080	0.060
>1.2~2.0	0.065	0.045	0.070	0.050	0.090	0.070
>2.0~3.0	0.080	0.060	0.085	0.060	0.100	0.090

注：需方只要求单向偏差时，其值为表中数值的 2 倍。

表 3.2-164 一般用途加工铜及铜合金带材宽度允许偏差 (摘自 GB/T17793-1999) (mm)

宽 度 允 许 偏 差	厚 度	宽 度							
		≤200		200~300		300~600		600~1000	
		宽度允许偏差 ±							
	≤0.5	0.2	0.3	0.5	0.8				
	>0.5~2.0	0.3	0.4	0.6	0.8				
	>2.0~3.0	0.5	0.5	0.6	0.8				

注：需方只要求单向偏差时，其值应为表中数值的 2 倍。

表 3.2 165 一般用途加工铜及铜材侧边弯曲度 (摘自 GB/T 17793 1999)

宽 度	侧边弯曲度/mm·m <sup>-1</sup> ≤
≤30	5
>50~100	4
>100~1000	3

表 3.2-166 铜及铜合金带材室温力学性能 (摘自 GB/T2059—2000)

牌 号	状 态	拉 伸 试 验			硬 度 试 验		
		厚度 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	宽度 /mm	维氏硬度 HV	洛氏硬度 HRB
T2、T3 TP1、TP2	M	0.3	205	30	0.3	55~100	—
	Y <sub>4</sub>		215~275	25		75~120	
	Y <sub>2</sub>		245~345	8		80	
	Y		295	3			
TU1 TU2	M	0.3	195	35	0.3	55~100	—
	Y <sub>4</sub>		215~275	25		75~120	
	Y <sub>2</sub>		245~345	10		80	
	Y		275	—			
H96	M	0.3	215	30	—	—	—
	Y		320	3			
H90	M	0.3	245	35	—	—	—
	Y <sub>2</sub>		330~440	5			
	Y		390	3			
H80	M	0.3	265	50	—	—	—
	Y		390	3			
H70 H68 H65	M	0.3	290	40	0.3	—	—
	Y <sub>4</sub>		325~410	35		75~125	
	Y <sub>2</sub>		340~460	25		85~145	
	Y		390~530	13		105~175	
	T		490	4		145	
H62	M	0.3	290	35	0.3	85~145	—
	Y <sub>2</sub>		350~470	20		105~175	
	Y		410~630	10		145	
	T		585	2.5			
H59	M	0.3	290	10	—	130	—
	Y		410	5			
HPb59-1	M	0.3	340	25	—	—	—
	Y <sub>2</sub>		390~490	12			
	Y		440	5			
HMn58-2	M	0.3	380	30	—	—	—
	Y <sub>2</sub>		440~610	25			
	Y		585	3			
HSn62-1	Y	0.3	390	5	—	—	—
QA15	M	0.3	275	33	—	—	—
	Y		585	2.5			
QA17	Y <sub>2</sub>	0.3	585~740	10	—	—	—
	Y		635	5			
QA19-2	M	0.3	440	18	—	—	—
	Y		585	5			
	T		880				
QA19-4	Y	0.3	635	—	—	—	—
QSn6.5 0.1	M	0.15	290	40	0.2	—	—
	Y <sub>4</sub>		390~510	35		100~160	
	Y <sub>2</sub>		440~570	10		150~205	
	Y		540~690	8		180~230	
	T		640	5		200	

(续)

牌 号	状 态	拉 伸 试 验			硬 度 试 验		
		厚度 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%)	宽度 /mm	维氏硬度 HB	洛氏硬度 HRB
QSn7-0.2	M	0.15	295	40	—	—	—
QSn6.5-0.4	Y		540~690	8			
	T		665	2			
QSn4-3	M	0.15	290	40	—	—	—
QSn4-0.3	Y		540~690	3			
	T		635	2			
QSn4-4-2.5	M	0.8	290	35	0.8	—	65~85
	Y <sub>3</sub>		390~490	10			
QSn4-4-4	Y <sub>2</sub>	>1.0	120~510	9	>1.0	—	70~90
	Y		190	5			
QCd-1	Y	0.3	390	—	—	—	—
QMn1.5	M	0.3	205	30	—	—	—
QMn5	M	0.3	290	30	—	—	—
	Y		440	3			
QSi3-1	M	0.15	370	45	—	—	—
	Y		635~785	5			
	T		735	2			
BZn15-20	M	0.3	310	35	—	—	—
	Y <sub>2</sub>		440~570	3			
	Y		510~690	1.5			
	T		640	1			
B5	M	0.3	215	32	—	—	—
	Y		370	10			
B19	M	0.3	290	25	—	—	—
	Y		390	3			
BFe10-1-1	M	0.3	275	28	—	—	—
	Y		370	3			
BFe30-1-1	M	0.3	370	23	—	—	—
	Y		540	3			
BMn3-12	M	0.3	350	25	—	—	—
BMn40-1.5	M	0.3	390~590	实测数据	—	—	—
	Y		635				

- 注：1. 厚度超出规定范围的带材，其性能由供需双方商定。  
 2. 需方有要求并在合同中注明时，才进行硬度试验，但其结果仅供参考。  
 3. GB/T2059 2000 铜及铜合金带材代替 GB/T2059 1989、GB/T2071—1989、GB/T2060—1989、GB/T2062—1989、GB/T2066 1989、GB/T14595—1993、GB/T14596—1993，部分代替 GB/T14594—1993。

表 3.2-167 铜及铜合金带材弯曲试验和杯突值 (摘自 GB/T2059—2000)

牌 号	状 态	厚度/mm	弯曲角度	内 侧 半 径	
				紧密贴合	1 倍带厚
弯曲试验	T2、T3、TP1、TP2、1U1 TU2、H96、H90、H80 H70、H68、H65、H62	≤2	180°	1 倍带厚	1.5 倍带厚
				1 倍带厚	1.5 倍带厚
				0.5 倍带厚	1.5 倍带厚
	H59	≤2	180°	1 倍带厚	1.5 倍带厚
				90°	1.5 倍带厚
	QSn7-0.2、QSn6.5-0.4 QSn6.5-0.1、QSn4-3 QSn4-0.3	≥1	180°	1 倍带厚	1.5 倍带厚
				1.5 倍带厚	2 倍带厚
				2 倍带厚	2 倍带厚
	QSi3-1	≥1	180°	1 倍带厚	2 倍带厚
			90°	2 倍带厚	2 倍带厚
BZn15-20	Y、T	≥0.06	90°	2 倍带厚	
BMn40-1.5	M	≥1.0	180°	1 倍带厚	
	Y		90°		

牌 号	状 态	宽度/mm	冲头半径/mm	厚 度 /mm					
				>0.13~0.18	>0.18~0.30	>0.30~0.60	>0.60~1.20	>1.20~1.50	>1.50~2.00
T2、T3 TP1、TP2	软 (M)	≤90	4	3.4	3.8	4.0	—	—	—
		≥90	10	7.5	8.0	9.0	9.5	10.0	11.0



(续)

牌 号	状 态	冲头 半径 /mm	厚 度 /mm					
			>0.10~0.19	>0.19~0.29	>0.29~0.40	>0.40~0.60	>0.60~1.10	>1.10~1.50
			杯突深度/mm 不小于					
黄铜带杯突值	软 (M)	10	≥7.0	≥7.5	≥8.0	≥9.0	≥9.5	≥10.5
			≥7.0	≥7.5	≥8.5	≥9.0	≥10.5	≥11.0
			≥7.0	≥7.5	≥8.5	≥9.5	≥10.5	≥11.5
			≥8.0	≥9.0	≥9.5	≥10.5	≥11.5	≥12.0
			≥7.5	≥8.5	≥9.0	≥10.0	≥10.5	≥10.5
			≥6.5	≥7.5	≥8.5	≥9.5	≥10.0	≥10.5
H68 H65 H62	半硬 (Y <sub>2</sub> )	5.5~8.0	6.5~9.0	8.0~10.0	9.0~10.5	9.5~11.5	10.0~12.5	
		5.0~7.5	6.0~8.5	7.5~9.5	8.0~10.0	8.5~10.5	8.5~11.0	
		4.0~6.5	5.0~7.5	7.0~9.5	8.0~9.5	8.0~10.0	8.5~11.0	
H68 H65 H62	硬 (Y)	3.0~5.0	4.0~7.0	6.0~8.0	7.0~9.0	7.5~9.5	-	
		2.5~5.5	3.5~6.5	5.5~7.5	6.5~8.5	7.0~8.5	-	
		2.0~5.0	3.0~6.0	5.0~7.0	6.0~8.0	6.0~8.0	-	

注：需方如有要求，并在合同中注明时，可进行弯曲试验和杯突试验，试验结果符合本表规定。

表 3.2-168 铜及铜合金带材晶粒度 (摘自 GB/T2059-2000)

牌 号	状 态	晶 粒 度			
		级 别	公称粒度/mm	最小粒度/mm	最大粒度/mm
T2、T3、TP1、TP2 TU1、TU2	软 (M)	—	—	a	0.050
H70 H68 H65	软 (M)	A 级	0.015	a	0.025
		B 级	0.025	0.015	0.035
		C 级	0.035	0.025	0.050
		D 级	0.050	0.035	0.070

注：1. 需方有要求，并在合同中注明时，可进行软状态带材晶粒度检验，其结果应符合本表规定。  
2. 表中“a”是指完全再结晶后的的最小颗粒。

表 3.2-169 铜及铜合金带材的电性能 (摘自 GB/T2059-2000)

牌 号	电阻率 (20°C±1°C) $\rho/\Omega \cdot m$	电阻温度系数 (0~100°C) $\alpha/^\circ C^{-1}$	与铜的热电势 (0~100°C) $e/\mu V/^\circ C$
BMn3-12	$4.2 \times 10^{-7} \sim 5.2 \times 10^{-7}$	$\pm 6 \times 10^{-3}$	$\leq 1$
BMn40-1.5	$4.5 \times 10^{-7} \sim 5.2 \times 10^{-7}$	—	—
QMn1.5	$\leq 8.7 \times 10^{-8}$	$\leq 0.9 \times 10^{-3}$	—

注：需方如有要求，并在合同中注明时，可进行电性能试验，其结果应符合本表规定。

8.4.2 铝及铝合金热轧带材 (见表 3.2-170)

表 3.2-170 铝及铝合金热轧带材牌号、状态、规格及尺寸允许偏差 (摘自 GB/T16501-1996)

牌号状态 及规格	合金牌号	化学成 分规定	状 态	规格/mm			单卷重量 /kg
				厚 度	宽 度	卷内径	
	1070、1070A、1060、 1050、1050A、1035、 1200、1100、8A06、 3A21、3003、3004、 5A02、5005、50	符合 GB/T 3190 规定	F	2.5~8.0	640~1700 (切边供应宽度 1640mm)	500、 508、 510、 560、600、610	2000~11000
厚度允许 偏差 mm				宽 度			
				≤900	>900~1400	>1400~1700	
				厚度允许偏差 (±)			
	2.5~3.0	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.45
	>3.0~4.0	0.20	0.25	0.30	0.40	0.45	0.55

注：1. 要求偏差仅为“+”或“-”时，其值为本表数值的二倍。  
2. 带材切边供货时宽度允许偏差为±10mm。  
3. 不切边供货时，应在合同中注明，宽度偏差为±8mm。  
4. 切边时，带材边部应切齐，无裂边。  
5. 内外圈要点焊焊牢。  
6. 带材端面应整齐，错层不大于5mm，塔形不大于30mm (内五圈、外二圈除外)。  
7. 本表产品适用于非深冲用。食品工业用时在合同中注明“食用”，其砷、镉、铅含量各不大于0.01%。  
8. 标记示例：用1050A制造、热轧状态、厚度为5.0mm、宽度为1500mm的热轧带材，  
标记为：带1050A-F5.0×1500 GB/T16501-1996。

8.4.3 铝及铝合金冷轧带材 (见表 3.2-171~表 3.2-173)

表 3.2-171 铝及铝合金冷轧带材牌号、状态及规格 (摘自 GB/T8544-1997)

牌 号	状 态	规 格 /mm	
		厚 度	宽 度
1070、1050 1100、1200 1060	O	>0.2~6.0	60~2300
	H12、H22	>0.2~4.5	
	H14、H24	>0.2~4.0	
	H16、H26	>0.2~3.5	
	H18	>0.2~3.0	
2017、2024	O	0.4~4.0	60~1500
3003、3004	O、H12、H22、H14、H24、 H16、H26、H18、H49	>0.2~3.0	60~2000
3105	O、H14、H16、H12、H18	>0.2~3.0	60~2000
5005 5052	O	>0.2~6.0	60~2000
	H12、H22、H32	>0.2~4.0	
	H14、H24、H34、H16 H26、H36、H18、H19	>0.2~3.0	
5082	O	>0.2~3.0	60~1500
	H18、H38、H49、H39	>0.2~0.5	
5083	O、H22、H32	0.5~3.0	
6061	O	0.4~6.0	60~1500

- 注：1. 带材的化学成分应符合 GB/T3190 相应牌号的规定。  
 2. 用于食品器皿的带材应在合同中注明“食用”字样。铅、锡、砷每个元素的含量不得超过 0.01%。  
 3. 产品适用于一般用途，不适用于深冲、涂、漆及 PS 版基材等特殊要求的铝及铝合金冷轧带材。  
 4. 标记示例：用 1070 合金制成的，H14 状态、厚度 1.0mm、宽度 1200mm 带材，  
 标记为：带 1070-H14 1.0×1200 GB/T8544-1997。

表 3.2-172 铝及铝合金冷轧带材厚度允许偏差 (摘自 GB/T8544-1997) (mm)

牌 号	厚 度	宽 度				
		≤450	>450~900	>900~1400	>1400~1800	>1800~2300
		允 许 偏 差				
1070 1060 1050 1100 1200 3003 3105 5005	>0.20~0.25	±0.03	±0.04	±0.05	—	—
	>0.25~0.45	±0.04	±0.04	±0.05	—	—
	>0.45~0.70	±0.04	±0.05	±0.06	±0.08	—
	>0.70~0.90	±0.05	±0.05	±0.06	±0.09	±0.13
	>0.90~1.10	±0.05	±0.06	±0.08	±0.10	±0.13
	>1.10~1.70	±0.06	±0.08	±0.10	±0.13	±0.15
	>1.70~1.90	±0.06	±0.08	±0.10	±0.15	±0.20
	>1.90~2.40	±0.08	±0.08	±0.10	±0.15	±0.20
	>2.40~2.70	±0.09	±0.10	±0.13	±0.18	±0.23
	>2.70~3.60	±0.11	±0.11	±0.13	±0.18	±0.23
2017 2024 3004 5052 5082 5083 6061	>3.60~4.50	±0.15	±0.15	±0.20	±0.23	±0.28
	>4.50~5.00	±0.18	±0.18	±0.23	±0.28	±0.33
	>5.00~6.00	±0.23	±0.23	±0.28	±0.33	±0.38
	>0.20~0.25	±0.03	±0.04	±0.06	—	—
	>0.25~0.45	±0.04	±0.04	±0.09	—	—
	>0.45~0.70	±0.04	±0.05	±0.09	±0.10	—
	>0.70~0.90	±0.05	±0.05	±0.10	±0.13	±0.15
	>0.90~1.10	±0.05	±0.06	±0.10	±0.13	±0.15
	>1.10~1.70	±0.06	±0.08	±0.13	±0.15	±0.18
	>1.70~1.90	±0.08	±0.08	±0.13	±0.15	±0.18
5082 5083 6061	>1.90~2.40	±0.09	±0.09	±0.13	±0.15	±0.18
	>2.40~2.70	±0.10	±0.10	±0.13	±0.18	±0.20
	>2.70~3.20	±0.11	±0.11	±0.13	±0.18	±0.20
	>3.20~3.60	±0.11	±0.11	±0.13	±0.18	±0.23
	>3.60~4.50	±0.15	±0.15	±0.20	±0.23	±0.28
	>4.50~5.00	±0.18	±0.18	±0.25	±0.30	±0.36
>5.00~6.00	±0.23	±0.23	±0.28	±0.36	±0.46	

注：当厚度允许偏差只取正值或负值时，其值是表中数值之两倍。

表 3.2-173 铝及铝合金冷轧带材室温力学性能 (摘自 GB/T8544—1997)

牌 号	状 态	厚 度 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例 伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) (50mm)
1070 1060	O	>0.2~0.3	55~95	—	≥15
		>0.3~0.5		—	≥20
		>0.5~0.8		—	≥25
		>0.8~1.3		—	≥30
		>1.3~6.0		—	≥35
H12 或 H22	>0.2~0.3	70~110	—	≥2	
	>0.3~0.5		—	≥4	
	>0.5~0.8		—	≥5	
	>0.8~1.3		>55	≥6	
	>1.3~2.9		>55	≥8	
>2.9~4.5	>55	≥9			
H14 或 H24	>0.2~0.3	85~120	—	≥1	
	>0.3~0.5		—	≥2	
	>0.5~0.8		—	≥3	
	>0.8~1.3		>65	≥4	
	>1.2~2.9		>65	≥5	
>2.9~4.0	>65	≥6			
H16 或 H26	>0.2~0.5	100~135	—	≥1	
	>0.5~0.8		—	≥2	
	>0.8~1.3		>75	≥3	
	>1.3~3.0		>75	≥4	
	H18		≥120	—	≥1
>0.5~0.8	—	—	≥2		
>0.8~1.3	—	—	≥3		
>1.3~1.5	—	—	≥4		
1050	O	>0.2~0.5	60~100	—	≥15
		>0.5~0.8		—	≥20
		>0.8~1.3		—	≥25
		>1.3~6.0		—	≥30
		H12 或 H22		>0.2~0.3	80~120
>0.3~0.5	—	≥3			
>0.5~0.8	—	≥4			
>0.8~1.3	>65	≥6			
>1.3~2.9	>65	≥8			
>2.9~4.5	>65	≥9			
H14 或 H24	>0.2~0.3	95~125	—	≥1	
	>0.3~0.5		—	≥2	
	>0.5~0.8		—	≥3	
	>0.8~1.3		>75	≥4	
	>1.3~2.9		>75	≥5	
>2.9~4.0	>75	≥6			
H16 或 H26	>0.2~0.5	120~145	—	≥1	
	>0.5~0.8		—	≥2	
	>0.8~1.3		>85	≥3	
	>1.3~3.0		>85	≥4	
	H18		>0.2~0.5	≥125	—
>0.5~0.8	—	—	≥2		
>0.8~1.3	—	—	≥3		
>1.3~1.5	—	—	≥4		
1100 1200	O	>0.2~0.5	75~110		—
		>0.5~0.8		—	≥20
		>0.8~1.3		—	≥25
		>1.3~6.0		—	≥30
		H12 或 H22		>0.2~0.3	95~125
>0.3~0.5	—	≥3			
>0.5~0.8	—	≥4			
>0.8~1.3	>75	≥6			
>1.3~2.9	>75	≥8			
>2.9~4.5	>75	≥9			

(续)

牌 号	状 态	厚 度 /mm	抗拉强度 $\sigma$ /MPa	规定非比例 伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) (50mm)
1100 1200	H14 或 H24	>0.2~0.3 >0.3~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~2.9 >2.9~4.0	120~145	— — — >95 >95 >95	≥1 ≥2 ≥3 ≥4 ≥5 ≥6
	H16 或 H26	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~3.0	135~165	— — ≥120 ≥120	≥1 ≥2 ≥3 ≥4
	H18	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~1.5	>155	— — — —	≥1 ≥2 ≥3 ≥4
2017	O	0.4~0.5 >0.5~6.0	≤215	— ≤110	≥12 ≥12
2024	O	0.4~0.5 >0.5~6.0	≤215	— ≤95	≥12 ≥12
3003	O	>0.2~0.3 >0.3~0.8 >0.8~1.3 >1.3~6.0	95~125	— — ≥35 ≥35	≥18 ≥20 ≥23 ≥25
	H12 或 H22	>0.2~0.3 >0.3~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~2.9 >2.9~1.5	120~155	— — — ≥85 ≥85 ≥85	≥2 ≥3 ≥4 ≥5 ≥6 ≥7
	H14 或 H24	>0.2~0.3 >0.3~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~2.9 >2.9~4.0	135~175	— — — ≥120 ≥120 ≥120	≥1 ≥2 ≥3 ≥4 ≥5 ≥6
	H16 或 H26	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~3.0	165~205	— — ≥145 ≥145	≥1 ≥2 ≥3 ≥4
	H18	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~1.5	≥185	— — ≥165 ≥165	≥1 ≥2 ≥3 ≥4
3004	O	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~6.0	155~195	— — ≥60 ≥60	≥10 ≥14 ≥16 ≥18
	H12 或 H32	>0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~4.5	195~245	— — ≥145 ≥145	≥3 ≥4 ≥5
	H14 或 H34	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~4.0	225~265	— — ≥175 ≥175	≥1 ≥3 ≥3 ≥4
	H16 或 H36	>0.2~0.5 >0.5~0.8 >0.8~1.3 >1.3~3.0	245~285	— — ≥195 ≥195	≥1 ≥2 ≥3 ≥4
	H18 或 H38	>0.2~0.5	≥265	≥215	≥1

(续)

牌 号	状 态	厚 度 /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	规定非比例 伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) (50mm)	
3105	O	$>0.2\sim0.5$	95~145	$\leq 35$	$\geq 16$	
		$>0.5\sim0.8$		$\geq 35$	$\geq 19$	
		$>0.8\sim1.3$		$\geq 35$	$\geq 20$	
		$>1.3\sim3.0$		$\geq 35$	$\geq 20$	
	H12 或 H22	$\geq 0.3\sim0.8$ $>0.8\sim1.6$	126~175	$\geq 110$	$\geq 1$ $\geq 2$	
5005	H14 或 H24	$\geq 0.3\sim0.8$ $>0.8\sim1.6$	155~195	$\geq 125$ $\geq 125$	$\geq 1$ $\geq 2$	
		H16 或 H26	$\geq 0.3\sim0.8$ $>0.8\sim1.6$	175~225	— $\geq 145$	$\geq 1$ $\geq 2$
	H18		$>0.2\sim0.5$ $>0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.6$	$\geq 190$	$\geq 165$ $\geq 165$ $\geq 165$	$\geq 1$ $\geq 1$ $\geq 2$
5005		O	110~145	$\geq 0.5\sim0.8$	—	$\geq 18$
	$>0.8\sim1.3$			$\geq 35$	$\geq 20$	
	$>1.3\sim2.9$			$\geq 35$	$\geq 21$	
	$>2.9\sim6.0$			$\geq 35$	$\geq 22$	
	H12 或 H22 H32	$\geq 0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.3$ $>1.3\sim2.9$ $>2.9\sim4.0$	120~155	— $\geq 85$ $\geq 85$ $\geq 85$	$\geq 3$ $\geq 4$ $\geq 6$ $\geq 7$	
5052	H14 或 H24 H34	$\geq 0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.3$ $>1.3\sim2.9$ $>2.9\sim4.0$	135~175	— $\geq 110$ $\geq 110$ $\geq 110$	$\geq 1$ $\geq 2$ $\geq 3$ $\geq 5$	
		H16 或 H26 H36	$\geq 0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.3$ $>1.3\sim4.0$	155~195	— $\geq 125$ $\geq 125$	$\geq 1$ $\geq 2$ $\geq 3$
5052	H18 或 H38		$\geq 0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.3$ $>1.3\sim3.0$	$\geq 175$	— —	$\geq 1$ $\geq 2$ $\geq 3$
		5052	O	175~215	$>0.2\sim0.3$	—
$>0.3\sim0.5$	—				$\geq 15$	
$>0.5\sim0.8$	—				$\geq 16$	
$>0.8\sim1.3$	$\geq 65$				$\geq 18$	
$>1.3\sim2.9$	$\geq 65$				$\geq 19$	
$>2.9\sim4.5$	$\geq 65$		$\geq 20$			
5052	H12 或 H22 H32	$>0.2\sim0.3$ $>0.3\sim0.5$ $>0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.3$ $>1.3\sim2.9$ $>2.9\sim4.5$	215~265	— — — $\geq 155$ $\geq 155$ $\geq 155$	$\geq 3$ $\geq 4$ $\geq 5$ $\geq 5$ $\geq 7$ $\geq 9$	
		H14 或 H24 H34	$>0.2\sim0.5$ $>0.5\sim0.8$ $>0.8\sim1.3$ $>1.3\sim2.9$ $>2.9\sim4.0$	235~285	— $\geq 175$ $\geq 175$ $\geq 175$	$\geq 3$ $\geq 4$ $\geq 4$ $\geq 6$ $\geq 7$
5082	H16 或 H26、 H36		$>0.2\sim0.8$ $>0.8\sim4.0$	255~305	$\geq 205$	$\geq 3$ $\geq 4$
		H18 H38	$>0.2\sim0.8$ $>0.8\sim3.0$	$\geq 275$	— $\geq 225$	$\geq 3$ $\geq 4$
	II19、H39		$>0.2\sim0.5$	$\geq 285$	—	$\geq 1$
5082	II18、H38	$>0.2\sim0.5$	$\geq 335$	—	$\geq 1$	
	H19、H39	$>0.2\sim0.5$	$\geq 335$	—	$\geq 1$	
5083	O	$\geq 0.5\sim0.8$ $>0.8\sim4.0$	275~355	— $\geq 125$	$\geq 16$ $\geq 16$	
		H22 或 H32	$\geq 0.5\sim0.8$ $>0.8\sim2.9$ $>2.9\sim4.0$	315~375 315~375 305~380	— 235~305 215~295	$\geq 8$ $\geq 8$ $\geq 12$
6061	O		$0.4\sim0.5$ $>0.5\sim2.9$	$\leq 145$	$\leq 85$ $\leq 85$	$\geq 14$ $\geq 16$

注：1. 对于表中未规定室温拉伸性能要求者，需方要求做拉伸试验时，由供需双方协商决定，并在合同中注明。  
2. 抗拉强度的上限值和规定非比例伸长应力不适用于状态为 H22、H24、H26 的带材。

## 8.5 箔材

## 8.5.1 纯铜箔 (见表 3.2-174、表 3.2-175)

表 3.2-174 纯铜箔的牌号、供应状态及规格 (摘自 GB/T5187—1985) (mm)

牌 号	供 应 状 态	厚 度	宽 度	长 度 $\geq$
T1, T2, T3	硬 (Y)	0.008~0.020	40~120	5000
	硬 (Y)、软 (M)	0.030~0.050	40~150	

注: 1. 牌号的化学成分应符合 GB/T5231—2001 的规定。

2. 厚度为 0.010~0.050mm 的硬 (Y) 状态纯铜箔, 抗拉强度不小于 320MPa。

3. 标记示例: 用 T2 制造的硬状态较高精度, 厚度为 0.020mm, 宽度为 100mm 的铜箔, 标记为: 箔 T2Y 较高精度 0.020  $\times$  100GB/T5187—1985。

表 3.2-175 纯铜箔材的尺寸及其允许偏差 (摘自 GB/T5187—1985) (mm)

厚 度	厚度允许偏差		宽 度	宽度允许偏差	理论重量/ $g \cdot m^{-2}$ (密度 8.9)
	普通精度	较高精度			
0.008	-0.001		40, 50, 60, 80, 100, 120	±0.5	71.2
0.010	±0.002	—			89.0
0.012					106.8
0.015					133.5
0.020	+0.002 -0.004	+0.002 -0.003	40, 50, 60, 80, 100, 120, 150	±0.5	178.0
0.030	+0.003 -0.007	+0.002 -0.006			267.0
0.040					356.0
0.050					445.0

注: 1. 经双方协议, 可供应其他规格和允许偏差的箔材。

2. 合同中未注明精度等级时, 按普通精度供应。

## 8.5.2 黄铜箔 (见表 3.2-176、表 3.2-177)

表 3.2-176 黄铜箔的牌号、供应状态及规格 (摘自 GB/T5188—1985) (mm)

牌 号	供应状态	厚 度	宽 度	长 度 $\geq$
H62, H68	硬 (Y)	0.010	40~100	5000
		0.012~0.020	40~120	
	硬 (Y)、软 (M)	0.030~0.050	40~150	

注: 1. 牌号的化学成分应符合 GB/T5231—2001 相应牌号的规定。

2. 标记示例: 用 H62 制造的、硬状态、普通精度, 厚度 0.010mm, 宽度为 100mm 的黄铜箔, 标记为: 箔 H62Y 普通精度 0.010  $\times$  100 GB/T5188—1985。

表 3.2-177 黄铜箔材的尺寸及允许偏差 (摘自 GB/T5188—1985) (mm)

厚 度	厚度允许偏差		宽 度	宽度允许偏差	理论重量/ $g \cdot m^{-2}$ (密度 8.5)
	普通精度	较高精度			
0.010	±0.002	—	40, 50, 60, 80, 100	±0.5	85.0
0.012					102.0
0.015					127.5
0.020	+0.002 -0.004	+0.002 -0.003	40, 50, 60, 80, 100, 120	±0.5	170.0
0.030	+0.003 -0.007	+0.002 -0.006			255.0
0.040					340.0
0.050					425.0

注: 1. 经双方协议, 可供应其他规格和允许偏差的箔材。

2. 合同中未注明精度等级时, 按普通精度供应。

8.5.3 青铜箔 (见表 3.2-178、表 3.2-179)

表 3.2-178 青铜箔的牌号、供应状态及规格 (摘自 GB/T5189-1985) (mm)

牌 号	供应状态	厚 度	宽 度	长 度 $\geq$
QSn6.5-0.1, QSi3-1	硬 (Y)	0.005~0.008	40~80	5000
		0.010~0.020	40~100	
		0.030~0.050	40~200	

注: 1. 牌号的化学成分应符合 GB/T5231-2001 的规定,

2. 厚度为 0.030~0.050mm 的箔材 (硬), 抗拉强度不小于 600MPa

3. 标记示例: 用 QSn6.5-0.1 制造, 硬状态, 普通精度, 厚度为 0.008mm, 宽度为 100mm 的青铜箔, 标记为: 箔 QSn6.5-0.1Y 普通精度 0.008×100 GB/T5189-1985.

表 3.2-179 青铜箔材的尺寸及其允许偏差 (摘自 GB/T5189-1985) (mm)

厚度	厚度允许偏差		宽度	宽度允许偏差
	普通精度	较高精度		
0.005	±0.001	-	40, 50	±0.5
0.008	+0.001	-	60, 80	
	-0.002	-		
0.010	-	-	40, 50, 60, 80, 100	
0.012	+0.002	-0.002		
0.015	-0.004	-0.003		
0.020	-	-	40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200	
0.030	+0.003 -0.004	±0.003		
0.040	+0.004 -0.005	±0.004		

注: 1. 经双方协议, 可供应其他规格和允许偏差的箔材.

2. 合同中未注明精度等级时, 按普通精度供应.

8.5.4 镍及白铜箔 (见表 3.2-180、表 3.2-181)

表 3.2-180 镍及白铜箔的牌号、状态及规格 (摘自 GB/T5190-1985) (mm)

牌号	供应状态	厚 度	宽 度	长 度
N2, N4, N6 BZn15-20 BMn40-1.5	硬 (Y)	0.005	40~80	不小于 5000
		0.008~0.020	40~100	
	硬 (Y)、 软 (M)	0.030~0.050	40~200	

表 3.2-181 镍及白铜箔的尺寸及其允许偏差 (摘自 GB/T5190-1985) (mm)

厚 度	厚度允许偏差		宽 度	宽度允许偏差
	普通精度	较高精度		
0.005	±0.001	-	40, 50, 60, 80	±0.5
0.008	+0.001	-	40, 50, 60, 80, 1000	
	-0.002	-		
0.010	-	-	40, 50, 60, 80, 100	
0.012	±0.002	-		
0.015	-	-		
0.020	+0.002	+0.002	40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200	
0.030	-0.004	+0.003		
0.040	+0.003 -0.005	+0.003 -0.004		

注: 1. 经双方协议, 可供应其他规格和允许偏差的箔材.

2. 合同中未注明精度等级时, 按普通精度供应.

3. 镍及白铜箔材的化学成分应符合 GB/T5231-2001 及 GB/T5235-1985 中相应牌号的规定.

8.5.5 锡、铅及其合金箔和锌箔 (见表 3.2-182、表 3.2-183)

表 3.2-182 锡、铅及合金、锌箔材的牌号、状态及规格 (摘自 GB/T5191-1985) (mm)

牌 号	供应状态	厚 度	宽 度	长 度
Sn1, Sn2, Sn3 SnSb1.5, SnSb2.5 SnPb12-1.5 SnPb13.5-2.5 Pb2, Pb3, Pb4, Pb5 PbSn3.5 PbSn2-2 PbSn4.5-2.5 PbSn6.5 Zn2, Zn3	轧制状态	0.015~0.050	100	不小于 5000

表 3.2-183 锡、铅及合金、锌箔的尺寸及允许偏差 (摘自 GB/T5191-1985) (mm)

产品 名称	厚 度	厚度允许偏差		宽 度	宽度允许偏差
		普通精度	较高精度		
锡、 铅及 合金箔	0.010 0.015 0.020	±0.002	-	100	±1
	0.030 0.040 0.050	±0.005	+0.004 -0.005		
	0.010 0.012 0.015	±0.002	-		
	0.020 0.030	+0.003 -0.004	±0.003		
	0.040 0.050	+0.003 -0.006	+0.003 -0.005		

注: 1. 经双方协议, 可供应其他规格和允许偏差的箔材.

2. 合同中未注明精度等级时, 按普通精度供应.

3. 铅、锡及其合金箔、锌箔的化学成分应符合 GB/T5191-1985 中相应牌号的规定.

8.5.6 精制铝箔 (见表 3.2-184~表 3.2-187)

表 3.2-184 精制铝箔的牌号、状态及分类 (摘自 GB/T10570 1989)

牌 号	状 态	分 类
L1、L2、L3、 L4、L5	M、Y	压花铝箔、贴花铝箔、印刷 铝箔、涂层铝箔、复合铝箔

表 3.2-185 精制铝箔的厚度及允许偏差 (摘自 GB/T10570-1989)

精制用铝箔厚度 /mm	精制用铝箔厚度允许偏差 (%) ≤	
	普精级	高精级
≤0.012	±15	±10
>0.012	±13	±10

表 3.2-186 精制铝箔的尺寸及允许偏差 (摘自 GB/T10570-1989) (mm)

形 状	宽 度	卷外径
卷	20~1300	150~1000
平张	30~1300	—

注：平张交货的精制铝箔长度由供需双方协商决定。

表 3.2-187 精制铝箔的允许偏差 (摘自 GB/T10570-1989)

形 状	宽度偏差		长度偏差	卷径偏差
	/mm ≤			
卷	±1.0		—	±10.0
平张	±1.0		±2.0	—

注：精制铝箔的化学成分应符合 GB/T3190 中相应牌号的规定。用于食品包装的铝箔中铅、镉、砷含量(质量分数)不应大于 0.01%。

表 3.2-189 铝合金箔室温力学性能 (摘自 GB/T3614-1999)

牌 号	状 态	厚度/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) $L_0=100\text{mm} \geq$
2A11	O	0.03~0.04	≤195	1.5
		0.05~0.20	≤195	3.0
2A12	H18	0.03~0.04	≥205	—
		0.05~0.20	≥215	—
3A21	O	0.03~0.04	≤195	1.5
		0.05~0.20	≤205	3.0
3003	H18	0.03~0.04	≥225	—
		0.05~0.20	≥245	—
5A02	O	0.03~0.20	85~138	8
		0.05~0.20	130~180	1
		0.10~0.20	≥180	—
5052	O	0.30~0.10	100~140	10
		>0.10~0.20	100~140	15
		0.05~0.20	140~190	6
4A13	H16/26	0.10~0.20	≥180	—
		0.03~0.05	≤195	—
		>0.05~0.20	≥255	4
5082、5083	O	0.10~0.20	≥255	—
		0.03~0.20	175~225	15
		0.05~0.20	250~300	3
5082、5083	H18、H38	0.10~0.20	≥320	—
		0.03~0.20	—	—

注：1. 4A13、5082、5083 力学性能由供需双方协商决定，并在合同中注明。

2. 箔材适于电声器件、蜂窝结构、电暖、装饰等工业部门之用。

8.5.7 铝合金箔 (见表 3.2-188、表 3.2-189)

表 3.2-188 铝合金箔牌号、状态及规格 (摘自 GB/T3614-1999)

牌 号	状 态	规 格 /mm	
		厚 度	宽 度
2A11、2A12	O、H18	0.03~0.20	50~1000
		0.03~0.20	
3A21、3003	H14/24	0.05~0.20	
		H16/26	
5A02、5052	O	0.03~0.20	
		H14/24	
4A13	H16/26	0.10~0.20	
		O、H18	
5082、5083	O、H18/38	0.10~0.20	

注：1. 合金箔牌号的化学成分符合 GB/T3190-1996 的规定。

2. 铝合金箔的厚度允许偏差：厚度 0.030~0.050mm、>0.050~0.100mm、>0.100~0.200mm，厚度允许偏差分别为厚度的 ±10%、±8%、±6%。

3. 铝合金箔的宽度允许偏差：宽度 ≤500mm，宽度允许偏差 ±0.5mm；宽度 >500mm，宽度允许偏差 ±1.0mm。

4. 标记示例：用 3003 制造的 O 状态、厚度 0.03mm、宽度 300mm 的铝合金箔，标记为：铝合金箔 3003—O 0.03×300 GB/T3614-1999。



8.5.8 电解电容器用铝箔 (见表 3.2-190、表 3.2-191)

表 3.2-190 电解电容器用铝箔的牌号、状态及规格 (摘自 GB/T3615-1999)

用途	牌 号	状 态	厚 度 /mm	宽 度 /mm
阳极	1A85、1A90、1A93、1A95、1A97、1A90	O、H19	0.05~0.20	50~1080
阴极	1070A、3003		0.02~0.08	

- 注: 1. O 状态为空气气氛退火, 真空气氛退火应在合同中注明。  
 2. 牌号的化学成分应符合 GB/T3190-1996 的规定。  
 3. 标记示例: 用 1A97 制造的 H19 状态, 厚度 0.09mm、宽度 500mm 的铝箔, 标记为: 铝箔 1A97-H19 0.09×500 GB/T3415-1999

表 3.2-191 电解电容器铝箔厚度、宽度及其允许偏差 (摘自 GB/T3615-1999)

厚度 /mm	厚度允许偏差	宽度允许偏差/mm	
	厚度的百分数 (%)	<500	>500~1080
	±8	±0.5	±1.0
	±6		

- 注: 1. 箔材缠绕在内径 75<sup>+0.3</sup>mm 的铝管上, 管长度允许偏差为 ±5mm。  
 2. 箔卷典型外径为 180mm ± 10mm、230mm ± 10mm、300mm ± 10mm、350mm ± 10mm、400mm ± 10mm、450mm ± 20mm, 外径尺寸应在合同中注明。  
 3. 需方要求时, 在合同中注明, 方可测定力学性能, 提供的力学性能为参考值。

8.6 线材

8.6.1 纯铜线 (见表 3.2-192)

表 3.2-192 纯铜线牌号、尺寸规格及力学性能 (摘自 GB/T14953-1994)

直径及其允许偏差	直径/mm		0.02~0.10	>0.10~0.50	>0.50~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0
	允许偏差 (±) /mm	较高级 普通级	0.003 0.005	0.010 0.015	0.015 0.020	0.020 0.030	0.025 0.040
力学性能	牌 号		状 态	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) $l_0=100$ mm	
	T2、T3		M	0.1~0.3	196	15	
				>0.3~1.0	196	20	
				>1.0~2.5	205	25	
				>2.5~6.0	205	30	
	T2、T3		Y	0.1~2.5	360	—	
>2.5~6.0				365	—		

- 注: 1. 本表产品适于机械、化工和电子等工业部门之用。  
 2. 线材偏差等级应在合同中注明, 否则按普通级供货。  
 3. 需方要求单向偏差时, 允许偏差为本表数值之 2 倍。  
 4. ≤3mm 之线材圆度不超出直径允差之半; >3mm 之线材圆度不超出直径允许偏差。  
 5. 纯铜线的牌号还有无氧铜 Tu1、Tu2, 其供应状态为 M 和 Y, 直径范围 0.05~6.0mm, 纯铜线牌号化学成分应符合 GB/T5231-2001 的规定。  
 6. 标记示例: 用 T2 制造、硬状态、较高精度、直径 1.0mm 线材, 标记为: 线 T2Y 较高级 1.0 GB/T14953-1994。

8.6.2 铜及铜合金扁线 (见表 3.2-193、表 3.2-194)

表 3.2-193 铜及铜合金扁线牌号、尺寸规格及允许偏差 (摘自 GB/T3114-1994) (mm)

扁线牌号、状态及规格	牌 号	状 态	规格 (厚度×宽度)	
		T2	软 (M)、硬 (Y)	0.5~6.0×0.5~15.0
	H62、H65、H68	软 (M)、半硬 (Y2)、硬 (Y)	0.5~6.0×0.5~12.0	
	QSn6.5-0.1、QSn6.5-0.4	软 (M)、半硬 (Y2)、硬 (Y)	0.5~6.0×0.5~12.0	
	QSn4-3、QSi3-1	硬 (Y)	0.5~6.0×0.5~12.0	
线材规格及允许偏差	牌 号	允许偏差 (±)		
		规格 (对边距离)	普通级	较高级
		>0.5~1.0	±0.02	±0.015
		>1.0~3.0	±0.04	±0.03
		>3.0~6.0	±0.05	±0.04
		>6.0~10.0	±0.07	±0.05
		>10.0	±0.10	±0.07

(续)

线材规格及 允许偏差	牌 号	允许偏差 (±)		
		规格 (对边距离)	普通级	较高级
		0.5~1.0	±0.03	±0.02
T2 QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4 QSn4-3、QSn3-1	>1.0~3.0	±0.06	±0.04	
	>3.0~6.0	-0.08	±0.05	
	>6.0~10.0	±0.10	±0.07	
	>10.0	-0.20	±0.10	

- 注：1. 扁线偏差等级应在合同中注明，否则按普通级供应。  
 2. 扁线不应相拧，扁线厚度的单向公差不应超出允许偏差的数值。  
 3. 需方要求单向偏差时其值为表中数值的2倍。  
 4. 扁线的厚度之比小于等于1:7。  
 5. 扁线宽度0.5~5.0mm，侧面弯曲度不大于10mm/m；宽度大于5.0mm扁线侧面弯曲度不大于15mm/m。  
 6. 标记示例：用T2拉制、厚度为1.02mm，宽度为4mm，较高精度软线，标记为：扁线T2M 较高1.02×4GB/T3114-1994。

表 3.2-194 铜及铜合金扁线室温力学性能 (摘自 GB/T3114-1994)

牌 号	状 态	规格 (对边距离) /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) ( $L_0=100\text{mm}$ )
				$\geq$
T2	M	0.5~15.0	175	25
	Y	0.5~15.0	325	—
H62	M	0.5~12.0	295	25
	Y <sub>2</sub>	0.5~12.0	345	10
	Y	0.5~12.0	460	—
H65 H68	M	0.5~12.0	245	28
	Y <sub>2</sub>	0.5~12.0	295	12
	Y	0.5~12.0	440	—
QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.1	M	0.5~12.0	370	30
	Y <sub>2</sub>	0.5~12.0	390	10
	Y	0.5~12.0	540	—
QSn4-3、QSi3-1	Y	0.5~12.0	735	—

- 注：1. 半硬线应进行不少于3次的反复弯曲试验；硬线不少于2次的反复弯曲试验。  
 2. 线材的化学成分应符合 GB/T5231-2001 相应牌号的规定。

## 8.6.3 黄铜线 (见表 3.2-195~表 3.2-198)

表 3.2-195 黄铜线尺寸及允许偏差 (摘自 GB/T14954-1994) (mm)

制锁、制 钟用圆线 直径及其 允许偏差	直 径		0.5~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0		
	允许偏差 (±)	较高级	0.005	0.010	0.010		
		普通级	0.015	0.020	0.025		
其他用 圆线直 径及其 允许偏差	直 径		0.05~0.1	>0.1~0.5	>0.5~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0
	允许偏差 (±)	较高级	0.003	0.010	0.015	0.020	0.025
		普通级	0.005	0.015	0.020	0.030	0.040
方形、六 角形线 材直径 及其允 许偏差	直 径		$\leq 3.0$		$> 3.0 \sim 6.0$		
	允许偏差 (±)	较高级	0.03		0.04		
		普通级	0.06		0.08		

- 注：1. 方形、六角形线材直径指内切圆直径，即两平行边间的距离。  
 2. 偏差等级应在合同中注明，否则按普通级供应。  
 3. 需方要求单向偏差时，其数值为本表数值2倍。  
 4. 线材直径 $\leq 3\text{mm}$ 时，圆度不超出直径允差之半；直径 $> 3\text{mm}$ 时，其圆度不超出直径允许偏差。  
 5. GB/T14954-1994 代替 GB/T3110~GB/T3112-1982、GB/T3130-1982、GB/T3133-1982。

表 3.2-196 制锁和制钟用黄铜线室温力学性能 (摘自 GB/T14954 1994)

牌 号	状 态	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)( $L_0=100\text{mm}$ )	维氏硬度(参考值)(HV)
H62	Y <sub>2</sub>	1.0~3.0	245~540	≥8	—
HPb63-3	Y	0.5~6.0	540~685	—	160~180
	T	0.5~6.0	590~735	—	180~200
HPb59-1	Y <sub>2</sub>	0.5~6.0	390~590	≥6	140~160
	Y	0.5~6.0	540~685	—	160~180
	T	0.5~6.0	590~735	—	180~200

注: 维氏硬度仪作为钟用黄铜线的参考值。

表 3.2-197 黄铜线室温力学性能 (摘自 GB/T14954—1994)

牌 号	状 态	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)( $L_0=100\text{mm}$ )	反复弯曲次数
H68	M	0.05~0.25	≥375	≥18	—
		>0.25~1.0	≥355	≥25	
		>1.0~2.0	≥335	≥30	
		>2.0~4.0	≥315	≥35	
		>4.0~6.0	≥295	≥40	
	Y <sub>2</sub>	0.05~0.25	≥410	—	
		>0.25~1.0	≥390	≥5	
		>1.0~2.0	≥375	≥10	
		>2.0~4.0	≥355	≥12	
		>4.0~6.0	≥345	≥14	
H68	Y <sub>1</sub>	0.05~0.25	540~735	—	—
		>0.25~1.0	490~685	—	
		>1.0~2.0	440~635	—	
		>2.0~4.0	390~590	—	
		>4.0~6.0	345~540	—	
	Y	0.05~0.25	725~930	—	
		>0.25~1.0	685~885	—	
		>1.0~2.0	635~835	—	
		>2.0~4.0	590~785	—	
		>4.0~6.0	540~735	—	
H65	M	0.05~0.25	≥335	≥18	—
		>0.25~1.0	≥325	≥24	
		>1.0~2.0	≥315	≥28	
		>2.0~4.0	≥305	≥32	
		>4.0~6.0	≥295	≥35	
	Y <sub>2</sub>	0.05~0.25	≥410	—	
		>0.25~1.0	≥400	≥4	
		>1.0~2.0	≥390	≥7	
		>2.0~4.0	≥380	≥10	
		>4.0~6.0	≥375	≥13	
Y <sub>1</sub>	0.05~0.25	540~735	—		
	>0.25~1.0	490~685	—		
	>1.0~2.0	440~635	—		
	>2.0~4.0	390~590	—		
	>4.0~6.0	375~570	—		
Y	0.05~0.25	685~885	—		
	>0.25~1.0	635~835	—		
	>1.0~2.0	590~785	—		
	>2.0~4.0	540~735	—		
	>4.0~6.0	490~685	—		
H62	M	0.05~0.25	≥345	≥18	—
		>0.25~1.0	≥335	≥22	
		>1.0~2.0	≥325	≥26	
		>2.0~4.0	≥315	≥30	
		>4.0~6.0	≥315	≥34	
	Y <sub>2</sub>	0.05~0.25	≥430	—	
		>0.25~1.0	≥410	≥4	
		>1.0~2.0	≥390	≥7	
		>2.0~4.0	≥375	≥10	
		>4.0~6.0	≥355	≥12	

(续)

牌号	状态	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) ( $L_0=100\text{mm}$ )	反复弯曲次数		
H62	Y <sub>1</sub>	0.05~0.25	590~785	—	—		
		>0.25~1.0	540~735	—			
		>1.0~2.0	490~685	—			
		>2.0~4.0	440~635	—			
		>4.0~6.0	390~590	—			
	Y	0.05~0.25	785~980	—	≥4		
		>0.25~1.0	685~885	—			
		>1.0~2.0	635~835	—			
		>2.0~4.0	590~785	—			
		>4.0~6.0	540~735	—			
HSn62-1 HSn60 1	M	0.5~2.0	≥315	≥15	—		
		>2.0~4.0	≥305	≥20			
		>4.0~6.0	≥295	≥25			
	Y	0.5~2.0	590~835	—			
		>2.0~4.0	540~785	—			
		>4.0~6.0	490~735	—			
HPb63-3	M	0.5~2.0	≥305	≥32	—		
		>2.0~4.0	≥295	≥35			
		>4.0~6.0	≥285	≥35			
	Y <sub>2</sub>	0.5~2.0	390~610	≥3			
		>2.0~4.0	390~600	≥4			
		>4.0~6.0	390~590	≥4			
	Y	0.5~6.0	570~735	—			
		HPb59-1	M	0.5~2.0		≥345	≥25
				>2.0~4.0		≥335	≥28
>4.0~6.0	≥325			≥30			
Y <sub>2</sub>	0.5~2.0		390~590	—			
	>2.0~4.0		390~590	—			
	>4.0~6.0		375~735	—			
Y	0.5~2.0	490~735	—				
	>2.0~4.0	490~685	—				
	>4.0~6.0	440~635	—				

注：标记示例：用 H68 合金制造、硬状态、较高精度直径 3.0mm 的线材，  
标记为：线 H68Y 较高 3.0 GB/T14954—1994。

表 3.2-198 黄铜线的牌号、状态及应用 (摘自 GB/T14954—1994)

牌号	状态	直径/mm	应用
H65、H68	软 (M), 半硬 (Y <sub>2</sub> ), 3/4 硬 (Y <sub>1</sub> ), 硬 (Y)	0.05~6.0	制造各种零件
H62			作焊料、制钟零件及其他零件
HSn60-1、HSn62-1	软 (M)、硬 (Y)	0.05~6.0	制造抗蚀零件及焊条
HPb63-3	软 (M), 半硬 (Y <sub>2</sub> ), 硬 (Y)、特硬 (T)		制造切削加工零件
HPb59-1			制用零件及制锁弹子

8.6.4 青铜线 (见表 3.2-199、表 3.2-200)

表 3.2-199 青铜线牌号及力学性能 (摘自 GB/T14955—1994)

牌号	状态	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%) ( $l_0=100\text{mm}$ )
QCd1	M	0.1~6.0	≥275	≥20
		0.1~0.5	590~880	—
	Y	>0.5~4.0	490~735	
		>4.0~6.0	470~685	
QSn6.5-0.1、QSn6.5-0.4 QSn7-0.2	M	0.1~1.0	≥350	≥35
		>1.0~6.0		≥45
QSi3-1、QSn4-3、 QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4、QSn7-0.2	Y	0.1~1.0	880~1130	—
		>1.0~2.0	860~1060	
		>2.0~4.0	830~1030	
		>4.0~6.0	780~980	

注：1. 直径 1.0~6.0mm 的硅青铜线和硬态锡青铜线应进行反复弯曲试验，弯曲不少于 3 次。  
2. 线材的化学成分应符合 GB/T5231—2001 的相应牌号的规定。  
3. 线材应用于各工业部门，制作弹簧及耐磨零件。  
4. 标记示例：用 QSn6.5-0.1 制造、硬状态、普通精度、直径为 3.0mm 的线材，  
标记为：线 QSn6.5-0.1 Y 3.0 GB/T14955—1994。

表 3.2-200 青铜线直径及允许偏差 (摘自 GB/T14955-1994)

直径/mm		0.1~0.3	>0.3~0.6	>0.6~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0
允许偏差 (±)/mm	高级	0.007	0.008	0.010	0.015	0.020
	较高级	0.010	0.013	0.015	0.020	0.025
	普通级	0.015	0.020	0.025	0.030	0.040

注: 1. 直径偏差等级应在合同中注明, 否则按普通级供货。

2. 需方要求单向偏差时, 其值为本表数值的两倍。

3. 直径 $\leq 3\text{mm}$ 的线材圆度不应超出直径允许偏差之半, 直径大于 $3\text{mm}$ 线材圆度不超出直径允许偏差。

4. GB/T14955-1991代替 GB3122-1982、GB3123-1982、GB3124-1982。

### 8.6.5 白铜线 (见表 3.2-201、表 3.2-202)

表 3.2-201 白铜线牌号、状态、化学成分及规格 (摘自 GB/T3125-1994)

牌号、状态、 化学成分及规格	牌 号		化学成分规定				状 态		直径/mm
	BMn40-1.5		按 GB/T5231-2001 中 加 1. 白铜的规定				软 (M), 硬 (Y)		0.05~6.0
	BMn3-12, BFe30-1-1, B19						软 (M)、半硬 (Y <sub>2</sub> )、硬 (Y)		0.1~6.0
BZn15-20								>3.0~6.0	
直径及允许 差	直 径/mm		0.05~0.1	>0.1~0.3	>0.3~0.6	>0.6~1.0	>1.0~3.0	>3.0~6.0	
	允许 偏差 /mm	高级	±0.003	±0.007	±0.008	±0.010	±0.015	±0.020	
		较高级	±0.004	±0.010	±0.013	±0.015	±0.020	±0.025	
		普通级	±0.005	±0.015	±0.020	±0.025	±0.030	±0.04	

注: 1. 线材偏差等级应在合同中注明, 否则按表中普通级供货。

2. 需方要求单向偏差时, 其值为表中数值的 2 倍。

3. 线材直径 $\leq 3\text{mm}$ , 其圆度不超出直径允许偏差之半; 直径 $>3\text{mm}$ 时, 其圆度不超出直径允许偏差。

4. 标记示例: 用 BMn40-1.5 合金制造的硬状态、较高精度、直径 1.5mm 线材,

标记为: 线 BMn40-1.5Y 较高 1.5 GB/T3125-1994。

表 3.2-202 白铜线室温力学性能 (摘自 GB/T3125-1994)

牌 号	直径/mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa			伸长率 $\delta$ (%) ( $L_0=100\text{mm}$ )			
		M	Y <sub>2</sub>	Y	M	Y <sub>2</sub>	Y	
BMn40-1.5	0.05~0.20	$\geq 390$	—	685~980	—	—	$\geq 15$	
	>0.20~0.50			685~880			$\geq 20$	
	>0.50~6.0			635~835			$\geq 25$	
BMn3-12	0.1~1.0	$\geq 440$	—	$\geq 785$	—	—	$\geq 12$	
	>1.0~6.0	$\geq 390$		$\geq 685$			$\geq 20$	
BZn15-20	0.10~0.20	$\geq 345$	—	735~980	—	—	$\geq 15$	
	>0.20~0.50			490~735			735~930	$\geq 20$
	>0.50~2.0			440~685			635~880	$\geq 25$
	>2.0~6.0			440~635			540~785	$\geq 30$
BFe30-1.1	0.10~0.50	$\geq 345$	—	685~980	—	—	$\geq 20$	
	>0.50~6.0			590~880			$\geq 25$	
B19	0.10~0.50	$\geq 295$	—	590~880	—	—	$\geq 20$	
	>0.50~6.0			490~785			$\geq 25$	

注: 本表产品适于制造弹性元件和电阻材料以及一般工业部门使用。

### 8.6.6 铅及铅铋合金线 (见表 3.2-203、表 3.2-204)

表 3.2-203 铅及铅铋合金线材牌号、规格 (摘自 GB/T1474-1988)

牌 号	直 径 /mm	交 货 形 式
Pb1, Pb2, Pb3	0.5~5.0	成卷
PbSb0.5, PbSb2, PbSb4, PbSb6		成轴

注: 线材适于作为耐酸、耐蚀材料之用。

表 3.2-204 铅及铅铋合金线直径及允许偏差 (摘自 GB/T1474-1988) (mm)

直 径	允 许 偏 差		直 径	允 许 偏 差	
	普通精度	较高精度		普通精度	较高精度
0.5	-0.06	-0.04	0.8	-0.07	-0.06
0.6			1.0		

(续)

直径	允许偏差		直径	允许偏差	
	普通精度	较高精度		普通精度	较高精度
1.2	0 -0.12	0 -0.10	2.5	0	0
1.5			3.0	-0.12	-0.10
2.0			4.0	0	0
			5.0	-0.16	-0.14

注：如在合同中未注明精度等级，则按普通精度供应。

8.6.7 导电用铝线（见表 3.2-205、表 3.2-206）

表 3.2-205 导电用铝线直径及其允许偏差（摘自 GB/T3195—1997）

直径/mm	允许偏差/mm, ±		直径/mm	允许偏差/mm, ±	
	普通级	高精级		普通级	高精级
0.80~1.00	0.02	0.02	>2.00~3.00	0.04	0.03
>1.00~2.00	0.03	0.02	>3.00~5.00	0.05	0.04

表 3.2-206 导电用铝线的牌号及力学性能（摘自 GB/T3195—1997）

牌 号	状 态	直径/mm	力学性能		反复弯曲 次数≥
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	
			不小于		
1A50	H19	0.80~1.00	162	1.0	7
		>1.00~1.50		157	
		>1.50~2.00	1.5		
		>2.00~3.00	1.5		
		>3.00~4.00	137	1.5	
	>4.00~4.50	2.0			
	>4.50~5.00	2.0			
	O	0.80~1.00	74	10	—
		>1.00~1.50		12	
		>1.50~2.00		12	
>2.00~3.00		15			
>3.00~4.00		18			
>4.00~4.50		18			
>4.50~5.00	18				

注：1. 产品化学成分应符合 GB/T3190—1996 的规定。

2. 标记示例：1A50 制造的，H19 状态，直径 3.00mm 的导电线，普通级，标记为：普线 1A50—H19 3.00 GB/T3195—1997。

## 第3章 非金属材料

### 1 橡胶及橡胶制品

#### 1.1 常用橡胶性能及应用 (见表 3.3-1~表 3.3-4)

表 3.3-1 常用橡胶的种类、特性及应用

种类 (代号)	化学组成	特 性	应用举例
天然橡胶 (NR)	以橡胶烃(聚异戊二烯)为主,另含少量蛋白质、水分、树脂酸、糖类和无机盐	弹性大,定伸强力高,抗撕裂性和电绝缘性优良,耐磨、耐寒性好,加工性佳,易与其他材料粘合,综合性能优于多数合成橡胶。缺点是耐氧及臭氧性差,容易老化,耐油、耐溶剂性不好,抵抗酸碱腐蚀的能力低,耐热性不高	制作轮胎、胶鞋、胶管、胶带、电线电缆的绝缘层和护套以及其他通用橡胶制品
丁苯橡胶 (SBR)	丁二烯和苯乙烯的共聚物	耐磨性突出,耐老化和耐热性超过天然橡胶,其他性能与天然橡胶接近。缺点是弹性和加工性能较天然橡胶差,特别是自粘性差,生胶强度低	代替天然橡胶制作轮胎、胶板、胶管、胶鞋及其他通用制品
顺丁橡胶 (BR)	由丁二烯聚合而成的顺式结构橡胶	结构与天然橡胶基本一致。它突出的优点是弹性与耐磨性优良,耐老化性佳,耐低温性优越,在动负荷下发热量小,易与金属粘合;但强力较低,抗撕裂性差,加工性能与自粘性差,产量次于丁苯	一般和天然或丁苯橡胶混用,主要用作轮胎胎面、运输带和特殊耐寒制品
异戊橡胶 (IR)	以异戊二烯为单体聚合而成,组成和结构均与天然橡胶相似	又称合成天然橡胶,具有天然橡胶的大部分优点,吸水性低,电绝缘性好,耐老化性优于天然胶。但弹性和加工性能比天然胶较差,成本较高	可代替天然橡胶制作轮胎、胶鞋、胶管、胶带以及其他通用橡胶制品
丁基橡胶 (IIR)	异丁烯和少量异戊二烯的共聚物,又称异丁橡胶	耐老化性及气密性、耐热性优于一般通用橡胶,吸振及阻尼特性良好,耐酸碱、耐一般无机介质及动植物油脂,电绝缘性亦佳。但弹性不好,加工性能差,包括硫化慢,难粘,动态生热大	主要用作内胎、水胎、气球、电线电缆绝缘层、化工设备衬里及防振制品、耐热运输带、耐热耐老化胶布制品
氯丁橡胶 (CR)	由氯丁二烯作单体,乳液聚合而成的聚合物	有优良的抗氧、抗臭氧及耐候性,不易燃,着火后能自熄,耐油、耐溶剂及耐酸碱性、气密性等亦较好。主要缺点是耐寒性较差,密度较大,相对成本高,电绝缘性不好,加工时易粘辊、易焦化及易粘膜。此外,生胶稳定性差,不易保存。产量仅次于丁苯、顺丁,在合成橡胶中居第三位	主要用于制作要求抗臭氧、耐老化性高的重型电缆护套,耐油、耐化学腐蚀的胶管胶带和化工设备衬里,耐燃的地下采矿用制品以及汽车门窗嵌条、密封圈等
丁腈橡胶 (NBR)	丁二烯与丙烯腈的共聚物	耐油性仅次于聚硫、丙烯酸酯及氟橡胶而优于其他通用胶,耐热性较好,可达150℃,气密性和耐水性良好,粘接力强,但耐寒、耐臭氧性较差,强力及弹性较低,电绝缘性不好,耐酸及耐极性溶剂性能较差	主要用于制作各种耐油制品,如耐油的胶管、密封圈、贮油槽衬里等,也可用作耐热运输带
乙丙橡胶 (EPM, EPDM) (二元)(三元)	是乙烯和丙烯的共聚物。一般分二元乙丙橡胶和三元乙丙橡胶(乙烯、丙烯和二烯类三元共聚)两类	为密度最小、颜色最浅、成本较低的新品种。耐化学稳定性很好(仅不耐浓硝酸),耐臭氧及耐候性优异,电绝缘性突出,耐热可达150℃,耐极性溶剂但不耐脂肪烃及芳香烃。其他综合物理力学性能仅略次于天然橡胶而优于丁苯胶。缺点是硫化缓慢、粘着性差	主要用作化工设备衬里、电线电缆绝缘层、蒸汽胶管、耐热运输带、汽车配件(散热器及发动机部位的橡胶零件)及其他工业制品
氯磺化聚乙烯橡胶 (CSM)	用氯和二氧化硫处理(即氯磺化)聚乙烯后再经硫化而成	耐臭氧及耐日光老化性优良,耐候性高于其他橡胶。不易燃,耐热、耐酸碱及耐溶剂性能也较好,电绝缘性尚佳,耐磨性良好。缺点是抗撕裂性不太好,加工性能差,价格较贵	臭氧发生器上的密封材料、耐油垫圈,电线电缆包皮及绝缘层、耐腐蚀件及化工设备衬里等

(续)

种类 (代号)	化学组成	特 性	应用举例
丙烯酸酯橡胶 (AR)	烷基丙烯酸酯与不饱和单体 (如丙烯腈) 的共聚物	最大特点是兼有耐油、耐热性能, 可在 180°C 以下热油中使用。还耐日光老化、耐臭氧、耐紫外线, 气密性也较好。缺点是耐低温性较差, 不耐水及热蒸汽, 强度、弹性及耐磨性均较差, 在苯及丙酮溶剂中膨胀较大, 加工性能不好	可用作一切需要耐油、耐热、耐老化的制品, 如耐热油软管、油封等
聚氨酯橡胶 (UR)	由聚酯或聚醚与二异氰酸酯类化合物聚合而成	耐磨性高于其他橡胶, 强度高, 耐油性优良, 其他如耐臭氧、耐氧及日光老化、气密性等均很好。缺点是耐热、耐水、耐酸碱性能差	用作轮胎及耐油、耐苯零件、垫圈、防震制品及其他要求耐磨、高强度零件
硅橡胶 (SR)	主链为硅氧原子组成的、带有机基团的缩聚物	耐高温 (可达 300°C) 及低温 (最低 -100°C) 性能突出, 电绝缘性优良, 对热氧化和臭氧的稳定性高。缺点是机械强度较低, 耐油、耐酸碱、耐溶剂性较差, 价格较贵	耐高低温制品 (如胶管、密封件), 耐高温电绝缘制品
氟橡胶 (FPM)	由含氟单体共聚而得	耐高温可达 300°C, 耐介质腐蚀性高于其他橡胶 (耐酸碱、耐油性是橡胶中最好的), 抗辐射及高真空性优良。此外, 机械强度、电绝缘性、耐老化性能都很好, 是性能全面的特种合成橡胶。缺点是加工性差, 价格贵	耐化学腐蚀制品, 如化工衬里、垫圈、高级密封件、高真空橡胶件
聚硫橡胶 (PSR)	三氯化乙烷和多硫化钠的缩聚物。为分子主链中含有硫原子的特种橡胶	耐油及耐各种化学介质腐蚀性能特别高, 在这方面仅次于氟橡胶, 能耐臭氧、日光、各种氧化剂, 气密性良好。缺点是机械强度极差, 变形大, 耐热、耐寒、耐磨、耐屈挠性均差, 粘着性小, 冷流现象严重	由于综合性能较差以及易燃烧、有催泪性气味, 故工业上很少采用。仅用作密封腻子或油库覆盖层
氯化聚乙烯橡胶	乙烯、氯乙烯与二氯乙烯的三元共聚物	耐候、耐臭氧性卓越, 电绝缘性尚可, 耐酸碱、耐油性良好, 耐水、耐燃、耐磨性优异, 但弹性差, 压缩变形较大, 性能与氯磺化聚乙烯橡胶近似	电线电缆护套、胶带、胶管、胶辊、化工衬里

表 3.3-2 常用橡胶技术性能数据

品 种		天然橡胶	异戊橡胶	丁苯橡胶	顺丁橡胶	氯丁橡胶	丁基橡胶	丁腈橡胶
生胶密度/g·cm <sup>-3</sup>		0.90~0.95	0.92~0.94	0.92~0.94	0.91~0.94	1.15~1.30	0.91~0.93	0.96~1.20
拉伸强度/MPa	未补强硫化胶	17~29	20~30	2~3	1~10	15~20	14~21	2~4
	补强硫化胶	25~35	20~30	15~20	18~25	25~27	17~21	15~30
伸长率 (%)	未补强硫化胶	650~900	800~1200	500~800	200~900	800~1000	650~850	300~800
	补强硫化胶	650~900	600~900	500~800	450~800	800~1000	650~800	300~800
200%定伸24h后永久变形 (%)	未补强硫化胶	3~5	-	5~10	-	18	2	6.5
	补强硫化胶	8~12	-	10~15	-	7.5	11	6
回弹率 (%)		70~95	70~90	60~80	70~95	50~80	20~50	5~65
永久压缩变形 (%) 100°C×70h		-10~+50	+10~+50	+2~+20	+2~-10	+2~+40	+10~+40	+7~+20
邵氏硬度/度		20~100	10~100	35~100	10~100	20~95	15~75	10~100
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>		0.17	-	0.29	-	0.21	0.27	0.25
最高使用温度/°C		100	100	120	120	150	170	170
长期工作温度/°C		-55~+70	-55~+70	-45~+100	-70~+100	-40~+120	-40~+130	-10~+120
脆化温度/°C		-55~-70	-55~-70	-30~-60	-73	-35~-42	-30~-55	-10~-20
体积电阻率/Ω·cm		10 <sup>15</sup> ~10 <sup>17</sup>	10 <sup>10</sup> ~10 <sup>15</sup>	10 <sup>14</sup> ~10 <sup>16</sup>	10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup>	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup> ~10 <sup>16</sup>	10 <sup>12</sup> ~10 <sup>15</sup>
表面电阻率/Ω		10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup>	-	10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>	-	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~10 <sup>15</sup>
相对介电常数/10 <sup>3</sup> Hz		2.3~3.0	2.37	2.9	-	7.5~9.0	2.1~2.4	13.0
瞬时击穿强度/kV·mm <sup>-1</sup>		>20	-	>20	-	10~20	25~30	15~20
介质损耗角正切/10 <sup>3</sup> Hz		0.0023~0.0030	-	0.0032	-	0.03	0.003	0.055



(续)

性能		品 种		天然橡胶	异戊橡胶	丁苯橡胶	顺丁橡胶	氯丁橡胶	丁基橡胶	丁腈橡胶																				
		汽油	苯	丙酮	乙醇	汽油	苯	丙酮	乙醇	汽油	苯	丙酮	乙醇																	
耐溶剂性膨胀率 (%)(体积分数)		汽油	-80~ +300	+80~ -300	+75~ +200	+75~ +200	+10~ +45	+150~ +400	-5~+5	苯	+200~ +500	+200~ +300	+150~ +400	+100~ +300	丙酮	0~+10	0~+10	+10~+30	-10~+30	+15~+50	0~+10	+100~ +300	乙醇	-5~+5	-5~+5	-5~+10	-5~+10	+5~+20	-5~+5	+2~+12
性能		品种	乙丙橡胶	氯磺化聚 乙烯橡胶	丙烯酸酯 橡 胶	聚氨酯橡胶	硅橡胶	氟橡胶	聚硫橡胶	氯化聚乙 烯橡胶																				
生胶密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$			0.86~0.87	1.11~1.13	1.09~1.10	1.09~1.30	0.95~1.40	1.80~1.82	1.35~1.41	1.16~1.32																				
拉伸强度 /MPa	未补强 硫化胶		3~6	8.5~24.5	—	—	2~5	10~20	0.7~1.4	—																				
	补 强 硫化胶		15~25	7~20	7~12	20~35	4~10	20~22	9~15	>15																				
伸长率 (%)	未补强 硫化胶		—	—	—	—	40~300	500~700	300~700	400~500																				
	补 强 硫化胶		400~800	100~500	400~600	300~800	50~500	100~500	100~700	—																				
200%定伸 24h后永久 变形(%)	未补强 硫化胶		—	—	—	—	—	—	—	—																				
	补 强 硫化胶		—	—	—	—	—	—	—	—																				
回弹率(%)			50~80	30~60	30~40	40~90	50~85	20~40	20~40	—																				
永久压缩变形(%) 100°C×70h			—	+20~ +80	-25~ +90	+50~ +100	—	-5~ +30	—	—																				
邵氏硬度/度			30~90	40~95	30~95	40~100	30~80	50~60	40~95	—																				
热导率/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$			0.36	0.11	—	0.067	0.25	—	—	—																				
最高使用温度/°C			150	150	180	80	315	315	180	—																				
长期工作温度/°C			-50~ +130	-30~ +130	-10~ +180	-30~ +70	-100~ +250	-10~ +280	-10~ +70	+90~ +105																				
脆化温度/°C			-40~ -60	-20~ -60	0~-30	-30~ -60	-70~ -120	-10~ -50	-10~ -40	—																				
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$			$10^{12} \sim 10^{15}$	$10^{13} \sim 10^{15}$	$10^{11}$	$10^{10}$	$10^{16} \sim 10^{17}$	$10^{13}$	$10^{11} \sim 10^{12}$	$10^{12} \sim 10^{13}$																				
表面电阻率/ $\Omega$			—	$10^{14}$	—	$10^{11}$	$10^{13}$	—	—	—																				
相对介电常数/ $10^3 \text{Hz}$			3.0~3.5	7.0~10	4.0	—	3.0~3.5	2.0~2.5	—	7.0~10																				
瞬时击穿强度 / $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$			30~40	15~20	—	—	20~30	20~25	—	15~20																				
介质损耗角正切 / $10^3 \text{Hz}$			0.004 (60Hz)	0.03~ 0.07	—	—	0.001~ 0.01	0.3~0.4	—	0.01~0.03																				
耐溶剂性膨 胀率(%) (体积分数)	汽油		+100~ +300	+50~ +150	+5~+15	-1~+5	+90~ +175	+1~+3	-2~+3	—																				
	苯		+200~ +600	+250~ +350	+350~ +450	+30~+60	+100~ +400	+10~+25	-2~+50	—																				
	丙酮		—	+10~+30	+250~ +350	~+40	-2~+15	+150~ +300	-2~+25	—																				
	乙醇		—	-1~+2	-1~+1	-5~+20	-1~+1	-1~+2	-2~+20	—																				

注:本表为经过硫化的软橡胶的技术性能数据。

表 3.3-3 常用橡胶性能比较

性能 \ 品种	天然橡胶	异戊橡胶	丁苯橡胶	顺丁橡胶	氯丁橡胶	丁基橡胶	丁腈橡胶
抗撕裂性	优	良~优	良	可~良	良~优	良	良
耐磨性	优	优	优	优	良~优	可~良	优
耐屈挠性	优	优	良	优	良~优	优	良
耐冲击性能	优	优	优	良	良	良	可
耐矿物油	劣	劣	劣	劣	良	劣	可~优
耐动植物油	次	次	可~良	次	良	优	优
耐碱性	可~良	可~良	可~良	可~良	良	优	可~良
耐强酸性	次	次	次	劣	可~良	良	可~良
耐弱酸性	可~良	可~良	可~良	次~劣	优	优	良
耐水性	优	优	良~优	优	优	良~优	优
耐日光性	良	良	良	良	优	优	可~良
耐臭氧老化	劣	劣	劣~可	劣	良	良	可
耐臭氧老化	劣	劣	劣	次~可	优	优	劣
耐燃性	劣	劣	劣	劣	良~优	劣	劣~可
气密性	良	良	良	劣	良~优	优	良~优
耐辐射	可~良	可~良	良	劣	可~良	劣	可~良
抗蒸汽性	良	良	良	良	劣	优	良

性能 \ 品种	乙丙橡胶	氯磺化聚乙烯橡胶	丙烯酸酯橡胶	聚氨酯橡胶	硅橡胶	氟橡胶	聚硫橡胶	氯化聚乙烯橡胶
抗撕裂性	良~优	可~良	可	良	劣~可	良	劣~可	优
耐磨性	良~优	优	可~良	优	可~良	优	劣~可	优
耐屈挠性	良	良	良	优	劣~良	良	劣	—
耐冲击性能	良	可~良	劣	优	劣~可	劣~可	劣	—
耐矿物油	劣	良	良	良	劣	优	优	良
耐动植物油	良~优	良	优	优	良	优	优	良
耐碱性	优	可~良	可	可	次~良	优	优	良
耐强酸性	良	可~良	可~次	劣	次	优	可~良	良
耐弱酸性	优	良	可	劣	次	优	可~良	优
耐水性	优	良	劣~可	可	良	优	可	良
耐日光性	优	优	优	良~优	优	优	优	优
耐臭氧老化	优	优	优	良	优	优	优	优
耐臭氧老化	优	优	优	优	优	优	优	优
耐燃性	劣	良	劣~可	劣~可	可~良	优	劣	良
气密性	良~优	良	良	良	可	优	优	—
耐辐射性	劣	可~良	劣~良	良	可~优	可~良	可~良	—
抗蒸汽性	优	优	劣	劣	良	优	—	—

注：1. 性能等级：优、良、可、次、劣五个等级，从优至劣依次降低。

2. 表列性能系指经过硫化的软橡胶而言。

表 3.3-4 橡胶在各种介质中的耐腐蚀性能

橡胶品种	丁苯橡胶	丁腈橡胶	丁基橡胶	氯丁橡胶	乙丙橡胶	乙丙酸酯橡胶	聚氨酯橡胶	硅橡胶	氟橡胶	聚硫橡胶
发烟硝酸	×	×	×	×	—	—	×	×	△	×
浓硝酸	×	×	×	×	—	—	×	×	△	×
浓硫酸	×	×	×	×	—	—	×	×	△	×
浓盐酸	×	×	△	△	—	—	—	△	△	×
浓磷酸	○	×	△	△	—	—	—	○	△	×
浓醋酸	△	×	○	×	—	—	—	○	×	×
浓氢氧化钠	○	○	△	○	☆	—	—	○	△	—
无水氨	△	△	○	△	☆	—	—	○	△	—
稀硝酸	×	×	×	×	—	—	—	△	○	×
稀硫酸	△	△	○	△	—	—	—	△	△	×
稀盐酸	×	×	△	○	—	—	—	△	△	×
稀醋酸	△	×	○	×	—	—	—	△	△	—
稀氢氧化钠	○	○	△	○	—	—	—	○	△	×
氨水	△	△	○	△	—	—	—	○	×	×

(续)

橡胶品种	丁苯橡胶	丁腈橡胶	丁基橡胶	氯丁橡胶	乙丙橡胶	乙丙酸酯橡胶	聚氨酯橡胶	硅橡胶	氟橡胶	聚硫橡胶
苯	×	×	✓	×	✓	×	×	×	○	○
汽油	×	○	×	○	×	○	○	×	○	○
石油	✓	△	×	✓	—	—	—	✓	○	○
四氯化碳	×	○	×	×	—	—	—	×	○	○
二硫化碳	×	○	×	×	—	—	—	×	○	○
乙醇	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○
丙酮	△	×	△	✓	—	—	—	✓	×	△
甲酚	○	×	△	△	—	—	—	△	△	—
乙醛	×	✓	○	×	—	—	—	—	—	—
乙苯	×	×	×	×	×	×	×	—	—	○
丙烯腈	×	×	✓	△	—	—	—	—	×	△
丁醇	☆	☆	☆	☆	☆	☆	✓	☆	☆	☆
丁二烯	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
苯乙烯	×	×	×	×	—	—	—	—	—	△
醋酸乙酯	×	×	○	×	○	×	△	✓	×	△
醚	×	×	△	×	△	×	×	×	×	×

注：○ 可用，寿命较长；△—可用，寿命一般；✓—可作代用材料，寿命较短；×—不可用；☆—在任何浓度均可用；— 不推荐。

## 1.2 橡胶板

### 1.2.1 工业用橡胶板 (见表 3.3-5)

表 3.3-5 工业用橡胶板规格及性能 (摘自 GB/T5574—1994)

厚度/mm		宽度/mm		技术条件
公称尺寸	偏差	公称尺寸	偏差	
0.5	±0.1	500~2000	±20	1. 耐油性分为： A类：不耐油；B类：中等耐油；(体积变化率 $\Delta V 40\% \sim 90\%$ )；C类： 耐油体积变化率 $\Delta V -5\% \sim 40\%$ 。试验条件：100°C，3号标准油中浸泡 72h后，测体积变化率； 2. 拉伸性能： 拉伸强度(MPa)分为： 1型 $\geq 3$ ；2型 $\geq 4$ ；3型 $\geq 5$ ；4型 $\geq 7$ ； 5型 $\geq 10$ ；6型 $\geq 14$ ；7型 $\geq 17$ ； 3. 扯断伸长率(%)分为： 1级 $\geq 100$ ，2级 $\geq 150$ ，3级 $\geq 200$ ，4级 $\geq 250$ ， 5级 $\geq 300$ ，6级 $\geq 350$ ，7级 $\geq 400$ ，8级 $\geq 500$ ， 9级 $\geq 600$ ； 4. 公称硬度按国际橡胶硬度(或邵尔 A 硬度)分为： H3：30 H4：40 H5：50 H6：60 H7：70 H8：80 公称硬度偏差为 $\pm 5$ ； 5. 耐热空气老化性能(Ar)分为： Ar1, 70°C $\times$ 72h, $K_1 \leq 25\%$ , $K_2 \leq 35\%$ ( $K_1$ —老化后拉伸强度降低率) Ar2, 100°C $\times$ 72h, $K_1 \leq 20\%$ , $K_2 \leq 50\%$ ( $K_2$ —扯断伸长率降低率)
1.0	±0.2			
1.5, 2.0, 2.5	±0.3			
3.0	±0.4			
4.0, 5.0	±0.5			
6.0	±0.6			
8.0	±0.8			
10	±1.0			
12	±1.2			
14	±1.4			
16, 18, 20, 22, 25, 30, 40, 50	±1.5			

注：1. 按用户要求，可提供下列附加性能，其具体指标由双方协定：①耐热性能 Hr，规定试验温度 Hr1—100°C；Hr2—125°C；Hr3—150°C；试验周期为 168h。②耐低温性能 Tb，规定脆性试验温度为：Tb1—-20°C；Tb2—-40°C。③压缩永久变形 C，试验条件为 70°C  $\times$  24h。④耐臭氧老化性能 Or，试验条件：臭氧浓度 50MPa (55pphm)，40°C  $\times$  96h。

2. 板长度由供需双方协定。

3. A类橡胶板的工作介质为水和空气，工作温度范围一般为 -30~50°C，用于制作机器衬垫、各种密封或缓冲用胶垫、胶圈以及室内外、轮船、火车、飞机等铺地面材料。耐油橡胶板(B、C类)工作介质为汽油、煤油、机油、柴油及其他矿物油类，工作温度范围为 -30~50°C，用于制作机器衬垫，各种密封或缓冲用胶圈、衬垫等。

4. 标记示例：拉伸强度 5MPa，扯断伸长率 400%，公称硬度 60IRHD，耐热 100°C 的不耐油橡胶板，标记为：工业胶板 A3—7H6Hr1 GB/T5574—1994。

1.2.2 设备防腐衬里用橡胶板 (见表 3.3-6、表 3.3-7)

表 3.3-6 设备防腐衬里用橡胶板规格、性能及应用 (摘自 HG/T 2698—1995)

分类	加热硫化胶板 R	将未经硫化橡胶板贴在设备上经蒸汽(高压蒸汽、常压蒸汽)或热水硫化而成橡胶衬里。硫化后的胶板按其硬度分硬胶(RY)、半硬胶(RBY)和软胶(RR)									
	自然硫化胶板 Z	将未经硫化的橡胶板用胶粘剂粘贴在设备上,在室温条件下经过一定时间停放后完成硫化过程形成的防腐衬里									
	预硫化胶板 Y	预先将橡胶板硫化好,然后用胶粘剂粘贴在设备上形成的防腐衬里									
规格	尺寸及偏差/mm								衬里厚度结构说明		
	厚度	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	单层衬里通常厚度为 3mm,双层叠合为 4~6mm,硬质胶作为过渡层可用 1.5mm 或更薄。多层叠合结构可根据介质腐蚀、物料流动速度、温度变化等适当增减各层厚度	
	厚度偏差	±0.2	±0.3	±0.3	±0.4	±0.4	±0.5	±0.5	±0.5		
	宽度	800±15			1000±15			1200±15			
长度	≥5000										
技术性能	性能项目		加热硫化胶板 R			自然硫化胶板 Z	预硫化胶板 Y	适用温度	工作压力		
			硬胶 RY	半硬胶 RBY	软胶 RR						
	硬度	邵氏 A/度				40~80	55~70			50~65	
		邵氏 D/度	70~85	40~70							
	拉伸强度/MPa	≥	20	10	9	10	4			硬橡胶 0~65°C 半硬橡胶 -30~75°C 软橡胶 -60~100°C, 丁基橡胶、乙丙橡胶、丁腈橡胶等适当配方衬里使用温度可在 100°C 以上	6.0MPa 至 负压 79kPa 之间
	扯断伸长率(%)	≥		30	350	350					
	扯断永久变形(%)	≥			50	40	30				
	横向折断强度/MPa	≥	65	—			—				
冲击韧度/J·m <sup>-2</sup>	≥	200×10 <sup>4</sup>		—			—				
胶合板与金属粘合强度(扯离)/MPa	≥	6		3	3						
胶合板与金属粘合强度(90°剥离)/kN·m <sup>-1</sup>	≥	—			6	2.8					
应用	橡胶防腐衬里具有一定的力学性能,耐酸碱介质种类较多,耐热和耐寒性能好,软质胶底层再衬以半硬胶层时,设备外表面还能承受冲击力。适用于化工防腐蚀及防机械磨损材料,如化工设备衬里,矿山冶金用泥浆泵、浮选机、磨机、建材水泥磨机等衬里。										

表 3.3-7 设备防腐衬里用橡胶板耐蚀介质适用范围 (摘自 HG/T 2698—1995)

介质名称	允许最高温度 /°C	允许介质最大浓度 (质量分数) (%)				
		加热硫化胶板 R			自然硫化胶板 Z	预硫化胶板 Y
		硬胶 RY	半硬胶 RBY	软胶 RR		
盐酸	65 间歇 85	任意浓度		不耐	<10	任意浓度
硫酸	65	<60	<50		<50	<70
氢氟酸	室温	<40	不耐		<50	
氢氧化钠 氢氧化钾 中性盐水溶液	65	任意浓度				
氨水	50	任意浓度				
磷酸	80	任意浓度	—		任意浓度	

注: 1. 按订货方要求,胶板宽度可以增减。也可以要求增加马丁耐热指标。

2. 胶板应致密、均匀、表面清洁,边缘整齐。

1.3 橡胶管

1.3.1 输水通用橡胶管 (见表 3.3-8)

表 3.3-8 输水通用橡胶软管规格 (HG/T 2184-1991)

型号	工作压力 /MPa≤	内径 /mm	用途	内径及允许偏差/mm		胶层厚度≥/mm	
				公称尺寸	允许偏差	内胶层	外胶层
1型 低压型 a级 b级 c级	0.3 0.5 0.7	≤100	适用于输送60℃以下的生活用水、工业用水的橡胶软管,不适用于输送饮用水	10	±0.75	1.8	1.0
				12.5			
				16			
				20			
2型 中压型 d	1.0	≤50		25	±1.25	2.0	1.0
				31.5			
				40			
3型 高压型 e	≤2.5	≤25		50	±1.50	2.3	1.2
				63			
				80			
				100			

注: 标记示例: 胶管内径 40mm, 长度 1000mm, 低压型, 工作压力 ≤0.5MPa 的输水胶管, 标记为:  
胶管 1-b-40×1000 HG/T 2184-1991

1.3.2 蒸汽橡胶软管 (见表 3.3-9)

表 3.3-9 蒸汽橡胶软管规格及性能 (摘自 HG/T 3036-1999)

尺寸规格/mm				性能							
内径基本尺寸	内径偏差	内胶层厚度	外胶层厚度	类别		I类:外胶层不耐油; II类:外胶层耐油					
				型别		1型	2型	3型	4型	5型	
12.5	±0.75	≥2.0	≥1.5	结构及性能最低要求	预定蒸汽压力和温度	压力/MPa ≤	0.3	0.6	1.0	1.6	1.6
16.0						对应压力下的蒸汽温度/℃ ≤	144	165	184	204	204 (能持续使用)
19.0					内胶层		耐加压蒸汽老化				
20.0					粘合强度		内胶层与增强层、各增强层之间及外胶层与增强层的粘合强度 ≥1.5kN/m				
25.0	耐蒸汽试验条件:										
	压力/MPa				0.25~0.35	0.55~0.65	0.95~1.05	1.55~1.65	1.55~1.65		
31.5	时间/h				166~168						
	试验后性能:										
38.0	内胶层扯断伸长率的最大降低率(%)				50						
	内胶层最小扯断伸长率(%)				150						
40.0	内胶层硬度增加最大值 IRHD		10								
	持续暴露蒸汽试验		仅适用于 5 型管。将软管暴露在压力为 1.55~1.65MPa 的饱和蒸汽流中, 时间为 28d, 管壁不应出现泄漏, 内外胶层不出现龟裂等缺陷								
50.0	±1.5	材料组成		由符合上述要求的织物组成		由符合上述要求的高强度钢丝组成					
51.0		耐臭氧性能		按规定条件做耐臭氧试验, 不应出现龟裂							
63.0	±2.0	耐油性能		仅用于 I 类胶管。按规定条件将胶管浸泡在油中 72h, 体积变化率 ≤100%							
80.0		应用		各型号胶管用于输送饱和蒸汽或过热水, 不耐油, 不适于食品加工(如蒸煮等)及打桩机用							

注: 1. 胶管长度由使用方提出, 长度偏差按 GB/T 9575 的规定。  
2. 各型胶管在 5 倍预定蒸汽压力下进行水压试验不渗水, 无局部鼓胀及其他不正常变化; 1、2、3、4、5 型胶管最小爆破压力分别为 3MPa、6MPa、10MPa、16MPa、16MPa。  
3. 标记示例: 内径 25mm, 长度 1000mm, 2 型蒸汽胶管, 标记为:  
胶管 25×1000-2 型 HG/T 3036-1999

## 1.3.3 压缩空气用橡胶软管 (见表 3.3-10~表 3.3-13)

表 3.3-10 压缩空气用橡胶软管型号、级别和用途 (摘自 GB/T 1186 1992)

项 目	1 型		2 型		3 型			
	a	b	c	d	e	e		
最大工作压力/MPa	0.6	0.8	1.0	1.0	1.6	2.5	1.0	2.0
工作温度/°C	-20~45							
用 途	适用于输送工业压缩空 气		适用于输送采矿和建筑 工程压缩空气		适用于输送采矿(不包括 煤矿)和建筑工程用压缩空 气并具有良好的耐油性能			

表 3.3-11 压缩空气用橡胶软管规格尺寸 (摘自 GB/T 1186--1992) (mm)

1 型		2 型, 3 型		
公称内径	偏差	公称内径	偏差	外胶层最低厚度
5	±0.5	12.5	±0.75	1.5
6.3	±0.75	16		
8		20		
12.5		25		
16		31.5		
20		40	±1.25	2.0
25	50			
31.5	±1.25	63 <sup>1)</sup>	±1.5	
40	±1.5	80 <sup>1)</sup>		
50		100 <sup>1)</sup>		±2

注: 1. 在特殊要求其他尺寸时, 由供需双方协商解决。对表中范围的非表中所规定的产品尺寸应从 GB321 中 R20 系列选取, 公差按下--相邻的较大尺寸偏差规定; 对大于或小表中范围的产品尺寸应从 GB321 中 R10 系列选取, 偏差应符合 GB9575 规定。

2. 本表适用于 2 型 c 级、2 型 d 级、3 型 c 级软管。

表 3.3-12 压缩空气用橡胶软管耐压性能 (摘自 GB/T 1186-1992)

软管型号	1 型 a、b、c 级	2 型 c 级 3 型 c 级	2 型 d 级	2 型 e 级 3 型 e 级
设计工作压力/MPa	0.6、0.8、1.0	1.0	1.6	2.5
试验压力/MPa	1.2、1.6、2.0	2.5	4.0	6.3
最小爆破压力/MPa	2.4、3.2、4.0	5.0	8.0	12.5
试验压力下	直径变化率(%)	±10	±10	±10
	长度变化率(%)	±8	±8	±8

表 3.3-13 压缩空气用橡胶软管其他性能 (摘自 GB/T 1186—1992)

性 能 项 目	指 标	
	内 胶 层	外 胶 层
拉伸强度/MPa 1 型	≥ 5.0	6.0
2 型, 3 型	≥ 7.0	10.0
扯断伸长率(%) 1 型	≥ 200	250
2 型, 3 型	≥ 250	300
热空气(老化) 1 型 70°C×72h 2 型, 3 型 70°C×168h		
拉伸强度变化率 (%)	±25	±25
扯断伸长率变化率 (%)	-30~+10	-30~+10
耐液体性能, 70±1°C 72±2h		
体积变化率 ΔV (%)	0~15	—
2 型(1号标准油)	30(浸油后不得出现龟裂)	75(浸油后不得出现龟裂)
3 型(3号标准油)		

(续)

性能项目	指标	
	内胶层	外胶层
各层间粘附强度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$		
1型	$\geq$	1.5
2型,3型	$\geq$	2.0

标记示例: 公称内径 25mm, 长度 1000mm, 1型, b 级精度空气压缩机用橡胶软管, 标记为:  
空气胶管 25×1000-1-b GB/T1186-1992

#### 1.3.4 氧气橡胶软管 (见表 3.3-14)

表 3.3-14 氧气橡胶软管规格尺寸 (摘自 GB/T 2550-1992) (mm)

公称尺寸及允许偏差			胶层厚度 不小于	
公称内径	内径允许偏差	长度允许偏差	内胶层	外胶层
6.3	$\pm 0.55$	软管全长的 1%	1.5	1.2
8.0	$\pm 0.60$			
10.0	$\pm 0.60$			
12.5	$\pm 0.65$			

- 注: 1. 产品适用于  $-20 \sim 45^\circ\text{C}$  环境下焊接和切割输送氧气。  
2. 软管耐压性能: 工作压力 2MPa, 试验压力 4MPa, 最小爆破压力 6MPa。  
3. 软管长度由供需双方协定。

#### 1.3.5 乙炔橡胶软管 (见表 3.3-15)

表 3.3-15 乙炔橡胶软管规格尺寸 (摘自 GB/T 2551-1992) (mm)

公称尺寸及允许偏差			胶层厚度 不小于	
公称内径	内径允许偏差	长度允许偏差	内胶层	外胶层
6.3	$\pm 0.55$	软管全长的 1%	1.5	1.2
8.0	$\pm 0.60$			
10.0	$\pm 0.60$			

- 注: 1. 产品适于  $-20 \sim 45^\circ\text{C}$  环境中焊接和切割输送乙炔。  
2. 产品耐压性能: 工作压力 0.3MPa, 试验压力 0.6MPa, 最小爆破压力 0.9MPa。  
3. 软管长度由供需双方协定。

#### 1.3.6 岸上排吸油橡胶软管 (见表 3.3-16)

表 3.3-16 岸上排吸油橡胶软管规格和性能 (摘自 HG/T 3038-1997)

公称内径/mm	50 63 75 80 100 125 160 180 200 250 315 400 500													
内径偏差/mm	I 型	$\pm 1.5$			$\pm 2.0$						—			
	II 型	—			$\pm 2.0$						=3.0			
允许工作压力/MPa	A 级: 0.7; B 级: 1.0; C 级: 1.5; D 级: 2.0													
结构	I 型	无金属螺旋线结构。由内、外胶层以及由纤维绳或胶布构成增强层组成												
	II 型	埋入式或内铠装钢丝结构, 由内、外胶层和缠绕钢丝增强层组成												
类别	1 类	芳香烃含量不超过 50% (用于石油原油及燃料油的输送)												
	2 类	芳香烃含量 50%~100% (用于芳烃类产品的输送)												
性能	耐臭氧性能: 臭氧浓度为 $(50 \pm 5) \times 10^{-6}$ , 暴露 72h, 用两倍放大镜检查无龟裂现象 耐负压性能: 仅适用 I 型, 将软管内压减小到 70kPa, 保持 5min 无异常现象 软管导电性: 软管两端管接头之间, 应保持电的连续性 (即应导电), 允许最小电阻为 $2 \times 10^6 \Omega$ 低温弯曲性能: 试样内径为 $25 \pm 1.2\text{mm}$ , 最小弯曲半径为 150mm, 在 $-25^\circ\text{C}$ 下放置 5h, 经弯曲, 试样内外胶层无龟裂现象													
应用	用于港口码头输送石油及石油基产品的排吸橡胶软管, 适用温度为 $-20 \sim 80^\circ\text{C}$													

- 注: 1. 管长由使用方提出, 供货长度允许偏差为管长的  $\pm 2.5\% \sim \pm 1.5\%$ 。管长是指包括接头在内的软管全长, 即从法兰外面量至另一端法兰的外面, 若无法兰时, 则应从胶管螺纹接套端部量至另一端接套的外表面。  
2. HG/T 3038-1997 代替 GB/T 9569-1988 (HG/T 3038-1997)。  
3. 标记示例: 岸上排吸油橡胶软管 I 型、1 类、公称内径 63mm, 工作压力为 B 级, 标记为:  
岸上排吸油橡胶软管 63-I-1-B HG/T 3038-1997

## 1.3.7 计量分配燃油用橡胶软管(见表3.3-17)

表 3.3 17 计量分配燃油用橡胶软管(摘自 HG/T 3037 2000)

内径尺寸规格/mm	公称内径	12	16	19	21	25	32	38	40	
	内径尺寸	12.5	16.0	19.0	21.0	25.0	32.0	38.0	40.0	
	内径尺寸偏差	±0.8			±1.25					
结构	软管由内衬层、增强层和外覆层组成。内衬层为光滑耐燃油橡胶或热塑性弹性体(TPE)材料构成。增强层为增强材料构成。外覆层为无波纹、耐燃油、耐天候老化橡胶或 TPE 构成。组合件管接头之间应有导电性能,在使用金属导电性导线时,应用不少于二根(交叉的)金属导线埋置于软管内。所用金属导线应具有很好的耐疲劳性、耐加工硬化及耐腐蚀性能 内衬层厚度不应小于 1.6mm;外覆层厚度不应小于 1.0mm。管长度按需方要求确定									
型号	1 型	织物增强,适用于围绕圆筒缠卷或弯曲悬挂								
	2 型	织物和螺旋金属丝增强,提供扭转弯曲性能,适用于盘卷或围绕圆筒或弯曲悬挂								
	3 型	细金属丝增强,提供低膨胀性能,适用于圆筒缠卷或弯曲悬挂								
压力要求	最大工作压力			试验压力			最小爆破压力			
	1.2MPa(12bar)			2.4MPa(24bar)			4.8MPa(48bar)			
物理和力学性能	项 目	单 位	要 求		试 样		试 验 方 法			
	静液压性能		无渗漏及其他缺陷		整根软管或软管组合件		GB/T 5563			
	爆破压力(最小)	MPa (bar)	4.8 (48)		从软管或软管组合件上切割下一段软管		GB/T 5563			
	容积膨胀率(最大)	%	2		静液压试样		ISO 6801(见 HG/T 3037—2000 附录 B) 试验压力 0.3MPa(3 bar)			
	1 型和 2 型		1							
	3 型									
	各层间粘合强度	kN/m	2.4		从软管上切割下一段软管		GB/T 14905 浸液条件见 HG/T 3037—2000 附录 A			
	初始值(最小)		1.8							
	浸液后(最小)									
	室温弯曲性能 K(最小)		0.8		从软管上切割下一段软管		GB/T 5565 2R=10×公称内径			
	低温曲挠性能		无裂纹或断裂		从软管上切割下一段软管		GB/T 5564 方法 B 测试温度 -25°C(如有要求,-40°C)(见本表注 1)			
	拉伸强度(最小)	MPa	橡胶	TPE	从软管上切取或从试片上裁取试样(见本表注 2)		GB/T 528			
	内衬层		7	12						
	外覆层	7	12							
	拉断伸长率(最小)	%	橡胶	TPE	从软管上切取或从试片上裁取试样(见本表注 2)		GB/T 528			
内衬层	250		350							
外覆层	250	350								
加速老化	%	橡胶	TPE	从软管上切取或从试片上裁取试样(见本表注 2)		GB/T 3512 在(70±1)°C F 14d				
内衬层、外覆层拉伸强度变化率(最大)		-20	-10							
内衬层、外覆层拉断伸长变化率(最大)	-35	-20								
外覆层的耐磨性能(最大)	mm <sup>3</sup>	500		从外覆层胶料模压的试片上裁取的试样		GB/T 9867				
耐液体性能	%			从软管上切取或从试片上裁取试样(见本表注 2)		GB/T 1690 在 23°C 的液体 C 中 70h 在 40°C 的液体 3 中 70h 在 100°C 的 3 号油中 70h 在 23°C 的液体 C 中 70h 在 40°C 的液体 3 中 70h 在 23°C 的液体 B 中 70h				
内衬层溶胀(最大)									+50	+70
内衬层溶剂抽出物(最大)									-25	+5
外覆层溶胀(最大)									+10	+100



(续)

物理和力学性能	项 目	单 位	要 求	试 样	试 验 方 法
	外覆层耐臭氧性能		两倍放大无龟裂	一段软管	HG/T 2869 根据软管尺寸采用方法1或方法2
	导电性能(最大)	$\Omega$ /整根	$1 \times 10^6$	整根软管	GB/T 9572 软管内无液体,处于伸直状态
	拔脱性能		管接头无松脱	短根组合件	HG/T 3037 2000 附录 A

注:

1. 该试验(GB/T 5564 1994 方法B)不测量软管弯曲所需的力,未来的工作将对该力提出适当的限制,或许包括对此试验的修订。
2. 试验报告应注明试样来源。
3. 使用金属导线解决导电性能的软管,标记代号“M”,使用导电胶料解决导电性能的软管,标记代号“ $\Omega$ ”。
4. 产品适用于计量分配燃油(包括含氧化燃油,最高可混溶15%的含氧化合物)。
5. 标记示例:产品厂家或商标、名称、标准号、型号I型、公称内径19mm,公称压力1.2MPa,导电方式M及生产年月,如:XYZ/计量分配燃油用橡胶软管/HG/T 3037 ·1 19 1.2 M-1999.3

## 1.3.8 耐稀酸碱橡胶软管(见表3.3-18、表3.3-19)

表 3.3-18 耐稀酸碱橡胶管规格及应用(摘自HG/T 2183—1991)

公称内径/mm	12.5	16	20	22	25	31.5	40	45	50	63	80
内径偏差/mm	$\pm 0.75$				$\pm 1.25$			$\pm 1.5$			$\pm 2$
胶层厚度 $\geq$ /mm	内胶层	2.2				2.5			2.8		
	外胶层	1.2				1.5					
型 号	A 型						B型、C型				
使用压力 /MPa	A型	0.3、0.5、0.7,胶管有增强层,用于输送酸碱液体									
	B型	负压 <sup>①</sup> ,胶管有增强层和钢丝螺旋线,用于吸引酸碱液体									
	C型	负压 <sup>①</sup> ,0.3、0.5、0.7,用于排吸酸碱液体									
适用范围	适用于-20~45°C环境中,输送浓度不高于40%的硫酸溶液和浓度不高于15%氢氧化钠溶液,以及上述浓度程度相当的酸碱液(硝酸除外)的橡胶软管										

①表示软管在80kPa(-600mmHg)的压力下,经真空试验后,内胶层应无剥离,中间细等异常现象。

表 3.3-19 耐稀酸碱橡胶管技术性能(摘自HG/T 2183—1991)

项 目	指 标	指 标	
		内胶层	外胶层
硫酸(40%),室温×72h	抗拉强度变化率(%)	$\geq -15$	—
	扯断伸长率变化率(%)	$\geq -20$	—
盐酸(30%),室温×72h	抗拉强度变化率(%)	$\geq -15$	—
	扯断伸长率变化率(%)	$\geq -20$	—
氢氧化钠(15%),室温×72h	抗拉强度变化率(%)	$\geq -15$	—
	扯断伸长率变化率(%)	$\geq -20$	—
热空气老化,70°C×72h	抗拉强度变化率(%)	-25~25	
	扯断伸长率变化率(%)	-30~10	
粘附强度/ $kN \cdot m^{-1}$	各胶层与增强层之间	$> 1.5$	
	各增强层与增强层之间	$> 1.5$	
拉伸强度/MPa	$\geq$	6.0	
扯断伸长率(%)	$\geq$	250	

注:1. 管长度由需方规定。

2. 标记示例:A型,公称内径16mm,工作压力0.3MPa的耐稀酸碱胶管,标记为:耐稀酸碱胶管 A ·16-0.3 HG/T 2183—1991

1.3.9 织物增强液压橡胶软管 (见表 3.3 20~表 3.3-22)

表 3.3-20 织物增强液压橡胶管规格 (摘自 GB/T 15329-1994) (mm)

公称内径	内径		软管外径								软管弯曲半径				管壁厚度 公差
	各型		1型		2型		3型		4型		1型	2型	3型	4型	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	≤				
5	4.5	5.4	10.3	11.9	11.0	12.6	11.9	13.5	12.0	13.6	50	35	80	40	0.8
6.3	6.1	6.9	11.9	13.5	12.6	14.2	13.5	15.1	13.6	15.2	65	40	80	45	
8	7.7	8.5	13.5	15.1	14.1	15.7	16.7	18.3	16.2	17.8	80	50	100	55	
10	9.3	10.1	15.1	16.7	15.7	17.3	18.3	19.8	17.7	19.3	80	60	100	70	1.0
12.5	12.3	13.5	19.0	20.6	18.7	20.7	23.0	24.6	20.7	22.7	100	70	125	85	
16	15.4	16.7	22.2	23.8	22.9	24.9	26.2	27.8	24.9	26.9	125	90	140	105	
19	18.6	19.8	-	-	26.0	28.0	31.0	32.5	28.0	30.0	-	110	150	130	1.3
25	25.0	26.4	-	-	32.9	35.9	36.9	39.3	34.4	37.4	-	150	205	150	
31.5	31.3	33.0	-	-	-	-	42.9	46.0	37.4	41.0	-	-	255	190	
38	37.1	39.1	-	-	-	-	-	-	47.6	51.6	-	-	-	240	1.3
51	49.8	51.8	-	-	-	-	-	-	60.3	64.3	-	-	-	300	
60	58.8	61.2	-	-	-	-	-	-	70.0	74.0	-	-	-	400	
80	78.8	81.2	-	-	-	-	-	-	91.5	96.5	-	-	-	500	1.3
100	98.6	101.4	-	-	-	-	-	-	113.5	118.5	-	-	-	600	

- 注: 1. 产品适用于普通液压流体, 如矿物油、溶性油、油水乳浊液、乙二醇水溶液和水, 在-40~100°C 温度范围内工作; 但在工作温度高于 93°C 时会降低软管的使用寿命。软管不适用于蓖麻油和酯基流体。  
 2. 软管结构: 由耐油、耐水的合成橡胶内胶层、一层或多层纤维线增强层和耐油耐天候的外胶层构成。其中 1 型和 2 型软管采用一层纤维线编织层, 3 型采用两层纤维编织层, 4 型采用一层或两层纤维线编织层。  
 3. 软管长度偏差±1% 或者±3mm, 取其最大值。一般供应长度: 13m 以上的软管不得少于一批总长的 65%; 7.5~13m 不得多于总长的 35%; 1~7.5m (不含 7.5m) 不得多于总长的 10%。不允许有小于 1m 长度的软管。  
 4. 标记示例: 织物液压软管, 1 型, 内径 16mm, 标记为:  
 织物液压软管 1-16 GB/T 15329-1994

表 3.3-21 织物液压软管工作压力 (摘自 GB/T 15329-1994)

类型 工作压力 公称内径/mm	1型	2型	3型	4型	类型 工作压力 公称内径/mm	1型	2型	3型	4型
	MPa	MPa	MPa	MPa		MPa	MPa	MPa	MPa
5	3.4	8.0	10.3	16.0	25	-	4.0	3.9	5.5
6.3	2.8	7.5	8.6	14.5	31.5	-	-	2.6	4.5
8	2.8	6.8	8.3	13.0	38	-	-	-	4.0
10	2.8	6.3	7.8	11.0	51	-	-	-	3.3
12.5	2.8	5.8	6.9	9.3	60	-	-	-	2.5
16	2.4	5.0	6.0	8.0	80	-	-	-	1.8
19	-	4.5	5.2	7.0	100	-	-	-	1.0

- 注: 1. 软管试验压力与工作压力比率为 2:1; 最小爆破压力与工作压力比率为 4:1。  
 2. 软管在工作压力下的长度变化不得超过-4%~2%。  
 3. 软管脉冲试验条件: 对于 2、3、4 型, 内径≤25mm, 试验压力与设计工作压力比率为 1.33, 试验温度 93±3°C, 脉冲次数≥200000; 对于 3、4 型软管, 内径≥31.5mm, 试验压力与设计工作压力比为 1, 温度为 93±3°C, 脉冲次数 200000; 软管组合件不得出现泄漏或其他异常现象。1 型不进行此项试验。

表 3.3-22 织物液压软管性能 (摘自 GB/T 15329-1994)

项 目	指 标
低温屈挠性能-40±2°C 恢复至室温后进行耐压试验	不泄漏 不龟裂
耐油性, 3 号标准油, 100±1°C, 72-2h, 内、外胶层体积变化	无收缩, 膨胀不大于 100%
耐臭氧性能 (40±2)°C (50±5)MPa, (50±5)pphm(体积分数) 72-2h	放大 2 倍观察外胶, 不出现龟裂或劣化

(续)

项 目	指 标
粘合强度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 内胶层和增强层,增强层和增强层,增强层和外胶层	$\geq 1.4$
泄漏试验(按 GB/T 5563 规定进行)	不得泄漏和损坏

1.3.10 钢丝缠绕增强外覆橡胶的液压橡胶软管和软管组合件 (见表 3.3-23、表 3.3-24)

表 3.3-23 钢丝缠绕增强外覆橡胶液压橡胶软管尺寸规格 (摘自 GB/T 10544--2003)

软管内径	公称内径	内径/mm									
		4SP 型		4SH 型		R12 型		R13 型		R15 型	
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
6.3	6.3	6.2	7.0	—	—	—	—	—	—	—	—
10	10	9.3	10.1	—	—	9.3	10.1	—	—	9.3	10.1
12.5	12.5	12.3	13.5	—	—	12.3	13.5	—	—	12.3	13.5
16	16	15.5	16.7	—	—	15.5	16.7	—	—	—	—
19	19	18.6	19.8	18.6	19.8	18.6	19.8	18.6	19.8	18.6	19.8
25	25	25.0	26.4	25.0	26.4	25.0	26.4	25.0	26.4	25.0	26.4
31.5	31.5	31.4	33.0	31.4	33.0	31.4	33.0	31.4	33.0	31.4	33.0
38	38	37.7	39.3	37.7	39.3	37.7	39.3	37.7	39.3	37.7	39.3
51	51	50.4	52.0	50.4	52.0	50.4	52.0	50.4	52.0	—	—

软管增强层外径和软管外径	公称内径	4SP 型		4SH 型		R12 型				R13 型				R15 型			
		增强层		软管		增强层		软管		增强层		软管		增强层		软管	
		外径/mm		外径/mm		外径/mm		外径/mm		外径/mm		外径/mm		外径/mm		外径/mm	
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
6.3	14.1	15.3	17.1	18.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	16.9	18.1	20.6	22.2	—	—	16.6	17.8	19.5	21.0	—	—	—	—	20.3	23.3	
12.5	19.4	21.0	23.8	25.4	—	—	19.9	21.5	23.0	24.6	—	—	—	—	24.0	26.8	
16	23.0	24.6	27.4	29.0	—	—	23.8	25.4	26.6	28.2	—	—	—	—	—	—	
19	27.4	29.0	31.4	33.0	27.6	29.2	31.4	33.0	26.9	28.4	29.9	31.5	28.2	29.8	31.0	33.2	
25	34.5	36.1	38.5	40.9	34.4	36.0	37.5	39.9	34.1	35.7	36.8	39.2	34.9	36.4	37.6	39.8	
31.5	45.0	47.0	49.2	52.4	40.9	42.9	43.9	47.1	42.7	45.1	45.4	48.6	45.6	48.0	48.3	51.3	
38	51.4	53.4	55.6	58.8	47.8	49.8	51.9	55.1	49.2	51.6	51.9	55.0	53.1	55.5	55.8	58.8	
51	64.3	66.3	68.2	71.4	62.2	64.2	66.5	69.7	62.5	64.8	65.1	68.3	66.9	69.3	69.5	72.7	

软管同心度	公称内径	壁厚最大偏差/mm						
		内径与外径之间			内径与增强层直径之间			
	6.3						0.8	0.5
	大于 6.3 但小于或等于 19						1.0	0.7
大于 19						1.3	0.9	

注: 1. 软管由一层耐液压流体的橡胶内衬层、以交替方向缠绕的钢丝增强层和一层耐油和耐天候的橡胶外覆层构成, 每层缠绕钢丝层由橡胶隔离。软管适用于符合 GB/T7631.2 液压油分类中的 HH (无抗氧剂的精制矿油)、HL (精制矿油, 并改善其防锈性和抗氧化性)、HM (HL 油, 改善其抗磨性)、HR (HL 油, 改善其粘温性)、HV (HM 油, 改善其粘温性) 液压流体。4SH 型软管适用温度为  $-40 \sim 100^{\circ}\text{C}$ , R12、R13 和 R15 型适用温度为  $-40 \sim +120^{\circ}\text{C}$ 。软管不适用于蓖麻油基或脂基流体。

2. 软管按其结构、工作压力和耐油性分为 5 种型别:

4SP 型: 4 层钢丝缠绕的中压软管;

4SH 型: 4 层钢丝缠绕的高压软管;

R12 型: 4 层钢丝缠绕苛刻条件下的高温中压软管;

R13 型: 多层钢丝缠绕苛刻条件下的高温高压软管;

R15 型: 多层钢丝缠绕苛刻条件下的高温超高压软管。

3. 软管和软管组合件的供货长度由供需双方协定, 通常以需方要求的长度供应, 长度的偏差为全长的  $\pm 2\%$ 。软管组合件应遵循制造厂的软管组合件装备及装配说明书。

4. 标注示例: 公称内径为 10 的 4SP 型钢丝缠绕增强的液压橡胶软管, 其标记为: GB/T 10544/4SP/10。

表 3.3-24 钢丝缠绕增强外覆橡胶的液压橡胶软管技术性能 (摘自 GB/T 10544--2003)

公称内径	最大工作压力/MPa					试验压力/MPa				
	4SP	4SH	R12	R13	R15	4SP	4SH	R12	R13	R15
6.3	45.0	—	—	—	—	90.0	—	—	—	—
10	44.5	—	28.0	—	42.0	89.0	—	56.0	—	84.0
12.5	41.5	—	28.0	—	42.0	83.0	—	56.0	—	84.0
16	35.0	—	28.0	—	42.0	70.0	—	56.0	—	84.0
19	35.0	42.0	28.0	35.0	42.0	70.0	84.0	56.0	70.0	84.0
25	28.0	38.0	28.0	35.0	42.0	56.0	76.0	56.0	70.0	84.0
31.5	21.0	32.5	21.0	35.0	42.0	42.0	65.0	42.0	70.0	84.0
38	18.5	29.0	17.5	35.0	42.0	37.0	58.0	35.0	70.0	84.0
51	16.5	25.0	17.5	35.0	42.0	33.0	50.0	35.0	70.0	84.0

公称内径	最小爆破压力/MPa					最小弯曲半径/mm				
	4SP	4SH	R12	R13	R15	4SP	4SH	R12	R13	R15
6.3	180.0	—	—	—	—	150	—	—	—	—
10	178.0	—	112.0	—	168.0	180	—	130	—	150
12.5	16.0	—	112.0	—	168.0	230	—	180	—	200
16	140.0	—	112.0	—	168.0	250	—	200	—	—
19	140.0	168.0	112.0	140.0	168.0	300	280	240	240	265
25	112.0	152.0	112.0	140.0	168.0	340	340	300	300	330
31.5	84.0	130.0	84.0	140.0	168.0	460	460	420	420	445
38	74.0	116.0	70.0	140.0	168.0	560	560	500	500	530
51	66.0	100.0	70.0	140.0	168.0	660	700	630	630	—

注：1. 当按 GB/T5563 进行试验时，软管在最大工作压力下的长度变化，4SP 和 4SH 型不应大于+2%和小于-4%；R12、R13 和 R15 型不应大于+2%和小于-2%。

2. 4SP 和 4SH 型软管，按 GB/T12721 以 50N±0.5N 垂直力试验时，2000 周期后，重量损失不应大于 1g；R12、R13 和 R15 型软管无耐磨性能要求。

3. 软管耐油性能：

当按照 GB/T1690 在 100℃ 温度下浸在 3 号标准油中 168h 测定时，4SP 和 4SH 型软管内衬层的体积变化率  $\Delta V_{100}$  应在 0% 到 -60% 之间（即不允许收缩）。

当按照 GB/T1690 在 70℃ 温度下浸在 3 号标准油中 168h 测定时，4SP 和 4SH 型软管外覆层的体积变化率  $\Delta V_{70}$  应在 0% 到 +100% 之间（即不允许收缩）。

当按照 GB/T1690 在 100℃ 温度下浸在 3 号标准油中测定时，R12、R13 和 R15 型软管的体积变化率  $\Delta V_{100}$ ，内衬层应在 0% 到 +100% 之间，外覆层应在 0%~125% 之间（即不允许收缩）。

4. 软管耐脉冲性能：

脉冲试验应按 GB/T5568 进行。对于试验液体的温度，4SP 和 4SH 型应为 100℃，R12、R13 和 R15 型应为 120℃。

4SP 和 4SH 型软管，当在最大工作压力 133% 的脉冲压力下试验时，软管应能承受至少 400 000 次脉冲。R12 型、R13 和 R15 型软管，当在最大工作压力 133% 的脉冲压力下试验时，软管应能承受至少 500 000 次脉冲。

在达到规定的脉冲次数之前，软管应该无泄漏和异常现象。

5. 软管的泄漏试验、低温屈挠性能、层间粘合强度、耐臭氧性能等详见 GB/T 10544—2003。

6. 软管按本表最小弯曲半径（弯曲部位内侧测量）弯曲后，应满足脉冲和低温屈挠性能的要求。

### 1.3.11 输送无水氨用橡胶软管及软管组合件 (见表 3.3-25、表 3.3-26)

表 3.3-25 输送无水氨用橡胶软管压力及尺寸规格 (摘自 GB/T 16591—1996)

软管额定压力/MPa	最大工作压力	2.5		软管内径尺寸及允许偏差/mm	公称内径	允许偏差	
	试验压力	6.3			12.5, 16, 20	±0.75	
	最小爆破压力	12.5			25, 31.5	±1.25	
					40, 50	±1.50	
软管切割长度允许偏差	长度 L/mm	≤300	>300~600	>600~900	>900~1200	>1200~1800	>1800
	允许偏差(所有内径)/mm	±3	±4.5	±6	±9	±12	±1%长度

注：1. 产品在 -40~55℃ 环境温度范围内输送液态或气态氨之用。

2. 软管内胶层厚度均匀，不应有孔眼、海绵体及其他缺陷，所用的材料应耐氨。增强层由不受渗透氨影响的材料构成，增强层应当平整均匀。外胶层（如果用的话）应均匀一致，应具有耐氨和耐环境劣化的性能。

表 3.3-26 输送无水氨用橡胶软管及组合件技术指标 (摘自 GB/T 16591—1996)

性 能	要 求	试验方法
试验压力/MPa	6.3	GB/T 5563
最大工作压力下长度变化率(%)	±5	GB/T 5563
最小爆破压力/MPa	12.5	GB/T 5563
粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )		
内胶层与增强层	≥	1.5
增强层与增强层	≥	1.5
外胶层与增强层	≥	1.5
物理性能		
内胶层厚度/mm	≥	1.5
内胶层抗拉强度/MPa	≥	7.0
内胶层扯断伸长率(%)	≥	200
外胶层抗拉强度/MPa	≥	8.5
外胶层扯断伸长率(%)	≥	200
低温试验	无龟裂或断裂	
耐氨性能		
两根试样经屈挠后的最小爆破压力/MPa≥	12.5	按 GB/T 16591—1996 的规定
内胶层和外胶层屈挠后拉伸强度的最大变化率(%)	20	
内胶层和外胶层屈挠后扯断伸长率的变化率(%)	50	
外胶层耐臭氧	无龟裂	GB/T 9571 方法 1
加速老化		
外胶层抗拉强度变化率(%)	≥	20
外胶层扯断伸长变化率(%)	≥	50
		GB/T 3512 70±3h×70°C

注：软管及组合件的性能指标均应符合本表要求。交货和年度检验试验要求：交货检验试验压力为 6.3MPa，年度检验试验压力为 6.3MPa。

## 2 工程塑料及其制品

### 2.1 常用工程塑料性能及应用 (见表 3.3-27~表 3.3-29)

表 3.3-27 常用工程塑料的性能特点及应用举例

名 称	特 性	应 用 举 例
硬质聚氯乙烯 (PVC)	机械强度较高, 化学稳定性及介电性能优良, 耐油性和抗老化性也较好, 易熔接及粘合, 价格较低。缺点是使用温度低 (在 60°C 以下), 线膨胀系数大, 成型加工性不良	制品有管、棒、板、焊条及管件, 除作日常生活用品外, 主要用作耐磨蚀的结构材料或设备衬里材料 (代有色金属、不锈钢和橡胶) 及电气绝缘材料
软质聚氯乙烯 (PVC)	抗拉强度、抗弯强度及冲击韧度均较硬质聚氯乙烯低, 但破裂延伸率较高。质柔软、耐摩擦、挠曲, 弹性良好, 象橡胶, 吸水性低, 易加工成型, 有良好的耐寒性和电气性能, 化学稳定性强, 能制各种鲜艳而透明的制品。缺点是使用温度低, 在 -15~55°C	通常制成管、棒、薄板、薄膜、耐寒管、耐酸碱软管等半成品, 供作绝缘包皮、套管, 耐腐蚀材料、包装材料和日常生活用品
聚乙烯 (PE)	具有优良的介电性能、耐冲击、耐水性好, 化学稳定性高, 使用温度可达 80~100°C, 摩擦性能和耐寒性好。缺点是机械强度不高, 质较软, 成型收缩率大	用作一般电缆的包皮, 耐腐蚀的管道、阀、泵的结构零件, 亦可喷涂于金属表面, 作为耐磨、减磨及防腐蚀涂层
有机玻璃 (聚甲基丙烯酸甲酯) (PMMA)	有极好的透光性, 可透过 92% 以上的太阳光, 紫外线光达 73.5%; 机械强度较高, 有一定耐热耐寒性, 耐腐蚀、绝缘性能良好, 尺寸稳定, 易于成型, 质较脆, 易溶于有机溶剂中, 表面硬度不够, 易擦毛	可作要求有一定强度的透明结构零件, 如油杯、车灯、仪表零件, 光学镜片; 装饰件、光学纤维等

(续)

名称		特性	应用举例
聚丙烯 (PP)		是最轻的塑料之一,其屈服、抗拉和抗压强度和硬度均优于低压聚乙烯,有很突出的刚性,高温(90°C)抗应力松弛性能良好,耐热性能较好,可在100°C以上使用,如无外力150°C也不变形,除浓硫酸、浓硝酸外,在许多介质中很稳定,低分子量的脂肪烃、芳香烃、氯化烃,对它有软化和溶胀作用,几乎不吸水,高频电性能不好,成型容易,但收缩率大,低温呈脆性,耐磨性不高	作一般结构零件,作耐腐蚀化工设备和受热的电气绝缘零件,如泵叶轮、汽车零件、化工容器、管道、涂层、蓄电池匣
聚苯乙烯 (PS)		有较高的韧性和抗冲击强度;耐酸、耐碱性能好,不耐有机溶剂,电气性能优良,透光性好,着色性佳,并易成型	作一般结构零件和透明结构零件以及仪表零件、油浸式多点切换开关、电池外壳,透明零件
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)		具有良好的综合性能,即高的冲击韧度和良好的力学性能,优良的耐热、耐油性能和化学稳定性,尺寸稳定、易机械加工,表面还可镀金属,电性能良好	作一般结构或耐磨受力传动零件和耐腐蚀设备,用ABS制成泡沫夹层板可做小轿车车身
聚砜 (PSU)		有很高的力学性能、绝缘性能及化学稳定性,并且在-100~150°C以下能长期使用,在高温下能保持常温下所具有的各种力学性能和硬度,蠕变值很小,用F-4填充后,可作摩擦零件	适于高温下工作的耐磨受力传动零件,如汽车分变速器盖、齿轮以及电绝缘零件等
聚酰胺 (尼龙) (PA)	尼龙66	疲劳强度和刚性较高,耐热性较好,摩擦系数低,耐磨性好,但吸湿性大,尺寸稳定性不够	适用于中等载荷、使用温度 $\leq 100\sim 120^\circ\text{C}$ 、无润滑或少润滑条件下工作的耐磨受力传动零件
	尼龙6	疲劳强度、刚性、耐热性稍不及尼龙66,但弹性好,有较好的消震,降低噪音能力。其余同尼龙66	在轻负荷、中等温度(最高80~100°C)、无润滑或少润滑、要求噪音低的条件下工作的耐磨受力传动零件
	尼龙610	强度、刚性、耐热性略低于尼龙66,但吸湿性较小,耐磨性好	同尼龙6,宜作要求比较精密的齿轮,用于湿度波动较大的条件下工作的零件
	尼龙1010	强度、刚性、耐热性均与尼龙6和610相似,吸湿性低于尼龙610,成型工艺性较好,耐磨性亦好	轻载荷、温度不高、湿度变化较大的条件下无润滑或少润滑的情况下工作的零件
	单体浇铸尼龙 (MC尼龙)	强度、耐疲劳性、耐热性、刚性均优于尼龙6及尼龙66,吸湿性低于尼龙6及尼龙66,耐磨性好,能直接在模型中聚合成型,宜浇铸大型零件	在较高载荷,较高的使用温度(最高使用温度小于120°C)无润滑或少润滑的条件下工作的零件
聚甲醛 (POM)		抗拉强度、冲击韧度、刚性、疲劳强度、抗蠕变性能都很高,尺寸稳定性好,吸水性小,摩擦系数小,有很好的耐化学药品能力,性能不亚于尼龙,但价格较低,缺点是加热易分解,成型比尼龙困难	可用作轴承、齿轮、凸轮、阀门、管道螺帽、泵叶轮、车身底盘的小部件、汽车仪表板、汽化器、箱体、容器、杆件以及喷雾器的各种代铜零件
聚碳酸酯 (PC)		具有突出的冲击韧度和抗蠕变性能,有很高的耐热性,耐寒性也很好,脆化温度达-100°C,抗弯、抗拉强度与尼龙等相当,并有较高的伸长率和弹性模量,但疲劳强度小于尼龙66,吸水性较低,收缩率小,尺寸稳定性好,耐磨性与尼龙相当,并有一定的抗腐蚀能力。缺点是成型条件要求较高	可用作各种齿轮、蜗轮、齿条、凸轮、轴承、心轴、滑轮、传送链、螺帽、垫圈、泵叶轮、灯罩、容器、外壳、盖板等
氯化聚醚 (聚醚醚) (CPE)		具有独特的耐腐蚀性能,仅次于聚四氟乙烯,可与聚三氟乙烯相比,能耐各种酸碱和有机溶剂,在高温下耐浓硝酸、浓双氧水和湿氯气等,可在120°C下长期使用,强度、刚性比尼龙、聚甲醛等低,耐磨性略优于尼龙,吸水性小,成品收缩率小,尺寸稳定,成品精度高,可用火焰喷镀法涂于金属表面	作耐腐蚀设备与零件,作为在腐蚀介质中使用的低速或高速、低速、低负荷的精密耐磨受力传动零件,如泵、阀、轴承、密封圈、化工管道涂层、窥镜等

(续)

名称	特性	应用举例
聚酚氧 (苯氧树脂)	具有良好的力学性能,高的刚性、硬度和韧性。冲击强度可与聚碳酸酯相比,抗蠕变性能与大多数热塑性塑料相比属于优等,吸水性小,尺寸稳定,成型精度高,一般推荐的最高使用温度为77°C	适用于精密的、形状复杂的耐磨受力传动零件,仪表、计算机等零件;涂料及胶粘剂
线型聚酯 (聚对苯二甲酸乙二醇酯) (PETP)	具有很高的力学性能,抗拉强度超过聚甲醛,抗蠕变性能、刚性和硬度都胜过多种工程塑料,吸水性小,线胀系数小,尺寸稳定性高,热力学性能和冲击性能很差,耐磨性同于聚甲醛和尼龙,增强的线型聚酯其性能相当于热固性塑料	作耐磨受力传动零件,特别是与有机溶剂接触的上述零件,增强的聚酯可以代替玻纤填充的酚醛、环氧等热固性塑料
聚苯醚 (聚苯撑氧)(PPO), 改性聚苯醚 (MPPO)	在高温下有良好的力学性能,特别是抗张强度和蠕变性能极好,有较高的耐热性(长期使用温度为127~120°C),成型收缩率低尺寸稳定性强,耐高浓度的无机酸、有机酸、盐的水溶液、碱及水蒸气,但溶于氯化烃和芳香烃中,在内酮、苯甲醇、石油中龟裂和膨胀	适于作在高温工作下的耐磨受力传动零件,和耐腐蚀的化工设备与零件,如泵叶轮、阀门、管道等,还可以代替不锈钢作外科医疗器械
聚四氟乙烯 (PTFE、F-4)	具有优异的化学稳定性,与强酸、强碱或强氧化剂均不起作用,有很高的耐热性,耐寒性,使用温度自-180°C至250°C,摩擦系数很低,是极好的自润滑材料。缺点是力学性能较低,刚性差有冷流动性,热导率低,热膨胀大,耐磨性不高(可加入填充剂,适当改善),需采用预压烧结的方法,成型加工费用较高	主要用作耐化学腐蚀、耐高温的密封元件,如填料、衬垫、涨圈、阀座、阀片,也用作输送腐蚀介质的高温管道,耐腐蚀衬里,容器以及轴承、导轨、无油润滑活塞环、密封圈等。其分散液可以作涂层及浸渍多孔制品
填充聚四氟乙烯 (PTFE)	用玻璃纤维粉末、二硫化钼、石墨、氧化钨、硫化钨、青铜粉、铅粉等填充的聚四氟乙烯,在承载能力、刚性、PV极限值等方面都有不同的提高	用于高温或腐蚀介质中工作的摩擦零件如活塞环等
聚三氟氯乙烯 (PCTFE、F-3)	耐热性、电性能和化学稳定性仅次于F-4,在180°C的酸、碱和盐的溶液中亦不溶胀或侵蚀,机械强度、抗蠕变性能、硬度都比F-4好些,长期使用温度为-195~190°C之间,但要求长期保持弹性时,则最高使用温度为120°C,涂层与金属有一定的附着力,其表面坚韧、耐磨、有较高的强度	作耐腐蚀的设备与零件,悬浮液涂于金属表面可作防腐、电绝缘防潮等涂层
聚全氟乙烯丙烯 (FEP、F-46)	力学、电性能和化学稳定性基本与F-4相同,但突出的优点是冲击韧度高,即使带缺口的试样也冲不断,能在-85°C~205°C温度范围内长期使用	同F-4,用于制作要求大批量生产或外形复杂的零件,并用注射成型代替F-4的冷压烧结成型
酚醛树脂 (PF)	力学性能很高,刚性大,冷流性小,耐热性很高(100°C以上),在水润滑下摩擦系数极低(0.01~0.03),PV值很高,有良好的电性能和抵抗酸碱侵蚀的能力,不易因温度和湿度的变化而变形,成型简便,价格低廉。缺点是性质较脆、色调有限,耐光性差,耐电弧性较小,不耐强氧化性酸的腐蚀	常用的为层压酚醛塑料和粉末状压塑料,有板材、管材及棒材等。可用作农用潜水电泵的密封件和轴承、轴瓦、皮带轮、齿轮、制动装置和离合装置的零件、摩擦轮及电器绝缘零件等
聚酰亚胺 (PI)	能耐高温、高强度,可在260°C温度下长期使用,耐磨性能好,并在高温和真空下稳定、挥发物少,电性能、耐辐射性能好,不溶于有机溶剂和不受酸的侵蚀,但在强碱、沸水、蒸汽持续作用下会破坏,主要缺点是质脆,对缺口敏感,不宜在室外长期使用	适用于高温、高真空条件下作减磨、自润滑零件,高温电动机、电器零件
环氧树脂 (EP)	具有较高的强度,良好的化学稳定性和电绝缘性能,成型收缩率小,成型简便	制造金属拉延模、压形模、铸造模,各种结构零件以及用来修补金属零件及铸件

表 3.3-28 常用工程塑料应用实例

分类	工况要求	零件实例	材料性能	可选材料
一般结构零件	不承受或只承受很小的载荷, 工作环境温度不高	壳体、盖板、外罩、支架、手柄、手轮、导管、管接头、方向盘、一般紧固件等	只要求较低的强度和耐热性能, 但因用量较大, 还要求成型工艺性好, 成本低廉	低压聚乙烯、聚苯乙烯、改性聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、尼龙、ABS 等。稍大壳体零件, 要求有较好的刚性时可选用聚碳酸酯
透明结构零件	同上	仪表壳、灯罩、风窗玻璃、液面计、油标、设备标牌等	要求透光性好, 并要求一定的耐热性、耐候性和耐磨性	有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚砜、透明芳香尼龙、ABS 的改性品种 MBS
普通传动零件	承受交变应力及冲击载荷, 表面受磨损, 工作条件较为苛刻	齿轮、齿条、凸轮、蜗轮、蜗杆、滚子、联轴器等	要求有较高的强度、刚度、韧性、耐磨性、耐疲劳性、耐热性和尺寸稳定性	尼龙、MC 尼龙、聚甲醛、F-4 填充的聚甲醛、聚碳酸酯、氯化聚醚、夹布酚醛、增强聚丙烯、增强热塑性聚酯
摩擦零件	受力不大, 但运动速度较高, 有的是在无油或少油润滑条件下运转	轴承、轴套、滑动导轨、活塞环、机械动密封圈、填料函等	对强度要求不高, 但要求有良好的自润滑性、较低的摩擦系数、一定的耐油性和较高的热变形温度	低压聚乙烯、尼龙、MC 尼龙、氯化聚醚、聚四氟乙烯及填充聚四氟乙烯、F-4 填充的聚甲醛 对于工作条件苛刻的轴承可采用塑料-金属三层复合材料
耐腐蚀零件	在常温或高温下, 长期受酸、碱或其他腐蚀性介质的侵蚀	化工容器、管道、泵、阀、塔器、搅拌器、反应釜、热交换器、冷凝器、分离和排气净化设备	主要要求有抵抗各种强酸、强碱、强氧化剂和有机溶剂等化学介质腐蚀的能力, 保证正常操作、安全生产	可供选用的品种有: 硬聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、氟塑料、氯化聚醚、聚苯硫醚、酚醛玻璃钢、环氧玻璃钢、呋喃玻璃钢、聚酯玻璃钢等
		全塑结构件	耐蚀性好, 优良抗热变形性能, 较高力学性能	聚丙烯、硬聚氯乙烯及其填充增强塑料、填充聚四氟乙烯、氯化聚醚、聚苯硫醚
		衬里结构件	耐蚀性好, 负荷由基材承受	环氧树脂及其玻璃钢, 工作温度不高可用聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、氯化聚醚, 温度高时用氟塑料
		加强复合结构件	力学性能和耐蚀性均要求高	玻璃钢加强的硬聚氯乙烯或聚丙烯
		涂层结构件	涂层薄, 只作防大气腐蚀之用	环氧、氯化聚醚、聚乙烯、聚三氟氯乙烯、聚苯硫醚
高强度、高模量结构件	负荷大, 运转速度高, 有的承受强大的离心力和热应力, 有的受介质腐蚀	燃气轮机压气机叶片、高速风扇叶片、泵叶轮、船用螺旋桨、发电机护环、压力容器、高速离心转筒、船艇壳体、汽车车身等	要求高强度、高的弹性模量(刚度)、耐冲击、耐疲劳、耐腐蚀以及较高的热变形温度	玻璃纤维增强的热塑性塑料(其中以尼龙的增强效果最好, 其次为聚碳酸酯、线型聚酯、聚苯乙烯等), 环氧玻璃钢、聚酯玻璃钢、碳纤维增强的环氧树脂料等



(续)

分类	工况要求	零件实例		材料性能	可选材料	
电 气 绝 缘 零 件	在工频交流或直流电压为 1kV 及以下的低压电场中工作	低 压 电 机 器 绝 缘 件 及 电 缆 线 绝 缘 层	耐 热 等 级	Y 级 ( $\leq 90^{\circ}\text{C}$ )	这类电气绝缘层的破坏主要是热老化,故选材时首先是按绝缘材料的耐热级别来选择。其次才考虑环境适应性,如潮、耐湿热、耐油、耐溶剂及耐户外气候性;有时还要考虑强度、刚性、耐弧性和耐燃性	聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、尼龙、有机玻璃以及加入有机填料的酚醛、氨基塑料等
				A 级 ( $\leq 105^{\circ}\text{C}$ )		聚氯乙烯、聚丙烯、尼龙及以木粉、石粉或高岭土、棉纤维填充的酚醛、脲醛压塑料
				E 级 ( $\leq 120^{\circ}\text{C}$ )		聚碳酸酯、聚苯醚、氯化聚醚及以有机填料(纸、布)填充改性的酚醛层压塑料制品
				B 级 ( $\leq 130^{\circ}\text{C}$ )		加入无机填料(石棉、玻纤)的酚醛、环氧、聚酯、三聚氰胺层压塑料制品和模压塑料
				F 级 ( $\leq 155^{\circ}\text{C}$ )		聚砒、芳香尼龙、F-46 以及加入无机填料(石棉、玻纤)的环氧、有机硅、DAP 层压或模压塑料
				H 级 ( $\leq 180^{\circ}\text{C}$ )		F-4、聚苯硫醚、聚芳砒以及加入无机填料(石棉、玻纤)的有机硅、二苯醚、DAIP 压塑料
				C 级 ( $180^{\circ}\text{C}$ 以上)		F-4、聚酰亚胺、聚芳砒、聚苯硫醚、聚苯并咪唑
	在中压或高压(6kV 以上)的电场条件下工作	高 压 电 气 绝 缘 件	高压电缆绝缘层	除应具备低压电工材料的某些性能外,还要求耐电压强度高、介电常数与介电损耗角正切值小、抗电晕及优良的耐候性	交联聚乙烯。在较低电压下可用聚碳酸酯、聚烯烃及 F-4 等	
			高压电机、电器绝缘件		通常采用双酚 A 型环氧、脂环族环氧和线型酚醛型环氧等塑料品种,但需进行合适的防电晕处理	
	在高频率电场条件下工作	高频设备(如高频干燥、热处理、焊接等)及普通无线电电子设备上的绝缘件		在高频设备中,电磁感应、涡流、容抗和介电损耗等问题比较突出,一般应选用介电常数小而稳定及 $\tan\delta$ 值小的材料	常用的有:聚烯烃、F-4 和 F-46 塑料以及某些纯碳氢的热固性塑料,也可选用聚酰亚胺、有机硅、聚苯醚、聚苯乙烯和聚丙烯。在高频高压工况下,则宜选用交联聚乙烯	
		电容器介质材料		应具有适当的介电常数和高的耐压强度、尽可能小的 $\tan\delta$ 值,质地要均匀密实,介电性能不应有大的温度和频率依赖性	聚酯薄膜、聚苯乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚四氟乙烯薄膜、聚酰亚胺薄膜以及酯交换法生产的聚碳酸酯塑料	

表 3.3-29 常用工程塑料的技术性能

塑料名称	代号	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	吸水率 (%)	抗拉 强度 /MPa	弹性 模量 /GPa	断后 伸长率 (%)	抗压 强度 /MPa	抗弯强度 /MPa	冲击韧性 悬臂梁,缺口 /J·m <sup>-2</sup>	硬度 洛氏®/布氏 HR/HBS®/HBS	成型 收缩率 (%)	无负荷 最高使 用温度 /°C	连续 耐热 温度 /°C
聚氯乙烯,硬质	PVC	1.30~1.58	0.07~0.4	45~50	3.3	20~40	—	80~90	筒支梁,无缺口 30 ~40kJ/m <sup>2</sup>	14~17HBS	0.1~0.5	66~79	—
聚氯乙烯,软质	PVC	1.16~1.35	0.5~1.0	10~25	—	100~450	—	—	—	50~75HSA	1~5	60~79	—
聚乙烯(高密度)	HDPE	0.941~ 0.965	<0.01	21~38	0.4~1.03	20~100 (断裂)	18.6~ 24.5	—	80~1067	60~70HSD	1.5~ 4.0	79~ 121	85
聚乙烯(低密度)	LDPE	0.91~0.925	<0.01	3.9~ 15.7	0.12~ 0.24	90~800	—	—	853.4	41~50HSD 10HRR	1.2~ 4.0	82~ 100	—
聚乙烯,超高分 子量	UNMWPE	0.94	<0.01	30~34	0.68~ 0.95	400~ 480	—	35~37	筒支梁,无缺口 190~200kJ/m <sup>2</sup> 未 断	50HRR	4.0	—	—
聚甲基丙烯酸甲 酯(有机玻璃)	PMMA	1.17~1.20	0.20~ 0.40	50~77	2.4~3.5	2~7	—	84~120	14.7	10~18HES	0.2~ 0.6	65~95	—
聚丙烯	PP	0.90~0.91	0.03~0.04	35~40	1.1~1.6	200	—	42~56	10~100	50~102HRR	1.0~2.5	88~116	—
聚苯乙烯	PS	1.04~1.10	0.03~ 0.30	50~60	2.8~4.2	1.0~ 3.7	—	69~80	10~80	65~80HRM	0.2~ 0.7	60~79	—
甲基丙烯酸甲酯 -丁二烯-苯乙烯	MBS	1.09~1.10	—	42~55 (屈服)	2.2~2.7	12~18 (断裂)	—	—	50~150	100~120HRR	—	—	—
丙烯腈-丁二烯- 苯乙烯	ABS	1.03~1.06	0.20~ 0.25	21~63	1.8~2.9	23~60	18~70	62~97 (1.8~3.0GPa) <sup>①</sup>	123~454	62~121HRR	0.3~ 0.6	130~ 190	—
聚砒	PSU	1.24~1.61	0.3	66~68	2.5~4.5	2~5	276	99~106 (2.7~5.2GPa) <sup>①</sup>	34.7~64.1	69~74HRM	0.4~ 0.7	149	—
聚酰胺(尼龙)-6	PA-6	1.13~1.15	1.9~2.0	51~78	—	150~250	60~90	70~100	53.3~64	85~114HRR	—	82~121	—
聚酰胺(尼龙)- 66	PA-66	1.14~1.15	1.5	57~83	—	40~270	90~120	60~110	43~64	100~118HRR	1.5~ 2.2	82~ 149	—
聚酰胺(尼龙)- 610	PA-610	1.07~1.09	0.5	47~60	—	100~ 240	70~90	70~100	筒支梁,有缺口 3.5~5.5kJ/m <sup>2</sup>	90~130HRR	1.5~ 2.0	—	—
聚酰胺(尼龙)- 1010	PA-1010	1.04~1.07	0.39	52~55	1.6	100~ 250	65	85~89 (1.8GPa) <sup>②</sup>	筒支梁,有缺口 4 ~5kJ/m <sup>2</sup>	71HBS	1~2.5	—	—
聚酰胺(尼龙)- 铸型	PA-MC	1.10	0.6~1.2	77~92	2.4~3.6	20~30	—	120~150	筒支梁,无缺口, 500~600kJ/m <sup>2</sup>	14~21HBS	径向 3~4 纵向 7~12	—	—
聚甲基醚(均聚)	POM	1.42~1.43	0.20~ 0.27	58~70	2.9~3.1	15~75	122	98 (2.9GPa) <sup>③</sup>	64~123	118~120HRR 80~94HRM	2.0~ 2.5	91	121

(续)

塑料名称	代号	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	吸水率 (%)	抗拉 强度 /MPa	弹性 模量 /GPa	断 后 伸 长 率 (%)	抗压 强度 /MPa	抗弯强度 /MPa	冲击强度 悬臂梁,缺口 /J·m <sup>-2</sup>	硬度 洛氏/邵氏 <sup>②</sup> /布氏 HR/HBS/HB	成 形 收 缩 率 (%)	无 荷 载 最 高 使 用 温 度 /°C	连 续 耐 热 温 度 /°C
聚甲醛(共聚)	POM	1.41~1.43	0.22~ 0.29	62~68	2.8	40~75	113	91~92 (2.6GPa) <sup>①</sup>	53~85	120HRR 78~84HRM	2.0~ 3.0	100	80
聚碳酸酯	PC	1.18~1.20	0.2~0.3	60~88	2.5~3.0	80~95	—	94~130	640~830	68~86HRM	0.5~0.8	121	120
聚酰胺		1.40	0.01	42~56	1.1	60~130	66~76	54~78	简支梁,无缺口 40kJ/m <sup>2</sup>	100HRM	0.4~ 0.6	—	—
聚酰氨		1.17~1.18	0.13	55~70	2.1~2.7	50~100	—	83~110 (2.3~2.8GPa) <sup>①</sup>	80~127	118~123HRR	0.3~ 0.4	—	65~ 80
聚对苯二甲酸乙 二(醇)酯	PETP	1.37~1.38	0.08~ 0.09	57	2.8~2.9	50~300	—	84~117	0.4	68~98HRM	—	79	—
聚对苯二甲酸丁 二(醇)酯	PBTP	1.30~1.55	0.03~ 0.09	52.5~65	2.6	—	—	83~103 (2.2GPa) <sup>①</sup>	35.4	118HRR	1.5~ 2.5	138	—
聚四氟乙烯	PTFE	2.1~2.2	0.01~ 0.02	14~25	0.4	250~ 500	—	18~20	107~160	50~65HSD	1~5 (模压)	288	—
聚三氟氯乙烯	PCTFE	2.1~2.2	0.02	31~42	1.1~2.1	50~190	—	52~65	192	74HSD	1~2.5	177~ 199	—
聚全氟乙烯丙烯	FEP	2.1~2.2	0.01	19~22	0.35	250~330	—	—	—	60~65HSD	2~5	204	—
聚苯醚	PPO	1.06~1.36	0.06~0.12	48~66	2.3~2.6	35~60	69~113	57~97	214~374	115~126HRR 93HRM	0.5~ 0.8	79~ 104	60~ 121
聚砜亚胺(均苯 型)	PI	1.42~1.43	0.2~0.3	94.5	—	6~8	>276	117 (3.2GPa) <sup>①</sup>	—	92~102HRM	—	260	80~ 88
聚砜亚胺(醚酞 型)		1.36~1.38	0.3	120	—	6~10	>230	200~210 (3.3GPa) <sup>①</sup>	—	—	0.5~ 1.0	—	—
聚酰亚胺(聚醚 型)		1.27	0.25	105~140 97	3.0	60	140	152 (3.3GPa) <sup>①</sup>	53.4~64.1	109~110HRM	0.5~7	170	—
聚酰亚胺(聚酰 胺型)		1.42	0.33 (饱和)	152	4.5	7.6	221	189~241 (5.03GPa) <sup>①</sup>	144	86HRE	0.6~ 1.0	—	—
酚醛(木粉)	PF	1.37~1.46	0.3~1.2	35~62	5.5~11.7	0.4~0.8	172~214	48~97	10.7~32.0	100~115HRM	0.4~0.9	149~177	—
环氧树脂(玻纤)	EP	1.6~2.0	0.04~0.20	35~137	20.7	4	124~276	55~207	16.0~53.4	100~112HRM	0.1~0.8	149~260	—

① 弯曲模量。  
② 按 GB2411“塑料邵氏硬度试验方法”，塑料的邵氏硬度用 H<sub>A</sub> 或 H<sub>D</sub> 表示，此处为与洛氏及布氏硬度的写法一致，特用 HSA 及 HSD 表示。  
注：本表数值供参考用。

## 2.2 工程塑料板材和薄膜

## 2.2.1 聚四氟乙烯板 (见表 3.3-30)

表 3.3-30 聚四氟乙烯板规格性能及应用 (摘自 QB/T 3625-1999)

牌号	规格/mm			性能及应用			
	厚度	宽度×长度	圆形板	项目	SFB-1	SFB-2	SFB-3
SFB-3	0.5	60,90	厚度: 0.8,1.0, 1.2,1.5 直径: 100,120, 140,160, 180,200, 250	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	2.1~2.3	2.1~2.3	2.1~2.3
	0.6	120,150					
	0.7	200,250					
	0.8	300,600					
	0.9	1000,1200					
	1.0	同上	抗拉强度 /MPa	≥15	≥15	≥15	
	1.2	120×120					
	1.5	160×160					
		200×200					
	250×250						
SFB-2	2,2.5,3,4,5,6,	120×120 160×160 200×200 250×250 300×300 400×400 450×450	断裂伸长率 (%)	≥150	≥150	≥30	
SFB-1	7,8,9,10,11,						
12,13,14,15,							
16,17,18,19,							
20,22,24,26,							
28,30,32,34,							
36,38,40,45,							
50,55,60,65,							
70,75							
80,85,90,95, 100	300×300 400×400 450×450						交流击穿 电压/kV
应用	用于电器 绝缘	用于腐蚀 介质中的衬 垫、密封件 及润滑材料	用于腐蚀 介质中的隔 膜和视镜				

注: 标记示例: 厚度 15mm, 宽度 250mm, 长度 250mm 的 SFB-2 聚四氟乙烯板材, 标记为: 乙烯板 SFB-2--15×250×250 QB/T 3625-1999。

## 2.2.2 硬聚氯乙烯挤出板 (见表 3.3-31)

表 3.3-31 硬聚氯乙烯板材规格及性能 (摘自 GB/T 13520-1992)

规格				性能			
公称厚度 d/mm	厚度偏差 /mm	宽度	长度				
2.0	±0.20	宽度: ≥700mm 宽度偏差 为宽度的 +0.5%	长度: ≥1600mm 长度偏差 为全长的 +1.0%	密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.30~1.50		
2.5	±0.23			抗拉强度(纵、横)/MPa	≥52.0		
3.0	±0.25			冲击韧度(缺口)(纵、横)/kJ·m <sup>-2</sup>	≥5.0		
3.5	±0.28			落球冲击强度	不破裂		
4.0	±0.30			维卡软化点/°C	装饰用板材	≥75.0	
4.5	±0.33				工业用板材	≥80.0	
5.0	±0.35			加热尺寸变化率(%)	纵	-5.0~5.0	
5.5	±0.38				横	-3.0~3.0	
6.0	±0.40				透光率(%)	d≤3mm	≥80.0
6.5	±0.43					3mm<d≤6mm	≥75.0
7.0	±0.45						
7.5	±0.48						
8.0	±0.50						
8.5	±0.53						
10.0	±0.60						
12.0	±0.70						
14.0	±0.80						
15.0	±0.85						
16.0	±0.90						
18.0	±1.00						
20.0	±1.10						

(续)

规格				性能	
公称厚度 $d/\text{mm}$	厚度偏差 $/\text{mm}$	宽度	长度		
22.0	$\pm 1.20$	宽度: $\geq 700\text{mm}$	长度: $\geq 1600\text{mm}$	腐蚀度/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	
25.0	$\pm 1.35$			35%(质量分数)盐酸溶液	-2.0~2.0
28.0	$\pm 1.50$	宽度偏差 为宽度的	长度偏差 为全长的	30%(质量分数)硫酸溶液	
30.0	$\pm 1.60$			-1.0~1.0	
32.0	$\pm 1.70$	+3.5%	+1.0%	40%(质量分数)硝酸溶液	
35.0	$\pm 1.85$			-1.0~1.0	
38.0	$\pm 2.00$			40%(质量分数)氢氧化钠溶液	
40.0	$\pm 2.10$			-1.0~1.0	

注: 1. 生产厂可自行规定长和宽规格, 每种厚度板材, 允许有两种长、宽规格, 但偏差应符合本表规定。

2. 标记示例: 厚度10mm, 宽度800mm, 长度2000mm的硬聚氯乙烯板材, 标记为: 硬聚氯乙烯板10×800×2000 GB/T 13520-1992

### 2.2.3 硬质聚氯乙烯层压板 (见表 3.3-32、表 3.3-33)

表 3.3-32 硬质聚氯乙烯层压板材规格 (摘自 GB/T 4454-1996)

尺寸规格	项 目	公称尺寸/mm	极限偏差(%)	极限偏差/mm
	尺寸规格	厚度 $d$	$2 \leq d < 20$	$\pm 10$
$20 \leq d \leq 50$			$\pm 7$	—
宽度 $b$		$b \geq 700$	—	+15 0
长度 $l$		$l \geq 1600$		+15 0
外观质量 要求	项 目	要 求		
		优等品	一等品	合格品
	色差	无	不明显	轻微
	斑点	不允许	不明显	轻微
	凹凸	无	不明显	轻微
	板边	四边应成直线, 四角应成直角, 板边偏离真正直角边的距离在距角顶1m处不得超过8mm	四边应成直线, 四角应成直角, 板边偏离真正直角边的距离在距角顶1m处不得超过10mm	
	边陷	板材边缘不得有深度大于3mm的缺口	板材边缘不得有深度大于5mm的缺口	
	不平整	不允许		
	裂纹	不允许		
	气泡	不允许		
杂质和黑点	无明显杂质及分散不良的辅料			

注: 1. 产品以聚氯乙烯树脂为主要原料, 加入稳定剂和其他助剂, 经压延成薄片, 再经层压而制成板材。

2. 标记示例: 厚度15mm, 宽度800mm, 长度2000mm的B类硬质聚氯乙烯层压板材, 标记为:

聚氯乙烯板 B15×800×2000 GB/T4454-1996

表 3.3-33 硬质聚氯乙烯层压板材性能及应用 (摘自 GB/T 4454-1996)

项 目	指 标	
	A 类	B 类
相对密度	1.38~1.60	
抗拉强度(纵、横)/MPa	$\geq 49.0$	$\geq 45.0$
冲击韧度(缺口, 平面, 侧面)/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	$\geq 3.2$	$\geq 3.0$
热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq 73.0$	$\geq 65.0$
加热尺寸变化率(纵、横)(%)	±3.0	
整体性	无裂缝	

(续)

项 目		指 标	
		A 类	B 类
燃烧性能		难燃	
腐蚀度/g·cm <sup>-2</sup>	氢氧化钠溶液 40%(质量分数)	±1.0	—
	硝酸溶液 40%(质量分数)	±1.0	
	硫酸溶液 30%(质量分数)	±1.0	
	盐酸溶液 35%(质量分数)	±2.0	
	氯化钠溶液 10%(质量分数)	±1.5	
	水	±1.5	
应用说明		A类为工业用,主要适于化工耐腐蚀结构材料,也可作为其他工业用材料	B类为普通用,主要适于作台面、装饰材料等民用产品,但不宜作食品容器材料

2.2.4 聚乙烯板

表 3.3-34 聚乙烯板的规格及性能 (摘自 QB/T 3630-1999)

板材规格/mm			技术性能		
项 目	尺 寸	极限偏差	项 目	指 标	
厚度 S	2~8	±(0.08±0.03S)	密度/g·cm <sup>-3</sup>	0.919~0.925	0.940~0.960
宽度	≥1000	±5	拉伸屈服强度(纵横向)/MPa	≥7.0	≥22.0
长度	≥2000	±10	简支梁缺口冲击初度(纵横向)/MPa	无破裂	无破裂
对角线最大差值	每 1000 边长	≤5	断裂伸长率(纵横向)(%)	≥200	≥500

2.2.5 酚醛层压纸板 (见表 3.3-15~表 3.3-38)

表 3.3-35 酚醛层压纸板型号、规格及应用 (摘自 JB/T 8149.1-1995)

型号及特性	型 号		特 性			
		PFCP1 PFCP2 PFCP3 PFCP4 PFCP5 PFCP6 PFCP7		机械用,比其他纸板机械性能高,正常湿度下介电性能差 工业高压用,油中电气强度高,正常湿度下介电性能好 电气和机械用,正常湿度下,介电性能好 电气和电子用,高湿度下介电性能稳定 同 PFCP4 板,且耐燃烧性好 电气和机械用,高湿下介电性能好 同 PFCP1 板,但在较低湿度下冲剪性好		
规格 /mm	宽 度 和 长 度			偏 差		
		450~1000 >1000~2600		±15 ±25		
厚度及允许偏差/mm	标称厚度	偏 差		标称厚度	偏 差	
		PFCP1 PFCP2 PFCP3 PFCP4 PFCP6	PFCP5    PFCP7		PFCP1 PFCP2 PFCP3 PFCP4 PFCP6 PFCP7	
	0.4	±0.07	±0.07	6.0	±0.37	—
	0.5	±0.08	±0.08	8.0	±0.47	—
	0.6	±0.09	±0.09	10.0	±0.55	—
	0.8	±0.10	±0.10	12.0	±0.62	—
	1.0	±0.12	±0.12	14.0	±0.69	—
	1.2	±0.14	±0.14	16.0	±0.75	—
	1.6	±0.16	±0.16	20.0	±0.86	—
	2.0	±0.19	±0.19	25.0	±1.00	—
2.5	±0.22	±0.22	30.0	±1.15	—	
3.0	±0.25	±0.25	35.0	±1.25	—	
4.0	±0.30	—	40.0	±1.35	—	
5.0	±0.34	—	45.0	±1.45	—	
			50.0	±1.55	—	

注: 1. 产品用纤维素纤维纸浸以酚醛树脂,经热压而成的层压纸板,表面平滑、无气泡及裂纹等缺陷。  
2. 标记示例: 厚度 6mm、宽度 500mm、长度 1000mm 的 PFCP4 酚醛层压纸板,标记为: 层压纸板 PFCP4—6×500×1000 JB/T 8149.1—1995。

表 3.3-36 酚醛层压板技术指标 (摘自 JB/T 8149.1—1995)

指标名称	单位	受试板材最大或 最小标称厚度 /mm	型 号						
			PFCP1	PFCP2	PFCP3	PFCP4	PFCP5	PFCP6	PFCP7
垂直层向抗弯强度(最小)	MPa	最小 1.5	135	120	120	75	75	85	80
平行层向耐电压,于 90°C±2°C 变 压器油中 1min(最小)	kV	最小 3	—	40	20	25	—	25	—
浸水后绝缘电阻(最小)	MΩ	最大 3	—	—	5×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>4</sup>	1×10 <sup>3</sup>	—
浸水后 1MHz 损耗因数(最大)		最大 3	—	—	—	0.05	0.05	0.05	—
浸水后 1MHz 相对介电系数(最大)		最大 3	—	—	—	5.5	5.5	6	—
加热后 50Hz 损耗因数(最大)		最大 3	—	0.05	—	—	—	—	—
加热后 50Hz 相对介电系数(最大)		最大 3	—	5.5	—	—	—	—	—
可燃性		—	—	—	—	—	待定	—	—
冲剪性		—	—	—	—	—	—	—	供需双 方协商

表 3.3-37 酚醛层压板垂直层向耐电压强度 (摘自 JB/T 8149.1—1995)

型 号 厚度/mm	垂直层向耐电压强度/kV·mm <sup>-1</sup> (90°C±2°C 变压器油中 1min)						
	PFCP1	PFCP2	PFCP3	PFCP4	PFCP5	PFCP6	PFCP7
0.4	—	19	15.7	15.7	15.7	17.5	—
0.5	—	18.2	14.7	14.7	14.7	16	—
0.6	—	17.6	14	14	14	15	—
0.7	—	17.1	13.4	13.4	13.4	14.1	—
0.8	—	16.6	12.9	12.9	12.9	13.4	—
0.9	—	16.2	12.5	12.5	12.5	12.8	—
1.0	—	15.8	12.1	12.1	12.1	12.3	—
1.2	—	15.2	11.4	11.4	11.4	11.4	—
1.4	—	14.7	10.7	10.7	10.7	10.6	—
1.6	—	14.3	10.1	10.1	10.1	10	—
1.8	—	13.9	9.6	9.6	9.6	9.5	—
2.0	—	13.6	9.3	9.3	9.3	9.1	—
2.2	—	13.4	9	9	9	8.7	—
2.4	—	13.3	8.8	8.8	8.8	8.4	—
2.5	—	13.3	8.7	8.7	8.7	8.3	—
2.6	—	13.2	8.6	8.6	8.6	8.2	—
2.8	—	13	8.5	8.5	8.5	7.9	—
3.0	—	13	8.4	8.4	8.4	7.7	—

注:表中的厚度系指厚度实测平均值,若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度之间,指标值应由内插法求得。若厚度实测平均值小于 0.4mm,应采用 0.4mm 的指标值。若标称厚度为 3mm,而厚度实测平均值超过 3mm 时,则采用 3mm 的指标值。

表 3.3-38 酚醛层压板吸水性能 (摘自 JB/T 8149.1—1995)

厚 度/mm	各种型号的吸水性/mg						
	PFCP1	PFCP2	PFCP3	PFCP4	PFCP5	PFCP6	PFCP7
0.4	410	165	160	44	44	62	410
0.5	417	167	162	45	45	63	417
0.6	423	168	163	45	45	65	423
0.8	437	173	167	47	47	67	437
1.0	450	180	170	48	48	69	450
1.2	460	188	174	50	50	71	460
1.6	480	204	182	53	53	76	480
2	500	220	190	56	56	80	500
2.5	525	240	195	59	59	85	525
3	550	260	200	63	63	90	550
4	600	300	220	70	—	100	—
5	650	342	235	77	—	110	—
6	700	382	250	84	—	118	—
8	810	470	285	99	—	135	—
10	920	550	320	113	—	149	—
12	1020	630	350	128	—	162	—

(续)

厚度/mm	各种型号的吸水性/mg						
	PFCCP1	PFCCP2	PFCCP3	PFCCP4	PFCCP5	PFCCP6	PFCCP7
14	1130	720	390	142	—	175	—
16	1230	800	420	157	—	186	—
20	1440	970	490	186	—	202	—
25	1700	1150	570	222	—	219	—
单面加工至 22.5	2040	1330	634	266	—	263	—

注：表中的厚度系指厚度实测平均值，若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度之间，吸水性指标应由内插法求得。若厚度实测平均值小于0.4mm，应采用0.4mm的吸水性指标值。若标称厚度为25mm而厚度实测平均值超过25mm，应采用25mm的指标值。

2.2.6 酚醛层压布板（见表 3.3-39~表 3.3-41）

表 3.3-39 酚醛层压布板规格（摘自 JB/T 8149.3—1995）

厚度及偏差	标称厚度/mm	偏差/mm				标称厚度/mm	偏差/mm			
		PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4		PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4
	0.4	—	—	±0.12	—	12.0	+1.40	±0.70	+1.28	±0.64
	0.5	—	—	±0.13	±0.13	14.0	+1.56	±0.78	+1.40	±0.70
	0.6	—	—	±0.14	±0.14	16.0	+1.70	±0.85	+1.52	±0.76
	0.8	±0.19	±0.19	±0.15	±0.15	20.0	+1.90	±0.95	+1.74	±0.87
	1.0	±0.20	±0.20	±0.16	±0.16	25.0	+2.20	±1.10	+2.04	±1.02
	1.2	±0.22	±0.22	±0.17	±0.17	30.0	+2.44	±1.22	+2.24	±1.12
	1.6	±0.24	±0.24	±0.19	±0.19	35.0	+2.63	±1.34	+2.48	±1.24
	2.0	±0.26	±0.26	±0.21	±0.21	40.0	+2.90	±1.45	+2.70	±1.35
	2.5	±0.29	±0.29	±0.24	±0.24	45.0	+3.10	±1.55	+2.90	±1.45
	3.0	±0.31	±0.31	±0.26	±0.26	50.0	+3.30	±1.65	+3.10	±1.55
	4.0	±0.36	±0.36	±0.32	±0.32	60.0	+3.70	—	+3.50	—
	5.0	±0.42	±0.42	±0.36	±0.36	70.0	+4.00	—	+3.80	—
	6.0	+0.92	±0.46	+0.80	±0.40	80.0	+4.40	—	+4.20	—
	8.0	+1.10	±0.55	±0.98	±0.49	90.0	+4.70	—	+4.50	—
	10.0	+1.26	±0.63	±1.12	±0.56	100.0	+5.00	—	+4.80	—
宽度及长度	宽度和长度为 450~1000mm, 偏差为 ±15mm 宽度和长度 >1000~2600mm, 偏差为 ±25mm									

注：1. 非标称厚度可由供需双方协定，其偏差采用下一个较大标称厚度的偏差值。

2. 标记示例：厚度为 6mm、宽度为 500mm、长度为 1000mm 的 PFCC3 酚醛层压布板，标记为：层压布板 PFCC3·6×500×1000 JB/T 8149.3—1995。

表 3.3-40 酚醛层压布板性能及应用（摘自 JB/T 8149.3—1995）

指标名称	单位	受试板材最大或最小标称厚度/mm	型号			
			PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4
垂直层向抗弯强度(最小)	MPa	最小 15	100	90	110	100
冲击韧度(缺口试样, 平行板层试验)(最小)简支梁(charpy)法	$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	最小 15	8.8	7.8	7.0	6.0
平行层向耐电压于 90°C±2°C 变压器油中 1min(最小)	kV	最小 3	—	15	—	20
浸水后绝缘电阻(最小)	MΩ	最大 3	—	1×10	—	1×10
应用说明	棉布浸以酚醛树脂, 经热压而成的布板, 表面平滑, 无气泡、裂纹、擦伤		机械用(粗布), 力学性能好	机械和电气用(粗布)	机械用(细布), 适于做小零件	机械和电气用(细布), 适于做小零件



表 3.3-41 酚醛层压布板吸水性能 (摘自 JB/T 8149.3—1995)

厚度/mm	吸水性/mg≤				厚度/mm	吸水性/mg≤			
	PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4		PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4
0.4	—	—	186	125	5	275	175	275	175
0.5	—	—	190	127	6	284	182	284	182
0.6	—	—	194	129	8	301	195	301	195
0.8	201	133	201	133	10	319	209	319	209
1.0	206	136	206	136	12	336	223	336	223
1.2	211	139	211	139	14	354	236	354	236
1.6	220	145	220	145	16	371	250	371	250
2.0	229	151	229	151	20	406	277	406	277
2.5	239	157	239	157	25	450	311	450	311
3	249	162	249	162	单面加工至 22.5	540	373	540	373
4	262	169	262	169					

注：表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度之间，吸水性指标值应由内插法求得。若厚度实测平均值小于0.4mm，应采用0.4mm的吸水性指标值。若标称厚度为25mm，而厚度实测平均值超过25mm，应采用25mm的指标值。

## 2.2.7 酚醛层压玻璃布板 (见表 3.3-42~表 3.3-45)

表 3.3-42 酚醛层压玻璃布板规格及应用 (摘自 JB/T 8149.4—1995)

长度和宽度/mm	宽度和长度		偏 差			
	450~1000 >1000~2600		±15 ±25			
厚度及偏差/mm	标称厚度	偏 差	标称厚度	偏 差	标称厚度	偏 差
	0.4	±0.10	3.0	±0.37	16.0	±1.12
	0.5	±0.12	4.0	±0.45	20.0	±1.30
	0.6	±0.13	5.0	±0.52	25.0	±1.50
	0.8	±0.16	6.0	±0.60	30.0	±1.70
	1.0	±0.18	8.0	±0.72	35.0	±1.95
	1.2	±0.21	10.0	±0.82	40.0	±2.10
	1.6	±0.24	12.0	±0.94	45.0	±2.30
	2.0	±0.28	14.0	±1.02	50.0	±2.45
	2.5	±0.38				
应用	产品型号为 PFGC1，为无碱玻璃纤维布浸以酚醛树脂经热压而成。表面要求平滑，无气泡、皱纹及裂纹。适于电工之用					

注：标记示例：厚度6mm、宽度600mm、长度1200mm的酚醛层压玻璃布板，标记为：玻璃布板 PFGC1—6×600×1200 JB/T 8149.4—1995。

表 3.3-43 酚醛层压玻璃布板性能 (摘自 JB/T 8149.4—1995)

指 标 名 称	单 位	受试板材最大或最小 标称厚度/mm	指 标
垂直层向抗弯强度(最小)	MPa	最小 1.5	140
冲击韧度(缺口试样,平行板层试验)(最小)简支梁(charpy)法	$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	最小 5	25
平行层向耐电压,于 $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 变压器油中 1min(最小)	kV	最小 3	20
浸水后绝缘电阻(最小)	MΩ	最大 3	$1 \times 10^2$

表 3.3-44 酚醛层压玻璃布板垂直层向耐电压强度(摘自 JB/T 8149.4—1995)

厚度/mm	垂直层向耐电压强度/ $(\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1})$ ( $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 变压器油中 1min)	厚度/mm	垂直层向耐电压强度/ $(\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1})$ ( $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 变压器油中 1min)
0.4	10.8	1.6	7.5
0.5	10.2	1.8	7.3
0.6	9.7	2.0	7.1
0.7	9.3	2.2	7.0
0.8	9.0	2.4	6.9
0.9	8.7	2.5	6.8
1.0	8.4	2.6	6.7
1.2	8.0	2.8	6.6
1.4	7.7	3.0	6.5

注：表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度之间，指标值应由内插法求得，若厚度实测平均值小于0.4mm，应采用0.4mm的指标值。若标称厚度为3mm，而厚度实测平均值超过3mm时，则应采用3mm的指标值。

表 3.3-45 酚醛层压玻璃布板吸水性能 (摘自 JB/T 8149.4—1995)

厚度/mm	吸水性/mg	厚度/mm	吸水性/mg	厚度/mm	吸水性/mg
0.4	107	2.0	168	10	191
0.5	110	2.5	188	12	570
0.6	114	3	208	14	652
0.8	121	4	249	16	738
1.0	128	5	289	20	895
1.2	136	6	330	25	1096
1.6	152	8	411	单面加工至 22.5	1314

注：表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度值之间，吸水性指标值应由内插法求得。若厚度实测平均值小于 0.4mm，应采用 0.4mm 的吸水性指标值。若标称厚度为 25mm，而厚度实测平均值超过 25mm，应采用 25mm 的指标值。

2.2.8 环氧层压纸板 (见表 3.3-46~3.3-48)

表 3.3-46 环氧层压纸板规格及技术指标 (摘自 JB/T 8149.2—1995)

规格/mm	宽度和长度		偏差			
	450~1000		±15			
	>1000~2600		±25			
厚度及允许偏差/mm	标称厚度	偏差	标称厚度	偏差	标称厚度	偏差
	0.4	±0.07	1.2	±0.14	4.0	±0.30
	0.5	±0.08	1.6	±0.16	5.0	±0.34
	0.6	±0.09	2.0	±0.19	6.0	±0.37
	0.8	±0.10	2.5	±0.22	8.0	±0.47
	1.0	±0.12	3.0	±0.25		
非标称厚度可由供需双方协商制造，其偏差采用下一个较大标称厚度的偏差值						
技术指标	指标名称			单位	受试板材最大或最小标称厚度/mm	指标
	垂直层向抗弯强度(最小)			MPa	最小 1.5	110
	平行层向耐电压，于(90±2)°C 变压器油中 1min(最小)			kV	最小 3	20
	浸水后绝缘电阻(最小)			MΩ	最大 3	1×10 <sup>4</sup>
	浸水后 1MHz 损耗因数(最大)				最大 3	0.05
	浸水后 1MHz 相对介电系数(最大)				最大 3	5.0
可燃性					待定	

注：1. 产品为纤维素纤维纸浸以环氧树脂经热压而成的层压板，其型号为 EPCP1。  
2. 产品外观表面平滑，无气泡、皱纹和裂纹。  
3. 标记示例：厚度 1.2mm、宽度 600mm、长度 1200mm 的环氧树脂层压纸板，标记为：层压纸板 EPCP1—1.2×600×1200 JB/T 8149.2—1995。

表 3.3-47 环氧层压纸板垂直层向耐电压强度 (摘自 JB/T 8149.2—1995)

厚度/mm	垂直层向耐电压强度/kV·mm <sup>-1</sup> (90°C±2°C 变压器油中 1min)	厚度/mm	垂直层向耐电压强度/kV·mm <sup>-1</sup> (90°C±2°C 变压器油中 1min)
0.4	19	1.6	14.3
0.5	18.2	1.8	13.9
0.6	17.6	2.0	13.6
0.7	17.1	2.2	13.4
0.8	16.6	2.4	13.3
0.9	16.2	2.5	13.3
1.0	15.8	2.6	13.2
1.2	15.2	2.8	13.0
1.4	14.7	3.0	13.0

注：表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度之间，指标值应由内插法求得。若厚度实测平均值小于 0.4mm，应采用 0.4mm 的指标值。若标称厚度为 3mm，而厚度实测平均值超过 3mm 时，则应采用 3mm 的指标值。

表 3.3-48 环氧层压纸板吸水性能 (摘自 JB/T 8149.2-1995)

厚度/mm	吸水性/mg	厚度/mm	吸水性/mg	厚度/mm	吸水性/mg
0.4	30	1.2	37	4.0	62
0.5	31	1.6	41	5.0	68
0.6	31	2.0	45	6.0	76
0.8	33	2.5	50	8.0	90
1.0	35	3.0	55		

注:表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度值之间,吸水性指标值应由内插法求得。若厚度实测平均值小于0.4mm,应采用0.4mm的吸水性指标。若标称厚度为8mm,而实测厚度平均值超过8mm,应采用8mm的指标值。

## 2.2.9 环氧层压玻璃布板 (见表 3.3-49~表 3.3-52)

表 3.3-49 环氧层压玻璃布板型号及规格 (摘自 JB/T 8149.5-1995)

型号及特性	型 号		特 性			
	EPGC1 EPGC2 EPGC3 EPGC4		中等温度下机械强度高,高湿下介电性能稳定 与EPGC1相似,具有耐燃性 与EPGC1相似,高温时机械强度高 与EPGC3相似,具有耐燃性			
产品用无碱玻璃纤维布浸以环氧树脂经热压而成。表面平滑,无气泡、皱纹及裂纹,适于电工之用						
长度和宽度 /mm	宽度和长度			偏 差		
	450~1000 >1000~2600			±15 ±25		
厚度及偏差 /mm	标称厚度	偏 差	标称厚度	偏 差	标称厚度	偏 差
	0.4	±0.10	3.0	±0.37	16	±1.12
	0.5	±0.12	4.0	±0.45	20	±1.30
	0.6	±0.13	5.0	±0.52	25	±1.50
	0.8	±0.16	6.0	±0.60	30	±1.70
	1.0	±0.18	8	±0.72	35	±1.95
	1.2	±0.21	10	±0.82	40	±2.10
	1.6	±0.24	12	±0.94	45	±2.30
	2.0	±0.28	14	±1.02	50	±2.45
	2.5	±0.33				

注:1.非标称厚度可由供需双方协商制造,其偏差采用下一个较大标称厚度的偏差值。

2.标记示例:厚5mm、宽500mm、长度为1800mm的EPGC4环氧层压玻璃布板,标记为:环氧玻璃布板EPGC4-5×500×1800 JB/T 8149.5-1995。

表 3.3-50 环氧层压玻璃布板性能 (摘自 JB/T 8149.5-1995)

指标名称	单 位	受试板材最大或 最小标称厚度/mm	型 号			
			EPGC1	EPGC2	EPGC3	EPGC4
垂直层向抗弯强度(最小)常态 150°C±5°C处理1h后 150°C±5°C	MPa	最小1.5	340	340	340	340
冲击韧度(缺口试样,平行板层试 验)(最小)简支梁(charpy)法	kJ·m <sup>-2</sup>	最小5	37	37	37	37
平行层向耐电压,于90°C±2°C 变压器油中1min(最小)	kV	最小3	35	35	35	35
浸水后绝缘电阻(最小)	MΩ	最大3	5×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>4</sup>
浸水后1MHz损耗因数(最大)		最大3	0.04	0.04	0.04	0.04
浸水后1MHz相对介电系数(最 大)		最大3	5.5	5.5	5.5	5.5
可燃性				待定	—	待定

表 3.3-51 环氧层压玻璃布板垂直层向耐电压强度 (摘自 JB/T 8149.5—1995)

厚度/mm	垂直层向耐电压强度/kV·mm <sup>-1</sup> (90°C±2°C 变压器油中 1min)	厚度/mm	垂直层向耐电压强度/kV·mm <sup>-1</sup> (90°C±2°C 变压器油中 1min)
0.4	16.9	1.6	12.8
0.5	16.1	1.8	12.4
0.6	15.6	2.0	12.1
0.7	15.2	2.2	11.9
0.8	14.8	2.4	11.7
0.9	14.5	2.5	11.6
1.0	14.2	2.6	11.6
1.2	13.7	2.8	11.5
1.4	13.2	3.0	11.5

注:表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度之间,指标值应由内插法求得,若厚度实测平均值小于0.4mm,应采用0.4mm的指标值。若标称厚度为3mm而厚度实测平均值超过3mm时,则应采用3mm的指标值。

表 3.3-52 环氧层压玻璃布板吸水性能 (摘自 JB/T 8149.5—1995)

厚度/mm	吸水性/mg	厚度/mm	吸水性/mg	厚度/mm	吸水性/mg
0.4	17	2	20	10	34
0.5	17	2.5	21	12	38
0.6	17	3	22	14	41
0.8	18	4	23	16	45
1.0	18	5	25	20	52
1.2	18	6	27	25	61
1.6	19	8	31	单面加工至 22.5	73

注:表中的厚度系指厚度实测平均值。若试样厚度实测平均值在表中所列两个厚度值之间,吸水性指标值应由内插法求得。若厚度实测平均值小于0.4mm,应采用0.4mm的吸水性指标值,若标称厚度为25mm,而厚度实测平均值超过25mm,应采用25mm的指标值。

2.2.10 工业有机玻璃板 (见表 3.3-53)

表 3.3-53 工业有机玻璃板材规格及性能 (摘自 GB/T 7134—1996)

规格/mm	厚度	幅面尺寸范围			厚度	幅面尺寸范围			
	1.0、1.5	200×200~900×1000			7.0~10.0	400×500~1500×1700			
	2.0	300×300~1000×1300			12.0~25.0	400×500~900×1300			
	3.0~6.0	400×500~1500×1700			30.0~45.0	400×500~800×1200			
厚度及偏差/mm	厚度	偏差			厚度	偏差			
		优等品	一等品	合格品		优等品	一等品	合格品	
	1.0	±0.2	±0.2	±0.4	5.0	±0.5	±0.5	±0.8	
	1.5	±0.2	±0.2	±0.4	6.0	±0.6	±0.6	±0.9	
	2.0	±0.4	±0.4	±0.6	7.0	±0.6	±0.6	±0.9	
	3.0	±0.4	±0.4	±0.6	8.0	±0.7	±0.7	±1.0	
	4.0	±0.5	±0.5	±0.8	9.0	±0.7	±0.7	±1.0	
	10.0	±1.0	±1.0	±1.0	20.0	±2.0	±2.0	±2.0	
	12.0	±1.2	±1.2	±1.2	25.0	±2.2	±2.5	±2.5	
	14.0	±1.4	±1.4	±1.4	30.0	±2.7	±3.0	±3.0	
	15.0	±1.5	±1.5	±1.5	35.0	±3.0	±3.5	±3.5	
16.0	±1.6	±1.6	±1.6	40.0	±3.5	±4.0	±4.0		
18.0	±1.8	±1.8	±1.8	45.0	±4.0	±4.5	±4.5		
性能	指标名称				指标				
					无 色			有 色	
	优等品	一等品	合格品	一等品	合格品				
洛氏硬度(M标尺)	≥				94	90	88	78	78
冲击韧度/kJ·m <sup>-2</sup>	≥				17	17	16	14	14

(续)

性能	指标名称		指 标				
			无 色			有 色	
			优等品	一等品	合格品	一等品	合格品
	抗拉强度/MPa	≥	70	63	61	54	54
	断裂伸长率 (%)	≥	4	3	2	—	—
	热变形温度 /°C ≥	厚度 3~4mm	78	76	75	—	—
		厚度 5~10mm	82	80	78	—	—
		厚度大于 10mm	84	84	78	—	—
	维卡软化温度/°C (厚度 5~10mm)	≥	89	84	79	—	—
	抗溶剂银纹性		浸泡 4h 无银纹出现			—	—
	透光率 (%) ≥	厚度不大于 15mm	91	91	91	—	—
		厚度大于 15mm	90	90	90	—	—

注：1. 标记示例：厚度 20mm，宽度 800mm，长度 1000mm 有机玻璃板材，标记为：玻璃板 20×800×1000 GB/T 7134—1996

2. GB/T 7134 规定有机玻璃棒材由板材经机械加工制成，其物理力学性能指标与板材相同；棒直径 5~16mm，长度 300~1300mm，直径 18~40mm，长度 200~600mm。棒直径 5~16mm，允许偏差为±0.5mm，直径 18~40mm，允许偏差为±0.8mm。棒材直径系列：5、6、7、8、9、10、12、14、15、16、18、20、25、30、35、40、45mm。

2.2.11 软聚氯乙烯压延薄膜和片材 (见表 3.3-54)

表 3.3-54 软聚氯乙烯压延薄膜和片材的规格及性能 (摘自 GB/T 3830—1994)

规格	分 类	厚 度/mm		宽 度/mm			
		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸		极限偏差	
		薄膜	0.100~0.190	±0.020	<1000	±10	±25
片材	0.200~0.240	±0.030	≥1000				
		0.25~0.39	±0.03				
		0.40~0.45	±0.04				

项 目	指 标										
	雨衣用薄膜			民杂用		印花用薄膜			农业用	工业用	玩具用
	优等品	一等品	合格品	薄膜	片材	优等品	一等品	合格品	薄膜	薄膜	薄膜
抗拉强度(纵、横向)/MPa	≥16.0	≥14.0	≥13.0	≥13.0	≥15.0	≥16.0	≥13.0	≥11.0	≥16.0	≥16.0	≥16.0
断裂伸长率(纵、横向)(%)	≥200	≥180	≥150	≥150	≥180	≥160	≥150	≥130	≥210	≥200	≥220
低温伸长率(纵、横向)(%)	≥30	≥25	≥20	≥10	—	≥8	≥8	≥8	≥22	≥10	≥20
直角撕裂强度(纵、横向)/kN·m <sup>-1</sup>	≥40	≥35	≥30	≥40	≥45	≥40	≥35	≥30	≥40	≥40	≥45
尺寸变化率(纵、横向)(%)	≤7	≤7	≤7	≤7	≤5	≤7	≤7	≤7	—	—	≤6
加热损失率(%)	≤5.0	≤5.0	≤5.0	≤5.0	≤5.0	≤7.0	≤7.0	≤7.0	≤4.0	—	≤4.0
水抽出物(%)	—	—	—	—	—	—	—	—	≤1.0	—	—
耐油性/h	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—

注：1. 薄膜和片材由悬浮法聚氯乙烯树脂加入增塑剂、稳定剂及其他助剂，用压延成型方法生产。

2. 雨衣用薄膜主要用于加工雨衣或雨具等；民杂用薄膜或片材主要用于加工书皮封套、票夹、手提袋等各种塑料民用制品；印花用薄膜主要用于加工成印花膜；农业用薄膜主要用于农田、盐田覆盖或铺垫，也可用于农田保温大棚等；工业用薄膜主要用于一般的防水覆盖，防渗铺垫及普通工业品的外包装等；玩具用薄膜主要用于加工充气塑料玩具等。

### 2.3 工程塑料管材

#### 2.3.1 聚四氟乙烯管 (见表 3.3-55)

表 3.3-55 聚四氟乙烯管材规格、性能及应用 (摘自 QB/T 3624—1999)

规格/mm					性能			
牌号	内径	内径偏差	壁厚	壁厚偏差	长度	项目	SFG-1	SFG-2
SFG-1	0.5、0.6、 0.7、0.8、 0.9、1.0	±0.1	0.2 0.3	±0.06 ±0.08	≥200	密度 /g·cm <sup>-3</sup>	—	2.1~2.3
	1.2、1.4、 1.6、1.8、 2.0、2.2、 2.4、2.6、 2.8	±0.2	0.2 0.3 0.4	±0.06 ±0.08 ±0.10		抗拉强度 /MPa	≥25	≥15
	3.0、3.2、 3.4、3.6、 3.8、4.0	±0.3	0.2 0.3 0.4 0.5	±0.06 ±0.08 ±0.10 ±0.16		断裂伸长率 (%)	≥	≥150
	2.0	±0.2	1.0	±0.30				
	3.0、4.0	±0.3						
SFG-2	5.0、6.0 7.0、8.0	±0.5	0.5 1.0 1.5 2.0	±0.30	≥200	交流击穿电 压 ≥ /kV	壁厚 /mm	指标 数值
	9.0 10.0 11.0 12.0	±0.5	1.0 1.5 2.0				0.2	6
			0.3				8	
			0.4				10	
			0.5				12	
	13.0、14.0 15.0、16.0 17.0、18.0 19.0、20.0	±1.0	1.5 2.0			1.0	18	
	25.0、30.0	±1.0 ±1.5	1.5 2.0			应用		用于制作绝缘及输送腐蚀流体导管
2.5								

#### 2.3.2 工业用氯化聚氯乙烯 (PVC-C) 管材及管件

(1) 工业用 PVC-C 管材 (见表 3.3-56~表 3.3-58)

表 3.3-56 工业用 PVC-C 管材尺寸规格 (摘自 GB/T 18998.2—2003) (mm)

公称外径 $d_n$	公称壁厚 $e_n$				壁厚偏差	
	管系列 S				公称壁厚 $e_n$	允许偏差
	S10	S6.3	S5	S4		
	标准尺寸比 SDR				2.0	+0.4 0
	SDR21	SDR13.6	SDR11	SDR9	>2.0~3.0	+0.5 0
20	2.0(0.96)*	2.0(1.5)*	2.0(1.9)*	2.3	>3.0~4.0	+0.6 0
25	2.0(1.2)*	2.0(1.9)*	2.3	2.8	>4.0~5.0	+0.7 0
32	2.0(1.6)*	2.4	2.9	3.6	>5.0~6.0	+0.8 0
40	2.0(1.9)*	3.0	3.7	4.5	>6.0~7.0	+0.9 0

(续)

公称外径 $d_n$	公称壁厚 $e_n$				壁厚偏差	
	管系列 S					
	S10	S6.3	S5	S4	公称壁厚 $e_n$	允许偏差
	标准尺寸比 SDR					
					2.0	+0.4 0
	SDR21	SDR13.6	SDR11	SDR9	>2.0~3.0	+0.5 0
50	2.4	3.7	4.6	5.6	>7.0~8.0	+1.0 0
63	3.0	4.7	5.8	7.1	>8.0~9.0	+1.1 0
75	3.6	5.6	6.8	8.4	>9.0~10.0	+1.2 0
90	4.3	6.7	8.2	10.1	>10.0~11.0	+1.3 0
110	5.3	8.1	10.0	12.3	>11.0~12.0	+1.4 0
125	6.0	9.2	11.4	14.0	>12.0~13.0	+1.5 0
140	6.7	10.3	12.7	15.7	>13.0~14.0	+1.6 0
160	7.7	11.8	14.6	17.9	>14.0~15.0	+1.7 0
180	8.6	13.3	—	—	>15.0~16.0	+1.8 0
200	9.6	14.7	—	—	>16.0~17.0	+1.9 0
225	10.8	16.6	—	—	>17.0~18.0	+2.0 0

- 注：1. 考虑到刚度的要求，带“\*”号规格的管材壁厚增加到2.0mm，进行液压试验时用括号内的壁厚计算试验压力。
2. 管材适于在压力下输送适宜的工业用固体、液体及气体等化学物质的管道系统。应用于石油、化工、污水处理与水处理、电力电子、冶金、采矿、电镀、造纸、食品饮料、医药等工业部门。当用于输送易燃易爆介质时，应符合防火、防爆的有关规定。
3. 管材以氯化聚氯乙烯(PVC-C)树脂为主要原料，经挤出成型。制造管材所用的原材料应符合GB/T 18998.1—2003的规定。
4. 管系列  $S = (d_n - e_n) / 2e_n$ 。  $d_n$ —公称外径(mm)；  $e_n$ —公称壁厚(mm)。
5. 标准尺寸比  $SDR = d_n / e_n$ 。
6. GB/T 18998.2—2003规定，依据ISO4433—1：1997热塑性塑料管材—耐液体化学物质—分类和ISO4433—3：1997热塑性塑料管材—耐液体化学物质—分类(PVC-U、PVC-HI、PVC-C)的试验方法将耐化学性分为“耐化学性S级”、“耐化学性L级”、“耐化学性NS级”及耐化学腐蚀分类。根据管材所输送的化学介质及应用条件，从本表中合理选择管系列。
7. 管材的长度一般为4m或6m，也可按用户要求，由供需双方确定。长度允许偏差为长度的 $\pm 0.4\%$ 。
8. 管材按尺寸分为：S10、S6.3、S5、S4四个管系列。管材规格用管系列代号S×、公称外径 $d_n$ ×公称壁厚 $e_n$ 表示，例如：S5  $d_n 50 \times e_n 5.6$ 。
9. GB/T 18998.2冷热水用PVC-C管材尺寸规格：公称外径 $d_n$ 从20~160mm，相应的公称壁厚及其偏差符合本表规定。

表 3.3-57 工业用 PVC-C 管材平均外径及偏差 (摘自 GB/T 18998.2—2003) (mm)

平均外径 $d_{em}$		圆度 $\leq$	平均外径 $d_{em}$		圆度 $\leq$
公称外径 $d_n$	允许偏差		公称外径 $d_n$	允许偏差	
20	+0.2 0	0.5	32	+0.2 0	0.5
25	+0.2 0	0.5	40	-0.2 0	0.5

(续)

平均外径 $d_{cm}$		圆度 $\leq$	平均外径 $d_{cm}$		圆度 $\leq$
公称外径 $d_n$	允许偏差		公称外径 $d_n$	允许偏差	
50	+0.2 0	0.6	140	+0.5 0	1.7
63	+0.3 0	0.8	160	-0.5 0	2.0
75	+0.3 0	0.9	180	+0.6 0	2.2
90	+0.3 0	1.1	200	+0.6 0	2.4
110	-0.4 0	1.4	225	+0.7 0	2.7
125	+0.4 0	1.5	—	—	—

注：1. 平均外径  $d_{cm}$ —管材或管材插口端的任一横截面外圆周长的测量值除以  $\pi$  ( $\approx 3.142$ ) 所得的值。

2. GB/T 18993.2 PVC-C 冷热水用管材公称外径  $d_n$  从 20~160mm, 其外径允许偏差符合本表规定。

表 3.3-58 工业用 PVC-C 管材的性能 (摘自 GB/T 18998.2-2003)

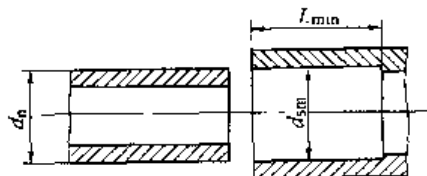
力学性能				物理性能		
项 目	试验参数			要 求	项 目	要 求
	温度 / $^{\circ}\text{C}$	静液压力 /MPa	时间 $\geq$ /h			
静液压试验	20	43	1	无破裂 无渗漏	密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	1450~1650
	95	5.6	165		维卡软化温度/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq 110$
	95	4.6	1000		纵向回缩率(%)	$\leq 5$
静液压状态下热稳定性试验	95	3.6	8760	无破裂 无渗漏	氯含量(质量分数)(%)	$\geq 60$
落锤冲击试验	按 GB/T 14152 规定 $0^{\circ}\text{C}$ 条件下, 锤头半径 25mm, 落锤质量和高度按 GB/T 18998.2-2003 规定			真实冲击率 $\text{TIR} \leq 10\%$		

(2) 工业用 PVC-C 管件

管件按对应的管系列 S 分为四类: S10、S6.3、S5、S4。管件的连接型式分为溶剂粘接型和法兰连接型两种。溶剂粘接型管件分为圆柱形和圆锥形承口两种, 其尺寸及结构见表 3.3-59 和表 3.3-60。法兰连接型管件的结构及尺寸见表 3.3-61~表 3.3-63。管件的物理性能和力学性能见表 3.3-64。

(续)

表 3.3-59 工业用 PVC-C 溶剂粘接型管件 (圆柱形承口) 尺寸规格 (摘自 GB/T 18998.3-2003)



(mm)

公称外径 $d_n$	承口的平均内径 $d_{sm}$ ①		圆度② max	承口长度 $L$ ③ min
	min	max		
20	20.1	20.3	0.25	16.0
25	25.1	25.3	0.25	18.5
32	32.1	32.3	0.25	22.0

公称外径 $d_n$	承口的平均内径 $d_{sm}$ ①		圆度② max	承口长度 $L$ ③ min
	min	max		
40	40.1	40.3	0.25	26.0
50	50.1	50.3	0.3	31.0
63	63.1	63.3	0.4	37.5
75	75.1	75.3	0.5	43.5
90	90.1	90.3	0.6	51.0
110	110.1	110.4	0.7	61.0
125	125.1	125.4	0.8	68.5
140	140.2	140.5	0.9	76.0
160	160.2	160.5	1.0	86.0
180	180.2	180.6	1.1	96.0
200	200.3	200.6	1.2	106.0
225	225.3	225.7	1.4	118.5

注：管件最小壁厚不得小于同等规格的管材壁厚。

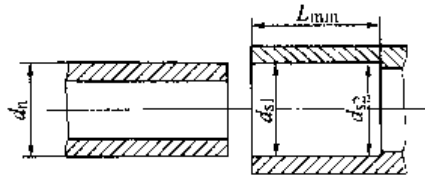
① 承口的平均内径  $d_{sm}$  应在承口中部测量, 承口部分最大夹角应不超过  $0^{\circ}30'$ ;  $d_{sm}$  与管材公称外径  $d_n$  相对应。

② 圆度偏差小于等于  $0.007d_n$ 。若  $0.007d_n < 0.2\text{mm}$ , 则圆度偏差小于等于  $0.2\text{mm}$ 。

③ 承口最小长度等于  $0.5d_n + 6\text{mm}$ , 最短为  $12\text{mm}$ 。



表 3.3-60 工业用 PVC-C 溶剂粘接型管件 (圆锥形承口) 尺寸规格 (摘自 GB/T 18998.3—2003)



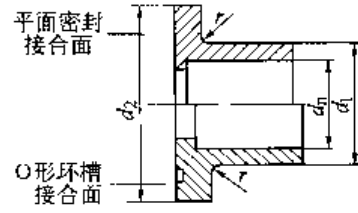
(mm)

公称外径 $d_n$	接头内径				圆度 <sup>①</sup> max	承口长度 $L$ min
	承口口部 $d_{e1}$		承口底部 $d_{e2}$			
	min	max	min	max		
20	20.25	20.45	19.9	20.1	0.25	20.0
25	25.25	25.45	24.9	25.1	0.25	25.0
32	32.25	32.45	31.9	32.1	0.25	30.0
40	40.25	40.25	39.8	40.1	0.25	35.0
50	50.25	50.45	49.8	50.1	0.3	41.0
63	63.25	63.45	62.8	63.1	0.4	50.0
75	75.3	75.6	74.75	75.1	0.5	60.0
90	90.3	90.6	89.75	90.1	0.6	72.0
110	110.3	110.6	109.75	110.1	0.7	88.0

注：管件最小壁厚不得小于同规格管材壁厚。

① 圆度偏差小于等于  $0.007d_n$ ，或当  $0.007d_n < 0.2\text{mm}$  时，偏差小于等于  $0.2\text{mm}$ 。

表 3.3-61 工业用 PVC-C 法兰连接型管件法兰平承的尺寸规格 (摘自 GB/T 18998.3—2003)

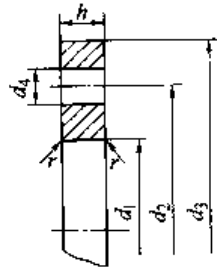


(mm)

对应管材的公称 外径 $d_n$	承口底部的外径 $d_1$	法兰接头的外径 $d_2$	承口底部的 倒角 $r$
20	27	34	1
25	33	41	1.5
32	41	50	1.5
40	50	61	2
50	61	73	2
63	76	90	2.5
75	90	106	1.5
90	108	125	3
110	131	150	3
125	148	170	3
140	165	188	4
160	188	213	4
180	201	247	4
200	224	250	4
225	248	274	4

注：管件最小壁厚不得小于同规格的管材壁厚。

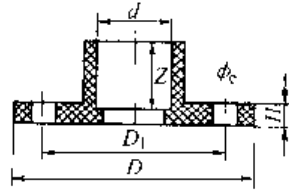
表 3.3-62 工业用 PVC-C 法兰连接型管件法兰盘尺寸规格 (摘自 GB/T 18998.3—2003)



(mm)

对应管材的 公称外径 $d_n$	法兰盘 内径 $d_1$	螺栓孔节 圆直径 $d_2$	法兰盘外径 $d_3$ min	螺栓孔 直径 $d_4$	倒角 $r$	螺栓孔数 $n$	法兰盘最小 厚度 $h$
20	28	65	95	14	1	4	13
25	34	75	105	14	1.5	4	17
32	42	85	115	14	1.5	4	18
40	51	100	140	18	2	4	20
50	62	110	150	18	2	4	20
63	78	125	165	18	2.5	4	25
75	92	145	185	18	2.5	4	25
90	110	160	200	18	3	8	26
110	133	180	220	18	3	8	26
125	150	210	250	18	3	8	28
140	167	210	250	18	4	8	28
160	190	240	285	22	4	8	30
180	203	270	315	22	4	8	30
200	226	295	340	22	4	8	32
225	250	295	340	22	4	8	32

表 3.3-63 工业用 PVC-C 法兰连接型管件呆法兰尺寸规格 (摘自 GB/T 18998.3-2003)



(mm)

公称外径 $d_0$	外形尺寸					
	$D$	$d$	$Z_{\min}$	$D_1$	$\phi_c$	$n$
20	95	20	16.0	65	14	4
25	105	25	18.5	75	14	4
32	115	32	22.0	85	14	4
40	140	40	26.0	100	18	4
50	150	50	31.0	110	18	4
63	165	63	37.5	125	18	4
75	185	75	43.5	145	18	4
90	200	90	51.0	160	18	8
110	220	110	61.0	180	18	8
125	250	125	68.5	210	18	8
140	250	140	76.0	210	18	8
160	285	160	86.0	240	22	8
180	315	180	96.0	270	22	8
200	340	200	106.0	295	22	8
225	340	225	118.5	295	22	8

注：管件最小壁厚不得小于同规格管材壁厚。

表 3.3-64 工业用 PVC-C 管件性能 (摘自 GB/T 18998.3-2003)

项 目	试 验 参 数			要 求	
	温度/°C	静液压应力/MPa	时间/h		
力学性能	静液压试验	20	28.5	$\geq 1000$	无破裂,无渗漏
		60	21.1	$\geq 1$	
		80	6.9	$\geq 1000$	
	静液压状态下热稳定性试验	90	2.85	$\geq 17520$	无破裂,无渗漏
管材和管件连接后系统液压试验	20	17	$\geq 1000$	无破裂,无渗漏	
	80	4.8	$\geq 1000$		
物理性能	项 目	要 求	项 目	要 求	
	密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1450~1650	氯含量(质量分数)(%)	$\geq 60$	
	维卡软化温度/°C	$\geq 103$	烘箱试验	无任何破裂、分层、起泡或熔接痕裂开的现象	

### 2.3.3 冷热水用氯化聚氯乙烯(PVC-C)管材及管件

#### (1) 冷热水用 PVC-C 管材

GB/T 18993.2 冷热水用 PVC-C 材是以氯化聚氯乙烯树脂(PVC-C)为主要原料,经济出成型的适于工业及民用的冷热水管道之用。生产管材所用的原材料应符合 GB/T 18993.1-2003《冷热水用氯化聚氯乙烯(PVC-C)管道系统第1部分:总则》的规

定。

管材按尺寸分为 S6.3、S5、S4 三个管系列,管的公称外径  $d_0$  范围为 20~160mm,其管材系列和规格尺寸见表 3.3-35~表 3.3-37。

管材用于输送饮用水者,其卫生性能应符合 GB/T 17219-1998《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全评价标准》的规定。

管道系统的使用级别、管系列 S 的选择及管材性能见表 3.3-65~67。

表 3.3-65 冷热水用 PVC-C 管道系统的使用条件级别 (摘自 GB/T 18993.1—2003)

应用等级	$T_D/^\circ\text{C}$	在 $T_D$ 下的时间 /年	$T_{\max}/^\circ\text{C}$	在 $T_{\max}$ 下的时间 /年	$T_{\text{mal}}/^\circ\text{C}$	在 $T_{\text{mal}}$ 下的时间 /年	典型的应用范围
级别 1	60	49	80	1	95	100	供给热水(60°C)
级别 2	70	49	80	1	95	100	供给热水(70°C)

注: 1. 每个级别对应一个特定的应用范围及 50 年使用寿命。在实际应用时, 还应考虑 0.6MPa、0.8MPa、1.0MPa 不同的使用压力。

2. 每个级别的管道系统应同时满足在 20°C、1.0MPa 条件下输送冷水 50 年的使用寿命的要求。

3.  $T_D$ —设计温度;  $T_{\max}$ —最高设计温度;  $T_{\text{mal}}$ —故障温度, 系统超出控制极限时的最高温度。

表 3.3-66 冷热水用 PVC-C 管材系列 S 的选择 (摘自 GB/T 18993.2—2003)

设计压力 $P_D$ /MPa	管系列 S	
	级别 1, $\sigma_D=4.38\text{MPa}$	级别 2, $\sigma_D=4.16\text{MPa}$
0.6	6.3	6.3
0.8	5	5
1.0	4	4

注: 1. 管材按不同的使用条件级别及设计压力选择对应的管系列 S 值。

2. 设计压力  $P_D$ —管道系统压力的最大设计值 (MPa); 设计应力  $\sigma_D$ —对于给定的使用条件所允许的应力 (MPa), 对管材材料为  $\sigma_{DP}$ , 对塑料管件材料为  $\sigma_{DP}$ 。

3. 标记示例: 管材的管系列为 S5、公称外径为 32mm、公称壁厚为 2.9mm, 标记为: S5 32×2.9

表 3.3-67 冷热水用 PVC-C 管材性能 (摘自 GB/T 18993.2—2003)

力学性能					物理性能	
项 目	试验参数			要 求	项 目	要 求
	试验温度 /°C	试验时间 /h	静液压应力 /MPa			
静液压试验	20	1	13.0	无破裂 无泄漏	密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	1450~1650
	95	165	5.6			
	95	1000	4.6			
静液压状态下的热 稳定性试验	95	8760	3.6	无破裂 无泄漏	维卡软化温度/°C	$\geq 110$
落锤冲击试验(0°C)	真实冲击率 TIR $\leq 10\%$				纵向回缩率(%)	$\leq 5$
拉伸屈服强度/MPa	$\geq 50$					
系统内压试验	管系列	试验温度 /°C	试验时间 /h	试验压力/MPa	要求  无破裂 无渗漏	系统热循环试验 试验压力: 设计压力 $P_D$ 最高试验温度: 90°C 最低试验温度: 20°C 循环次数: 5000 一次循环时间为 $30^{+3}_0\text{min}$ , 包括 $15^{+1}_0\text{min}$ 最高试验温度和 $15^{+1}_0\text{min}$ 最低试验温度。要求无破裂、无渗漏
	S6.3	80	3000	1.2		
	S5	80	3000	1.59		
	S4	80	3000	1.99		

注: 1. 管材与符合 GB/T 18993.3—2003 规定的管件连接后应按本表规定通过系统内压试验和系统热循环试验。

2. 落锤冲击试验的落锤高度、锤重量应符合 GB/T 18993.2—2003 的规定。

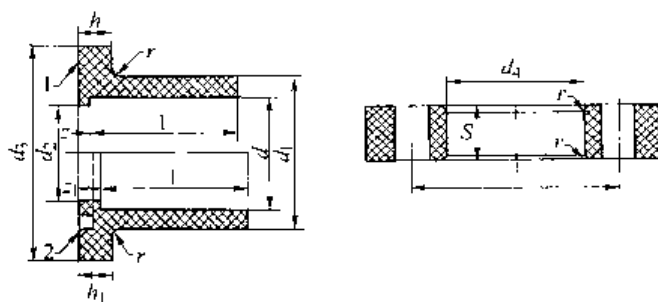
### (2) 冷热水用 PVC-C 管件

生产冷热水用 PVC-C 管件 (GB/T 18993.3—2003) 的原材料应符合 GB/T 18993.1—2003 的规定, 管件按对应的管系列 S 分为三类: S6.3、S5、S4; 管件按连接形式分为溶剂粘接形管件、法兰连接形管件及螺纹连接形管件。溶剂粘接形管件承口为圆柱型, 公称外径  $d_n$  范围为 20~160mm, 其尺寸规格见表 3.3-

59; 法兰尺寸及结构见表 3.3-68; 用于螺纹连接形管件的连接螺纹部分应符合 GB/T 7306—1987《用螺纹密封的管螺纹》的规定; 管件体最小壁厚见表 3.3-69; 管件的性见表 3.3-70 和表 3.3-71。

用于输送饮用水的管件的卫生性能应符合 GB/T 17219—1998《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》的规定。

表 3.3-68 冷热水用 PVC-C 管件活套法兰变接头尺寸 (摘自 GB/T 18993.3—2003)



(法兰变接头)  
1—平面垫圈接合面  
2—密封圈槽接合面

法兰外径、螺栓孔尺寸及孔数按  
GB/T 9112《钢制管法兰类型》的规定  
(活套法兰) (mm)

承口公称直径 $d$	法兰变接头									活套法兰		
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l$	$r$ 最大	$h$	$z$	$h_1$	$z_1$	$d_1$	$r$ 最小	$S$
20	27±0.15	16	34	16	1	6	3	9	5	28 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	1	根据 材质 而定
25	33±0.15	21	41	19	1.5	7	3	10	6	34 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	1.5	
32	41±0.2	28	50	22	1.5	7	3	10	6	42 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	1.5	
40	50±0.2	36	61	26	2	8	3	13	8	51 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	2	
50	61±0.2	45	73	31	2	8	3	13	8	62 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	2	
63	76±0.3	57	90	38	2.5	9	3	14	8	78 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	2.5	
75	90±0.3	69	106	44	2.5	10	3	15	8	92 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	2.5	
90	108±0.3	82	125	51	3	11	5	16	10	110 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	3	
110	131±0.3	102	150	61	3	12	5	18	11	133 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	3	
125	148±0.4	117	170	69	3	13	5	19	11	150 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	3	
140	165±0.4	132	188	76	4	14	5	20	11	167 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	4	
160	188±0.4	152	213	86	4	16	5	22	11	190 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	4	

表 3.3-69 冷热水用 PVC-C 管件体的最小壁厚 (摘自 GB/T 18993.3—2003) (mm)

公称外径 $d_n$	S6.3	S5	S4	公称外径 $d_n$	S6.3	S5	S4
	管件体最小壁厚 $e_{min}$				管件体最小壁厚 $e_{min}$		
20	2.1	2.6	3.2	75	7.6	9.2	11.4
25	2.6	3.2	3.8	90	9.1	11.1	13.7
32	3.3	4.0	4.9	110	11.0	13.5	16.7
40	4.1	5.0	6.1	125	12.5	15.4	18.9
50	5.0	6.3	7.6	140	14.0	17.2	21.2
63	6.4	7.9	9.6	160	16.0	19.8	24.2

表 3.3-70 冷热水用 PVC-C 管件性能 (摘自 GB/T 18993.3—2003)

项目	试验温度/°C	力学性能			物理性能		
		管系列	试验压力/MPa	试验时间/h	要求	项目	要求
静液压试验	20	S6.3	6.56	1	无破裂、无渗漏	密度 /kg·m <sup>-3</sup>	1450~1650
		S5	8.76				
		S4	10.94				
	60	S6.3	4.10	1	无破裂、无渗漏	维卡软化温度 /°C	≥103
		S5	5.47				
		S4	6.84				
	80	S6.3	1.20	3000	无破裂、无渗漏	烘箱试验	无严重起泡、 分层或熔接线裂开
		S5	1.59				
		S4	1.99				

表 3.3-71 冷热水用 PVC-C 管件热稳定性及系统适用性试验(摘自 GB/T18993.3---2003)

热稳定性	项目	试验参数			要求		
		试验温度/°C	试验时间/h	静液压应力/MPa			
	静液压状态下热稳定性试验	90	17520	2.85	无破裂 无渗漏		
① 制成相同管系列的管材形状后进行试验,按相同的管系列计算试验压力							
系统适用性	内压试验	管系列	试验温度/°C	试验压力/MPa	试验时间/h	要 求	
		S6.3	80	1.20	3000		无破裂、无渗漏
		S5	80	1.59	3000		
	S1	80	1.99	3000			
	热循环试验	最高试验温度/°C	最低试验温度/°C	试验压力/MPa	循环次数 <sup>†</sup>	指 标	
90		20	$P_D$	5000	无破裂、无渗漏		
① 一次循环的时间为 30 <sup>±</sup> 1min,包括 15 <sup>±</sup> 1min 最高试验温度和 15 <sup>±</sup> 1min 最低试验温度							
② $P_D$ 值按 GB/T 18993.2 表 1 规定(见表 3.3-66)							

2.3.4 化工用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材(见表 3.3-72、表 3.3-73)

表 3.3-72 化工用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材性能及应用(摘自 GB/T4219 1996)

指标名称	指标数值	工作压力	应 用
密度/g·cm <sup>-3</sup>	≤1.55	按工作压力分为 PN0.4 PN0.6 PN0.8 PN1.0 PN1.6MPa 适用 温度为 20°C 以下,当 使用温度 $t$ 不同时, 与公称压力相对应的 系数 $k$ : $t$ :°C                      K 0~25                      1 >25~35                  0.8 >35~45                  0.63	产品适于输送温度在 45°C 以下的某些腐蚀性化学流体,也可输送非饮用水等压力流体。但不宜于输送下列流体:(质量分数)乙酸(冰)、乙酸酐(100%)、丙酮(100%)、丙烯醇(96%)、氨水(100%)、戊乙酸(100%)、苯胺(100%)、苯胺(Sat. sol)、盐酸化苯胺(Sat. sol)、苯甲醛(0.1%)、苯(100%)、苯甲酸(sat. sol)、溴水(100%)、乙酸丁酯(100%)、丁基苯酚(100%)、丁酸(98%)、氢氟酸(气)(100%)、乳酸(10%~90%)、甲基丙烯酸甲酯(100%)、硝酸(50%~98%)、发烟硫酸(10%SO <sub>3</sub> )、高氯酸(70%)、汽油(链/苯)(80/20)、苯酚(90%)、苯肼(100%)、二硫化碳(100%)、四氯化碳(100%)、氯气(干)(100%)、液氯(sat. sol)、氯磺酸(100%)、甲酚(Sat. sol)、甲基基甲酸(sat. sol)、巴豆醇(100%)、环己醇(100%)、环己酮(100%)、二氯乙烷(100%)、二氯甲烷(100%)、乙醚(100%)、乙酸乙酯(100%)、丙烯酸乙酯(100%)、糖醇树脂(100%)、氢氟酸(40%)、氢氟酸(60%)、盐酸苯肼(97%)、氯化磷(三价)(100%)、吡啶(100%)、二氧化硫(100%)、硫酸(96%)、甲苯(100%)、二氯乙烯(100%)、乙酸乙烯(100%)、混合二甲苯(100%)、乙醇(40%)、乙醛(100%)。注: sat. sol—在 20°C 制备的饱和水溶液
腐蚀度/g·m <sup>-1</sup> (盐酸、硝酸、硫酸、氢氧化钠)	≤1.50		
维卡软化温度/°C	≥80		
液压试验 (试验温度 20°C±2°C,环向应力 42MPa·1h)	不破裂,不渗漏		
纵向回缩率(%)	≤5		
丙酮浸泡	无脱层,无碎裂		
扁平 (在 23°C±2°C,压至外径 1/2 吋)	无裂纹,无破裂		
拉伸屈服应力/MPa	≥45		

注:性能指标的试验方法参见 GB/T4219—1996 的规定。

表 3.3-73 化工用硬聚氯乙烯管材规格(摘自 GB/T4219-1996)

(mm)

公称 外径 $d_n$	平均 外径 极限 偏差	任何 部位 外径 极限 偏差	公称压力/MPa									
			PN0.4		PN0.6		PN0.8		PN1.0		PN1.6	
			管 系 列									
			S-16.0		S-10.5		S 8.0		S 6.3		S-4.0	
壁 厚 $e$												
公称值		极限偏差		公称值		极限偏差		公称值		极限偏差		
20	+0.3 0	0.5	—	—	—	—	—	2.0	+0.4 0	2.3	+0.5 0	
25	+0.3 0	0.5	—	—	—	—	—	2.0	+0.4 0	2.8	+0.5 0	
32	+0.3 0	0.5	—	—	—	—	2.0	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.6	+0.6 0
40	+0.3 0	0.5	2.0	+0.4 0	2.0	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.0	+0.5 0	4.5	+0.7 0
50	+0.3 0	0.6	2.0	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.0	+0.5 0	3.7	+0.5 0	5.6	+0.8 0
63	+0.3 0	0.8	2.0	+0.4 0	3.0	+0.5 0	3.8	+0.6 0	4.7	+0.7 0	7.1	+1.0 0
75	+0.3 0	0.9	2.3	+0.5 0	3.6	+0.6 0	4.5	+0.7 0	5.5	+0.8 0	8.4	+1.1 0
90	+0.3 0	1.1	2.8	+0.5 0	4.3	+0.7 0	5.4	+0.8 0	6.6	+0.9 0	10.1	+1.3 0
110	+0.4 0	1.4	3.4	+0.6 0	5.3	+0.8 0	6.6	+0.9 0	8.1	+1.1 0	12.3	+1.5 0
125	+0.4 0	1.5	3.9	+1.6 0	6.0	+0.8 0	7.4	+1.0 0	9.2	+1.2 0	14.0	+1.6 0
140	+0.5 0	1.7	4.3	+0.7 0	6.7	+0.9 0	8.3	+1.1 0	10.3	+1.3 0	15.7	+1.8 0
160	+0.5 0	2.0	4.9	+0.7 0	7.7	+1.0 0	9.5	+1.2 0	11.8	+1.4 0	17.9	+2.0 0
180	+0.6 0	2.2	5.5	+0.8 0	8.6	+1.1 0	10.7	+1.3 0	13.3	+1.6 0	20.1	+2.3 0
200	+0.6 0	2.4	6.2	+0.9 0	9.6	+1.2 0	11.9	+1.4 0	14.7	+1.7 0	22.4	+2.5 0
225	+0.7 0	2.7	6.9	+0.9 0	10.8	+1.3 0	13.4	+1.6 0	16.6	+1.9 0	25.1	+2.8 0
250	+0.8 0	3.0	7.7	+1.0 0	11.9	+1.4 0	14.8	+1.7 0	18.4	+2.1 0	27.9	+3.0 0
280	+0.9 0	3.4	8.6	+1.1 0	13.4	+1.6 0	16.6	+1.9 0	20.6	+2.3 0	—	—
315	+1.0 0	3.8	9.7	+1.2 0	15.0	+1.7 0	18.7	+2.1 0	23.2	+2.6 0	—	—
355	+1.1 0	4.3	10.9	+1.3 0	16.9	+1.9 0	21.1	+2.4 0	26.1	+2.9 0	—	—
400	+1.2 0	4.8	12.3	+1.5 0	19.1	+2.2 0	23.7	+2.6 0	29.4	+3.2 0	—	—
450	+1.4 0	5.4	13.8	+1.6 0	21.5	+2.4 0	26.7	+2.9 0	—	—	—	—
500	+1.5 0	6.0	15.3	+1.8 0	23.9	+2.6 0	29.6	+3.2 0	—	—	—	—
560	+1.7 0	6.8	17.2	+2.0 0	26.7	+2.9 0	—	—	—	—	—	—
630	+1.9 0	7.6	19.3	+2.2 0	30.0	+3.2 0	—	—	—	—	—	—
710	+2.2 0	8.6	21.8	+2.4 0	—	—	—	—	—	—	—	—

注:1. 壁厚是以20°C环(诱导)应力 $\sigma_c$ 为6.3MPa确定,管系列(S)由 $\sigma_c/p$ 得出。  
2. 如需其他规格和壁厚的管材,可按GB10798选取,其外径与壁厚偏差按GB13020选定。  
3. 对 $e/d_n$ 的比值小于0.035的管材,不考核任何部位外径极限偏差。

## 2.3.5 流体输送用软聚氯乙烯管材 (见表 3.3-74、表 3.3-75)

表 3.3-74 软聚氯乙烯管 (流体输送用) 规格 (摘自 GB/T13527.1—1992)

内 径 $d$		壁 厚 $\delta$		使用压力/MPa
公称内径/mm	极限偏差/mm	公称壁厚/mm	极限偏差 (%)	
3.0	+0.3	1.0	=30	0.25
4.0		1.0		
5.0		1.0		
6.0		1.0		
7.0		1.0		
8.0		1.5		
9.0	±25	1.5	±25	0.25
10.0		1.5		
12.0		1.5		
14.0	±0.5	2.0	±20	0.2
16.0		2.0		
20.0		2.0		
25.0		3.0		
32.0	±0.7	3.0	±15	0.2
40.0		3.5		
50.0		4.0		

注: 1. 软管适用于输送某些流体 (在常温 F)。

2. 软管长度不小于 10m。

3. 软管名称用代号“LS”, 规格用  $d \times \delta$  表示。

4. 标记示例: 内径 5mm, 壁厚 1.0mm, 长度 1000mm 的软聚氯乙烯管, 标记为: 管 LS-5×1×1000 GB/T13527.1—1992

表 3.3-75 软聚氯乙烯管物理、力学性能 (摘自 GB/T13527.1—1992)

项 目		指 标
抗拉强度/MPa		≥14
断裂伸长率 (%)		≥200
热老化性能	抗拉强度变化率 ( $V_1$ ) (%)	$-20 \leq V_1 \leq 20$
	断裂伸长变化率 ( $V_2$ ) (%)	$-20 \leq V_2 \leq 20$
水压试验 (30℃±2℃, 放置 1h, 0.5MPa 保持 5min)		不破裂
耐寒试验 (-10℃±2℃)		无裂痕和破碎现象
浸渍试验	H <sub>2</sub> O	吸水率 (%) 抽出率 (%)
	NaCl 溶液 10%±1% (质量分数)	质量变化率 ( $W_c$ ) (%)
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液 30%±1% (质量分数)	
	NaOH 溶液 40%±1% (质量分数)	
	HNO <sub>3</sub> 溶液 40%±1% (质量分数)	
		≤0.5
		$-0.5 \leq W_c \leq 0.5$
		$-5.0 \leq W_c \leq 5.0$

## 2.3.6 给水用聚乙烯 (PE) 管材 (见表 3.3-76~表 3.3-81)

表 3.3-76 给水用聚乙烯 (PE) 管材料的类型和分级 (摘自 GB/T 13663—2000)

材料的等级	与 20℃、50 年、概率预测 97.5% 相应的静液压强度 $\sigma_{LPL}$ /MPa	最小要求强度 MRS/MPa	材料分级数	设计应力的最大允许值 $\sigma_s$ /MPa
PE63	6.30~7.99	6.3	63	5
PE80	8.00~9.99	8.0	80	6.3
PE100	10.00~11.99	10.0	100	8

注: 1. 给水用聚乙烯管材采用 PE63、PE80、PE100 材料经济成型, 管材公称压力 PN 为 0.32~1.6MPa, 公称外径为 16~1000mm; 用于输送温度不高于 40℃ 的一般用途及饮用水。

2. 管材按期望使用寿命 50 年设计。

3. 管材公称压力 PN 与设计应力  $\sigma_s$ 、标准尺寸比 SDR 之间的关系式为:

$$PN = 2\sigma_s / (SDR - 1) \quad \text{式中 } PN \text{ 和 } \sigma_s \text{ 单位均为 MPa。}$$

标准尺寸比 SDR 是管材公称外径  $d_n$  与公称壁厚  $e_n$  的比值,  $SDR = d_n / e_n$

4. 用于饮用水输配的管材的卫生性能要求应符合 GB/T17219-1998《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》的规定。

表 3.3-77 PE63 级聚乙烯管材公称压力和规格尺寸 (摘自 GB/T 13663-2000)

公称外径 $d_n$ /mm	公称壁厚 $e_n$ /mm					公称外径 $d_n$ /mm	公称壁厚 $e_n$ /mm				
	标准尺寸比						标准尺寸比				
	SDR33	SDR26	SDR17.6	SDR13.6	SDR11		SDR33	SDR26	SDR17.6	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa						公称压力/MPa				
0.32	0.4	0.5	0.8	1.0	0.32	0.4	0.6	0.8	1.0		
16	—	—	—	—	2.3	225	6.9	8.6	12.8	16.6	20.5
20	—	—	—	2.3	2.3	250	7.7	9.6	14.2	18.4	22.7
25	—	—	2.3	2.3	2.3	280	8.6	10.7	15.9	20.6	25.4
32	—	—	2.3	2.4	2.9	315	9.7	12.1	17.9	23.2	28.6
40	—	2.3	2.3	3.0	3.7	355	10.9	13.6	20.1	26.1	32.2
50	—	2.3	2.9	3.7	4.6	400	12.3	15.3	22.7	29.4	36.3
63	2.3	2.5	3.5	4.7	5.8	450	13.8	17.2	25.5	33.1	40.9
75	2.3	2.9	4.3	5.6	6.8	500	15.3	19.1	28.3	36.8	45.4
90	2.8	3.5	5.1	6.7	8.2	560	17.2	21.4	31.7	41.2	50.8
110	3.4	4.2	6.3	8.1	10.0	630	19.3	24.1	35.7	46.3	57.2
125	3.9	4.8	7.1	9.2	11.4	710	21.8	27.2	40.2	52.2	—
140	4.3	5.4	8.0	10.3	12.7	800	24.5	30.6	45.3	58.8	—
160	4.9	6.2	9.1	11.8	14.6	900	27.6	34.4	51.0	—	—
180	5.5	6.9	10.2	13.3	16.4	1 000	30.6	38.2	56.6	—	—
200	6.2	7.7	11.4	14.7	18.2						

注: 1. 当聚乙烯管道系统在 20℃ 以上温度连续使用时, 最大工作压力  $MOP$  的计算式为:  $MOP = PN \times f_1$ , 式中  $PN$  为公称压力,  $f_1$  为温度对压力的折减系数, 50 年设计寿命, 工作温度 20℃ 时,  $f_1 = 1$ ; 30℃ 时,  $f_1 = 0.87$ ; 40℃ 时,  $f_1 = 0.74$ 。  
2. 直管长度一般为 6m、9m、12m, 偏差为长度的 ±1%, 盘管盘架直径不小于管材外径的 18 倍, 盘管展开长度由供需双方确定。

表 3.3-78 PE80 级聚乙烯管材公称压力和规格尺寸 (摘自 GB/T 13663-2000)

公称外径 $d_n$ /mm	公称壁厚 $e_n$ /mm					公称外径 $d_n$ /mm	公称壁厚 $e_n$ /mm				
	标准尺寸比						标准尺寸比				
	SDR33	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11		SDR33	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa						公称压力/MPa				
0.4	0.6	0.8	1.0	1.25	0.4	0.6	0.8	1.0	1.25		
16	—	—	—	—	—	225	6.9	10.8	13.4	16.6	20.5
20	—	—	—	—	—	250	7.7	11.9	14.8	18.4	22.7
25	—	—	—	—	2.3	280	8.6	13.4	16.6	20.6	25.4
32	—	—	—	—	3.0	315	9.7	15.0	18.7	23.2	28.6
40	—	—	—	—	3.7	355	10.9	16.9	21.1	26.1	32.2
50	—	—	—	—	4.6	400	12.3	19.1	23.7	29.4	36.3
63	—	—	—	4.7	5.8	450	13.8	21.5	26.7	33.1	40.9
75	—	—	4.5	5.6	6.8	500	15.3	23.9	29.7	36.8	45.4
90	—	4.3	5.4	6.7	8.2	560	17.2	26.7	33.2	41.2	50.8
110	—	5.3	6.6	8.1	10.0	630	19.3	30.0	37.4	46.3	57.2
125	—	6.0	7.4	9.2	11.4	710	21.8	33.9	42.1	52.2	—
140	4.3	6.7	8.3	10.3	12.7	800	24.5	38.1	47.4	58.8	—
160	4.9	7.7	9.5	11.8	14.6	900	27.6	42.9	53.3	—	—
180	5.5	8.6	10.7	13.3	16.4	1 000	30.6	47.7	59.3	—	—
200	6.2	9.6	11.9	14.7	18.2						

表 3.3-79 PE100 级聚乙烯管材公称压力和规格尺寸 (摘自 GB/T 13663-2000)

公称外径 $d_n$ /mm	公称壁厚 $e_n$ /mm					公称外径 $d_n$ /mm	公称壁厚 $e_n$ /mm				
	标准尺寸比						标准尺寸比				
	SDR26	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11		SDR33	SDR21	SDR17	SDR13.6	SDR11
	公称压力/MPa						公称压力/MPa				
0.6	0.8	1.0	1.25	1.6	0.6	0.8	1.0	1.25	1.6		
32	—	—	—	—	3.0	250	9.6	11.9	14.8	18.4	22.7
40	—	—	—	—	3.7	280	10.7	13.4	16.6	20.6	25.4
50	—	—	—	—	4.6	315	12.1	15.0	18.7	23.2	28.6
63	—	—	—	4.7	5.8	355	13.6	16.9	21.1	26.1	32.2
75	—	—	4.5	5.6	6.8	400	15.3	19.1	23.7	29.4	36.3
90	—	4.3	5.4	6.7	8.2	450	17.2	21.5	26.7	33.1	40.9
110	4.2	5.3	6.6	8.1	10.0	500	19.1	23.9	29.7	36.8	45.4
125	4.8	6.0	7.4	9.2	11.4	560	21.4	26.7	33.2	41.2	50.8
140	5.4	6.7	8.3	10.3	12.7	630	24.1	30.0	37.4	46.3	57.2
160	6.2	7.7	9.5	11.8	14.6	710	27.2	33.9	42.1	52.2	—
180	6.9	8.6	10.7	13.3	16.4	800	30.6	38.1	47.4	58.8	—
200	7.7	9.6	11.9	14.7	18.2	900	34.4	42.9	53.3	—	—
225	8.6	10.8	13.4	16.6	20.5	1 000	38.2	47.7	59.3	—	—



表 3.3-80 给水用聚乙烯管材的静液压强度试验 (摘自 GB/T13663-2000)

项 目	环向应力/MPa			要 求
	PE63	PE80	PE100	
20℃静液压强度 (100h)	8.0	9.0	12.4	不破裂, 不渗漏
80℃静液压强度 (165h)	3.5	4.6	5.5	不破裂, 不渗漏
80℃静液压强度 (1000h)	3.2	4.0	5.0	不破裂, 不渗漏

注: 80℃静液压强度 (165h) 试验只考虑脆性破坏, 如果在要求时间 (165h) 内发生韧性破坏, 则应选择较低的破坏应力和相应的最小破坏时间重新试验, 其要求按 GB/T 13663-2000 的有关规定。

表 3.3-81 给水用聚乙烯管材的技术性能 (摘自 GB/T13663-2000)

项 目	要 求	
断裂伸长率 (%)	≥350	
纵向回缩率 (110℃) (%)	≤3	
氧化诱导时间 (200℃) /min	≥20	
耐候性 <sup>(1)</sup> (管材累计接受≥3.5GJ/m <sup>2</sup> 老化能量后)	80℃静液压强度 (165h)	不破裂, 不渗漏
	断裂伸长率 (%)	≥350
	氧化诱导时间 (200℃) /min	≥10

注: 1. 市政饮用水管材为蓝色或黑色, 黑色管上应有挤出蓝色色条 (纵向至少一条), 其他用途水管可为蓝色或黑色, 但暴露在阳光下的敷设管道 (如地上管道) 必须为黑色。

2. 管材内外表面应清洁、光滑, 不许有气泡、明显划伤、凹陷、杂质、颜色不均等缺陷。

(1) 仅适用于蓝色管材

### 2.3.7 酚醛层压纸管 (见表 3.3-82~表 3.3-84)

表 3.3-82 酚醛层压纸管尺寸规格 (摘自 JB/T8150.1-1995)

标称内径/mm	内径偏差/mm	壁厚范围/mm	壁厚偏差/mm	
			壁厚<10	壁厚10~25
5~15 (间隔为1)	±0.3	1.0~15	±0.4	±0.5
16~50 (间隔为1)	+0.4	1.5~15	±0.5	±0.8
51~120 (间隔为1)	±0.5	2.0~20	±0.5	±1.0
122~250 (间隔为2)	±0.5	2.5~20	±0.5	±1.0
255~300 (间隔为5)	±0.8	3.0~25	±0.5	±1.0
305~300 (间隔为5)	±1.0	5.0~30	±1.0	±1.0
810~1000 (间隔为10)	±1.5	7.0~40	±1.0	±1.0
1010~1200 (间隔为10)	±2.0	8.0~50	±1.0	±1.0

注: 1. 壁厚 1.0~3.0mm 时, 间隔为 0.5mm; 壁厚 3.1~15mm 时, 间隔为 1mm; 壁厚 16~30mm 时, 间隔为 2mm; 壁厚 31~50mm 时, 间隔为 5mm。

2. 壁厚大于 25mm 纸管的壁厚偏差由供需双方协商。

3. 标称尺寸以外的规格, 可由供需双方协商生产。

4. 长度 450~900mm, 其允许偏差为 ±15mm; 长度 >900~1950mm, 其允许偏差为 ±25mm。

5. 标记示例: 内径为 10mm、壁厚为 2mm、长度为 800mm 型号为 3528 的酚醛层压纸管, 标记为: 层压纸管 3528-10×2×800 JB/T 8150.1-1995。

表 3.3-83 酚醛层压纸管性能指标 (摘自 JB/T 8150.1-1995)

指标名称	单位	型 号		
		3527	3528	3529
密度 (最小) 内径 5~13mm 13~202mm	g·cm <sup>-3</sup>	1.10	1.10	1.12
		1.12	1.12	1.12
抗压强度 (轴向) ≥	内径 5~13mm 壁厚 1.0mm	MPa	68.9	68.9
	内径 5~13mm 壁厚 ≥1.5mm	MPa	—	68.9~70.3
	内径 >13~202mm 壁厚 1.0mm	MPa	68.9	—
	内径 >13~202mm 壁厚 ≥1.5mm	MPa	82.7	89.6

(续)

指标名称	单位	型号			
		3527	3528		3529
垂直层向介电强度 (最小)	kV·mm <sup>-1</sup>	内径/mm	内径/mm		内径/mm
		5~202	5~13	13~202	6~202
壁厚 1.0~1.5mm >1.5~3.0mm >3.0~6.0mm >6.0~13mm >13~19mm >19~25mm		16	12.4	16	9
		13	11.6	11.6	10
		8	8	8	10
		5.8	—	5.8	—
		4.8	—	4.8	—
	—	—	4.2	—	

表 3.3-84 酚醛层压纸管吸水性 (摘自 JB/T 8150.1—1995)

型号	3527		3528		3529
	内径/mm		内径/mm		内径/mm
壁厚/mm	5~13	>13~202	5~13	>13~202	13~202
	吸水性 (%)				
1.0~<1.5	8.0	8.0	6.0	6.0	3.5
>1.5~2	7.0	5.0	3.6	3.0	1.5
>2~3	6.0	4.3	2.5	2.5	1.3
>3~5	5.2	4.0	2.0	2.0	1.0
>5~6	—	3.5	1.4	1.4	0.8
>6~10	—	3.0	1.2	1.2	0.6
>10~13	—	2.4	—	1.0	—
>13~25	—	2.0	—	0.9	—
25	—	—	—	0.8	—
特性说明	好的机械加工性,干燥状态介电性能好		良好的机械加工性,高湿度下介电性能好,耐湿性较好		介电性能优于3528

## 2.3.8 尼龙管材 (见表 3.3-85)

表 3.3-85 尼龙管材规格及应用

(mm)

外径×壁厚	偏差		长度	外径×壁厚	偏差		长度
	外径	壁厚			外径	壁厚	
4×1	±0.10	±0.10	协议	12×1	±0.10	±0.10	协议
6×1				12×2			
8×1				14×2			
8×2	±0.15	±0.15		16×2			
9×2				18×2			
10×1	±0.10	±0.10	20×2				
应用说明	主要用作机床输油管 (代替铜管),也可输送弱酸、弱碱及一般腐蚀性介质;但不宜与酚类、强酸、强碱及低分子有机酸接触。可用管件连接,也可用粘接剂粘接;其弯曲可用弯卡弯成 90°,也可用热空气或热油加热至 120℃弯成任意弧度。使用温度为 -60~80℃,使用压力为 9.8~14.7MPa						

注:1. 尼龙管材性能参见表 3.3-89;生产厂家有天津第六塑料厂等。

2. 标记示例:外径 20mm,壁厚 2mm,长度 1000mm 尼龙 1010 管材,标记为:尼龙 1010 管  $\phi 20 \times 2 \times 1000$ 

## 2.3.9 浇铸型工业有机玻璃管材 (见表 3.3-86)

表 3.3-86 工业有机玻璃管材规格及性能 (摘自 GB/T7134—1996)

尺寸规格/mm	外径	壁厚	长度	外径	壁厚	长度
	20.0	2~5	300~1300	110.0~200.0	5~15	300~1300
	25.0~60.0	3~5	300~1300	250.0~500.0	8~15	500~2000
	65.0~100.0	4~10	300~1300			

(续)

	管材壁厚	允许偏差		管材壁厚	允许偏差	
		一等品	合格品		一等品	合格品
壁厚及其偏差/mm	2.0	+0.4	-0.6	9.0	±0.8	±1.0
	3.0	±0.5	-0.7	10.0	±1.0	±1.2
	4.0	±0.8	±0.8	11.0	±1.1	±1.3
	5.0	±0.6	-0.8	12.0	±1.2	±1.4
	6.0	±0.7	±0.9	13.0	+1.3	±1.5
	7.0	+0.7	±0.9	14.0	±1.4	±1.6
	8.0	+0.8	±1.0	15.0	±1.5	±1.7
外径及其偏差/mm	外径	允许偏差	外径	允许偏差	外径	允许偏差
	20	±1.0	75	±1.5	160	±2.0
	25	±1.0	80	±1.5	170	±2.0
	30	±1.0	85	±1.5	180	±2.0
	35	±1.2	90	+1.5	190	±2.0
	40	±1.2	95	±1.5	200	±2.0
	45	±1.2	100	±1.5	250	±2.5
	50	±1.2	110	±1.8	300	±3.0
	55	±1.5	120	±1.8	400	±4.0
	60	±1.5	130	±1.8	500	±5.0
性能	指标名称		指标			
	抗拉强度/MPa (外径不小于200mm)		≥	一等品	合格品	
	抗溶剂银纹性			浸泡1h无银纹出现	浸泡1h无银纹出现	
	透光率(%) (凸面入射) ≥	外径不大于200mm		90	89	
	外径大于200mm		89	88		

注：标记示例：外径40mm，壁厚5mm，长度1000mm的有机玻璃管材，标记为：  
玻璃管φ40×5×1000 GB/T7134-1996

## 2.4 工程塑料棒材

### 2.4.1 聚四氟乙烯棒材（见表3.3-87）

表3.3-87 聚四氟乙烯棒材规格、性能及应用（摘自QB/T 3626-1999）

分类	公称直径/mm	直径偏差/mm	长度/mm	长度偏差/mm	性能及应用
SFB-1	1, 2, 3	+0.4 0	≥100	±5	产品用于各种腐蚀性介质中工作的衬垫、密封件和润滑材料以及在各种频率下的电绝缘零件，分为SFB-1（直径≤16mm）和SFB-2（直径≥18mm）两类。 SFB-1的密度为2.10~2.30g/cm <sup>3</sup> ，抗拉强度为≥14.0MPa，断裂伸长率≥140%。SFB-2的密度为2.10~2.30
	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	±0.5			
SFB-2	18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40	+1.0 -0.5	≥100	±5	
	42, 44, 46, 48, 50	+1.5 -0.5			
	55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100	+3.0 0.5			
	110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	+6.0 -0.5			
	220, 240, 260, 280, 300, 350, 400, 450	-10.0 -0.5			

注：1. 特殊规格经供需双方协商确定。

2. 标记示例：直径为50mm，长度为100mm的聚四氟乙烯棒材，标记为：  
聚四氟乙烯棒 SFB-2-50×100 QB/T 3626-1999

## 2.4.2 尼龙棒材 (见表 3.3-88、表 3.3-89)

表 3.3-88 尼龙 (1010) 棒材规格

(mm)

棒材公称直径	允许偏差	棒材公称直径	允许偏差	棒材公称直径	允许偏差
10	-1.0 0	40	-3.0 0	100	+4.0 0
12	-1.5 0	50		120	-5.0 0
15		60		140	
20	+2.0 0	70	+4.0 0	160	
25		80			
30	+3.0 0	90			

注: 1. 生产厂: 上海德胜塑料厂等。

2. 标记示例: 直径 50mm, 长度 1000mm 尼龙 1010 棒材, 标记为:

尼龙 1010 棒 50×1000 JB/ZQ4196-1998

表 3.3-89 尼龙 (1010) 棒材及其他尼龙材料性能

指标项目	品 种	SD680001	尼龙 66 树脂	玻纤增强尼龙 6 树脂
		尼龙 1010 棒材		
密度/ $g \cdot cm^{-3}$		1.04~1.05	1.10~1.14	1.30~1.40
抗拉强度/MPa	≧	49~59	59~79	118
断裂强度/MPa	≧	41~49		
相对伸长率(%)	≧	160~320	—	—
弹性模量/MPa	≧	$0.18 \times 10^4 \sim 0.22 \times 10^4$	—	—
拉伸抗弯强度/MPa	≧	67~80	98~118	196
弯曲弹性模量/MPa	≧	$0.11 \times 10^4 \sim 0.14 \times 10^4$	$0.2 \times 10^4 \sim 0.3 \times 10^4$	—
抗压强度/MPa	≧	470~570 (49~56)	79	137
抗剪强度/MPa	≧	400~120 (39~41)	—	—
布氏硬度/MPa	≧	7.3~8.5	10	12
冲击韧度/ $J \cdot cm^{-2}$	缺口	15~25 (1.47~2.45)	9 (0.88)	15 (1.47)
	无缺口	不断	50~100 (4.9~9.8)	50~80 (4.9~7.9)
特性及应用	SD680001	尼龙 1010 是我国独创的一种新型聚酰胺品种, 它具有优良的减摩、耐磨和自润滑性, 且抗霉、抗菌、无毒、半透明, 吸水性较其他尼龙品种小, 有较好的刚性、力学强度和介电稳定性, 耐寒性也很好, 可在 $-60 \sim 80^\circ C$ 下长期使用; 作成零件有良好的消音性, 运转时噪声小; 耐油性优良, 能耐弱酸、弱碱及醇、酯、酮类溶剂, 但不耐苯酚、浓硫酸及低分子有机酸的腐蚀, 尼龙 1010 棒材主要用于切削加工制作成螺帽、轴套、垫圈、齿轮、密封圈等机械零件, 以代替铜和其他金属制作		

## 2.4.3 热固性树脂层压棒 (见表 3.3-90)

表 3.3-90 热固性树脂层压棒的型号、性能及应用 (摘自 GB/T 5133-1985)

名称	型号	直径范围/mm	密度/ $g \cdot cm^{-3}$ 最小	抗弯强度/ $MPa$ 最小	抗压强度/ $MPa$ 最小	平行层向 击穿电压/ $kV$ 最小	吸水性 (%) (最大)				应用举例
							直径/mm				
							6	13	25	25~51	
酚醛布棒	3722	6~100	1.28	110.3	131	—	2.5	2.0	2.0	1.5	机械用 (粗布)
酚醛布棒	3723	6~100	1.26	89.6	137.9	10	1.7	1.3	1.0	1.2	机械及电气用 (粗布)
酚醛布棒	3724	5~100	1.28	110.3	131	—	2.0	1.5	1.2	1.2	机械用 (细布), 可以精密加工
酚醛布棒	3725	5~100	1.26	82.7	137.9	10	1.4	1.1	1.0	1.1	机械及电气用 (细布), 可精密加工
环氧玻璃布棒	3841	6~50	1.70	241.3	241.3	15	0.75	0.5	0.5	0.5	在干燥及潮湿条件下, 机械强度、介电强度高

注: 1. 层压棒为棉布或玻璃布为底材、分别浸以酚醛树脂、环氧树脂、热模压成形长度 450~1250mm 的圆棒。

2. 本表的物理力学性能数值适用于直径范围为 6~51mm、抗弯强度适用于最大直径为 25mm。

3. 标记示例: 直径 20mm、长度 450mm、型号为 3722 的层压棒, 标记为:

棒 3722 $\phi$ 20×450-GB/T5133-1985

## 2.4.4 浇铸型工业有机玻璃棒材 (见表 3.3 91)

表 3.3-91 浇铸型工业有机玻璃棒材规格和性能 (摘自 GB/T 7134-1996)

规格	直径/mm	偏差/mm		长度/mm				
		直径	偏差值					
	5.0~16	5.0~15	±0.5	300~1300				
	18~40	16~40	±0.8	200~600				
性能	指标名称		指标					
			无色		有色			
			优等品	一等品	合格品	一等品	合格品	
	洛氏硬度 (M 标尺)		94	90	88	78	78	
	冲击韧度/kJ·m <sup>-2</sup>		15	17	16	14	11	
	抗拉强度/MPa		70	63	61	54	54	
	断裂伸长率 (%)		1	3	2			
	热变形温度 /°C ≥	厚度 3~4mm		78	76	75		
		厚度 5~10mm		82	80	78		
		厚度大于 10mm		81	84	78		
维卡软化温度/°C (厚度 5~10mm)		89	84	79				
抗溶剂银纹性		浸泡 4h 无银纹出现						
透光率 (%)	厚度不大于 15mm		91	91	91			
	厚度大于 15mm		90	90	90			

注: 1. GB/T 7134-1996 规定有机玻璃棒材由板材经机械加工制成。

2. 标记示例: 直径 16mm, 长度 1300mm 有机玻璃棒材, 标记为:

有机玻璃棒 φ16×1300 GB/T7134-1996

## 3 涂料

## 3.1 涂料产品分类和基本名称代号 (见表 3.3-92、表 3.3-93)

表 3.3-92 涂料类别及代号 (摘自 GB/T 2705-1992)

名称	代号	名称	代号	名称	代号
油脂漆类	Y	硝基漆类	Q	环氧漆类	H
天然树脂漆类	T	纤维素漆类	M	聚氨酯漆类	S
酚醛漆类	F	过氧乙炔漆类	G	元素有机硅漆类	W
沥青漆类	L	烯树脂漆类	X	橡胶漆类	J
醇酸漆类	C	丙烯酸漆类	B	其他漆类	E
氨基漆类	A	聚酯漆类	Z		

表 3.3-93 涂料基本名称及代号 (摘自 GB/T 2705-1992)

代号	基本名称	代号	基本名称	代号	基本名称
00	清油	22	木器漆	42	甲板漆、甲板防滑漆
01	清漆	23	罐头漆	43	船壳漆
02	厚漆	24	家电用漆	44	船底漆
03	调合漆	26	自行车漆	45	饮水舱漆
04	磁漆	27	玩具漆	46	油舱漆
05	粉末涂料	28	塑料用漆	47	车间(预涂)底漆
06	底漆	30	(浸渍)绝缘漆	50	耐酸漆、耐碱漆
07	腻子	31	(覆盖)绝缘漆	52	防腐漆
09	大漆	32	抗弧(磁)漆、互感器漆	53	防锈漆
11	电泳漆	33	(粘合)绝缘漆	54	耐油漆
12	乳胶漆	34	漆包线漆	55	耐水漆
13	水溶(性)漆	35	硅钢片漆	60	防火漆
14	透明漆	36	电容器漆	61	耐热漆
15	斑纹漆、裂纹漆、桔纹漆	37	电阻漆、电位器漆	62	低温漆
16	锤纹漆	38	半导体漆	63	涂布漆
17	皱纹漆	39	电缆漆、其他电工漆	64	可剥漆
18	金属(效应)漆、闪光漆	40	防污漆	65	卷材涂料
20	铅笔漆	41	水线漆	66	光固化涂料

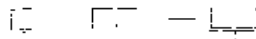
(续)

代号	基本名称	代号	基本名称	代号	基本名称
67	隔热涂料	80	地板漆、地坪漆	90	汽车修补漆
70	机床漆	82	锅炉漆	93	集装箱漆
71	工程机械用漆	83	烟囱漆	94	铁路车辆用漆
72	农机用漆	81	黑板漆	95	桥梁漆、输电塔漆及其他(大型露天)钢结构漆
73	发电、输配电设备用漆	86	标志漆、路标漆、马路划线漆		
77	内墙涂料	87	汽车漆(车身)	96	航空、航人用漆
78	外墙涂料	88	汽车漆(底盘)	98	胶液
79	屋面防水涂料	89	其他汽车漆	99	其他

注：1. 涂料用辅助材料代号：稀释剂-X；防潮剂-F；催干剂-G；  
脱漆剂-I；固化剂-H。

2. 涂料型号标记示例：

a.



— 产品序号，以别同类同名称漆的不同品种

— 基本名称代号

— 涂料类别代号

例如：Q01 17 硝基清漆。

b. 辅助材料型号为前面一个字母，横线之后为1~2位数字(表示序号)，如H-1环氧漆固化剂。

### 3.2 常用涂料的性能及应用 (见表 3.3-94~表 3.3-102)

表 3.3-94 各类涂料的类别代号、性能特点及应用

类别(代号)	主要成膜物质	性能特点	应用举例
油脂漆类(Y)	天然动植物油、鱼油、合成油、松浆油(漆油)	耐大气性、涂刷性、渗透性好，价廉；干燥较慢，膜软，力学性能差，水膨胀性大，不耐碱，不能打磨抛光	用于质量要求不高的建筑工程或其他制品的涂饰之用
天然树脂漆类(1)	松香及其衍生物、虫胶、动物胶、乳酪素、大漆及其衍生物	涂膜干燥较油脂漆快，坚硬耐磨，光泽好，短油度的涂膜坚硬好打光，长油度的漆膜柔韧，耐大气性较好；力学性能差，短油度的耐大气性差，长油度的不能打磨抛光，天然大漆毒性较大	短油度的适宜作室内物件的涂层，长油度的适宜室外使用
酚醛树脂漆类(F)	酚醛树脂，改性酚醛树脂，二甲苯树脂	涂膜坚硬，耐水性良好，耐化学腐蚀性良好，有一定的绝缘强度，附着力好；涂膜较脆，颜色易变深，易粉化，不能制白漆或浅色漆	广泛应用于木器、建筑、船舶、机械、电气及防化学腐蚀等方面
沥青漆类(L)	天然沥青、煤焦沥青、石油沥青、硬脂酸沥青	耐潮、耐水性良好，价廉，耐化学腐蚀性较好，有一定的绝缘强度，黑度好；对日光不稳定，不能制白漆或浅色漆，有渗透性，干燥性不好	广泛用于缝纫机、自行车及五金零件，还可用作浸渍、覆盖及制造绝缘制品
醇酸漆类(C)	甘油醇酸树脂，季戊四醇醇酸树脂，改性醇酸树脂	光泽较亮，耐气候性优良，施工性好，可刷、烘、喷，附着力较好；涂膜较软，耐水耐碱性差，干燥较慢不能打磨	适用于大型机床、农业机械、工程机械、门窗、室内木结构的涂装
氨基漆类(A)	脲醛树脂，三聚氰胺甲醛树脂，聚酯亚胺树脂	涂膜坚硬、丰满、光泽亮，可以打磨抛光，色浅，不易泛黄，附着力较好，有一定的耐热性，耐水性、耐气候性较好；须高温烘烤才能固化，若烘烤过度，漆膜变脆	广泛用于五金零件、仪器仪表、电机电器设备的涂装
硝基漆类(Q)	硝酸纤维素酯	干燥迅速，涂膜耐油、坚韧，可以打磨抛光；易燃，清漆不耐紫外线，不能在60℃以上使用，固体分低	适合金属、木材、皮革、织物等的涂饰
纤维素漆类(M)	乙基纤维，苯基纤维，羟甲基纤维，乙酸纤维，乙酸丁酸纤维，其他纤维素酯及醚类	耐大气性和保色性好，可打磨抛光，个别品种耐热、耐碱，绝缘性也较好；附着力和耐潮性较差，价格高	用于金属、木材、皮革、纺织品、塑料、混凝土等的涂覆
过氯乙烯漆类(G)	过氯乙烯树脂	耐候性和耐化学腐蚀性优良，耐水、耐油、防延燃性及三防性能好；附着力较差，打磨抛光性差，不能在70℃以上使用，固体分低	用于化工厂的厂房建筑、机械设备的防护，木材、水泥表面的涂饰
乙烯树脂漆类(X)	聚乙烯乙炔树脂，氯乙烯共聚树脂，聚酯酸乙烯及其共聚物，聚乙烯醇缩醛树脂，含氟树脂	有一定的柔韧性，色淡，耐化学腐蚀性较好，耐水性好；耐溶剂性差，固体分低，高温时碳化，清漆不耐紫外线	用于织物防水、化工设备防腐、玻璃、纸张、电缆、船底防锈、防污、防延烧用的涂层

(续)

类别 (代号)	主要成膜物质	性能特点	应用举例
丙烯酸漆类 (B)	丙烯酸酯树脂, 丙烯酸共聚物及其改性树脂	色浅, 保光性良好, 耐候性优良, 耐热性较好, 有一定的耐化学腐蚀性; 耐溶剂性差, 固体分低	用于汽车、医疗器械、仪表、表盘、轻工产品、高级木器、湿热带地区的机械设备等的涂饰
聚酯漆类 (Z)	饱和聚酯树脂, 不饱和聚酯树脂	固体分高, 能耐一定的温度, 耐磨, 能抛光, 绝缘性较好; 施工较复杂, 干燥性不易掌握, 对金属附着力差	用于木器、防化学腐蚀设备以及金属、砖石、水泥、电气绝缘件的涂装
环氧漆类 (H)	环氧树脂, 改性环氧树脂	涂膜坚韧, 耐碱、耐溶剂, 绝缘性良好, 附着力强; 保光性差, 色泽较深, 外观较差, 室外暴晒易粉化	适于作底漆和内用防腐蚀涂料
聚氨酯漆类 (S)	聚氨基甲酸酯	耐潮、耐水、耐热、耐溶剂性好, 耐化学和石油腐蚀, 耐磨性好, 附着力强, 绝缘性良好; 涂膜易粉化泛黄, 对酸碱盐、水等物敏感, 施工要求高, 有一定毒性	广泛用于石油、化工设备、海洋船舶、机电设备等作为金属防腐蚀漆。也适用于木器、水泥、皮革、塑料、橡胶、织物等非金属材料涂装
有机硅漆类 (W)	有机硅, 有机钛, 有机铝	耐候性极好, 耐高温, 耐水性、耐潮性好, 绝缘性能良好; 耐汽油性差, 涂膜坚硬较脆, 需要烘烤干燥, 附着力较差	主要用于涂装耐高温机械设备
橡胶漆类 (J)	天然橡胶及其衍生物, 合成橡胶及其衍生物	耐磨, 耐化学腐蚀性良好, 耐水性好; 易变色, 个别品种施工复杂, 清漆不耐紫外线, 耐溶剂性差	主要用于涂装化工设备、橡胶制品、水泥、砖石、船壳及水线部位、道路标志、耐大气暴晒机械设备等

表 3.3-95 常用涂料技术性能的比较

涂料类型		油脂漆	天然树脂漆	酚醛树脂漆	沥青漆	醇酸树脂漆	氨基漆	硝基纤维漆	醋酸丁酸纤维漆	乙基纤维漆
		性能	性能	性能	性能	性能	性能	性能	性能	性能
抗化学介 质性能	户外耐久性	良	可	中	可	优	优	良	优	优
	耐盐雾	良	可	良	可	良	良	中	中	劣
	耐醇类溶剂	劣	可	优	劣	中	中	中	中	劣
	耐石油溶剂	中	中	良	劣	中	优	中	中	劣
	耐烃类溶剂	可	良	优	劣	中	优	可	可	可
	耐酯、酮类溶剂	劣	可	可	劣	劣	可	劣	劣	劣
	耐氯化溶剂	劣	劣	可	劣	劣	劣	劣	劣	劣
	耐盐类	可	可	优	中	良	优	中	良	中
	耐氨	劣	可	劣	—	劣	劣	劣	劣	中
	耐碱	劣	可	劣、劣	优	可、劣	良、劣	劣、劣	劣、劣	中、中
	耐无机酸(矿物酸)	可	可	中、可、劣	中、—	可、劣、劣	中、可、劣	优、中、可	中、可、劣	中、可、劣
	耐氧化性酸	劣	劣	中、可、劣	—	劣、劣、劣	可、劣、劣	劣、劣、劣	劣、劣、劣	可、劣、劣
	耐有机酸(醋酸、甲酸)	可	可	中、可、劣	优、—	劣、劣、劣	劣、劣、劣	劣、劣、劣	劣、劣、劣	中、—
	耐有机酸(油酸、硬脂酸)	中	可	优	劣	可	中	可	可	—
耐磷酸	可	可	可	优	劣	劣	劣	劣	—	
耐淡水、盐水	可	可	优	优	可	中	中	优	优	
物理性能	硬度	劣	优	优	中	中	优	优	中	中
	柔韧性	优	中	中	优	优	良	优	优	优
	耐磨性(周)	—	—	>5000	—	3500	>5000	2500	2500	—
	最高使用温度/°C	80	93	170	93	93	120	82	82	150
	毒性	无	无	无	—	无	无	无	无	无
	冲击强度	—	中	中	优	良	优	优	优	优
	介电性能	中	可	优	中	中	良	可	中	优
	附着力	铁基金属上	良	良	优	优	优	优	良	良
非铁基金属上		—	—	优	优	可	—	中	中	中
油漆层上		—	—	中	—	良	—	劣	劣	劣

(续)

性能		涂料类型		脂油漆	天然树脂漆	酚醛树脂漆	沥青漆	醇酸树脂漆	氨基漆	硝基纤维漆	醋酸丁酸纤维漆	乙基纤维漆
		脂油漆	天然树脂漆	酚醛树脂漆	沥青漆	醇酸树脂漆	氨基漆	硝基纤维漆	醋酸丁酸纤维漆	乙基纤维漆		
装饰性	颜色选择性	任选	任选	有限	有限	任选	任选	任选	任选	任选	任选	任选
	保色性	中	中	劣	—	良	良	良	良	良	良	良
	原始光泽	可	良	良	良	优	优	良	良	良	良	良
	保光性	可	良	可	—	优	良	良	良	良	良	良
性能		涂料类型		过氯乙烯漆	乙烯漆	丙烯酸漆	聚酯漆	环氧树脂漆类				
		过氯乙烯漆	乙烯漆					丙烯酸漆	聚酯漆	环氧胺固化漆	环氧酯漆	环氧酚醛漆
抗化学介质的性能	户外耐久性	优	优	优	优	中	优	中	优	优	优	优
	耐盐雾	优	优	优	优	良	优	良	优	优	优	优
	耐醇类溶剂	优	可	劣	中	中	优	中	优	优	优	优
	耐石油溶剂	优	中	中	中	优	优	优	优	优	优	优
	耐烃类溶剂	可	劣	可	优	优	优	中	优	优	优	优
	耐酯、酮类溶剂	劣	劣	劣	劣	良	优	可	优	优	优	优
	耐氯化溶剂	劣	劣	劣	劣	中	优	劣	优	优	优	优
	耐盐类	优	优	良	中	优	优	优	优	优	优	优
	耐氨	优	优	劣	劣	中	优	劣	优	优	优	优
	耐碱	优	优、优	中、可	劣	优、优	优、优	中、可	优、优	优、优	优、优	优、优
	耐无机酸(矿物酸)	良	优、优、中	中、可、劣	优	优、良、中	中、可、劣	优、优、优	优、优、优	优、优、优	优、优、优	优、优、优
	耐氧化性酸	良	优、良、中	可、劣、劣	劣	中、劣、劣	可、劣、劣	优、良、劣	优、良、劣	优、良、劣	优、良、劣	优、良、劣
	耐有机酸(醋酸、甲酸)	优	优、劣、劣	劣、劣、劣	劣	可、可、劣	可、劣、劣	优、优、良	优、优、良	优、优、良	优、优、良	优、优、良
	耐有机酸(油酸、硬脂酸)	优	优	可	可	优	可	优	优	优	优	优
	耐磷酸	优	优	劣	可	中	劣	优	优	优	优	优
耐淡水、盐水	优	优	优	中	优	中	优	优	优	优	优	
物理性能	硬度	中	中	良	良	良	良	良	良	良	良	优
	柔韧性	优	优	优	中	中	优	优	优	优	优	良
	耐磨性(周)	—	>5000	2500	3500	>5000	>5000	>5000	>5000	>5000	>5000	>5000
	最高使用温度/°C	65	65	180	93	200	150	200	150	200	150	200
	毒性	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
	冲击强度	优	优	优	可	中	优	优	优	优	优	良
	介电性能	中	优	良	中	良	良	良	良	良	良	良
	附着力	中	中	良	可	优	优	优	优	优	优	优
	铁基金属上	中	中	良	可	优	优	优	优	优	优	优
	非铁基金属上	—	良	良	可、劣	优	优	优	优	优	优	优
装饰性	颜色选择性	任选	任选	任选	任选	任选	任选	任选	任选	任选	任选	有限
	保色性	中	优	优	优	可	中	中	中	中	中	劣
	原始光泽	中	中	优	优	中	中	中	中	中	中	中
	保光性	中	优	优	中	可	中	中	中	中	中	可
性能		涂料类型		聚氨酯漆	有机硅漆	氯化聚酯漆	橡胶漆类					
		聚氨酯漆	有机硅漆				氯化聚酯漆	氯化橡胶漆	氯丁橡胶漆	氯磺化聚乙烯漆		
抗化学介质的性能	户外耐久性	可	优	优	优	优	优	优	优	优	优	优
	耐盐雾	优	优	优	优	优	优	优	优	优	优	优
	耐醇类溶剂	良	可	优	优	优	优	优	优	优	优	—
	耐石油溶剂	中~优	可	优	中	优	中	优	中	优	中	—
	耐烃类溶剂	中~优	良	优	劣	优	劣	优	劣	优	中	可~劣
	耐酯、酮类溶剂	可	劣	优	劣	优	劣	优	劣	优	劣	劣
	耐氯化溶剂	可	劣	优	劣	优	劣	优	劣	优	劣	劣
	耐盐类	优	中	优	优	优	优	优	优	优	优	优
	耐氨	劣	劣	优	中	优	中	优	中	优	中	中
	耐碱	良、可	优、可	优	优	优、优	优、优	优、优	优、优	优、优	优、优	优、优



(续)

性能	涂料类型	聚氨酯漆	有机硅漆	氯化聚酯漆	橡胶漆类			
					氯化橡胶漆	氯丁橡胶漆	氯磺化聚乙烯漆	
抗化学介质性能	耐无机酸(矿物酸)	中、可、劣	中、中、劣	优、优、优	优、优、优	优、中、中	优、优、中	
	耐氧化性酸	中、可、劣	劣、劣、劣	优、中、可	优、优、可	可、劣、劣	中、中、可	
	耐有机酸(醋酸、甲酸)	中、可、劣	劣、劣、劣	优、优、优	中、劣、劣	中、可、可	中、可、可	
	耐有机酸(油酸、硬脂酸)	中	中	优	可	中	中	
	耐磷酸	中	可	优	中	良	中	
物理性能	耐淡水、盐水	良	优	优	优	优	优	
	硬度	优	中	优	中	可	可	
	柔韧性	优	可	可	良	优	优	
	耐磨性(周)	>3000	2500	>5000	>5000	5000	5000	
	最高使用温度/°C	150	280	150	93	93	120	
	毒性	微	无	无	微	无	—	
	冲击强度	优	可	可	中	优	优	
	介电性能	优	优	优	优	中	良	
	附着力	铁基金属上	优	可	良	可	良	良
		非铁基金属上	优	优	中	良	良	—
旧涂层上		—	优	劣	—	—	—	
装饰性	颜色选择性	任选	任选	有限	任选	有限	任选	
	保色性	可	优	优	中	中	优	
	原始光泽	良	中	优	良	劣	劣	
	保光性	可	良	可	中	可	可	

注:1. 此表仅作每大类油漆性能比较的参考,不代表每一品种性能;

2. 质量优劣分五等,其次序是:优→良→中→可→劣;

3. 化学性能中有两个等级时,第一个代表稀溶液(20%),第二个代表浓溶液;有三个等级时,第一个代表10%稀溶液,第二个代表10%~30%中等溶液,第三个代表浓溶液时的性能等级。

表 3.3-96 各类面漆应用实例

可选涂料	应用实例	涂料类别										
		金属切削机床	载货汽车、火车	轿车、摩托车	起重机、拖拉机、柴油机	仪器仪表	船壳、甲板、桅杆、船舱	船底、防锈、防污	木壁、门窗、地板、楼梯	钢架、铁柱、水管、水塔	泥墙、砖墙、水泥墙	漆包线、浸渍绕组、复盖绝缘用
油脂漆					▽		▽		▽	▽		
酯胶漆					▽			▽		▽		
酚醛漆		▽			▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	
沥青漆							▽	▽	▽	▽	▽	▽
醇酸漆		▽	▽		▽	▽		▽	▽		▽	
氨基漆		▽	▽	▽	▽	▽					▽	
硝基漆		▽	▽	▽	▽	▽						▽
过氯乙烯漆		▽	▽	▽	▽	▽			▽	▽		
乙烯漆								▽				
丙烯酸漆				▽								
环氧漆		▽		▽		▽					▽	▽
虫胶漆								▽				
有机硅漆											▽	
聚酯酸乙烯漆							▽			▽	▽	
聚氨酯漆		▽							▽		▽	▽

(续)

可选涂料 涂料类别	应用实例											
	金属切削机床	载货汽车、火车	轿车、摩托车	起重机械、拖拉机、柴油机	仪器仪表	船壳、甲板、桅杆、船舱	船底、防锈、防污	木壁、门窗、地板、楼梯	钢架、铁柱、水管、水塔	泥墙、砖墙、水塔墙	漆包线、浸渍绕组、复盖电绝缘用	电线、电缆绝缘用
氯乙稀酯酸乙稀漆												
聚酰胺漆												
橡胶漆(氯丁橡胶)												
乙基纤维漆												
苯基纤维漆												▽
氯化橡胶漆							▽			▽		
氯磺化聚乙烯漆												
聚酯漆								▽			▽	
聚乙烯醇缩醛漆											▽	
可选涂料 涂料类别	应用实例											
	大型化工设备及建筑物防腐	小型管道、蓄电池、仪表耐腐蚀	木质墙壁及易燃物防火	烟囱锅炉、管道高温防火	自行车、缝纫机	洗衣机、冰箱	收音机、乐器、高级家具	罐头内、外壁	玩具	橡胶、塑料、皮革	油布、油毡	
油脂漆												▽
酯胶漆												
酚醛漆		▽	▽	▽				▽	▽			
沥青漆	▽	▽		▽	▽							▽
醇酸漆			▽									
氨基漆		▽			▽	▽	▽	▽				
硝基漆						▽	▽	▽	▽			
过氯乙烯漆	▽		▽									
乙稀漆	▽											
丙烯酸漆											▽	
环氧漆	▽	▽			▽	▽		▽				
虫胶漆								▽				
有机硅漆		▽		▽								
聚醋酸乙稀漆												
聚氨酯漆	▽							▽			▽	
氯乙稀酯酸乙稀漆	▽											
聚酰胺漆									▽			
橡胶漆(氯丁橡胶)												
乙基纤维漆	▽											
苯基纤维漆												▽
氯化橡胶漆	▽											
氯磺化聚乙烯漆	▽											
聚酯漆									▽			
聚乙烯醇缩醛漆								▽				

注：“▽”表示可选用的涂料。

表 3.3-97 各种金属表面选用底漆品种

金属表面种类	推荐选用的底漆品种
黑色金属(铸铁、钢)	铁红醇酸底漆、铁红纯酚醛底漆、铁红酚醛底漆、铁红酯胶底漆、铁红过氯乙烯底漆、沥青底漆、磷化底漆、各种树脂的红丹防锈漆、铁红环氧底漆、铁红硝基底漆、富锌底漆、氨基底漆、铁红油性防锈漆、铁红缩醛底漆
铜及其合金	氨基底漆、磷化底漆、铁红环氧底漆或醇酸底漆
铝及铝镁合金	锌黄酚醛底漆、银黄丙烯酸底漆、锌黄环氧底漆、锌黄过氯乙烯底漆
镁及其合金	锌黄或银黄纯酚醛底漆或丙烯酸底漆或环氧底漆、锌黄过氯乙烯底漆
钛及钛合金	银黄氯醋-氯化橡胶底漆

(续)

金属表面种类	推荐选用的底漆品种
钢铜合金	铁红纯酚醛底漆或酚醛底漆、铁红环氧底漆、磷化底漆
锌金属	锌黄纯酚醛底漆、磷化底漆、锌黄环氧底漆、环氧富锌底漆
镉金属	锌黄纯酚醛或环氧底漆
铬金属	铁红环氧底漆或醇酸底漆
铅金属	铁红环氧底漆或醇酸底漆
锡金属	铁红醇酸底漆或环氧底漆、磷化底漆

表 3.3-98 各种涂料所适应的施工方法比较

涂料类别	施工方法									
	刷涂	浸涂	滚涂	浇涂	喷涂	热喷涂	高压无气喷涂	静电(湿)	静电(干)	电泳
油性调合漆	优	差	差	差	中	差	中	差	劣	劣
醇酸调合漆	优	中	中	中	良	中	良	良	劣	劣
酯胶漆	优	中	良	中	良	中	良	差	劣	劣
酚醛漆	优	良	中	中	良	中	良	差	劣	劣
沥青漆	良	中	中	优	良	良	中	良	劣	劣
醇酸漆	良	良	良	良	优	良	优	良	劣	劣
氨基漆	差	良	良	优	优	优	优	优	劣	劣
硝基漆	差	中	劣	差	优	优	优	中	劣	劣
过氯乙烯漆	差	中	劣	差	优	优	优	中	劣	劣
氯乙烯醋酸乙烯漆	良	中	差	差	良	差	优	劣	劣	劣
乙烯乳胶漆	优	中	中	差	良	劣	良	劣	劣	劣
环氧漆	中	中	中	差	良	良	良	良	劣	劣
丙烯酸漆	差	中	中	中	优	优	优	良	劣	劣
水性性烘漆	中	中	中	中	良	差	良	劣	劣	优
聚酯漆	良	优	良	差	良	差	良	良	劣	劣
聚氨酯漆	中	中	中	差	优	差	优	中	劣	劣
粉末涂料	劣	劣	劣	劣	劣	劣	劣	劣	优	劣

注:施工方法的适应次序:优、良、中、可、劣五等级,适应性依次降低。

表 3.3-99 机床用漆配套选用实例

涂料类型	配套品种的选择				备注
	底漆	腻子	二道底漆	面漆	
甲组	Q06-4 各色硝基底漆	Q07-5 各色硝基腻子或桐油石膏腻子	Q06-4 各色硝基底漆	Q04-2 各色硝基外用磁漆	使用面最广,可以满足通用机床的需要,但二防性能差
乙组	G06-1 铁红过氯乙烯底漆	G07-3 各色过氯乙烯腻子(或聚酯型)	G06-5 各色过氯乙烯二道底漆	G04-12 过氯乙烯机床磁漆或 G04-9 各色过氯乙烯外用磁漆、G16-31、G16-32 各色过氯乙烯锤纹漆	同上,也可用于湿热带地区,但需酌加少量有机防霉剂
丙组	G06-1 铁红过氯乙烯底漆或环氧酯底漆(自干)	G07-3 各色过氯乙烯腻子(或聚酯型)	G06-5 各色过氯乙烯二道底漆(或聚酯型)	S04-10 各色聚氨酯磁漆	适用于要求装饰性较高的机床,可用于湿热地区
丁组	环氧酯型(自干)	聚酯型	聚氨酯型	乙烯型	适用于大型机床

注:1. 甲组已逐步被乙组取代。

- 近年来为了减少腻子的收缩性,机床用漆大多改用无溶剂腻子,如不饱和聚酯型腻子、环氧腻子,以代替油性或石膏腻子,这种腻子的填坑性好,腻子层可涂刮得很厚,施工亦比较方便。
- 由铸铁件、铸钢件及钢板件构成的各种工业机器均可参考机床用漆的选用实例。

表 3.3 100 耐腐蚀涂料的选用

使用条件	推荐选用的涂料品种			
	自干型		烘干型	
	常用品种	亦可用品种	常用品种	亦可用品种
耐酸用漆	L50 1 沥青耐酸漆, G01-5 过氯乙烯清漆, G52-2、G52-31、G52-33、G52-37、G52-38 过氯乙烯防腐漆, H01-1 环氧清漆, H01-4 环氧磁漆, H52-33 环氧防腐漆, 聚氨酯沥青漆、大漆	T09-11 漆酚清漆, T09-17 漆酚环氧防腐漆, F50-31 酚醛耐酸漆, X52-31 或 2、83 乙烯防腐漆, S01-2 聚氨酯清漆, S01-4 聚氨酯磁漆, S06-2 聚氨酯底漆, 氯化橡胶漆, 环氧聚氨酯漆	H01-32 环氧酚醛烘烘漆, H52-11、H52-56 环氧酚醛烘烘防腐漆, H52-55 环氧酯烘烘防腐漆, F01-36 酚醛烘烘清漆, F52-11、F52-52 酚醛环氧酯烘烘防腐漆	T09-17 漆酚环氧防腐漆
耐碱用漆	L01-13、17 沥青清漆, G01-5 过氯乙烯清漆, G51-31 过氯乙烯耐氨漆, G52-2、31、33、37、38 过氯乙烯防腐漆, X51-31 乙烯耐氨漆, H01-1 环氧清漆, H01-4 环氧沥青清漆, H04-1 环氧磁漆, H04-3 环氧沥青磁漆, H52-33 环氧防腐漆	X52-2、31、4、35、83 乙烯防腐漆, S01-1 聚氨酯清漆, S04-4 聚氨酯磁漆, S06-2 聚氨酯底漆, 氯化橡胶漆, 环氧聚氨酯漆	H52-11、12、56 环氧酚醛烘烘防腐漆, F52-11、52 酚醛环氧酯烘烘防腐漆	T09-17 漆酚环氧防腐漆
耐溶剂用漆	H01-1 环氧清漆, H04-1 环氧磁漆, H06-4 环氧富锌底漆, E06-1 无机富锌底漆, S54-33 白聚氨酯漆	T09-11 漆酚清漆, H52-33 环氧防腐漆, S01-3 聚氨酯清漆, S04-1、S04-5 聚氨酯磁漆, S06-1、3、4、5 聚氨酯底漆, S54-31 白聚氨酯耐油漆, S54-32 各色聚氨酯耐油漆, S54-84 各色聚氨酯耐油底漆	H01-32 环氧酚醛烘烘清漆, H52-11、H52-56 环氧酚醛烘烘防腐漆	H52-54 灰环氧氨基烘烘防腐漆, H52-55 草绿环氧酯烘烘防腐漆
耐盐类用漆	L01-13、17 沥青清漆, L40-32 沥青防污漆, G52-2、31、33、37、38 过氯乙烯防腐漆, H01-1 环氧清漆, H01-4 环氧沥青清漆, H04-1 环氧磁漆, H04-3 棕环氧沥青磁漆, H52-33 环氧防腐漆	T09-1 油基大漆, X52-2、31 乙烯防腐漆, X52-83 乙烯防腐底漆, J41-31 氯化橡胶水线漆, J06-1 铝粉氯化橡胶底漆	H52-56 环氧酚醛烘烘防腐漆, F52-11、F52-52 酚醛环氧酯烘烘防腐漆	H52-55 草绿环氧酯烘烘防腐漆, T09-17 漆酚环氧防腐漆
耐水用漆	L01-13、17 沥青清漆, L40-32 沥青防污漆, L44-81、82、83 沥青船底漆, X55-31、33 铝粉乙烯耐水漆, X06-1 铝粉乙烯底漆, H01-4 环氧沥青清漆, H04-3 环氧沥青磁漆, H06-4 环氧富锌底漆, H06-10 环氧酯富锌底漆, F06-1 酚醛底漆, J06-1 铝粉氯化橡胶底漆, J41-31、32 氯化橡胶水线漆	T09-11 漆酚清漆, X52-2、31、83 乙烯防腐漆, 聚氨酯沥青漆, S55-30 聚氨酯环氧耐水漆	H55-11 环氧聚氨酯烘烘耐水漆	T09-17 漆酚环氧防腐漆
耐油用漆	H04-5 白环氧磁漆, H06-4 环氧富锌底漆, H06-10 环氧酯富锌底漆, E06-1 无机富锌底漆, S04-1、5、7 聚氨酯磁漆, S06-1、5、4 聚氨酯底漆, S54-33 白聚氨酯耐油漆, 环氧无溶剂漆	S54-1 聚氨酯耐油漆, S54-31 白聚氨酯耐油漆, S54-32 各色聚氨酯耐油漆, S54-84 聚氨酯耐油底漆	H54-31 棕环氧沥青耐油漆, H54-82 铝粉环氧沥青耐油底漆	H52-12 环氧酚醛烘烘防腐漆

表 3.1-101 过氯乙烯防腐漆配套选用实例

使用条件 配套品种	室内耐化学涂层	室外耐化学涂层	室外耐大气 腐蚀涂层	木材表面耐 化学涂层	在混凝土表面 耐化学涂层	铸铁表面耐 化学涂层
	层 次					
磷化底漆	1	1	1		—	1
铁红醇酸底漆		—	1	—		—
铁红醇酸底漆 铁红过氯乙烯底漆	1:1	1	1	—	—	1
铁红过氯乙烯底漆 过氯乙烯防腐磁漆	1:1	1	1	—	—	—
过氯乙烯防腐磁漆	2~3	4	3~4	—	—	—
过氯乙烯防腐清漆	2	—	—	1	1	—
过氯乙烯防腐腻子	—	—	—	1~2	1~2	2
过氯乙烯防腐底漆	—	—	—	1	1	1
过氯乙烯防腐底漆 过氯乙烯防腐磁漆	1:1	—	—	1	—	3~4
过氯乙烯防腐磁漆	—	—	—	3~4	3~4	—

表 3.3 102 特种涂料的选用

涂层特性	涂料种类
耐酸涂层	聚氨酯漆、氯丁橡胶漆、氯化橡胶漆、环氧树脂漆、沥青漆、过氯乙烯漆、乙烯漆、酚醛树脂漆
耐碱涂层	过氯乙烯漆、乙烯漆、沥青漆、氯化橡胶漆、氯丁橡胶漆、环氧树脂漆、聚氨酯漆等
耐油涂层	醇酸漆、氨基漆、硝基漆、缩丁醛漆、过氯乙烯漆、醇溶酚醛漆、环氧树脂漆
耐热涂层	醇酸漆、沥青漆、氨基漆、有机硅漆、丙烯酸漆
耐水涂层	氯化橡胶漆、氯丁橡胶漆、聚氨酯漆、过氯乙烯漆、乙烯漆、环氧树脂漆、酚醛漆、沥青漆、氨基漆、有机硅漆
防潮涂层	乙烯漆、过氯乙烯漆、氯化橡胶漆、氯丁橡胶漆、聚氨酯漆、沥青漆、酚醛树脂漆、有机硅漆、环氧树脂漆等
耐磨涂层	聚氨酯漆、氯丁橡胶漆、环氧树脂漆、乙烯漆、酚醛树脂漆等
保色涂层	丙烯酸漆、氨基漆、有机硅漆、醇酸树脂漆、硝基漆、乙烯漆
保光涂层	醇酸漆、丙烯酸漆、有机硅漆、乙烯漆、硝基漆、乙酸丁酸纤维漆
耐大气涂层	天然树脂漆、油性漆、醇酸漆、氨基漆、硝基漆、过氯乙烯漆、丙烯酸漆、有机硅漆、酚醛树脂漆、氯丁橡胶漆等
耐溶剂涂层	聚氨酯漆、乙烯漆、环氧树脂漆
绝缘涂层	油性绝缘漆、酚醛绝缘漆、醇酸绝缘漆、环氧绝缘漆、氨基漆、聚氨酯漆、有机硅漆、沥青绝缘漆等

## 3.3 常用涂料品种(见表 3.3-103)

表 3.3-103 常用涂料品种型号、成分、特性及应用

型号及名称	组成成分	特性及应用
清油		
Y00-1 清油 Y00-2 清油 Y00-3 清油	干性植物油或干性植物油加部分半干性植物油经熬炼并加入催干剂而成。Y00-1 以亚麻油为主, Y00-2 以梓油为主, Y00-3 以各种混合植物油制成	清油比植物油(未熬炼)干燥性能好、易干、易涂刷;漆膜软,易发粘。清油主要用于调和厚漆和红丹防锈漆,也可单独使用作防水、防锈、防腐之用
厚漆		
Y02-1 各色厚漆	用颜料与干性或半干性植物油混合研磨而成的软膏状物	价格低、施工方便、漆膜软、干燥慢,耐久性差。用于要求不高的建筑物或水管接头处的涂覆,也可作木质表面打底用
Y02-2 锌白厚漆	由干性油和氧化锌混合研磨而成,比 Y02-1 耐候性好、遮盖力好	主要用于造船工业,也可作刻度盘上画线
调合漆		
Y03-1 各色油性调合漆	是由干性植物油同各色颜料、体质颜料研磨后,加入催干剂,并用 200 号溶剂油或松节油与 200 号溶剂油的混合溶剂调制而成	耐候性比酚醛调合漆好,但干燥时间较长,漆膜较软,适用于涂刷室内外一般金属、木质物件及建筑物的表面,作保护和装饰之用
Y03-3 白色油性调和漆	由熬炼后的干性植物油与颜料研磨并加催干剂, 200 号油漆溶剂油或松节油调制而成	用于室内外金属物件、木质物件和船舱等的涂装
T03-1 各色酯胶调合漆	是用干性植物油和多元醇松香熬炼后,与颜料和体质颜料研磨,加入催干剂,以 200 号油漆溶剂油或松节油调制而成	干燥性能比油性调合漆好,漆膜较硬、有一定的耐水性,用于室内外一般金属、木质物件及建筑物表面的涂覆,作保护和装饰之用
C03-1 各色醇酸调合漆	由醇酸树脂、颜料、体质颜料、催干剂及有机溶剂调制而成	质量比酯胶调合漆稍好,适用于涂覆一般金属、木质物件及建筑物表面,起保护和装饰作用
清漆		
A01-1、A01-2 氨基烘干清漆	氨基清漆是氨基树脂、醇酸树脂溶于有机溶剂中而成	漆膜光亮、坚硬,色泽淡,具有优良的附着力,耐水、耐油及耐磨性, A01-1 为通用漆,丰满度好、柔韧性佳, A01-2 为罩光漆,色泽浅、硬度高、光泽好,可调配色漆作罩光用
T01-1 酯胶清漆	用干性植物油和多元醇松香熬炼后,加入催干剂,并以 200 号溶剂汽油或松节油作溶剂调配而成	漆膜光亮,耐水性较好,次于酚醛清漆,适合于木制家具、门窗、板壁等的涂复及金属表面的罩光
F01-1 酚醛清漆	用干性植物油和松香改性酚醛树脂熬炼后,加入催干剂,以 200 号溶剂汽油或松节油作溶剂调配而成	该漆耐水性比酯胶清漆好,漆膜光亮,但容易泛黄,它主要用于涂饰木家具,可显示出木器的底色及花纹
L01-6 沥青烘干清漆	用石油沥青(软化点 90~120℃)、芳烃溶剂调制而成	有良好的耐水、防潮、耐腐蚀性能,但力学性能差,耐候性不好。不能涂于太阳光直接照射的物体表面,涂于各种容器与金属机械等内表面,作防潮、耐水、防腐蚀用
G52-2 过氯乙烯防腐清漆	是过氯乙烯树脂及增韧剂溶于有机混合溶剂(苯类、酯类及酮类)中的溶液	漆膜具有优良的防腐性能,可耐无机酸、碱类、盐类、煤油等的侵蚀,涂于化工设备、运输管道作防腐涂层,可喷漆或浸渍木质,防火、防霉、防腐蚀性良好

(续)

型号及名称	组成成分	特性及应用
B01-34 丙烯酸烘干清漆	由甲基丙烯酸酯、甲基内烯酸共聚树脂及氨基树脂溶解在酯类、醇类、苯类的混合溶剂中,加增韧剂制成	有良好的耐候性和附着力,在120℃干燥1.5~2h,可提高漆膜的耐油性、耐水性和硬度,在180℃使用,除颜色发黄外,其他性能良好。适于喷涂经阳极化处理的硬铝板或其他金属表面
B01-6 内烯酸清漆	是甲基丙烯酸酯和甲基内烯酰胺共聚树脂中加入氨基树脂,溶解在酯类、醇类、苯类混合溶剂中,加增韧剂而成	具有耐候、耐水、耐高温(180℃以下)性能,硬度高,对轻金属有良好的附着力,能常温干燥,适于涂覆经阳极化处理的硬铝板和其他金属制件表面
C01-7 醇酸清漆	是用干性油改性季戊四醇醇酸树脂、催干剂和有机溶剂经调制而成的长油度醇酸清漆	能常温干燥,漆膜具有较好的柔韧性和耐候性,可作各种涂有底漆、磁漆的钢铁及铝合金表面罩光涂层,也可作户外木器上的罩光涂层
底漆		
Q06-4 各色硝基底漆	是由硝化棉、油改性醇酸树脂、松香甘油酯、颜料、体质颜料、增韧剂和混合溶剂调制而成	漆膜干得快,易打磨。适于涂覆铸件、车辆表面,供各种硝基磁漆作配套底漆用
X06-1 乙烯磷化底漆(分装)	是由聚乙烯醇缩丁醛树脂、防锈颜料、乙醇、丁醇的混合溶剂调制而成,与组分磷化液配合使用	主要作为有色及黑色金属底层的防锈涂料,能起到一定的磷化作用,增加有机涂层和金属表面的附着力,防止锈蚀,延长有机涂层的使用寿命,不能代替一般采用的底漆,适于涂覆船舶、桥梁、浮筒及其他各种金属结构器材表面
H06-2 银黄丙烯酸底漆	是由甲基内烯酸甲酯和甲基内烯酸共聚树脂溶于酯类、醇类、苯类溶剂中,加铬酸锶、增韧剂及体质颜料而成	有良好的防腐、防腐、耐热、耐久性能,能室温干燥,适用于不能高温干燥的金属设备及轻金属零件的打底
H06-2 铁红、锌黄、铁黑环氧底漆	是用环氧树脂和植物油酸酯化后,与氧化铁红、氧化铁黑或锌铬黄等颜料及体质颜料研磨,加入催干剂,再以有机溶剂调配而成	漆膜坚韧耐久,附着力很好,若其与磷化底漆配套使用时,可提高漆膜的防潮、防盐雾及防锈性能,用于涂覆沿海地区及湿热带气候的金属材料。铁红、铁黑底漆适用于黑色金属表面打底,锌黄底漆适用于有色金属表面打底
H06-33 铁红、锌黄环氧烘干底漆	是由环氧树脂、三聚氰胺甲醛树脂、醇酸树脂与铁红、锌黄、氧化锌和体质颜料研磨后,以二甲苯与丁醇的混合溶剂调配而成	该漆具有良好的耐化学药品性能及耐水性,并有优越的附着力。它适用于能烘烤的各种金属表面作底漆(铁红色用于钢铁表面,锌黄色用于轻金属表面)
C06-1 铁红醇酸底漆	是用干性植物油改性醇酸树脂(中油度或长油度)与氧化铁红、铅铬黄、体质颜料等研磨后,加入催干剂,并以200号溶剂油及二甲苯调配而成	该漆有良好的附着力和一定的防锈能力,它与硝基磁漆、醇酸磁漆等多种面漆的层间结合力好,在一般气候条件下耐久性也不错,但在湿热带、海洋性气候和潮湿地区条件下,耐久性不太好。用于黑色金属表面打底防锈
C06-10 醇酸二道底漆	是用油改性醇酸树脂、颜料及体质颜料研磨后,加入催干剂,并以200号溶剂油或松节油与二甲苯的混合溶剂调配而成	该漆可常温干燥,也可烘干。容易打磨,对腻子层及面漆的附着力好。它适合于涂在打磨平滑的腻子层上,以填补腻子层的砂孔、纹道
T06-5 铁红、灰酚醛底漆	是用松香钙酯和多元醇松香酯与干性植物油熬炼后,以氧化铁红等颜料及体质颜料研磨,并加入催干剂,以200号溶剂油或松节油作溶剂调配而成	漆膜坚硬,容易打磨,附着力强。主要用于要求不高的钢铁、木质表面打底
F06-8 锌黄、铁红、灰酚醛底漆	是用松香改性醇酸树脂、聚合植物油炼成漆基,与颜料和体质颜料研磨后,加入催干剂,并以200号油漆溶剂油及二甲苯作溶剂调配而成	该漆有良好的附着力和防锈性能。锌黄酚醛底漆用于铝合金表面,铁红、灰酚醛底漆用于钢铁表面
F06-9 锌黄、铁红、纯酚醛底漆	是用纯酚醛树脂与干性油炼成的漆基,同锌黄、铁红颜料及体质颜料研磨后,并加入催干剂,以二甲苯或松节油作溶剂调配而成	该漆有一定防锈能力,耐水性好。锌黄纯酚醛底漆用于涂饰铝合金表面,铁红纯酚醛底漆用于钢铁表面
L06-33 沥青烘干底漆	是用石油沥青、干性植物油与松香改性树脂熬炼后,用200号溶剂油及苯类溶剂稀释再与黑色颜料(炭黑、铁黑)体质颜料等研磨而成	该漆附着力好,有良好的柔韧性及防潮、耐湿热、耐滑油性能。它主要用于汽车、发动机,也可用于缝纫机、自行车,以及其他金属表面打底
G06-4 锌黄、铁红、过氧乙炔底漆	是过氧乙炔树脂,油改性醇酸树脂、增韧剂、颜料及体质颜料等经研磨后,溶于有机混合溶剂(苯、酯及酮类)制成	有一定的防锈性及耐化学性,但附着力不太好,如在60~65℃烘烤2h后,可增强附着力及其他各种性能。铁红底漆主要用于车辆、机床及各种工业品的钢铁或木材表面打底,锌黄底漆用于轻金属表面打底
腻子		
T07-31 各色酯胶烘干腻子	是用酯胶清漆与颜料、体质颜料、催干剂和200号溶剂油、二甲苯研磨而成	涂刮性和打磨性较好,可用来填补钢铁、木质表面的凹坑、针孔及缝隙等处
H07-5 各色环氧酯腻子	是用环氧树脂和植物油酸经酯化后,与颜料、体质颜料、二甲苯、催干剂、丁醇等研磨配制而成	腻子胶坚硬、耐潮性好,与底漆有良好的附着力,经打磨表面光洁。可供各种预先涂有底漆的金属表面不平处作填嵌用

(续)

型号及名称	组成成分	特性及应用
C07-5 各色醇酸腻子	是用醇酸树脂、颜料、体质颜料、催干剂及溶剂(200号溶剂油,二甲苯)研磨而成	涂层坚硬,附着性好,易于涂刷,它可用来填嵌金属及木器制品表面的凹坑和缝隙处
Q07-5 各色硝基腻子	各色硝基腻子的成膜物质是由硝化棉、醇酸树脂、增韧剂、各色颜料、体质颜料和混合溶剂组成	该腻子干得快,附着力好,容易打磨。可供涂有底漆的金属及木质物面作填平细孔、缝隙之用
G07-3 各色过氯乙烯腻子	是用过氯乙烯树脂、增韧剂、颜料、体质颜料和酯、酮、苯类等混合溶剂,经调和研磨而成	干燥快,主要用于填平已涂有醇酸底漆或过氯乙烯底漆的各种车辆、机床及各种工业品的钢铁或木材表面
磁漆		
G4-42 各色醇酸磁漆	是用干性植物油改性的季戊四醇醇酸树脂与颜料研磨后,加入催干剂,以松节油、200号溶剂汽油与二甲苯调配而成	该漆具有良好的耐候性及附着力,机械强度较好,能自然干燥,也可低温烘干。适用于涂饰户外的钢铁表面
C04-83 各色醇酸无光磁漆	是中油度醇酸树脂与颜料及体质颜料混合研磨后,加入催干剂,以200号溶剂汽油和二甲苯作溶剂调配而成	漆膜平整无光,常温或100℃以下干燥时,耐久性比醇酸无光磁漆好,比有光的醇酸磁漆差。若烘干耐水性更好,用于涂装车箱、船舱的内壁及特种车辆外表面及仪表盖
G04-60 各色过氯乙烯半光磁漆	是由过氯乙烯树脂、干性油改性醇酸树脂、增韧剂、颜料及体质颜料经调和研磨后,以有机混合溶剂苯类、酯类及酮类调配而成	有较好的户外耐久性及机械强度,耐海洋性气候和湿热气候的性能好,耐油性和耐水好,但干燥时间较长,故附着力差一些,主要喷涂于金属或木质物件上
G04-9 各色过氯乙烯外用磁漆	是用过氯乙烯树脂、干性油改性醇酸树脂及颜料与增韧剂等研磨后,以有机混合溶剂苯类、酯类及酮类调配而成	该漆干燥较快,漆膜光亮、色泽鲜艳,能打磨。耐候性和抗老化性比硝基外用磁漆好,适合于亚热带和潮湿地区使用。用于涂饰车辆、机床、电工器材、医疗器械、农业机械配件等
H04-6 白内烯酸磁漆	是由甲基丙烯酸酯、甲基内烯酰胺共聚树脂与氨基树脂溶解在酯类、醇类、苯类混合溶剂中,并加钛白粉,增韧剂而成	具有耐光性与耐久性,能室温干燥,不泛黄,对湿热带气候具有良好的稳定性,涂覆各种金属表面及经阳极化处理后涂有底漆的硬铝表面
B04-87 黑内烯酸无光磁漆	是由甲基丙烯酸酯和甲基丙烯酰胺共聚树脂溶于酯类、酮类、苯类混合溶剂中,加炭黑、消光剂、增韧剂而成	有良好的附着力,柔韧性较差,专供涂覆光学仪器上要求不反光的部位及涂覆不在弯曲条件下使用的硬铝黄铜、透明塑料零件
H04-2 各色环氧硝基磁漆	是环氧树脂、醇酸树脂与颜料研磨后,与硝化棉溶液混合而成。以苯二甲酸二丁酯作增韧剂,以乙酸丁酯、乙酸乙酯、丁醇、甲苯、二甲苯等混合溶液作溶剂	漆膜坚硬,较一般硝基外用磁漆的耐候性好,在潮湿的海洋性和湿热带气候的条件下,更能显示出其优越性。它的耐油性也很好,涂覆于已涂有环氧底漆的金属制品表面,防大气腐蚀的涂层
F04-11 各色纯酚醛磁漆	用纯酚醛树脂和干性植物油熬炼后与各色颜料研磨,加入催干剂,以二甲苯及200号溶剂油作溶剂调配而成	漆膜坚硬,其耐水性、耐候性、耐化学药品性能均比酚醛磁漆好。主要涂于机械设备、建筑物、交通运输工具及其他要求耐潮湿或需经干湿交替的金属、木材表面上
F04-60 各色酚醛半光磁漆	用松香改性酚醛树脂、季戊四醇松香酯与聚合干性植物油熬炼成漆基,与颜料和体质颜料研磨后加入催干剂,以200号溶剂汽油或松节油作溶剂调配而成	附着力强、漆膜坚硬,但耐候性比醇酸半光磁漆差。它主要用来涂覆要求半光的木材、钢铁表面
F04-89 各色酚醛无光磁漆	用松香改性酚醛树脂、季戊四醇松香酯与聚合干性植物油熬炼后,与颜料和体质颜料研磨,加入催干剂,以200号溶剂汽油或松节油作溶剂调配而成	该漆附着力强,漆膜坚硬,但耐候性比醇酸无光磁漆差。它主要用于涂覆要求无光的钢铁、木材表面
F04-1 各色酚醛磁漆	用干性植物油和松香改性酚醛树脂熬炼后,与颜料及体质颜料研磨,加入催干剂,以200号溶剂汽油或松节油作溶剂调配而成	该漆附着力强,光泽好,漆膜坚硬,但耐候性比醇酸磁漆差。它主要用于建筑工程、交通工具、机械设备以及室内外一切木材、金属表面上
Q04-2 各色硝基外用磁漆	由硝化棉、油改性醇酸树脂、氨基树脂、各色颜料与增韧剂组成;挥发部分是由酯类、酮类、苯类、醇类等溶剂组成	漆膜干得快,外观平整光亮,耐候性较好,能用砂纸打磨,它通常涂于各种交通车辆、机床、机器设备及工具上,作保护装饰
Q04-62 各色硝基半光磁漆	由硝化棉、醇酸树脂、各色颜料、增韧剂及体质颜料组成;挥发部分是由酯、酮、醇、苯类等溶剂组成	漆膜反光性能不大,在阳光下对人的眼睛刺激性较小,加有大量体质颜料,故漆膜易粉化,耐久性比硝基外用磁漆差。用于仪表设备及要求半光的金属表面作装饰保护用
Q04-17 各色硝基醇酸磁漆	由硝化棉、季戊四醇醇酸树脂、各色颜料、增韧剂组成;挥发部分是由酯、酮、醇、苯类等溶剂组成	漆膜具有良好的光泽与耐大气性能,但磨光性较差,故不宜打磨。它适于涂装车辆或机器设备
C04-2 各色醇酸磁漆	是以中油度醇酸树脂与颜料研磨后,加入适量催干剂,并以有机溶剂调配而成	具有较好的光泽和力学强度,能常温干燥,耐候性比调合漆及酚醛漆好,适合户外使用。耐水性较差,但若在60~70℃下烘烤后,耐水性可显著提高。最宜于涂装金属表面,木材表面也可使用

(续)

型号及名称	组成成分	特性及应用
A04-84 各色氨基无光烘干磁漆	用氨基树脂、醇酸树脂与各色颜料、体质颜料研磨后,以有机溶剂调配而成	漆膜色彩柔和,细度较细。用于光学仪器、仪表及要求无光的物件上
A04-81 各色氨基无光烘干磁漆	用氨基树脂、醇酸树脂与各色颜料、体质颜料研磨后,以有机溶剂调配而成	漆膜色彩柔和、平整无光、无刺目态,并有良好的物理性能。涂装仪器仪表、计算机、打字机、表牌等不反光的各种金属表面
H04-94 各色环氧酯无光烘干磁漆	用环氧树脂和植物油酸酯化后,加颜料、体质颜料研磨,加入氨基树脂及二甲苯、丁醇等混合溶剂配制而成	该漆漆膜坚硬、耐磨性好、附着力强,并有良好的耐水性,用于电机、电器、仪表等外壳的涂覆
L04-1 沥青磁漆	由植物油与天然沥青或石油沥青、松香改性酚醛树脂、催干剂、200号油漆溶剂油及芳烃溶剂调制而成	漆膜黑亮平滑,耐水性较好。用于涂覆汽车底盘、水箱及其他金属零件表面
T04-1 各色酯胶磁漆	由甘油松香酯与干性植物油熬炼成漆料,再与各种颜料、填料研磨后加入催干剂及200号油漆溶剂油调制而成	漆膜光亮鲜艳,但耐候性较差。用于室内一般金属、木质物件以及五金零件等表面作装饰保护之用
绝缘漆		
F30-13 酚醛烘干绝缘漆	用酚醛树脂与干性植物油熬炼加入催干剂及200号溶剂油制成	耐水性、防潮性能较好,力学强度较差。它是A级绝缘材料,适用于浸渍和喷涂要求耐水、防潮和绝缘性能的塑料及金属表面
L30-19、L30-20 沥青烘干绝缘漆	用天然沥青、石油沥青和干性植物油熬炼后,加入催干剂并溶于200号溶剂汽油而制成	防潮湿性能和耐温度性能较好。L30-19因加入适量的二聚氰胺甲醛树脂,其干燥后漆膜不发粘,能达到厚层干透性的要求。是A级绝缘材料,用于浸渍电机转子、定子线圈及不要求耐油的电器零部件
L31-3 沥青绝缘漆	用石油沥青(或天然沥青)和植物油熬炼,加入催干剂及有机溶剂而成	干燥快,常温即可干燥。耐变压器油性和硬度较差,它用来覆盖要求常温干燥的电机、电器绕组,作A级绝缘之用
C30-11 醇酸烘干绝缘漆	用植物油改性醇酸树脂,加入催干剂以二甲苯作为溶剂稀释制成	有较好的耐油性和耐电弧性。它是B级绝缘材料,用于浸渍电机设备、变压器的绕组,也可作为覆盖漆用
A30-11 氨基烘干绝缘漆	用油改性醇酸树脂和二聚氰胺甲醛树脂、二甲苯、丁醇调制而成	有较好的干透性、耐油性、耐电弧性及附着力。漆膜平整光泽。是B级绝缘材料,用于浸渍各种电机、电器绕组
Z30-11 聚酯烘干绝缘漆	用不饱和丙烯酸聚酯和蓖麻油改性聚酯混合后,补加催干剂、引发剂制成	为无溶剂漆,浸渍性高,干燥快,漆膜浸水或受潮后绝缘电阻变化小,是B级绝缘材料,用于浸渍电机线圈
H30-12 环氧酯烘干绝缘漆	用环氧树脂、植物油酸经过酯化后,加适当氨基树脂,用苯类溶剂及丁醇稀释制成	用优良的耐热性和附着力,耐油性和柔韧性也较好,耐强烈的化学气体。适合湿热带及化工防腐蚀电机电器的使用要求。是B级绝缘材料,用于浸渍电机、变压器及一般电机绕组和电信器材,也适用于金属层压制成品表面处理
H30-13 环氧聚酯酚醛烘干绝缘漆	用环氧树脂及改性酚醛树脂经酯化聚合后,加入二甲苯、丁醇、环己酮稀释而制成	漆膜坚韧,具有耐热、耐化学腐蚀、防潮、防霉和防盐雾性能。是B级绝缘材料,用于浸渍及覆盖电机、电器绕组等
H31-54 灰环氧酯烘干绝缘漆	用环氧树脂、植物油酸经过酯化后,以二甲苯、丁醇混合溶剂稀释,加入适量三聚氰胺树脂及防毒剂与颜料研磨后制成	除有防霉性能外,还具有较好的耐油、防潮及力学性能与很好的附着力,耐强烈的化学性气体。是B级绝缘材料,用于涂覆湿热带电机、电器、精密仪表绕组外层,亦可涂覆机器零件
Q32-31 粉红硝基绝缘漆	用硝化棉与醇酸树脂溶解于酯、酮、醇、苯等混合溶剂中,加入颜料而制成	较其他类型绝缘漆干得快,能室温干燥,漆膜坚硬有光。是A级绝缘材料,适用于涂覆电机设备的绝缘部件
W30-11 有机硅烘干绝缘漆	用聚甲基苯硅氧烷加二甲苯配制而成	是烘干型漆,漆膜具有较高的耐热性和较好的绝缘防潮性能。是H级绝缘材料,用于浸渍短期250~300℃工作的电机电器线圈。也可用来浸渍长期在180~200℃运转的电机电器线圈
W32-53 粉红有机硅烘干绝缘漆	用有机硅耐热清漆与无机颜料研磨后,以二甲苯、丁醇稀释而制成	有较高的耐热性和硬度,较好的耐油性、介电性和热带气候稳定性。适用于涂刷和修理长期在180℃或高温条件下运转的H级绝缘电机线圈端部,也可用于涂刷需在120~125℃下进行热处理的电机及电器零件
电阻漆		
C37-51 各色醇酸烘干电阻漆	由油改性季戊四醇醇酸树脂、适量氨基树脂、酚醛树脂和颜料研磨后,用二甲苯和松节油作溶剂稀释而成。产品分为灰、红、绿三种颜色	具有良好的绝缘性和防潮性,附着力和机械强度高,适于涂复非线电阻,也可喷涂于其他金属表面作防潮用



(续)

型号及名称	组成成分	特性及应用
W37-51 红有机硅 烘干电泳漆	是用油改性醇酸树脂、有机硅树脂及少量氨基树脂和颜料、体质颜料等研磨后,以二甲苯稀释而成	该漆附着力好,并具有良好的耐热、防潮及耐温变性。它主要用于涂复非绕线电阻以及其他金属零件表面
电泳漆		
F11-54 各色酚醛 油烘干电泳漆	是由于性植物油、顺丁烯二酸酐,丁醇醚化的酚醛树脂、颜料和蒸馏水等调制而成	烘干后漆膜平整光亮,具有良好的附着力和力学强度以及较好的漆液稳定性和一定的耐水性,适于以电泳施工方式涂覆于表面经磷化处理过的钢铁等金属表面
H11-51 各色环氧 酯烘干电泳漆	由环氧树脂与干性油脂脂肪酸酯化后,再与顺丁烯二酸酐加成反应,所得产物加入助溶剂,并用胺类中和而成的水溶性环氧酯,再用该树脂液与各色颜料研磨调制而成	具有不燃性,电泳施工、便于油漆施工机械化、自动化,漆膜具有良好的附着力、力学强度、防腐性、耐水性,适用于黑色金属表面作底漆,或非装饰性的内用表面作面漆
H11-52 各色环氧 酯烘干电泳漆	是由干性油脂脂肪酸和顺丁烯二酸酐改性的环氧酯,配以适量干性油脂脂肪酸和酚醛树脂改性的醇酸树脂,加入醇类助溶剂并用胺类中和成盐,再加入适量蒸馏水和颜料,经研磨而制成稠厚的漆液。使用时按施工要求,加入蒸馏水	烘干后的漆膜平整,具有良好的力学强度和较好的附着力,有一定的防锈性和耐水性,并且漆液稳定性也好;适用于以电泳施工方式,涂覆在预先经过磷化处理的黑色金属表面
防锈漆		
Y53-32 铁红油性 防锈漆	由干性植物油炼制后与氧化锌、氧化铁红和体质颜料、催干剂、200号油漆溶剂油或松节油调制而成	附着力较强,防锈性能较好,但次于红丹油性防锈漆,漆膜较软。主要用于室内外一般要求的钢铁结构表面作防锈打底之用
C53-31 红丹醇酸 防锈漆	是由醇酸树脂、红丹粉、体质颜料、催干剂与溶剂调制而成	防锈性能好,干燥快,附着力强。用于钢铁结构表面作防锈打底之用
F53-34 锌黄酚醛 防锈漆	由松香改性酚醛树脂、多元醇松香酯、干性植物油、锌黄、氧化锌、体质颜料、催干剂及油漆溶剂油等制成	具有良好的防锈性能。用于轻金属表面作为防锈打底之用
F53-31 红丹酚醛 防锈漆	由松香改性酚醛树脂、多元醇松香酯、干性植物油、红丹、体质颜料、催干剂、200号油漆溶剂油等调制而成	具有良好的防锈性能,适用于钢铁表面的涂覆,作防锈打底之用
F53-39 硼钡酚醛 防锈漆	由松香改性酚醛树脂、多元醇松香酯、干性植物油、防锈颜料偏硼酸钡和其他颜料、催干剂、200号溶剂油等调制而成的长油度防锈漆	在大气环境中具有良好的防锈性能。适用于桥梁、火车车辆、船壳、大型建筑钢铁构件以及其他钢铁器材表面,作为防锈打底之用
F53-41 各色硼钡 酚醛防锈漆	由松香改性酚醛树脂、聚合植物油、防锈颜料偏硼酸钡和其他颜料、催干剂、200号油漆溶剂油等调制而成的中短油度防锈漆	在大气环境中具有良好的防锈性能。主要用于火车车辆、工程机械、通用机床等钢铁器材表面,作防锈打底之用
F53-40 云铁酚醛 防锈漆	由酚醛漆料与云母氧化铁等防锈颜料研磨后,加入催干剂及混合溶剂等调制而成	防锈性好,干燥快、遮盖力及附着力强、无铅毒。用于桥梁、铁塔、车辆、船舶等户外钢铁结构上防锈打底
Y53-31 红丹油性 防锈漆	用干性植物油熬炼后,再与红丹粉、体质颜料研磨而成,并加入催干剂,用200号溶剂油或松节油作为溶剂	防锈性能好,但干燥较慢。主要用于涂刷大型钢铁结构表面,作为防锈打底之用
F53-33 铁红酚醛 防锈漆	用松香改性酚醛树脂、多元醇松香酯与干性植物油炼制后,再与氧化铁红和适当的防锈颜料、体质颜料研磨,加入催干剂,并以200号溶剂油或松节油作溶剂调配而成	附着力强,但漆膜较软。主要涂覆防锈要求不高的钢铁结构表面,作为打底用
F53-32 灰酚醛防 锈漆	用松香改性酚醛树脂、多元醇松香酯与干性植物油经炼制后,与氧化锌等颜料研磨,溶于200号溶剂油或松节油等有机溶剂中,并加入催干剂调制而成	该漆防锈性能好,适于涂刷钢铁表面
耐酸漆		
T50-32 各色酯胶 耐酸漆	是用多元醇松香酯与干性植物油炼制后,以200号溶剂油或松节油稀释,加入颜料、体质颜料研磨并加催干剂而成	用于一般化工中需要防止酸性气体腐蚀的金属和木质结构表面的涂覆,也可用于耐酸要求不高的工程结构物上,但不宜涂覆于长期浸渍在酸液内的物体上,也不宜涂覆于要求耐碱的物件上
L50-1 沥青耐酸 漆	是用干性植物油与石油沥青或天然沥青熬炼后,加入催干剂,并以200号溶剂油和二甲苯混合溶剂调配而成	该漆具有耐硫酸腐蚀的性能,并有良好的附着力。主要涂覆于需要防止硫酸侵蚀的金属表面
C50-31 白醇酸耐 酸漆	用醇酸树脂与钛白粉等耐酸颜料混合研磨,加入催干剂,以有机溶剂调配而成。有一定的耐酸性,但不宜于长期浸泡在硫酸溶液中	适用于在酸性气氛环境中的金属与木材表面的防护涂装之用
防腐漆		

(续)

型号及名称	组成成分	特性及应用
G52-31 各色过氯乙烯防腐漆	用过氯乙烯树脂、醇酸树脂、增韧剂及颜料研磨后,再以有机溶剂调配而成	优良的防腐性和防潮性,主要用于各种化工机械、管道、建筑等金属或木质表面上,防酸、碱及其他化学药品的侵蚀
X52-2 乙烯防腐漆	氯乙烯-醋酸乙烯-顺丁烯二酸单丁酯三元共聚树脂,用酮、苯类溶剂溶解,加入少量稳定剂和增韧剂调制而成	有良好的耐候性、耐酸碱、耐海水、耐化学腐蚀性,并耐石油烃和醇类溶剂。可用于大型化工机械设备,贮槽、化工仪器仪表、机电产品或其他金属构件作耐化学腐蚀涂装;可供钢铁桥梁、舰艇、船底、船壳及船上建筑物防腐涂装之用
耐热漆		
C61-51 铝粉醇酸烘干耐热漆(分装)	是醇酸清漆与铝粉分别包装的一种油漆,使用前按70%清漆与30%铝粉混合搅拌均匀,该漆中的醇酸清漆是用半干性油改性醇酸树脂溶于200号溶剂油或松节油与二甲苯的混合溶剂中,加入催干剂而成	对钢铁或铝制品表面有较强的附着力,漆膜受热后不易起泡,耐水性好。主要用于各种金属制品表面作耐热防腐涂层
W61-34 草绿有机硅耐热漆	是用有机硅树脂、乙基纤维、颜料(氧化铬绿等)及体质颜料研磨后,加有机溶剂稀释而成	该漆具有良好的耐热(耐400℃)、耐油、耐盐水性。用于涂覆各种耐高温又要求常温干燥的钢铁金属设备与零件
W61-55 铝粉有机硅耐热烘漆(分装)	是由清漆和铝粉组成,清漆是聚酯和有机硅树脂用甲苯稀释后制得的胶体溶液。清漆和铝粉分装,使用时清漆与铝粉以10:1混合均匀	该漆可以在150℃烘干,能耐500℃高温。它主要用于涂覆高温设备的钢铁零件,如发动机外壳、烟囱、排气管、烘箱、火炉、暖气管道等,作防腐蚀用
带锈涂料		
环氧酯稳定型带锈涂料 醇酸稳定型带锈涂料	带锈涂料是近年来发展的一种新型涂料,其特点是可以不经简单清理过的带锈钢铁表面上施工,以代替喷砂、酸洗、去锈等复杂而繁重的表面处理工艺;同时这种涂料又能起到底漆作用。对提高生产效率、节约施工费用、改善劳动条件、保障工人身体健康等都具有重要意义 环氧酯稳定型带锈涂料的防锈性能良好,醇酸稳定型带锈涂料的防锈性能比环氧酯型稍差。两种带锈涂料均可在带锈钢铁表面上使用 两种涂料的组成成分参见生产厂家的企业标准,生产厂家为:天津油漆总厂、武汉造漆总厂、无锡造漆厂、杭州油墨油漆厂等,有关施工方法及注意事项如下: 1) 涂料可以涂刷,亦可喷涂。施工时以涂两道、每道涂层(40~50)μm为宜 2) 涂前切莫忽视必要的去锈工序。凡被涂物件表面的松散锈层、松动老皮以及泥土灰尘、焊皮、水分等均须清除干净。如有油污,须用溶剂擦洗干净。使用本涂料时,带锈涂层厚度在60μm以下效果最好 3) 使用时须将本涂料充分搅匀,太稠时,环氧酯带锈涂料可用X7环氧漆稀料或X4氨基稀料对稀。醇酸带锈涂料可用二甲苯或X6醇酸漆稀料对稀 4) 本涂料应与下列各漆配套使用:漆膜干透后,可以醇酸漆、过氯乙烯漆、氨基漆、环氧漆或聚氨酯漆罩面 5) 本涂料存放和使用时必须保持通风、干燥、防止日光曝晒和雨淋,并须远离热源,严禁明火	

注:各种型号涂料技术质量指标参见相应产品的标准。

## 4 陶瓷

### 4.1 分类

陶瓷一般分为传统陶瓷和新型陶瓷两大类,传统陶瓷是以粘土、长石、石英等天然矿物为原料,经过粉碎、成型和烧结等工艺而制成,主要包括日用陶瓷、建筑陶瓷、卫生陶瓷、高(低)压电瓷、耐酸陶瓷、过滤陶瓷等;新型陶瓷(或称为先进陶瓷)是以精制的人工合成无机化合物为原料,经过特定的制备工艺烧结制成。新型陶瓷可分为结构陶瓷、功能陶瓷和生物陶瓷等。

陶瓷具有高硬度、高抗压强度、高耐磨性、耐高温、优良的抗氧化性能和耐腐蚀性能,功能陶瓷还具有许多独特的技术性能。因此,陶瓷材料在化工、冶金、机械、电子、能源及宇航技术中应用较多,由于陶瓷质脆、不适于承受冲击负荷,耐热震性能差,曾影响陶瓷在工程中的进一步应用和发展。因此,改善陶瓷材料的脆性一直成为陶瓷材料科研领域的重要课题。

### 4.2 耐酸陶瓷

4.2.1 耐酸陶瓷种类、性能及应用(见表 3.3-104~表 3.3-107)

表 3.3-104 耐酸陶瓷种类、品名及应用

种类	主要制品名称	应用举例	最高使用温度
耐酸陶 耐酸耐温陶	砖、板	砌制耐酸池、电解电镀槽、造纸蒸煮锅、防酸地面、防酸台面和防酸墙壁等	耐酸陶： 90℃，耐酸耐碱，耐酸耐温陶：150℃，耐酸耐碱，耐温度急变
	管	用于输送腐蚀性流体和含有固体颗粒的腐蚀性材料	
	塔、塔填料	用于对腐蚀性气体进行干燥、净化、吸收、冷却、反应和回收废气	
	容器	用于酸洗槽、电解电镀槽、计量槽	
	过滤器	用于两相分离或两相结合、渗透、渗析、离子交换	
硬质瓷	阀、旋塞	用于腐蚀性流体的流量调节	150℃，耐酸，耐碱
	泵、风机	用于输送腐蚀性流体	
莫来石瓷	阀、旋塞、泵、风机	性能比硬质瓷较好，用途与硬质瓷相同	150℃，耐酸耐碱，耐温度急变，负荷较大
75%氧化铝瓷 (质量分数)(含铬)		性能比硬质瓷较好，用途与硬质瓷相同	
97%氧化铝瓷 (质量分数)		性能明显优于硬质瓷，用途与硬质瓷相同	
氟化钙瓷		力学性能优于硬质瓷，耐腐蚀性高于纯氧化铝瓷20倍以上，制作耐氢氟酸的零件	

表 3.3-105 耐酸陶瓷的物理力学性能

种类	耐酸陶	耐酸耐温陶	硬质瓷	莫来石瓷	75%氧化铝瓷(含铬) (质量分数)	97%氧化铝瓷 (质量分数)	氟化钙瓷
性能项目							
体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	2.2~2.3	2.1~2.2	2.3~2.4	2.79~2.88	3.05~3.21	3.74	3.04
气孔率(%)<	5	12	3	—	1	—	—
吸水率(%)<	3	6	0.5	0.2	0.5	0.1	0
抗弯强度/MPa	39.2~58.8	29.4~49.0	63.7~83.4	128~147	147~177	206~226	34.3
抗拉强度/MPa	7.85~11.8	6.87~7.85	19.6~35.3	58.8~78.5	—	118~137	—
抗压强度/MPa	78.5~118	118~137	451~647	687~883	824~932	1471~1569	—
冲击韧度/J·cm <sup>-2</sup>	0.098~0.147	—	0.147~0.294	0.245~0.343	—	0.687~0.785	—
弹性模量/MPa×10 <sup>6</sup>	441~588	108~137	—	0.128~0.142	0.197	0.286~0.288	—
硬度(HRA)	—	—	7(莫氏)	75~80	72~74	85~86	3.5~4(莫氏)
热导率/W·(m·C) <sup>-1</sup>	0.92~1.05	—	1.05~1.298	—	2.72~2.89	—	4.19~8.37
线胀系数/×10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	4.5~6	—	3~6	3.18~3.68	7.4	—	24.3
耐热震性次>(200℃急降到20℃水中)	2	2 <sup>①</sup>	2	10	—	10	—

① 由450℃急降至20℃水中的耐热震性次数。

表 3.3-106 耐酸陶、耐酸耐温陶及硬质瓷的耐腐蚀性能

介质	(质量分数)(%)	温度/°C	耐腐蚀性评价	介质	(质量分数)(%)	温度/°C	耐腐蚀性评价
硫酸	18~20	30~70	良	氢氧化钾	浓溶液	沸腾	良
硝酸	任何	<沸腾	良	氢氧化钠	20	60~70	可
盐酸	浓溶液	100	良	氨	任何	沸腾	良
磷酸	稀溶液	20	可	碳酸钠	稀溶液	20	可
氢氟酸	40	沸腾	差	氟	任何	<沸腾	良
氟硅酸	—	高温	差	丙酮	<100	沸腾	良
草酸	任何	<沸腾	良	苯	任何	沸腾	良

表 3.3-107 莫来石瓷、氧化铝瓷的耐腐蚀性能

介 质	质量分数(%)	温度/℃	莫来石瓷		97%氧化铝瓷	
			失重(%)	腐蚀深度/mm·a <sup>-1</sup>	失重(%)	腐蚀深度/mm·a <sup>-1</sup>
硫酸	40	沸腾	0.05	0.04	0.13	0.09
	95~98	沸腾	0.16	0.12	0.01	0.01
硝酸	65~68	沸腾	0.03	0.03	0.01	0.01
盐酸	10	沸腾	0.04	0.04	0.02	0.01
	36~38	沸腾	0.05	0.04	0.02	0.01
氢氟酸	40		不耐		0.17	0.34
醋酸	99	沸腾	0.01	0.00	0.01	0.00
氢氧化钠	20	沸腾	0.21	0.16	0.02	0.01
	50	沸腾	2.03	0.63	0.07	0.05
氨	25~28	常温	0.01	0.00	0.01	0.00

注：75%氧化铝瓷(质量分数)(含铬)对95%~98%沸腾硫酸(质量分数)的失重为1%，对50%沸腾氢氧化钠的失重为0.8%。

4.2.2 耐酸砖(见表 3.3-108~表 3.3-110)

表 3.3-108 耐酸砖尺寸规格(摘自 GB/T 8488-2001)

(mm)

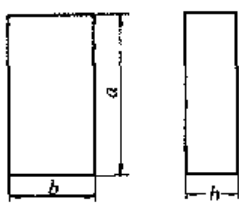
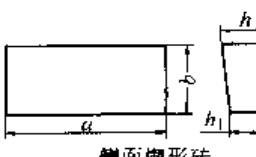
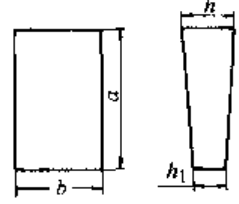
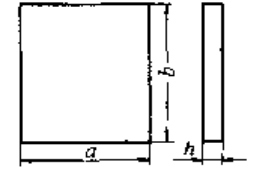
砖的形状及名称	规 格				砖的形状及名称	规 格					
	长(a)	宽(b)	厚(h)	厚(h <sub>1</sub> )		长(a)	宽(b)	厚(h)	厚(h <sub>1</sub> )		
 标形砖	230	113	65	—	 侧面楔形砖	230	113	65	55		
40			—	65				45			
30			—	55				45			
			—	65				35			
 端面楔形砖	230	113	65	55	 平板形砖	150	150	15~30	—		
			65	45				150	75	15~30	—
			55	45				100	100	10~20	—
			65	35				100	50	10~20	—
									125	125	15

表 3.3-109 耐酸砖的尺寸偏差及变形(摘自 GB/T 8488-2001)

(mm)

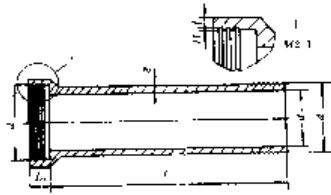
项 目	允许偏差	
	优等品	合格品
尺寸偏差	尺寸≤30 尺寸>30~150 尺寸>150~230	+1 ±2 ±3
	尺寸>230	供需双方协商
变形:翘曲 大小头	尺寸≤150 尺寸>150~230	≤2 ≤2.5
	尺寸>230	供需双方协商

表 3.3-110 耐酸砖物理化学性能(摘自 GB/T 8488-2001)

项 目	性能指标分级及要求				项 目	性能指标分级及要求			
	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4		Z-1	Z-2	Z-3	Z-4
吸水率(A)(%)	0.2≤A <0.5	0.5≤A <2.0	2.0≤A <4.0	4.0≤A <5.0	耐急冷急热 性	温差 100℃	温差 100℃	温差 130℃	温差 150℃
弯曲强度/MPa	≥58.8	≥39.2	≥29.4	≥19.6		试验一次后,试样不得有裂纹、剥落等破损现象			
耐酸度(%)	≥99.8	≥99.8	≥99.8	≥99.7					

4.2.3 化工陶瓷管(见表 3.3-111~表 3.3-119)

表 3.3-111 化工陶管(直管)的尺寸规格(摘自 JC 705-1998)



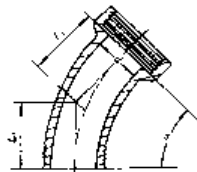
标记示例:

直管  $D_g 100 \times 1000$

表示公称直径为 100mm, 长为 1000mm 的直管

(mm)							
公称直径 $D_g$	内 径 $d$	有效长度 $L$	管身壁厚 $\delta$	承口壁厚 $t$	承口深度 $L_1$	承插口间隙 $\frac{d_2-d_1}{2}$	承口倾斜 $H$
50	50	300, 500	14	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\approx 4$
75	75		17	$\geq 13$	$\geq 50$		
100	100	500, 600, 700, 800, 1000	18	$\geq 16$	$\geq 55$	$\geq 12$	$\approx 5$
150	150		20		$\geq 60$		
200	200		22	$\geq 20$	$\geq 70$	$\geq 15$	$\approx 6$
250	250		24		$\geq 75$		
300	300		30	$\geq 28$	$\geq 20$	$\geq 20$	$\approx 7$
400	400		35		$\geq 80$		
500	500	40	$\geq 32$	$\geq 25$			
600	600						

表 3.3-112 化工陶管(弯管)尺寸规格(摘自 JC 705-1998)



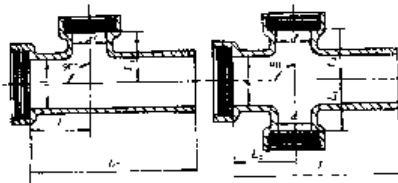
标记示例:

弯管  $D_g 100 \times 90^\circ$

表示公称直径为 100mm 的弯管

		(mm)							
公称直径 $D_g$	内径 $d$	$\alpha=30^\circ$		$\alpha=45^\circ$		$\alpha=60^\circ$		$\alpha=90^\circ$	
		$L_1$	$L_2$	$L_1$	$L_2$	$L_1$	$L_2$	$L_1$	$L_2$
50	50	120	140	150	150	150	150	150	150
75	75	130	150		220	200	200	220	220
100	100	140	160	200	260	300	300	330	330
150	150								
200	200	150	180	220	280	330	330	350	350
250	250	160	200	240	300	350	350	380	380
300	300	180	220	300					
300	300	200	250	300	400	350	350	400	400
400	400								

表 3.3-113 化工陶管(90°三通管及四通管)的尺寸规格(摘自 JC 705-1998)



标记示例:

三通管  $D_g 100 \times 50 \times 90^\circ$

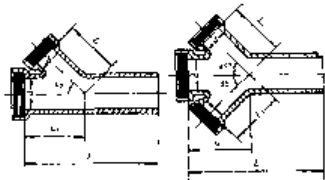
表示主管内径为 100mm, 支管内径为 50mm 的 90°三通管

(mm)

(续)

公称直径 $D_g$	主管内径 $d$	支管内径 $d'$	主管有效 长度 $L$	$L_1$	$L_2$	公称直径 $D_g$	主管内径 $d$	支管内径 $d'$	主管有效 长度 $L$	$L_1$	$L_2$	
50×50	50	50	500	75	250	250×75	250	75	600	170	300	
75×50	75	75		85		250×100		100				
75×75		75		90		250×150		150				
100×50	100	50	600	100	300	250×200	300	200	800	220	300	
100×75		75		105		250×250		250				
100×100	150	100	600	110	300	300×75	300	75	800	230	300	
150×50		50		120		300×100		100				
150×75		75		130		300×150		150				
150×100	200	100	600	170	300	300×200	400	200	800	240	300	
150×150		150				180		300×300				300
200×50	200	50	600	180	300	400×75	400	75	800	250	300	
200×75		75				260		400×100				100
200×100		100				270		400×200				200
200×150		150				280		400×300				300
200×200		200				290		400×400				400

表 3.3-114 化工陶管(45°三通管及四通管)尺寸规格(摘自 JC 705—1998)



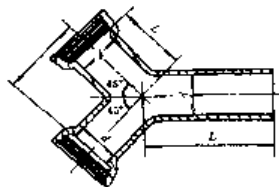
标记示例:

四通管  $D_g100 \times 50 \times 45^\circ$  表示主管内径为 100mm, 支管内径为 50mm 的 45°四通管

(mm)

公称直径 $D_g$	主管内径 $d$	支管内径 $d'$	主管有效 长度 $L$	$L_1$	$L_2$	公称直径 $D_g$	主管内径 $d$	支管内径 $d'$	主管有效 长度 $L$	$L_1$	$L_2$		
50×50	50	50	500	150	180	250×75	250	75	800	280	290		
75×50	75	75		165	190	250×100		100		300	310		
75×75		75		180	210	250×150		150		320	340		
100×50	100	50	500	200	230	250×200	300	200	800	340	375		
100×75		75				250×250		250		410	440		
100×100	150	100	600	220	250	300×75	400	75	800	360	370		
150×50		50				220		250		300×100	100	390	410
150×75		75				235		270		300×150	150	410	430
150×100	200	100	600	250	290	300×200	400	200	800	480	500		
150×150		150				280		320		300×300	300	520	570
200×50	200	50	600	280	290	400×75	400	75	800	420	420		
200×75		75				300		310		400×100	100	450	450
200×100		100				320		340		400×200	200	480	480
200×150		150				340		375		400×300	300	530	550
200×200		200				410		440		400×400	400	580	620

表 3.3-115 化工陶管 Y 型三通管尺寸规格(摘自 JC 705—1998)



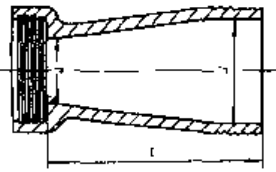
标记示例:

Y 型三通管  $D_g100$   
表示公称直径为 100mm 的 Y 型三通管

(mm)

公称直径 $D_g$	主管内径 $d$	主管有效长度 $L$	支管有效长度 $L_1$
50	50	300	110
75	75		140
100	100		160
150	150		230
200	200		380

表 3.3-116 化工陶管(异径管)尺寸规格(摘自 JC 705—1998)



标记示例:

异径管  $D_g 100 \times 50$ 

表示公称直径 100~50mm 的异径管

(mm)							
公称直径 $D_g$	内径 $d$	内径 $d'$	有效长度 $L$	公称直径 $D_g$	内径 $d$	内径 $d'$	有效长度 $L$
100×50	100	50	300	200×150	200	150	300
100×75		75		250×150	250	150	
150×75		75		250×200		200	
150×100	150	100		300×200	300	200	
200×100		100		300×250		250	

注:异径管应生产正向、反向两种。

表 3.3-117 化工陶管允许外观缺陷(摘自 JC705—1998)

(mm)

缺陷名称	允许范围	
	一级品	二级品
管身裂纹	内壁:不允许 外壁:宽 $\leq 1$ ,每处长 $\leq 20$ ,累计长 $\leq 40$	内壁:不允许 外壁:宽 $\leq 1$ ,每处长 $\leq 35$ ,累计长 $\leq 80$
承口裂纹	内壁:宽 $\leq 0.5$ ,长 $\leq 25$ ,允许3条 外壁:横纹宽 $\leq 1$ ,累计长 $\leq 60$ ;竖纹宽 $\leq 1$ ,长 $\leq 25$ 不连及管身,允许1条	内壁:宽 $\leq 1$ ,长 $\leq 25$ ,允许3条 外壁:横纹宽 $\leq 1$ ,累计长 $\leq \frac{1}{4}$ 周长;竖纹宽 $\leq 1$ ,长 $\leq 30$ 不连及管身,允许1条
承口底部裂纹	横纹宽 $\leq 1$ ,长 $\leq \frac{1}{5}$ 周长; 竖纹宽 $\leq 0.5$ ,不连及管身累计长 $\leq 20$	横纹宽 $\leq 1$ ,长 $\leq \frac{1}{4}$ 周长; 竖纹宽 $\leq 1$ ,不连及管身累计长 $\leq 20$
插口外壁裂纹	宽 $\leq 1$ ,累计长 $\leq 25$	宽 $\leq 1$ ,累计长 $\leq 50$
粘疤	内壁:不允许 外壁:深(或高) $\leq 3$ ,面积 $\leq 25 \times 25$ ,允许1处	内壁:不允许 外壁:深(或高) $\leq 3$ ,面积 $\leq 30 \times 30$ ,允许1处
缺釉	内壁:不允许 外壁:总面积 $\leq 40 \times 40$	内壁:不允许 外壁:总面积 $\leq 50 \times 50$
熔疤	内壁:不允许 外壁:面积 $\leq 10 \times 10$ ,深 $\leq$ 壁厚的 $\frac{1}{5}$ ,允许1处	内壁:面积 $\leq 5 \times 5$ ,深 $\leq$ 壁厚的 $\frac{1}{5}$ ,允许1处 外壁:面积 $\leq 10 \times 10$ ,深 $\leq$ 壁厚的 $\frac{1}{4}$ ,允许1处
鼓泡	直径 $\leq 12$	直径 $\leq 15$
砂眼	直径 $\leq 4$ ,深 $\leq 2$ ,允许5处	直径 $\leq 5$ ,深 $\leq 3$ ,允许5处
磕碰	长 $\leq 30$ ,深 $\leq$ 壁厚的 $\frac{1}{3}$ ,允许1处	长 $\leq 30$ ,深 $\leq$ 壁厚的 $\frac{1}{3}$ ,允许2处

注:1.除陶管及配件的承插口连接部位及承口底部,插口端面不施釉外,其余部分均应施釉。施用盐釉的制品不受此限。

2.用重量不大于100g的金属锤轻轻敲击陶管及配件中部应发出清音。

表 3.3-118 化工陶管尺寸允许偏差(摘自 JC705—1998)

公称直径 /mm	允许偏差/mm					
	内径	壁厚	长度	弯度	端面斜度	承插口椭圆度
50	±2	±2	公称长度的±2%	公称长度的1%	3	5
75	±3	±2			3	6
100	±4	±2			4	7
150	±6	±2			4	8
200	±8	±2			5	9
250	±10	±3			5	10
300	±10	±3			7	12
400	±10	±3			7	14
500	±12	±4			10	16
600	±14	±4			10	18

注:各种配件的允许偏差尺寸与相应公称直径的陶管相同,弯管、三通管及四通管的角度偏差应不大于±5°。

表 3.3-119 化工陶管及配件的物理力学性能(摘自 JC507--1998)

指 标 项 目		指 标 值	
		陶 管	配 件
抗外压强度 /kN·m <sup>-1</sup>	公称直径/mm	50	17.7
		75	17.7
		100	19.6
		150	19.6
		200	21.6
		250	23.5
		300	26.5
		400	29.4
	500,600	协议	
抗弯强度/MPa	公称直径/mm	100	7.85
		150	9.81
吸水率(%) ≤			8
耐酸度(%) ≥			98
0.275MPa 水压并保持 5min			不得有渗漏现象

### 4.3 过滤陶瓷

#### 4.3.1 过滤陶瓷种类、特性及应用(见表 3.3-120)

表 3.3-120 过滤陶瓷种类、特性及应用

种 类	适用条件	特 性	应用举例
石英质过滤陶瓷	适于酸性、中性气体和液体过滤,无温度急变状况	过滤陶瓷是一种用于过滤和透气的多孔陶瓷,含有大量一定孔径的开口气孔,其开气孔率通常为 30%~40%,需要时可高达 60%~70%;气孔半径一般在 0.2~200um 范围内。过滤陶瓷还具有耐蚀、耐高温、高强度、寿命长、易清洗等特点。可制作的产品有厚度 0.1mm 以下的薄膜、圆板(φ700mm)、大管(φ150mm×φ250mm×1000mm)和薄壁长管(φ10mm×2mm×1000mm)等,产品采用石英砂、河砂、矾土熟料、碳化硅或刚玉砂等原料为骨架,添加结合剂和增孔剂,经成型、烧结而成	用于农药生产中氯化氢气体分布、液态氧和干冰分离、污水处理、高压气体过滤、味精发酵液电渗析预滤等
刚玉质过滤陶瓷	适于冷热酸性、中性、碱性气体和液体过滤,有温度急变状况		用于双氧水电解隔膜、电解电镀槽液过滤、高温烟气过滤、热碱液过滤、气动仪表执行机构液体过滤等
硅藻土质过滤陶瓷	适于酸性、中性气体和液体过滤,无温度急变状况		用于尘埃分离、细菌过滤、酸性电解质过滤等
矾土质过滤陶瓷	适于酸性、中性、弱碱性气体和液体过滤,有温度急变状况		用于汽油和柴油过滤、汽车废气处理等
氧化铝质过滤陶瓷	适于冷热酸性、中性碱性气体和液体过滤,有温度急变状况		用于银锌电池隔膜、油水分离、压缩空气油雾分离、土壤张力计测头等
碳化硅质过滤陶瓷			用于制酸中 SO <sub>2</sub> 热气体过滤、潜水泵呼吸器、气体分析过滤器、熔融铝过滤等
素烧陶土质过滤陶瓷	适于无腐蚀性气体和液体过滤,无温度急变状况		用于饮用水过滤、药物生产过滤等

#### 4.3.2 过滤陶瓷性能(见表 3.3-121)

表 3.3-121 过滤陶瓷的性能

性能项目	石英质 过滤陶瓷	刚玉质 过滤陶瓷	硅藻土质 过滤陶瓷	矾土质 过滤陶瓷	氧化铝质 过滤陶瓷	碳化硅质 过滤陶瓷	素烧陶土质 过滤陶瓷
孔半径/μm	1.4~190	0.22~200	0.5~8	25~55	0.2~0.8	40~100	1.1~8
气孔率(%)	30~50	30~50	40~65		25~55	32~37	最高达 70
透气度/(m <sup>3</sup> ·cm)· [m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> ·(10Pa) <sup>-1</sup> ]	0.08~40	0.0001~58	0.001~0.33	7~10	0.022~0.36	2.3~20	—
体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.5~1.8	1.7~2.4	—	—	—	1.9~2.1	0.70~0.85
抗弯强度/MPa	4.9~14.70	19.6~43.2	4.9~30.9	—	39.2~118	—	1.96~4.9
抗压强度/MPa	17.7~39.2	39.2~88.3	—	—	—	39.2~58.8	6.87~12.75
酸蚀失重(%)	<2	<1	—	—	2	—	—
碱蚀失重(%)	—	<5	—	—	—	—	—
允许使用温度/°C	300 以下	1000, 短时 1400	300 以下	900	1000	900	300
耐热震性 <sup>①</sup>	差	好	差	好	好	好	—

① 差——指 700 °C→室温水 中急冷 1~2 次即裂。  
好——指 700 °C→室温水 中急冷 80 次才破裂。



## 4.3.3 刚玉质过滤陶瓷产品(见表 3.3-122)

表 3.3-122 刚玉质过滤陶瓷产品规格及质量指标

	规格/mm			主要质量指标	
	内径	外径	长度	指标项目	指标值
过滤管	85	120	400~1000	耐酸度(%)	≥99
	50	80	400	吸水率(%)	18~25
过滤板	直径		厚度	气孔率(%)	35~45
	1000		10~30	堆密度/kg·cm <sup>-3</sup>	0.215~0.235
	600		20	抗压强度/MPa	49~88.3
	500		20	管耐内水压/MPa	≥1.37

注:刚玉质微孔过滤制品的孔径如下:

孔径/ $\mu\text{m}$	<10	10~25	25~50	>50
含量(%)	25~40	20~30	18~25	14~30

注:本表摘自陕西省工业陶瓷厂产品标准。

## 4.4 结构陶瓷

## 4.4.1 常用结构陶瓷种类、特性及应用(见表 3.3-123)

表 3.3-123 常用结构陶瓷种类、特性及应用

种类	性能特点	应用
氧化铝陶瓷	具有耐高温、高强度、耐磨、耐腐蚀性能,有良好的抗氧化性、电绝缘性、真空气密性及透微波特性。一般随 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量的增加,其耐高温、力学性能、耐腐蚀性能均相应提高。氧化铝陶瓷硬度很高(低于金刚石、碳化硼、立方氮化硼、碳化硅,居第五位)。耐酸碱和其他腐蚀介质,高温下抗氧化性好,脆性大,不能承受冲击负荷,抗热震性差。微晶刚玉瓷和氧化铝金属瓷是新型氧化铝瓷,其性能比氧化铝瓷有明显提高。在下列情况下适用的最高温度为:空气—1980℃,真空—1800℃,还原气氛—1925℃。	制作高温器皿,电绝缘,电真空器件,磨料,高速切削工具,如熔融金属液坩埚、高温容器、测温热电偶的绝缘套管、内燃机火花塞、电子管外壳、电子管内的绝缘零件、微波功率输出窗口等。微晶刚玉瓷和氧化铝金属瓷可用做金属切削工具、耐磨性能高的零件,如金属拉丝模、石油化工用泵及农用泵的密封环、纺织机高速导纱等。
氧化锆陶瓷	密度大,硬度较高,抗弯强度和断裂韧性在各种陶瓷中为最高,酸性,在氧化气氛中,加入 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 稳定剂,在 2400℃ 是稳定的,是一种具有优良综合性能的结构陶瓷。	用于制作耐磨、耐蚀零部件,如化工用泥浆泵密封件、叶片及泵体、矿业用轴承、拉管模和拉丝模模具、刀具、喷嘴、隔热件、火箭和喷气发动机的耐磨耐腐蚀件、原子反应堆的高温结构材料。在绝热内燃机中,相变增韧氧化锆瓷用于制作轴承、进排气阀座、活塞顶、汽缸内衬、气门导管、挺杆、凸轮、活塞环等。喷涂于高温合金涡轮叶片,可提高工作温度 50~20℃,完全稳定氧化锆用于制作绝热件,如绝热纤维及毛毡等。
氧化镁陶瓷	碱性,抗热冲击性差,质脆,在高温时易被还原,在氧化气氛中使用温度应低于 2300℃,对碱性金属熔渣有较好的抗浸蚀能力,在空气中,氧化镁瓷极易水化而生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,在潮湿空气中水化加剧,高温下具有良好的电绝缘性能。	适用于高温电绝缘材料;利用抗碱性好的特性,用于熔炼贵金属、放射性金属铀、钍及其合金内坩埚、浇注铁及其合金的真空熔融用坩埚以及高温热电偶保护管,高温炉的炉衬等。
氧化铍陶瓷	导热性良好,高温绝缘性好,高温蒸汽压和蒸发速度较低,在真空或惰性气体中长期使用温度可达 1800℃,在氧化气氛中 1800℃ 时有明显的蒸发,当有水蒸气存在时,1500℃ 就挥发很快。还有良好的防核性能及耐碱性高。但机械强度较低,高温时机械强度降低较慢,1000℃ 时为 248.5MPa。	适用于作散热器,高温绝缘材料,冶炼稀有金属高纯金属铍、钨、钼的坩埚,原子反应堆中的中子减速剂和防辐射材料。
莫来石陶瓷	具有良好的抗蠕变性、低热导率,高温强度高,高纯莫来石瓷硬度差,不宜用于高温结构材料,但氧化锆增韧莫来石(ZTM),或引入 $\text{SiC}$ 颗粒,晶须构成复相陶瓷,其强度和韧性明显提高,是一种近年来新发展的耐高温结构陶瓷。	高纯莫来石正被开发用于夹具或辊道窑中辊棒材料以及高温(>1000℃)氧化气氛中长的喷嘴、炉管或热电偶保护管,ZTM 具有高的强度和韧性,用做刀具材料、绝缘发动机的零部件、电绝缘管、高温炉衬、高压开关、碳膜电阻的基体等。
二氧化硅陶瓷(石英)陶瓷	二氧化硅陶瓷包括沸石、水晶、二氧化硅玻璃、光通讯玻璃纤维等品种。二氧化硅玻璃具有优异的化学稳定性,线胀系数极小,热震性优良,透明性很好,紫外线和红外线的透过率高,电绝缘性好,使用温度较高。水晶的纯度高,化学稳定性好,几乎不溶于除氢氟酸以外的其他酸,压电性和光学性能优良。	二氧化硅玻璃在许多工业部门中获得应用,熔融石英用于制作器具匣钵材料。水晶用于光学材料和装饰材料,制作振荡电路的振荡元件,在电视机、计算机、录像机中也广泛应用。

(续)

种类	性能特点	应用
氮化铝陶瓷 (AlN)	氮化铝是难烧结的物质,具有高导热性、电绝缘性。其理论密度为 $3.261\text{g/cm}^3$ ,实际制品的密度与烧结添加剂种类和数量有关	用于换向组件基板,如在各种工作机械、机器人遥控机械中使用的大功率、大电流换向组件,超高频功率增幅器基板,点火器基板,大规格集成电路包封用材料及绝缘热板材料;用于耐热材料,制作坩埚、保护管及烧结用的器具,高温热机中耐蚀部件,非氧化气氛下的耐火材料骨料,还可用做氮化硅、碳化硅烧结用添加物,红外与雷达透过材料,以及 AlN-BN 系统可机加工陶瓷等
氮化硅陶瓷	具有良好的耐磨性及自润滑性,高硬度、耐腐蚀、耐高温,抗热震性和耐热疲劳性能均优良,耐各种无机酸(甚至沸腾的盐酸、硝酸、硫酸、磷酸、上水,但不包括氢氟酸),30%的烧碱液及其他碱液的腐蚀,能抗熔融铝、铅、锌、金银、黄铜、镍等金属溶体的侵蚀,有良好的电绝缘性和耐辐照性能。不同工艺制备的氮化硅瓷性能不同	反应烧结氮化硅适于制作形状复杂、尺寸精确的零件,如农用潜水泵、船用泵、盐酸泵、氟气压缩泵中的端面密封环、炼铝测温用的热电偶套管、铁锌熔体的流量计零件、化工用球阀的阀芯、炼油厂提升装置中的滑阀;热压烧结氮化硅性能优于反应烧结氮化硅,但只能制造形状简单的制品,如转子发动机中的刮片,高温轴承、金属切削刀具等
赛隆陶瓷 (sialon)	sialon 瓷属于氮化硅固溶体,一般分为 $\beta$ -sialon、 $\alpha$ -sialon、 $\alpha'$ -sialon 和 sialon 多型体四种类型,前三种可依次简称为 $\beta'$ 、 $\alpha'$ 和 $\alpha''$ 。 $\beta'$ 是 $\beta$ -Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 形成的固溶体,具有较高的强度,添加氧化钇的无压烧结 $\beta$ -sialon(牌号为 SYALON),室温强度为 1000MPa,1300℃ 高温时强度仍保持 700MPa。 $\alpha'$ 的特点是硬度较高,抗热震性较好,抗氧化性和 $\beta'$ 相当, $\alpha''$ 的抗氧化性能优良,Sialon 多型体具有优良的韧性和高强度, $\beta'+\alpha'$ 、 $\beta'+\alpha''$ 、 $\alpha'+\beta'$ 等复相陶瓷的性能可满足不同的要求	应用于金属材料的切削刀具,多用于铸铁和镍基合金的机加工。用于冷态或热态金属挤压模的内衬;可用制作汽车零部件,如针形阀、挺柱的填片;制作车辆底盘上的定位销,日操作 $5 \times 10^6$ 次,使用一年基本不磨损;可与许多金属材料配对,组成摩擦副
氮化硼陶瓷	导热性良好,高压下合成的立方晶系具有与金刚石相同的硬度,具有较好的耐高温性能和绝缘性,性能稳定,加工性好	用于高温润滑剂,高温电绝缘材料,雷达的传递窗,核反应堆的结构材料,高温金属冶炼坩埚、耐热材料,用做散热片和导热材料,在中性或还原气氛中的使用温度可达 2800℃;制作发动机部件、钢坯连铸结晶器的分离环等
碳化硅陶瓷	强度高,硬度高,导电性能优良,热稳定性和抗氧化性能均优,具有很好的高温强度,热传导性良好,耐磨,耐蚀,抗蠕变性能好,适用最高温度:空气中,1400~1500℃,短时 1600℃;不活泼气中,2300℃;NH <sub>3</sub> 中,小于 1400℃	制作高温强度高的零件(火箭尾喷嘴,浇注金属用喷嘴、热电站套管炉管等);热传导能力高的零件(高温下的热交换器零件,核燃料的包封材料等);耐磨耐蚀良好的零件(各种泵的密封圈、陶瓷轴承)、金属材料切削工具等,是国内应用较多的基本密封材料
碳化钛陶瓷	强度和硬度高,导热性较好,熔点高,抗热震性好,化学稳定性好,不水解,高温抗氧化性能仅低于碳化硅,常温下不与酸起反应,但在硝酸和氢氟酸的混合酸中能溶解,在 1000℃ 的氢气中能形成氮化物,在氧化气氛中的使用温度可达 1400℃	是硬质合金的重要原料,用于制作耐磨材料、切削刀具材料、机械零件等,还可制作熔炼锡、铅、镉、锌等金属的坩埚,透明碳化钛瓷是优良的光学材料。用做涡轮机叶片材料可在 1400℃ 高温下使用
碳化硼陶瓷	高硬度、高强度,硬度仅低于金刚石,研磨效率可达到金刚石的 60%~70%,大于 SiC 的 50%,是刚玉研磨能力的 1~2 倍,耐酸耐碱性能高,线胀系数小,能吸收热中子,但抗击性能差。高温强度大,在 1000℃ 高温时急剧氧化	用于制作磨料、切削刀具、耐磨零件、喷嘴、轴承、车轴等;还用于制造高温热交换器、核反应堆的控制剂、化学器皿以及熔融金属的坩埚等
碳化锆陶瓷	熔点高,硬度高,易氧化	用于金属陶瓷材料
碳化钙陶瓷	硬度高,强度高,易氧化,熔点高,不适于作高温材料	主要用于作刀具材料
硼化物陶瓷	硼化物陶瓷的熔点高,难挥发,硬度高,导电性及导热性均优良,线胀系数大,但高温抗蚀性、抗氧化性较差,但硼化钛和硼化锆在这方面的性能较好。硼化物在真空中稳定,在高温下也不易与碳、氮发生反应,Mg、Cu、Zn、Al、Fe 等的熔体对 TiB <sub>2</sub> 、ZrB <sub>2</sub> 、CrB <sub>2</sub> 等是不润湿的。Cr-B 系陶瓷材料对强酸有良好的耐蚀性	利用硼化物陶瓷硬度高、熔点高的性质,用于制作高温轴承、耐磨材料及工具材料。利用 TiB <sub>2</sub> 和 CrB <sub>2</sub> 等的高温抗蚀性、抗氧化性优良的特性,用于制作熔融非铁系金属的器具,内燃机喷嘴、高温器件及电触点材料。利用在真空中的高温稳定性,制作高温真空器件的材料。电子放射系数大的硼化物瓷用于制作高温电极材料。硼化铝瓷是硼化物陶瓷中常用的品种,多用于制作高温热电偶保护套管、发热元件、冶炼金属的坩埚和铸模,在 1250℃ 长时抗氧化,用于制作高温电极
硅化物陶瓷	常用的硅化物陶瓷有二硅化钼(MoSi <sub>2</sub> )和硅化硼(B <sub>4</sub> Si)瓷。二硅化钼瓷熔点高、较高的导热系数,高温抗氧化性能优良(温度在 1700℃ 以下),熔于硝酸与氢氟酸的混合液中及熔融的碱中。硅化硼的硬度高,抗氧化性良好	MoSi <sub>2</sub> 用于制作高温发热元件及高温热电偶,冶炼金属钠、锂、铅、铋、锡的坩埚,原子反应堆装置的热交换器,超高速飞机、火箭、导弹上的某些高温抗氧化零部件。B <sub>4</sub> Si 用于原子反应堆的减速材料及石墨涂层等
透明氧化铝陶瓷	透明氧化铝瓷的主要成分为 $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,具有高致密度,小而且均匀的晶相,表面光洁,对可见光和红外光有良好的透过性,并且耐热性好,高温强度大,耐腐蚀性好,比体积电阻大,光学性能和力学性能均优良	透明氧化铝陶瓷用于制作红外检测窗材料,制造高压钠灯管,制作熔制玻璃的坩埚,并可制作铂金坩埚,还用于制作电子工业中的集成电路基片,高频绝缘材料以及有关结构材料等

4.4.2 氧化铝陶瓷(见表 3.3-124、表 3.3-125)

表 3.3-124 氧化铝陶瓷的配方及原料成分

原料成分 (质量分 数)(%)	配 方 代 号																			
	刚玉- 莫来石		刚玉瓷(75 氧化铝瓷)										92 瓷	95 瓷 (I)	95 瓷 (I)	97 瓷	99 瓷 (I)	99 瓷 (I)	99 瓷 (II)	99 瓷 (IV)
	GB-1	R-3	CP-1	CP-2	75 料	A 组料	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	1	2	3	4								
1420 °C 烧 氧化铝	35.2	36	67	68	65	65	65	70	65	65	70	70	91.5	93.78	93.5	97	99	99	99	
高岭土	24.8	24	24	20	25.5	20														
粘土							24	10	23	24	10	10		1.67	1.95	1			0.75	
方解石	28	24					3	8	3	3	3	3								
碳酸钡	2	3	2	3	3	3	4	5	4	4	5	5								
碳酸锶	8	10	4	5	4											0.3				
膨润土	2						2	7	3	2	7	7								
萤石		3	2	2		2														
菱镁矿			3	2		2														
生滑石					2.5	3	2	5	2	2	5	5								
氧化镁																			0.4	
菱镁矿								10			1.12	1								
烧石英														1.29	1.28				0.13	
碳酸钙													3	3.26	3.25					
氧化铜													0.5			0.5	0.1			
氧化钪																	0.25	0.3		
氧化铈																	0.25	0.3		
烧滑石													5		1.2	0.4				
CaO·MgO																			0.13	
MgO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>																			1	
烧成温度/ °C	1350 ±20	1350 ±20	1420 ±10	1420 ±10	1410 ±10	1410 ±20							1650		1680	1700	1710	1710		1816

表 3.3-125 氧化铝陶瓷的技术性能

性 能	配 方 代 号																
	GB-1	CP-1	CP-2	75 料	A 组料	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	1	3	95 瓷 (I)	95 瓷 (I)	92 瓷	97 瓷	99 瓷 (I)	99 瓷 (I)	99 瓷 (II)	99 瓷 (IV)
在 (1 ± 0.5) MHz 下的相对 介电常数 ε	6.8 ~ 7.4	8 ~ 8.2	8 ~ 8.5	8.3 ~ 9	9 ~ 11	7.8 ~ 8.2	7.8 ~ 8.7	8 ~ 8.4	<9	9.4 ~ 9.8	8 ~ 10	8.8 ~ 9.3	9.3 ~ 9.7	9.2 ~ 11	9.2 ~ 11	8.5 ~ 10.5	9.5
在 (1 ± 0.2) MHz 的 介电损耗 正切 10 <sup>-4</sup>	20 °C ±5 °C	14 ~ 18	8 ~ 10	3 ~ 5	5 ~ 10	3 ~ 5	3 ~ 4.1	3.4 ~ 5.6	<10	2 ~ 3.1	1.5 ~ 2.8	1.1 ~ 1.2	0.6 ~ 1	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.3	0.2 ~ 1.5	8
	80 °C ±5 °C	20 ~ 24	12 ~ 15	4 ~ 8			4 ~ 4.7	4.6 ~ 5.8	5.8 ~ 6.1	<12	2.3 ~ 2.9	1.6 ~ 2.8	2	0.5 ~ 0.6	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.3	
	潮后							3.6 ~ 4.2	7.4 ~ 7.7	<12	2.8 ~ 3.8	1.8 ~ 3.5	1.5	1.5 ~ 1.9	0.3 ~ 1.7	0.3 ~ 1.5	

(续)

性能	配方代号																
	GB-1	CP-1	CP-2	75料	A组料	A-	A <sub>1</sub>	1	3	95瓷(I)	95瓷(II)	92瓷	97瓷	99瓷(I)	99瓷(II)	99瓷(III)	99瓷(IV)
直流击穿强度/(kV·mm <sup>-1</sup> )	30 ~ 35	20 ~ 25	25 ~ 30			27 ~ 41	34 ~ 37	>20	—	17.6 ~ 20	15 ~ 35	—	16 ~ 24	15 ~ 16	13 ~ 16	>30	—
在100℃±5℃下比体积电阻/(Ω·cm)	10 <sup>11</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	—	10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	—	10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	—	—	10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>14</sup>	—
静态抗弯强度/MPa	160 ~ 200	200 ~ 250	250 ~ 300	200 ~ 280	—	201.2 ~ 261.5	159.8 ~ 303.5	216.2 ~ 292	>200	274 ~ 305	250 ~ 408.8	280 ~ 314	290 ~ 388	300 ~ 363	300 ~ 363	350	—
线胀系数/10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	4 ~ 4.5	5 ~ 5.5	5 ~ 5.5	—	—	4.6 ~ 4.9	5.7 ~ 5.9	—	<6	6.26	6.5 ~ 8.5	6.8 ~ 7.1	—	—	—	—	—
在(1±0.5)MHz下的电容率的温度系数/10 <sup>-4</sup> °C <sup>-1</sup>	+110 ~ 30	+110 ~ 30	-110 ~ 30	122 ~ 147	90 ~ 110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.4.3 氧化锆陶瓷(见表 3.3-126)

表 3.3-126 氧化锆陶瓷的技术性能

材料		抗弯强度/MPa			断裂韧性/(MPa·m <sup>1/2</sup> )	硬度(HV)/GPa		密度/g·cm <sup>-3</sup>	弹性模量/GPa	抗热冲击性 ΔT/°C	热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>		线胀系数/10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> (200°C)
		室温	800°C	1000°C		室温	1000°C				室温	800°C	
TZ-3Y	烧结	1200	350	—	7	12.8	4.0	6.05	205	250	2.93	2.93	10
	热等静压	1700	—	350	7	13.3	4.0	6.07	205	250	2.93	2.93	10
日本特殊陶瓷业的“TZ”氧化锆陶瓷	UTZ-10	750	—	—	破坏韧性 2.3	3.78	—	5.8	230	230	2.51	—	10.2
	UTZ-20 <sup>①</sup>	1100	—	—	4.0	3.87	—	4.9	320	260	9.21	—	9.6
	UTZ-30	1000	—	—	4.3	3.78	—	5.9	240	300	2.09	—	11.4

① UTZ 20 是 ZrO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷。

4.4.4 氧化铍陶瓷(见表 3.3-127)

表 3.3-127 氧化铍陶瓷的技术性能

项 目	95 氧化铍陶瓷			99 氧化铍陶瓷		
	氧化铍	氧化铝	氧化镁	95	99	
配方成分(质量分数)(%)	2.5	2.5	2.5	0.5	0.5	
技术性能	热导率/(W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	120.2~122.2			170.3~180.3	
	100°C下比体积电阻/(Ω·cm)	10 <sup>12</sup> ~10 <sup>14</sup>			>10 <sup>15</sup>	
	介电常数/(F·m <sup>-1</sup> )	6.9~7.3			6.0~6.4	
	介质损耗角正切/10 <sup>-4</sup> (1MHz)	20°C			1.2~7.6	
		850°C			1.1~1.3	
		受潮			1.2~1.7	
	直流击穿强度/(kV·mm <sup>-1</sup> )	11~14			24~30	
	静态抗弯强度/(MPa)	133.7~187			157.6~200	
	线胀系数/10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	6.47~6.97			6.43~6.5	
	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	2.8~2.9			2.9	

4.4.5 二氧化硅陶瓷(见表 3.3-128)

表 3.3-128 二氧化硅(石英)玻璃的技术性能

玻璃种类 (代号)	线胀系数 $/10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ (0°C~300°C)	密度 $/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	弹性模量 $/\text{GPa}$	泊松比	体积固有限抗 $(\Omega\cdot\text{cm}(25^{\circ}\text{C}))$	介电常数 (1 MHz, 20°C)	介质损耗角 正切( $\tan\delta$ )	折射率
石英玻璃 (7940)	0.55	2.20	740	0.16	$1\times 10^{11}$	3.8	$3.8\times 10^{-4}$	1.459
含氧化钛 石英玻璃 (7971)	0.05	2.21	690	0.17	$1\times 10^{22}$	4.0	$<8\times 10^{-2}$	1.484
高硅氧玻璃 (7913)	0.75	2.18	691	0.19	$1\times 10^{11}$	3.8	$1.5\times 10^{-2}$	1.458

4.4.6 莫来石陶瓷(见表 3.3-129、表 3.3-130)

表 3.3-129 莫来石陶瓷及刚玉-莫来石陶瓷的化学组成

名 称		莫来石瓷	刚玉- 莫来石瓷	刚玉- 莫来石瓷	名 称		莫来石瓷	刚玉- 莫来石瓷	刚玉- 莫来石瓷
牌 号			75 瓷	85 瓷	牌 号			75 瓷	85 瓷
质量 分数 (%)	SiO <sub>2</sub>	25.54	14.25	11.01	质量 分数 (%)	R <sub>2</sub> O	1.03	0.53	0.47
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53.44	73.83	72.43		BaO	5.98	3.13	2.62
	TiO <sub>2</sub>	0.30	0.25	0.20		B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	2.38
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.38	0.35		SrO	1.36	—	—
	CaO	1.92	1.85	1.89		CaF <sub>2</sub>	—	—	1.98
	MgO	—	0.65	1.39					

表 3.3-130 莫来石陶瓷技术性能

晶系	介电系数	介质损耗角正切 ( $\tan\delta$ )/ $10^{-4}$ (20°C, 1MHz)	电阻率 $\rho/\Omega\cdot\text{cm}$ (20°C)	莫氏硬度	密度 $/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	折射率		熔点 $/^{\circ}\text{C}$
						N <sub>g</sub>	N <sub>p</sub>	
斜方	7	$\leq 5$	$\sim 10^{18}$	6~7	3.23	1.654	1.642	1810

4.4.7 氮化硅陶瓷(见表 3.3-131)

表 3.3-131 不同方法制造的氮化硅陶瓷的技术性能

性 能	反应烧结氮化硅	热压氮化硅	常压烧结氮化硅	重烧结氮化硅
体积密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	2.55~2.73	3.17~3.40	3.20	3.20~3.26
显气孔率(%)	10~20	$<0.1$	0.01	$<0.2$
抗弯强度/MPa	250~340	750~1200	828	600~670
抗拉强度/MPa	170	—	400	225
抗压强度/MPa	1200	3600	$>3500$	2400
冲击韧度/ $\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$	1.5~2.0	0.40~5.24	—	0.61~0.65
硬度(HRS)/GPa	80~85	91~93	91~92	90~92
弹性模量/GPa	160	300	300	271~286
断裂韧度/ $(\text{MPa}\cdot\text{m}^{\frac{1}{2}})$	2.83	5.5~6.0	5	7.4
专伯尔系数	12~16	13	15	28
线胀系数/ $10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$	2.7	2.95~3.5	3.2	3.55~3.6
	(0~1400°C)	(0~1400°C)	(0~1000°C)	(0~1400°C)
热导率/ $[\text{W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}]$	8~12	25	—	—

4.4.8 氮化铝陶瓷(见表 3.3-132)

表 3.3-132 氮化铝陶瓷的技术性能

特 性	普通烧结		热压烧结	
	AlN	AlN-Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlN	AlN-Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	2.61~2.93	3.26~3.50	$\approx 3.20$	3.26~3.50
气孔率(%)	10~20	$\approx 0$	2	$\approx 0$
颜色	灰白色	黑色	黑灰色	黑色
抗折强度/MPa	100~300	450~650	300~400	500~900
硬度(HRS)/GPa	—	12~16	12	12~16
弹性模量/GPa	—	310	351	279
热膨胀系数/ $10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ (25~1000°C)	5.70	—	5.64	4.90

(续)

特 性	普通烧结		热压烧结	
	AlN	AlN-Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlN	AlN-Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>				
200℃	—	—	29.31	—
800℃	—	—	20.93	—
机械加工性	良	良	良	良
抗氧化性	劣	优	良	优

4.4.9 赛隆陶瓷(见表 3.3-133)

表 3.3-133 赛隆陶瓷的技术性能

性能项目	指标	性能项目	指标
理论密度/g·cm <sup>-3</sup>	3.05~3.13	破裂表面能J·m <sup>-2</sup> ·°C <sup>-1</sup>	40.6
体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	2.9	弹性模量/GPa	200~280
显气孔率(%)	<5	泊松比(20℃)	2.288
抗弯强度/MPa	400~450(四点抗弯)	线胀系数/10 <sup>-6</sup> ·°C <sup>-1</sup>	2.4~3.2
显微硬度/GPa	13~15	(20~1000℃)	
		热扩散系数·cm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> (300℃)	0.0195

4.4.10 碳化物陶瓷(见表 3.3-134)

表 3.3-134 各类碳化物陶瓷的技术性能

化合物	晶体结构	点阵常数/10 <sup>-10</sup> m	密度/g·cm <sup>-3</sup>	摩尔热容(20℃)/[J·(mol·K) <sup>-1</sup> ]	熔点/℃	热膨胀系数/10 <sup>-6</sup> ·°C <sup>-1</sup> (20℃~1000℃)	热导率(20℃)/W·(m·K) <sup>-1</sup>	比电阻/μΩ·cm	电阻温度系数(+α <sub>p</sub> )/10 <sup>3</sup> ·°C <sup>-1</sup>	显微硬度/MPa	弹性模量/GPa	抗压强度/MPa
TiC	面心立方 NaCl型	4.320	4.93	33.66	3147	7.74	2.43×10 <sup>7</sup>	52.5	1.16	30000	46.0	138.0
ZrC	同上	4.685	6.9	61.13	3530	6.74	2.05×10 <sup>7</sup>	50.0	0.95	29300	35.5	167.0
HfC	同上	4.64	12.6	—	3890	5.60	6.28×10 <sup>7</sup>	45.0	1.42	29100	35.9	—
VC	同上	4.160	5.36	33.37	2810	4.2	2.47×10 <sup>7</sup>	65	—	20900	43.0	62
NbC	同上	4.461	7.56	37.33	3480	6.5	1.42×10 <sup>7</sup>	51.1	0.86	19600	34.5	—
TaC	同上	4.455	14.3	36.80	3880	8.3	2.22×10 <sup>7</sup>	42.1	1.07	16000	29.1	—
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	菱面体	—	6.68	99.98	1895	11.77	1.93×10 <sup>7</sup>	75.0	2.33	13500	38.8	—
Mo <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	六方	—	9.18	—	2410	7.8	6.7×10 <sup>6</sup>	71.0	3.78	15000	54.4	—
WC	六方	—	15.55	35.71	2720	3.84	2.93×10 <sup>7</sup>	19.2	0.495	17800	71.0	56
B <sub>2</sub> C	斜方六面体	—	2.51	2.51	2450	1.5	8.37×10 <sup>6</sup>	—	—	50000	—	196
SiC	α,六方	—	3.21	0.95	2600(分解)	4.7	~2.93×10 <sup>7</sup>	—	—	—	—	—
	β,立方	—	—	—	—	4.35	4.19×10 <sup>7</sup>	—	—	33400	—	225

4.4.11 硼化物陶瓷(见表 3.3-135)

表 3.3-135 硼化物陶瓷的技术性能

物质	晶质	熔点/℃	硬度		密度/g·cm <sup>-3</sup>	热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>			电阻率/Ω·cm×10 <sup>-6</sup>	线胀系数/10 <sup>-6</sup> ·°C <sup>-1</sup>
			莫氏	显微硬度/MPa		23℃	200℃	500℃		
TiB <sub>2</sub>	六方	2980	—	31000	4.52	24.28	—	41.87	12~28.4	8.1(25℃~2000℃)
ZrB <sub>2</sub>	六方	3040	—	22000	6.09	—	23.02	—	9.2~38.8	5.5(20℃~1000℃)
HfB <sub>2</sub>	六方	3060	—	—	11.2	10.84	~25.12	—	100~104	5.3(20℃~1000℃)
TaB <sub>2</sub>	六方	3000	—	17000	12.6	—	—	—	68~86.5	—
MoB <sub>2</sub>	六方	2100	—	12800	7.8	(25℃)	13.75	—	22.5~45	—
CrB <sub>2</sub>	六方	2760	—	17000	5.6	20.62	—	—	21	4.6
NbB <sub>2</sub>	六方	—	—	—	—	16.75	19.68~25.12	—	28.4~65.5	—
MoB	正方	2180	8	15700	8.8	—	—	—	40~50	—
NbB	斜方	>2900	8	—	7.2	—	—	—	32	—
UB <sub>2</sub>	六方	2100	8~9	16000	5.1	—	—	—	35	—
WB	正方	2860	—	—	16	—	—	—	—	—
Mo <sub>2</sub> B	正方	2000	8~9	16000	9.3	—	—	—	40	—
ThB <sub>2</sub>	立方	>2100	—	—	8.5	—	—	—	—	—

4.4.12 硅化物陶瓷(见表 3.3-136)

表 3.3-136 各类硅化物陶瓷的技术性能

化合物	密度 ( $g \cdot cm^{-3}$ )	比热容 ( $20^\circ C$ ) ( $J \cdot K^{-1}$ )	熔点/ $^\circ C$	线胀系数 ( $10^{-6} C^{-1}$ ) ( $20^\circ C \sim 1000^\circ C$ )	热导率 ( $20^\circ C$ ) ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )	比电阻 ( $\Omega \cdot cm$ )	电阻温度 系数 ( $10^{-3} C^{-1}$ )	显微硬度 /MPa	弹性模量 / $10^4 GPa$	抗压强度 /MPa
TiSi <sub>2</sub>	4.35	27.76	1540	—	—	16.9	6.3	8900	264	—
ZrSi <sub>2</sub>	4.88	—	1700	—	—	73.8	1.30	10600	268	—
HfSi <sub>2</sub>	7.2	—	1750	—	—	—	—	9300	—	—
VSi <sub>2</sub>	4.42	—	1660	—	—	66.5	3.52	9600	—	—
NbSi <sub>2</sub>	5.45	—	2150	—	—	50.4	—	10500	—	—
TaSi <sub>2</sub>	8.83	—	2200	—	—	46.1	3.32	14000	—	—
CrSi <sub>2</sub>	4.40	52.92	1500	—	6280.2	9.4	2.93	11300	—	—
MoSi <sub>2</sub>	6.30	58.53	2030	5.1	29307.6	21.6	6.38	12000	430	1139

4.4.13 透明氧化铝陶瓷(见表 3.3-137、表 3.3-138)

表 3.3-137 透明氧化铝陶瓷的配方

原料组成 (质量分数)(%)	配方代号			
	美国鲁卜洛斯(Lucalox)	1	2	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100	99	100	100
MgO	少量	0.9	0.75	0.4
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	0.125	—
杂质	—	微量	—	—

表 3.3-138 透明氧化铝陶瓷的技术性能

性能项目	配方代号			
	Lucalox	1	2	3
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	3.98	3.98	3.98	—
气孔率(体积分数)(%)	0	—	—	—
平均粒径/ $\mu m$	—	~20	15~20	—
总透光率(%)	90	—	92~95	—
抗弯强度/MPa	381.20~386.60	350.00	—	350.00
线胀系数/ $10^{-6} C^{-1}$	6.5	8.8	—	7.7
热导率/ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	37.7	33.5	—	21.0
比体积电阻/ $\Omega \cdot cm$ (500 $^\circ C$ 时)	—	$10^{14}$	—	$10^{12}$
击穿强度/ $kV \cdot mm^{-1}$	64	60	—	—
介电常数 $\epsilon/F \cdot m^{-1}$ (1 GHz)	9.9	—	—	9.9
使用温度/ $^\circ C$	—	1700~1900	—	—
在 H <sub>2</sub> 中的烧结温度/ $^\circ C$	1650~1950	—	1680	—

5 玻璃制品

5.1 普通平板玻璃(见表 3.3-139)

表 3.3-139 普通平板玻璃规格(摘自 GB/T 4870-1985)

(mm)

尺寸,长×宽	厚度	备注(in)	尺寸,长×宽	厚度	备注(in)	应用
900×600	2,3	36×24	1300×1000	3,4,5	52×40	具有良好的透光性,紫外线及红外线透过性能较好。隔音、隔热较佳,用于建筑采光、窗用玻璃、制镜等
1000×600	2,3	40×24	1300×1200	4,5	52×48	
1000×800	3,4	40×32	1350×900	5,6	54×36	
1000×900	2,3,4	40×36	1400×1000	3,5	56×40	
1100×600	2,3	44×24	1500×750	3,4,5	60×30	
1100×900	3	44×36	1500×900	3,4,5,6	60×36	
1100×1000	3	44×40	1500×1000	3,4,5,6	60×40	
1150×950	3	46×38	1500×1200	4,5,6	60×48	
1200×500	2,3	48×20	1800×900	4,5,6	72×36	
1200×600	2,3,5	48×24	1800×1000	4,5,6	72×40	
1200×700	2,3	48×28	1800×1200	4,5,6	72×48	
1200×800	2,3,4	48×32	1800×1350	5,6	72×54	
1200×900	2,3,4,5	48×36	2000×1200	5,6	80×48	
1200×1000	3,4,5,6	48×40	2000×1300	5,6	80×52	
1250×1000	3,4,5	50×40	2000×1500	5,6	80×60	
1300×900	3,4,5	52×36	2400×1200	5,6	96×48	

5.2 浮法玻璃(见表 3.3-140、表 3.3-141)

表 3.3-140 浮法玻璃尺寸规格(摘自 GB11614—1999)

(mm)

厚度	长度或宽度尺寸允许偏差		厚度允许偏差
	尺寸小于 3000	尺寸 3000~5000	
2,3,4	±2	±3	±0.2
5,6			
8,10	-2	-3	±0.3
	-3	-4	
12	±3	±4	±0.4
15			+0.6
19	±5	±5	±1.0

- 注:1. 同一片玻璃厚薄差:厚度 2mm、3mm 者为 0.2mm;厚度 4mm、5mm、6mm、8mm、10mm 者为 0.3mm。  
 2. 汽车用浮法玻璃厚度以 2mm、3mm、4mm、5mm、6mm 为主。  
 3. 浮法玻璃应为正方形或长方形,对角线差不大于对角线平均长度的 0.2%,弯曲度不应超过 0.2%。

表 3.3-141 浮法玻璃外观质量(摘自 GB11614—1999)

分类	缺陷种类	质量要求			
		长度及个数允许范围			
建筑用浮法玻璃	气泡	长度, $L$ $0.5\text{mm} \leq L \leq 1.5\text{mm}$	长度, $L$ $1.5\text{mm} < L \leq 3.0\text{mm}$	长度, $L$ $3.0\text{mm} < L \leq 5.0\text{mm}$	长度, $L$ $L > 5.0\text{mm}$
		$5.5 \times S$ , 个	$1.1 \times S$ , 个	$0.44 \times S$ , 个	0, 个
	夹杂物	长度, $L$ $0.5\text{mm} \leq L \leq 1.0\text{mm}$	长度, $L$ $1.0\text{mm} < L \leq 2.0\text{mm}$	长度, $L$ $2.0\text{mm} < L \leq 3.0\text{mm}$	长度, $L$ $L > 3.0\text{mm}$
		$2.2 \times S$ , 个	$0.44 \times S$ , 个	$0.22 \times S$ , 个	0, 个
	点状缺陷 密集度	长度大于 1.5mm 的气泡和长度大于 1.0mm 的夹杂物;气泡与气泡、夹杂物与夹杂物或气泡与夹杂物的间距应大于 300mm			
	线条	按标准规定检验肉眼不应看见			
	划伤	长度及宽度允许范围及条数 宽 0.5mm, 长 60mm, $3 \times S$ , 条			
	光学变形	入射角: 2mm 40°; 3mm 45°; 4mm 以上 50°			
	表面裂纹	肉眼不应看见			
	断面缺陷	爆边、凹凸、缺角等不应超过玻璃板的厚度			
汽车用浮法玻璃	气泡	长度, $L$ $0.3\text{mm} \leq L \leq 0.5\text{mm}$	长度, $L$ $0.5\text{mm} < L \leq 1.0\text{mm}$	长度, $L$ $1.0\text{mm} < L \leq 1.5\text{mm}$	长度, $L$ $L > 1.5\text{mm}$
		$3 \times S$ , 个	$2 \times S$ , 个	$0.5 \times S$ , 个	0, 个
	夹杂物	长度, $L$ $0.3\text{mm} \leq L \leq 0.5\text{mm}$	长度, $L$ $0.5\text{mm} < L \leq 1.0\text{mm}$	长度, $L$ $L > 1.0\text{mm}$	
		$2 \times S$ , 个	$1 \times S$ , 个	0, 个	
	点状缺陷 密集度	长度大于 1.0mm 的气泡和长度大于 0.5mm 的夹杂物;气泡与气泡、夹杂物与夹杂物或气泡与夹杂物的间距应大于 300mm			
	线条	肉眼不应看见			
	划伤	长度和宽度允许范围及条数 宽 0.2mm, 长 40mm, $2 \times S$ , 条			
	光学变形	入射角: 2mm 45°; 3mm 50°; 4mm、5mm、6mm 60°			
	表面裂纹	按标准规定检验肉眼不应看见			
	断面缺陷	爆边、凹凸、缺角等不应超过玻璃板的厚度			

注:  $S$  为以平方米为单位的玻璃板面积,保留小数点后两位,气泡、夹杂物的个数及划伤条数允许范围为各系数与  $S$  相乘所得的数值,应按 GB/T8170 修约至整数。



## 5.3 钢化玻璃(见表 3.3-142)

表 3.3-142 钢化玻璃尺寸规格(摘自 GB/T9963—1998)

(mm)

玻璃厚度	平面钢化玻璃长度允许偏差			平面和曲面钢化玻璃厚度允许偏差
	边的长度 $L$	$L \leq 1000$	$1000 < L \leq 2000$	
4		+1	±3	±0.3
5		-2		
6				
8		+2	±4	±0.6
10		-3		
12			±4	±0.8
15		-1		
19		+5	±5	±1.2

- 注: 1. 钢化玻璃具有普通平板玻璃的透明度,并具有很高的热稳定性、耐冲击性和高强度的特点。适于制作长期振动冲击的汽车、火车、船舶等的门窗玻璃及挡风玻璃,也可用于建筑及工业部门的观察玻璃及保护玻璃等。
2. 平面钢化玻璃的长度、宽度尺寸由供需双方商定。当边长大于 3000mm 时或为异型制品时,其尺寸偏差由供需双方商定。曲面钢化玻璃的形状和边长的允许偏差、吻合度均由双方商定。钢化玻璃开孔的孔径一般不小于玻璃的厚度,孔径 4~50mm,允许偏差为±1.0mm;孔径 51~100mm,允许偏差±2.0mm;孔径>100mm,允许偏差双方商定。
3. 平面钢化玻璃弯曲度,弓形时不超过 0.5%,波形时不超过 0.3%。
4. 抗冲击性、碎片状态、散弹袋冲击性能、透射比、抗风压性能的要求均按 GB/T9963—1998 的有关规定。
5. 钢化玻璃的外观质量要求按 GB/T9963—1998 的规定。
6. 热稳定性:在 327.5℃以内,温度急剧变化不炸裂;抗折强度比普通平板玻璃大 4~6 倍(此两项为 GB9963—1998 数据)。

## 5.4 中空玻璃(见表 3.3-143)

表 3.3-143 中空玻璃尺寸规格(摘自 GB/T11944—2002)

(mm)

玻璃厚度	间隔厚度	长边最大尺寸	短边最大尺寸 (正方形除外)	最大面积/m <sup>2</sup>	正方形 边长最大尺寸
3	6	2110	1270	2.4	1270
	9~12	2110	1270	2.4	1270
4	6	2420	1300	2.86	1300
	9~10	2440	1300	3.17	1300
	12~20	2440	1300	3.17	1300
5	6	3000	1750	4.00	1750
	9~10	3000	1750	4.80	2100
	12~20	3000	1815	5.10	2100
6	6	4550	1980	5.88	2000
	9~10	4550	2280	8.54	2440
	12~20	4550	2440	9.00	2440
10	6	4270	2000	8.54	2440
	9~10	5000	3000	15.00	3000
	12~20	5000	3180	15.90	3250
12	12~20	5000	3180	15.90	3250

- 注: 1. 中空玻璃为两片或多片玻璃以有效支撑均匀隔开并周边粘接密封,其玻璃层间形成有干燥气体空间的制品,适于建筑、冷藏等之用。
2. 中空玻璃采用的玻璃为:浮法玻璃(应符合 GB11614 的规定);夹层玻璃(应符合 GB9962 的规定);钢化玻璃(应符合 GB/T9963 的规定);幕墙玻璃(钢化和平钢化玻璃,应符合 GB17841 的规定);亦可采用其他品种的玻璃。密封胶应符合 JC/T486 中空玻璃用弹性密封胶的规定。
3. 中空玻璃的公称厚度为玻璃原片的公称厚度与间隔层厚度之和。公称厚度  $t < 17\text{mm}$ ,允许偏差  $\Delta$  为±1.0mm;  $17\text{mm} \leq t < 22\text{mm}$ , $\Delta$  为±1.5mm;  $t \geq 22\text{mm}$ , $\Delta$  为±2.0mm。
4. 20 块试样露点均低于等于 -40℃。密封性能详见 GB/T11944—2002 的规定。

## 5.5 防火玻璃(见表 3.3-144)

表 3.3-144 防火玻璃分类、尺寸规格及性能(摘自 GB15763.1—2001)

分类和分级	复合防火玻璃(FFB):由两层或两层以上玻璃复合而成,或由一层玻璃和一层有机材料复合而成;单片防火玻璃(DFB):由单层玻璃构成 防火玻璃按耐火性能分为 A、B、C 三类,各类耐火等级分别分为 I 级、II 级、III 级、IV 级 A 类:同时满足耐火完整性、耐火隔热性要求 B 类:同时满足耐火完整性、热辐射强度要求 C 类:满足耐火完整性要求

(续)

原片玻璃要求	选用普通平板玻璃、浮法玻璃、钢化玻璃等材料作原片,复合防火玻璃也可选用单片防火玻璃作原片原片玻璃应分别符合 GB4871、GB11614、GB/T9963 等相应标准和本标准相应条款的规定				
复合玻璃尺寸厚度/mm	玻璃的总厚度 $d$	长度或宽度( $L$ )允许偏差		厚度允许偏差	
		$L \leq 1200$	$1200 < L \leq 2400$		
	$5 \leq d < 11$	$\pm 2$	$\pm 3$	$+1.0$	
	$11 \leq d < 17$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 1.0$	
	$17 \leq d \leq 24$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 1.3$	
	$d > 24$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 1.5$	
单片玻璃尺寸厚度/mm	玻璃厚度	长度或宽度( $L$ )允许偏差			厚度允许偏差
		$L \leq 1000$	$1000 < L \leq 2000$	$L > 2000$	
	5	-1	±3	±4	±0.2
	6	2			
	8	·2			
	10	-3	±1	±6	±0.3
	12	±4			±0.4
15	±5	±5	±1.0	±0.6	
19					
耐火性能	耐火等级	I 级	II 级	III 级	IV 级
	耐火时间/min $\geq$	90	60	45	30

注: 1. 防火玻璃弯曲度,弓形和波形时均不超过 0.3%。

2. 复合防火玻璃透光度:玻璃总厚度  $d$ (mm): $5 \leq d < 11$ 、 $11 < d < 17$ 、 $17 \leq d \leq 24$ 、 $d > 24$  透光度分别为: $\geq 75\%$ 、 $\geq 70\%$ 、 $\geq 65\%$ 、 $\geq 60\%$ 。

3. 防火玻璃的耐热性、耐寒性、耐紫外线辐射性、力学性能及外观质量等详见 GB15763.1-2001 的有关规定。

4. 标记示例

一块公称厚度为 15mm、耐火性能为 A 类,耐火等级为 I 级的复合防火玻璃的标记如下:

FFB-15-A I

## 5.6 石英玻璃

### 5.6.1 石英玻璃性能(见表 3.3-145、表 3.3-146)

表 3.3-145 石英玻璃技术性能

项 目	温度/°C	指 标	
		透明石英玻璃	不透明石英玻璃
密度/ $g \cdot cm^{-3}$		2.2~2.21	2.18~2.20
软化点/°C		1730	1580
最高安全使用温度/°C	连续	1000~1100	900~1000
	短时间	1300~1400	1100~1200
耐热急变温度/°C		800~1100	800
平均热胀系数/ $K^{-1}$	0~1000	$5.4 \times 10^{-7}$	$5.5 \times 10^{-7}$
热导率/ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	20	$0.0033 \times 418.68$	$0.0026 \times 418.68$
	100	$0.0035 \times 418.68$	$0.0033 \times 418.68$
平均比热容/ $J \cdot (kg \cdot K)^{-1}$	100	$0.1845 \times 4186.8$	$0.1845 \times 4186.8$
	500	$0.2302 \times 4186.8$	$0.2302 \times 4186.8$
	900	$0.2512 \times 4186.8$	$0.2512 \times 4186.8$
热辐射率	250	0.93	0.93
	850	0.47	0.68
弹性模量/GPa	20	76.7	71.2
	500	80.9	74.6
	900	83.4	77
刚性系数/MPa	20	33400	30400
	500	35100	33600
	900	36300	34600
泊松比	20	0.17	0.17
莫氏硬度		7	7

(续)

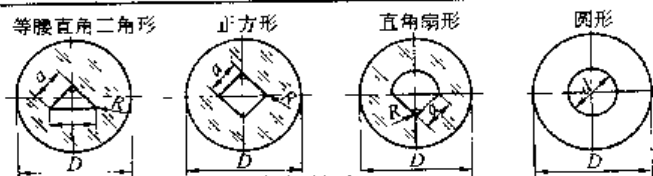
项 目	温度/°C	指 标	
		透明石英玻璃	不透明石英玻璃
密度/g·cm <sup>-3</sup>		2.2~2.21	2.18~2.20
软化点/°C		1730	1580
最高安全使用温度/°C	连续	1000~1100	900~1000
	短时间	1300~1400	1100~1200
抗拉强度/MPa	20	48.1	34.4
	500	114	184
	900	156	158
	1100	128	113
抗压强度/MPa	20	785~1150	392~491
抗折强度/MPa	20	36.5~59.2	22.5~32.3
冲击韧度×981/J·m <sup>-2</sup>	20	1060	834
扭转刚度/MPa	20	46.5	15.4
电导率/S·m <sup>-1</sup>	20	10 <sup>-17</sup> ~10 <sup>-16</sup>	10 <sup>-14</sup> ~3.2×10 <sup>-13</sup>
介电常数(0~10 <sup>6</sup> Hz)	常温	3.7	3.5
介电损失 tanδ	(10 <sup>3</sup> Hz)	<5×10 <sup>-4</sup>	6~20×10 <sup>-4</sup>
	(10 <sup>7</sup> Hz)	(约1.5×10 <sup>-4</sup> )	4~12×10 <sup>-4</sup>
	(10 <sup>8</sup> Hz)	<1×10 <sup>-4</sup>	4~12×10 <sup>-4</sup>
	(10 <sup>9</sup> Hz)	<1×10 <sup>-4</sup>	4~12×10 <sup>-4</sup>
	(10 <sup>10</sup> Hz)	4×10 <sup>-4</sup>	—
击穿电压/10 <sup>6</sup> V·m <sup>-1</sup>	20	43.0	32.0
	100	37.0	26.0
	200	32.0	21.0
	300	28.0	16.0
	400	17.0	12.0
	500	10.0	7.0
	600	5.2	3.2

表 3.3-146 石英玻璃耐腐蚀性能

介质	浓度(质量分数) (%)	处理时间/h	处理温度/°C	质量损失/g·m <sup>-2</sup>	
				透明石英玻璃	不透明石英玻璃
硫酸	100	24	205	0.06	0.13
	100	240	20	0.016	0.046
硝酸	68	24	115	0.11	0.15
	68	240	20	0.06	0.092
盐酸	40	24	66	0.14	0.33
	40	240	20	0.18	0.33
氢氧化钠	1	2	101	1.66	15.20
氢氧化钾	1	2	98	0.68	4.63
氢氧化铵	25	2	65	0.09	0.33
氟化钠	10	2	102	0.14	0.34
氯化钙	20	2	103	0.06	0.40
碳酸钠	10	2	102	1.20	4.99
硫酸铜	10	24	102	0.29	0.70

5.6.2 液位计透明石英玻璃管(见表 3.3-147)

表 3.3-147 液位计透明石英玻璃管尺寸规格及应用(摘自 JC/T225—1997)



产品类型	名称	内孔形状	外径 D 及 偏差/mm	内孔尺寸 /mm	长度 /mm	圆度 /mm	偏壁度 /mm	适用范围
低压型	单色液位管	圆形	φ20±0.1	φ8~φ10 (d)	260~1700	≤0.1	≤0.3	工作压力 <2.5MPa 工作温度 -40~450 °C
			φ40±0.1	φ27~φ30 (d)	260~1700	≤0.1	≤0.3	
	多色液位管	等腰直角 三角形	φ29±0.1	7.5~9.2 (直角边长)	260~1700	≤0.1	-	

(续)

产品类型	名称	内孔形状	外径 $D$ 及 偏差/mm	内孔尺寸 /mm	长度 /mm	圆度 /mm	偏壁度 /mm	适用范围
中、高压型	单色液位管	圆形	$\phi 24 \pm 0.1$	$\phi 8 \sim \phi 10$ ( $d$ )	260~1000	$\leq 0.1$	$\leq 0.3$	工作压力 2.5MPa 工作温度 -40~450 °C
		正方形	$\phi 24 \pm 0.1$	8~9 (边长 $a$ )	260~1700	$\leq 0.1$	—	
	多色液位管	直角扇形	$\phi 24 \pm 0.1$	8~9 (边长 $a$ )	260~1700	$\leq 0.1$	—	工作压力 < 2.5 ~ 6.4MPa 工作温度 -40~450 °C
		等腰直角 三角形	$\phi 29 \pm 0.1$	6.3~7.8 (直角边长 $a$ )	260~1300	$\leq 0.1$	—	
		正方形	$\phi 24 \pm 0.1$	8~10 (边长 $a$ )	260~1300	$\leq 0.1$	—	
		直角扇形	$\phi 29 \pm 0.1$	8~10 (边长 $a$ )	260~1300	$\leq 0.1$	—	

注:1. 单色液位管的内孔为圆形,只能显示液位;多色液位管的内孔为异形,利用边、角成像,气液界面显示清楚。

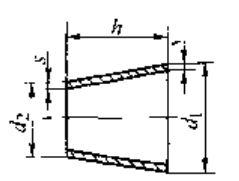
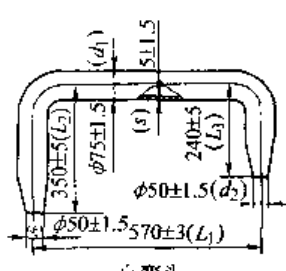
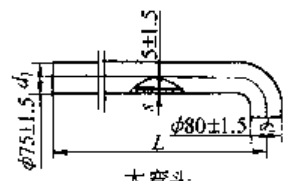
2. 表中所规定外径偏差及圆度是指管子两端长度为100mm以内的密封端,管子其他部位的外径上偏差为-0.2mm,下偏差为-0.7mm,圆度为 $\leq 0.3$ mm。

3. 管弯曲度不得超过管长的1/1000。

5.6.3 不透明石英玻璃制品(见表 3.3-148)

表 3.3-148 不透明石英玻璃制品种类和规格(摘自 JC/T182 1997)

(mm)

	外径	外径偏差	壁厚范围	壁厚偏差	同一横截面 壁厚偏差	弯管				
							长度 $L$	宽度 $H$	厚度 $B$	偏差
直 管 /mm	75~99	$\pm 1.0$	2.5~10	$\pm 1.0$	1.0	弯管分为大弯管、小弯管两种 型式,其结构形式和大外径 $d_1$ 、 小外径 $d_2$ 、壁厚 $s$ 及长度尺寸如下 图所示				
	100~149	$\pm 1.5$	5~25	$\pm 1.0$	1.0					
	150~199	$\pm 2.0$	5~25	$\pm 2.0$	2.0					
	200~249	$\pm 2.5$	10~25	$\pm 3.0$	3.0					
	250~299	$\pm 3.0$	10~25	$\pm 3.0$	3.0					
	300~349	$\pm 3.0$	10~25	$\pm 3.0$	3.0					
	350~399	$\pm 3.5$	25~50	$\pm 4.0$	4.0					
	400~424	$\pm 3.5$	25~50	$\pm 4.0$	4.0					
	425~459	$\pm 4.0$	25~50	$\pm 5.0$	5.0					
	460~500	$\pm 5.0$	25~50	$\pm 5.0$	5.0					
锥 管 /mm				玻璃	长度 $L$	宽度 $H$	厚度 $B$	偏差	 小弯头  大弯头 板材/mm 圆板:最大规格 $\phi 550 \pm 5$ ,厚 30 $\pm 3$ 矩形板:最大规格长 $800 \pm 5$ , 宽 $550 \pm 5$ ,厚 $30 \pm 3$	
				砖	200	150~200	250 300	$\pm 5$		
	高度 $h$	大端外径 $d_1$	小端外径 $d_2$	壁厚 $s$	600	150~200	250 300	$\pm 5$		
					700	150~200	250 300	$\pm 5$		
		500 $\pm 5$	300 $\pm 3$	270 $\pm 3$	20 $\pm 5$	800	150~200	250 300		$\pm 5$
		610 $\pm 5$	370 $\pm 3$	270 $\pm 3$	20 $\pm 5$	900	150~200	250 300		$\pm 5$
		660 $\pm 5$	380 $\pm 3$	270 $\pm 3$	20 $\pm 5$	1000	150~200	250 300		$\pm 5$

注:1. 不透明石英玻璃制品用于耐电压、耐高温、耐强酸及对热稳定性有一定要求的场合。

2. 有色冶金工业用电除尘器、电除雾器上的石英管要求击穿电压达180kV/mm。

3. 不透明石英玻璃板材、管材的SiO<sub>2</sub>含量应 $\geq 99.5\%$ ,玻璃砖的SiO<sub>2</sub>含量应 $\geq 99\%$ 。

4. 热稳定试验:一组三个试样于1100°C下恒温30min后,置于空气中冷却至室温,不出现裂纹。

5. 直管长度和大弯头长度  $L$  由供需双方协定。

## 6 水泥品种

### 6.1 硅酸盐水泥 (见表 3.3-149)

表 3.3-149 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥性能与应用 (摘自 GB175—1999)

组成	硅酸盐水泥	凡由硅酸盐水泥熟料、0%~5% 石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为硅酸盐水泥(即国外通称的波特兰水泥)。硅酸盐水泥分两种类型,不掺加混合材料的称 I 型硅酸盐水泥,代号 P·I。在硅酸盐水泥熟料粉磨时掺加不超过水泥重量 5% 石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的称 II 型硅酸盐水泥,代号 P·II。					
	普通硅酸盐水泥	凡由硅酸盐水泥熟料、6%~15% 混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为普通硅酸盐水泥(简称普通水泥),代号 P·O。 掺活性混合材料时,最大掺量不得超过 15%,其中允许用不超过水泥重量 5% 的窑灰或不超过水泥重量 10% 的非活性混合材料来代替。掺非活性混合材料时的最大掺量不得超过水泥重量 10%					
应用	适用于土木和建筑工程。用于制造水泥制品、预制构件、预应力混凝土、砂浆等						
质量 指 标	品种		硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥		
	项目		硅酸盐水泥比表面积大于 300m <sup>2</sup> /kg,普通水泥为 80μm 方孔筛,筛余量不得超过 10%				
	凝结时间		初凝不得早于 45min,硅酸盐水泥终凝不得迟于 390min,普通水泥终凝不得迟于 10h				
	体积安定性		用沸煮法检验,必须合格				
	技 术 性 能	品 种	强度 等级	抗压强度 /MPa ≥		抗折强度 /MPa ≥	
				3d	28d	3d	28d
	硅 酸 盐 水 泥	42.5 42.5R	17.0	42.5	3.5	6.5	
			22.0	42.5	4.0	6.5	
			23.0	32.5	4.0	7.0	
			27.0	32.5	5.0	7.0	
		62.5 62.5R	28.0	62.5	5.0	8.0	
			32.0	62.5	5.5	8.0	
32.5			32.5	2.5	5.5		
16.0			32.5	3.5	5.5		
普 通 水 泥	42.5 42.5R	16.0	42.5	3.5	6.5		
		21.0	42.5	4.0	6.5		
	22.0	52.5	4.0	7.0			
	26.0	52.5	5.0	7.0			
化 学 指 标	氧化镁(MgO)	熟料中氧化镁含量不得超过 5%,如水泥经压蒸安定性试验合格,允许放宽到 6%					
	三氧化硫(SO <sub>3</sub> )	水泥中三氧化硫含量不得超过 3.5%					
	烧失量	普通水泥中的烧失量不得超过 5%,I 型不得大于 3.0%;II 型不得大于 3.5%					
	不溶物	I 型不得超过 0.75%;II 型不得超过 1.50%					

注:水泥中碱含量按 Na<sub>2</sub>O+0.658K<sub>2</sub>O 计算值来表示,若使用活性骨料,用户要求提供低碱水泥时,水泥中碱含量不得大于 0.60%,或由供需双方商定。

### 6.2 掺混合料的硅酸盐水泥(见表 3.3-150)

表 3.3-150 掺混合料的硅酸盐水泥性能及应用(摘自 GB/T 1344—1999)

组 成	矿渣硅酸盐水泥	凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥),代号 P·S。水泥中粒化高炉矿渣掺加量按重量百分比计为 20%~70%。允许用石灰石、窑灰、粉煤灰和火山灰质混合材料中的一种材料代替矿渣,代替数量不得超过水泥重量的 8%,替代后水泥中粒化高炉矿渣不得少于 20%
	火山灰质硅酸盐水泥	硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料、适量石膏磨细制成的硅酸盐水泥(简称火山灰水泥)代号 P·P。水泥中火山灰质混合材料掺 20%~50%
	粉煤灰硅酸盐水泥	凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥),代号 P·F。水泥中粉煤灰掺加量按重量百分比计为 20%~40%
应 用	矿渣水泥	主要用于有地下水、海水或经常受高水压的工程,以及受热工程中
	火山灰水泥	用途与矿渣水泥相似,但突出缺点是干缩性大
	粉煤灰水泥	用途与上两种水泥相同,但干缩性小,抗裂性好,用于地下施工和潮湿环境

(续)

品种		矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥					
质量指标	项目						
	技术性能	细度	80 $\mu$ m 方孔筛筛余量不得超过 10%				
		凝结时间	初凝不得早于 45min, 终凝不得迟于 10h				
		体积安定性	用沸煮法检验, 必须合格				
		强度等级	抗压强度/MPa $\geq$			抗折强度/MPa $\geq$	
			3d	28d	3d	28d	
		32.5	10.0	32.5	2.5	5.5	
		32.5R	15.0	32.5	3.5	5.5	
	42.5	15.0	42.5	3.5	6.5		
	能	42.5R	19.0	42.5	4.0	6.5	
52.5		21.0	52.5	4.0	7.0		
52.5R		23.0	52.5	4.5	7.0		
化学指标	氧化镁	熟料中氧化镁含量不得超过 5%, 如水泥经压蒸安全性试验合格, 则可允许放宽到 6%					
	三氧化硫	矿渣水泥中三氧化硫含量不得超过 4%, 火山灰水泥、粉煤灰水泥中三氧化硫含量不得超过 3.5%					

### 6.3 磷渣硅酸盐水泥(见表 3.3-151)

表 3.3-151 磷渣硅酸盐水泥性能及应用(JC/T 740-1996)

组成	是由硅酸盐水泥熟料、粒化电炉磷渣和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料						
应用	主要用于有地下水、海水或经常受高水压的工程以及受热影响的工程						
质量指标	化学成分	氧化镁	熟料中氧化镁含量(质量分数)不大于 5%; 压蒸安定性试验合格可允许放宽到 6.0%				
		三氧化硫	熟料中三氧化硫含量(质量分数)不大于 4.0%				
	技术性能	细度	0.080mm 方孔筛筛余量不大于 12%				
		体积安定性	沸煮法检验, 必须合格				
		烧失量	旋窑不大于 5.0%; 立窑不大于 7%				
		凝结时间	初凝不早于 45min; 终凝不迟于 12h				
		标号	抗压强度/MPa $\geq$			抗折强度/MPa $\geq$	
			7d	28d	7d	28d	
			325	14.7	31.9	3.2	5.4
	425	20.6	41.7	4.1	6.3		
525	28.4	51.5	4.9	7.1			

### 6.4 无收缩快硬硅酸盐水泥(见表 3.3-152)

表 3.3-152 无收缩快硬硅酸盐水泥性能及应用(JC/T 741-1996)

组成	由硅酸盐水泥熟料、二水石膏和膨胀剂共同粉磨制成的具有快硬、无收缩性能的水硬性胶凝材料							
应用	用于配制装配式框架节点的后浇混凝土和钢筋浆锚联接砂浆或混凝土; 各种现浇混凝土工程的接缝工程; 机器设备安装的灌浆; 要求快硬、高强、无收缩的混凝土工程							
质量指标	化学成分	氧化镁	熟料中氧化镁含量(质量分数)不大于 5.0%					
		三氧化硫	熟料中三氧化硫含量(质量分数)不大于 3.5%					
	技术性能	细度	0.080 方孔筛筛余量(质量分数)不大于 10.0%					
		体积安定性	沸煮法检验, 必须合格					
		膨胀率	一天不小于 0.02%; 28 天不大于 0.3%					
		凝结时间	初凝不早于 30min; 终凝不迟于 6h					
		标号	抗压强度/MPa $\geq$			抗折强度/MPa $\geq$		
			1d	3d	28d	1d	3d	28d
			525	13.7	28.4	51.5	3.4	5.4
	625	17.2	34.3	61.3	3.9	5.9	7.8	
725	20.6	41.7	71.1	4.4	6.4	8.6		

6.5 低热微膨胀水泥(见表 3.3-153)

表 3.3-153 低热微膨胀水泥性能及应用(摘自 GB 2938 1997)

组成	凡以粒化高炉矿渣为主要组分,加入适量硅酸盐水泥熟料和石膏,磨细制成的具有低水化热和微膨胀性能的水硬性胶凝材料						
应用	主要用于要求较低水化热和要求补偿收缩的混凝土,也适用于要求抗渗和硫酸盐侵蚀的工程						
质量指标	化学指标	三氧化硫	熟料中三氧化硫含量应为 4%~7%				
	技术性能	比表面积	熟料中的细度比表面积不小于 300m <sup>2</sup> /kg				
		体积安定性	沸煮法检验,必须合格				
		线膨胀率	水泥净浆试体水中养护时各龄期线膨胀率应符合: 1d 不得小于 0.05%;7d 不得小于 0.10%;28d 不得大于 0.60%				
		凝结时间	初凝不得早于 45min;终凝一般不得迟于 12h 或协商				
	标号	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa		水化热/(kJ·kg <sup>-1</sup> )	
	7d	28d	7d	28d	3d	7d	
	325	17	32.5	4.5	6.5	170	190
	425	26	42.5	6.0	8.0	185	205

注:在特殊情况下,水化热指标允许由生产单位和使用单位商定。

6.6 抗硫酸盐硅酸盐水泥(见表 3.3-154)

表 3.3-154 抗硫酸盐硅酸盐水泥性能及应用(摘自 GB748-1996)

定义与代号	中抗硫酸盐硅酸盐水泥	以适当成分的硅酸盐水泥熟料,加入适量石膏,磨细制成的具有抵抗中等浓度硫酸根离子侵蚀的水硬性胶凝材料,简称中抗硫水泥。代号为 P·MSR			
	高抗硫酸盐硅酸盐水泥	以适当成分的硅酸盐水泥熟料,加入适量石膏,磨细制成的具有抵抗较高浓度硫酸根离子侵蚀的水硬性胶凝材料,简称高抗硫水泥。代号为 P·HSR			
用途	主要用于受硫酸盐侵蚀的海港、水利、地下、隧道、引水、道路和桥梁基础等工程。中抗硫酸盐硅酸盐水泥,一般用于硫酸根离子浓度不超过 2500mg/L 的纯硫酸盐的腐蚀。高抗硫酸盐硅酸盐水泥,一般用于硫酸根离子浓度不超过 8000mg/L 的纯硫酸盐的腐蚀				
质量指标	水泥中硅酸三钙(C <sub>3</sub> S)和铝酸三钙(C <sub>3</sub> A)含量 (%)				
	化学	水泥名称	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> A	
		中抗硫水泥	<55.0	<5.0	
		高抗硫水泥	<50.0	<3.0	
	指	烧失量	水泥中烧失量<3.0%		
		氧化镁	水泥中含量应<5.0%,如果水泥经过压蒸安定性试验合格,则水泥中的含量允许放宽到 6.0%		
		碱含量	水泥中含量按 Na <sub>2</sub> O+0.658K <sub>2</sub> O 计算值来表示,其含量应<0.60%或由供需双方商定		
		三氧化硫	水泥中含量应<2.5%		
	技术性能	不溶物	水泥中含量应<1.5%		
		比表面积	水泥比表面积不得小于 280m <sup>2</sup> /kg		
凝结时间		初凝不得早于 45min,终凝不得迟于 10h			
安定性		用沸煮法检验,必须合格			
标号		中抗硫、高抗硫水泥			
	抗压强度/MPa	≥	抗折强度/MPa	≥	
	3d	28d	3d	28d	
	425	16.0	42.5	3.5	6.5
	525	22.0	52.5	4.0	7.0

6.7 快硬硫铝酸盐水泥(见表 3.3-155)

表 3.3-155 快硬硫铝酸盐水泥性能及应用(JC 714 1996)

组成	以无水硫铝酸钙和硅酸二钙为主要矿物成分的熟料,加入适量石膏磨细制成的早期强度高的水硬性胶凝材料
应用	用作配制早强、抗渗和抗硫酸盐侵蚀腐蚀等混凝土、负温施工(冬季施工)、浆锚、喷锚支护;拼装、节点、地质固井、抢修、堵漏;水泥制品、玻璃纤维增强水泥(GRC)制品及一般建筑工程

(续)

质量指标	化学成分	游离氧化钙	水泥中不允许出现游离氧化钙					
	技术性能	比表面积	比表面积不得低于 350m <sup>2</sup> /kg					
		凝结时间	初凝不早于 25min;终凝不迟于 3h					
		标号	抗压强度/MPa			抗折强度/MPa		
			1d	3d	28d	1d	3d	28d
			42.5	42.5	48.0	6.5	7.0	7.5
52.5	52.5		58.0	7.0	7.5	8.0		
62.5	62.5	68.0	7.5	8.0	8.5			
72.5	72.5	78.0	8.0	8.5	9.0			

注:必要时应进行水泥的 28 天龄期强度检验,其数值不得低于 3 天龄期强度指标。

### 6.8 特快硬调凝铝酸盐水泥(见表 3.3-156)

表 3.3-156 特快硬调凝铝酸盐水泥性能及应用(JC/T 736-1996)

组成	是以铝酸钙为主要成分的水泥熟料,加入适量硬石膏和促硬剂,经磨细制成的,凝结时间可调节、小时强度增长迅速、以硫铝酸钙盐为主要水化物的水硬性胶凝材料							
应用	适用于特快硬调凝铝酸盐水泥,该水泥用于抢修、抢修、堵漏以及喷射、负温施工等工程							
质量指标	化学成分	三氧化硫	熟料中三氧化硫(质量分数)不低于 7%;不超过 11%					
	技术性能	比表面积	比表面积不得低于 5000cm <sup>2</sup> /g					
		凝结时间	初凝不早于 2min;终凝不迟于 10min;加入水泥质量(质量分数)的 0.2% 酒石酸钠缓凝剂初凝不早于 15min;终凝不迟于 40min					
		标号	抗压强度/MPa			抗折强度/MPa		
			2h	1d	28d	2h	1d	28d
225	22.06	34.31	53.92	3.43	5.39	7.35		
使用中注意事项	<p>本水泥不得与其他品种水泥混合使用,可以与已硬化的硅酸盐水泥混凝土接触使用</p> <p>不得用于温度长期处于 50°C 以上的环境中</p> <p>应用本水泥施工时,必须随拌和随使用防止结硬</p> <p>采用机械拌和混凝土时,除必须将设备清洗洁净外,应先加水 and 石子转几转后,再加砂和水</p> <p>用于钢筋混凝土工程时,钢筋的保护层厚度不得小于 3cm,预应力混凝土工程暂不使用</p> <p>根据施工条件和强度要求,采用酒石酸钠、氟硅酸钠等调节凝结时间</p> <p>浇注和修补用的混凝土配比,根据设计强度而定,水灰的比不应大于 0.42,水泥用量应大于 400kg/m<sup>3</sup></p> <p>浇注和修补的混凝土或砂浆施工后,应根据硬化情况及时浇水养护</p> <p>本水泥水化热集中在前 2h 释放,在浇注较大体积混凝土工程时,应根据环境温度情况,采取适当的降温措施</p> <p>混凝土标号的设计,以 2h 或 1d 的强度指标为准</p>							

### 6.9 膨胀硫铝酸盐水泥(见表 3.3-157)

表 3.3-157 膨胀硫铝酸盐水泥性能及应用(JC/T 739-1996)

组成	无水硫铝酸钙和硅酸二钙为主要矿物成分的熟料,加入适量二水石膏磨细制成的具有可调膨胀性能的水硬性胶凝材料						
应用	主要用作配制节点、抗渗、补偿收缩混凝土						
质量指标	分类	以水泥自由膨胀率值划分,分为微膨胀硫铝酸盐水泥和膨胀硫铝酸盐水泥两类					
	标号	两类膨胀硫铝酸盐水泥的标号均以 28 天抗压强度表示,定为 525 一个标号					
	化学成分	游离氧化物不允许出现					
	技术性能	比表面积	比表面积不得低于 400m <sup>2</sup> /kg				
		自由膨胀率	微膨胀水泥净浆试体 1 天自由膨胀率不得小于 0.05%,28 天自由膨胀率不得大于 0.5% 膨胀水泥净浆试体 1 天自由膨胀率不得小于 0.10%;28 天不得大于 1.00%				
		凝结时间	初凝不早于 30min;终凝不迟于 3h				
		分类	抗压强度/MPa			抗折强度/MPa	
1d	3d		28d	1d	3d	28d	
微膨胀水泥	31.4		41.2	51.5	4.9	5.9	6.9
膨胀水泥	27.5	39.2	51.5	4.1	5.1	6.4	

## 7 石棉制品

### 7.1 常用石棉性能及应用(见表 3.3-158)

### 7.2 温石棉产品

根据选矿方法将温石棉分为手选石棉和机选石棉

两类。手选石棉是用手拣选出来的块束状天然石棉;按纤维长度将手选石棉分为手特 1 级、手特 2 级、手选 1 级、手选 2 级。机选石棉是用机械加工方法从矿石中选别出来的各等级石棉纤维;机选石棉分为纵纤维石棉和横纤维石棉两类。机选纵纤维石棉分为 1 级、2 级、3 级、4 级、5 级、6 级;机选横纤维石棉分为 3 级、4 级、5 级、6 级。



表 3.3-158 常用石棉性能及应用

性能	温石棉	青石棉
密度/g·cm <sup>-3</sup>	2.2~2.4	3.2~3.3
硬度(莫氏)	2.5~4.0	4.0
纤维外形	白色有光泽	深青色光泽小
柔顺性	柔软	柔软
强韧性	强	稍强
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	0.2512	—
熔点/°C	1200~1600	900~1150
使用温度/°C	400	200
最高使用温度/°C	600~800	—
灼烧减量(800°C)(%)	13~15	3~4
吸湿率(%)	1~3	1~3
耐酸性	弱	强
耐碱性	强	弱
抗拉强度/MPa	3000	3300
作为绝缘材料	适宜	较差
特性及应用	质软,有弹性,熔化温度高,耐热性好,耐酸性较差,主要用于纺织、保温制品和复合材料、隔音材料	质硬,强度高,耐酸性好,能防辐射,溶化温度低。主要用于水泥石棉管道、防辐射及过滤材料等

手选石棉的产品代号分为手特1级、手特2级、手选1级和手选2级。机选石棉的产品代号由级别识别

表 3.3-160 机选温石棉产品代号及技术要求(摘自 GB/T 8071-2001)

级别	产品代号	主体纤维含量(%)				松解棉含量(%)	主体纤维含量(%)			含砂量(%)	夹杂物含量(%)	
		干式分级					湿式分级					
		12.5mm	4.75mm	1.40mm	1.40mm		1.18mm	0.075mm	纤维系数			
1	1-70(Z)	70	93	97	3	—	50	40	0.3	0.04		
	1-60(Z)	60	88	96	4		47	44				
	1-50(Z)	50	85	95	5		43	46				
2	2-40(Z)	40	82	94	6	—	37	50	—	—		
	2-30(Z)	30	82	93	7		32	54				
	2-20(Z)	20	75	91	9		28	58				
3	3-80	—	80	93	7	40	10	38	0.3	0.04		
	3-70		70	91	9		40	1.2				
	3-60		60	89	11		42	1.1				
	3-50		50	87	13		43	1.0				
	3-40		40	84	16		44	0.9				
	3-55(Z)		55	88	12		30	25			60	0.9
	3-45(Z)		45	85	15		20	62			0.8	
4	4-30	—	30	83	17	35	8	46	0.4	0.03		
	4-20		20	82	18		7	49			0.6	
	4-15		15	80	20		6	52			0.5	
	4-10		10	80	20		6	52			0.5	
	4-20(Z)		20	80	20		25	10			65	0.65
	4-10(Z)		10	78	22		8	68			0.6	
	4-5(Z)		5	75	25		5	70			0.5	
5	5-80	—	80	20	30	4	54	0.5	0.02			
	5-70		70	30		3	56			0.35		
	5-60		60	40		1.5	58			0.30		
	5-50		50	50		1	60			0.25		
	5-70(Z)		70	30		3	72			0.30		
	5-60(Z)		60	40		20	2			74	0.20	
	5-50(Z)		50	50		1	76			0.15		
6	6-40	—	40	60	—	—	66	1.0	—			
	6-30		30	70		—	68					

数字(一位数字)和主体纤维含量识别数字(两位数字)组成;纵纤维石棉还应在主体纤维含量识别数字后加字母Z,最后部位为标准号作为温石棉的产品标记。手选和机选温石棉产品代号及技术要求见表 3.3-159、表 3.3-160。

表 3.3-159 手选温石棉产品代号及技术要求(摘自 GB/T 8071-2001)

产品代号	平均纤维长度/mm	主体纤维含量(%) (质量分数)≥	含砂量(%) (质量分数)≤
手特1级	100	70	2.0
手特2级	60	70	2.5
手选1级	19	60	5.0
手选2级	9	60	10.0

- 注:1. 主体纤维含量:石棉产品经干式分级后留存在所规定筛网上的累积筛余量,1级、2级石棉,筛网筛孔为 12.5mm;3级、4级石棉筛网筛孔为 4.75mm;5级、6级石棉,筛网筛孔为 1.4mm。
2. 温石棉是一种纤维状含水硅酸镁矿物,亦称纤维蛇纹石,分子式为 3MgO·2SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O,理论成分(质量分数)为: MgO(43.64%)、SiO<sub>2</sub>(43.36%)、H<sub>2</sub>O(13.00%)。
3. 产品水份(吸着水)不应大于 2%(质量分数)。

(续)

级别	产品代号	主体纤维含量(%)				松解棉含量(%)	主体纤维含量(%)			含砂量(%) ≤	夹杂物含量(%) ≤
		干式分级					湿式分级				
		+12.5mm	+4.75mm	+1.40mm	-1.40mm		-1.18mm	-0.075mm	纤维系数		
6	6-20			20	80	≥	≥	≤	≥	1.0	0.02
	6-40(Z)	—	—	40	60	—	—	—	—		
	6-30(Z)			30	70						

注：1. 产品水份(吸着水)不应大于2%(质量分数)。

2. 本表百分含量均为质量分数。

3. 纤维系数是用GB/T 6646.3方法测得的纤维分布数据,按下式计算:

$$\text{纤维系数} = \frac{A \times 4 + B \times 3 + C \times 2 + D}{100}$$

式中:A、B、C、D分别为2.36mm、1.18mm、0.6mm、0.3mm筛子筛余量(%)。

4. 松解棉是经过松解,具有高度纤维化的石棉。

### 7.3 石棉板(见表3.3-161、表3.3-162)

表3.3-161 石棉板规格尺寸

厚度/mm	1.6 (1/16")	3.2 (1/8")	4.8 (3/16")	6.4 (1/4")	8.0 (5/16")	9.6 (3/8")	11.2 (7/16")	12.7 (1/2")	14.3 (9/16")	15.9 (5/8")
宽度/mm	1000									
长度/mm	1000及2000									
每平方米重量/kg	1.85	3.70	5.55	7.40	9.25	11.10	12.95	14.80	16.65	18.50

注:石棉板的规格一般为1000×1000mm,厚度,1.0~20mm。

表3.3-162 石棉板主要性能

指标名称	石棉板等级	
	一等品	二等品
外观		
1)形状	正方形直角	允许四边有不大于1cm的偏差允许不齐整
2)四边	齐整	允许有不大于5cm的裂口,厚度在6mm以上的,容许有凹凸二处,但总面积不应超过15cm <sup>2</sup>
3)裂口凹凸	不允许有	厚度6mm以上的允许有,但面积不应超过总面积的20%
4)皱纹	厚度6mm以上的允许有,但面积不应超过总面积的10%	4cm <sup>2</sup>
5)外来杂质:1m <sup>3</sup> 上的总面积,不超过	2cm <sup>2</sup>	
抗拉强度/MPa		
1)纵向 <sup>①</sup>	≥ 13.4	11.6
2)横向	≥	—
含水率(%)	≤ 3	3
灼热减量(%)	≤ 18	18
1mm厚的石棉板每1m <sup>2</sup> 重量/kg	≤ 1.3	1.3

① 厚度6mm以上的,不试验纵向抗拉强度。

### 7.4 石棉橡胶板(见表3.3-163、表3.3-164)

表3.3-163 石棉橡胶板尺寸规格(摘自GB/T 3985-1995)

(mm)

厚度	厚度允许偏差	同一张板上,相距500mm的任意两点厚度允许偏差≤	长度	宽度	长、宽度允许偏差(%)
0.5,0.6,0.8,1.0	±0.10	0.10	500,620,1000 1260,1350,1500 4000	500,620,1200, 1260,1500	±5
1.5,2.0	±0.15	0.15			
2.5,3.0	±0.20	0.20			
3.0以上	±0.25	0.22			

表3.3-164 石棉橡胶板牌号及性能(摘自GB/T 3985-1995)

牌号	XB 450		XB 350		XB 200	
指标名称						
抗拉强度/MPa	≥	19.0		12.0		6.0
压缩率(%)		12±5		12±5		12±5

(续)

牌号	XB 450	XB 350	XB 200
指标名称			
回弹率(%)	45	40	35
老化系数	0.9	0.9	0.9
烧失量(%)	28	30	30
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0
柔软性	无裂纹	无裂纹	无裂纹
应力松弛率(%)	50	50	50
蒸汽密封性	温度为440~450°C,压力为11~12MPa 保持30min,无穿击	温度为340~350°C,压力为7~8MPa 保持30min,无穿击	温度为200~220°C,压力为2~3MPa 保持30min,无穿击
应用条件	温度为450°C,压力为6MPa以下的水、水蒸气等介质的设备、管道法兰连接处的密封衬垫材料	温度为350°C,压力为4MPa以下的水、水蒸气等介质的设备、管道法兰连接处所用的密封衬垫材料	温度为200°C,压力为1.5MPa以下的水、水蒸气介质的设备、管道法兰连接处所用的密封衬垫材料

注:厚度大于3.0mm者不做抗拉强度试验;厚度2.5mm以上者(包括2.5mm)不作柔软性试验。

### 7.5 耐酸石棉橡胶板(见表3.3-165)

表3.3-165 耐酸石棉橡胶板规格及性能(摘自JC/T 555-1994)

尺寸规格/mm	厚度	厚度偏差	同一张上相距500mm任意两点的厚度差	长度	宽度	长、宽度允许偏差(%)		
	1.0	-0.10	0.10	500	500	±5		
1.5	+0.15	0.15	1000	1000				
2.0	±0.20	0.20	1260	1260				
2.5	+0.25	0.20	1350	1350				
3.0,3.5	±0.30	0.20	1500	1500				
物理性能	指标名称				技术指标			
	横向抗拉强度/MPa				≥	14.0	11.0	8.0
	密度/g·cm <sup>-3</sup>				1.7~2.1			
	压缩率(%)				12±5			
	回弹率(%)				≥	40		
	柔软性				无裂纹			
耐酸性	硫酸 c(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )=18 mol/L,室温,48h			外观	不起泡、无裂纹			
				增重率(%)不大于	30	40	50	
	盐酸 c(HCl)=12 mol/L,室温,48h			外观	不起泡、无裂纹			
				增重率(%)不大于	25	35	45	
	硝酸 c(HNO <sub>3</sub> )=1.67 mol/L,室温,48h			外观	不起泡、无裂纹			
				增重率(%)不大于	20	30	40	

注:1.厚度大于3.0mm者不做抗拉强度试验。

2.厚度大于等于2.5mm者不做柔软性试验。

3.其他性能要求可由供需双方商定。

4.耐酸石棉橡胶板产品代号为“NS”,适用于温度200°C,压力2.5MPa以下的酸类介质的设备及管道密封衬垫用。

5.标记示例:耐酸石棉橡胶板长度1000mm,宽度1000mm,厚度2.5mm,优等品,标记为:NS-1000×1000×2.5-优等品  
JC/T 555-1994

### 7.6 耐油石棉橡胶板(见表3.3-166)

表3.3-166 耐油石棉橡胶板规格、性能及应用(摘自GB/T 539-1995)

厚度及偏差/mm	厚度	厚度允许偏差	同一张上相距500mm的任意两点 厚度允许偏差 不大于	
	0.4;0.5;0.6;0.8;0.9;1.2	±0.10	0.10	
1.5;2.0	±0.15	0.15		
2.5;3.0	±0.20	0.20		
长度、宽度及偏差/mm	长度	宽度	长、宽允许偏差(%)	
	550,620,1000,1260,1350,1500	550,620,1290,1260,1500	±5	

(续)

性能	项 目		NY408	NY250	NY150	TINY300	
	耐油性	温度 150±2°C, 在 20 号航空润滑油中浸泡 5h 后取出, 在 15~30°C 下放置 30min	横向拉伸强度/MPa	≥ 26.0	9.0	8.0	10.8
			吸油率(%)	≤ 9	23	23	23
			浸油增厚率(%)	≤ 15	20	—	15
			浸油外观变化	—	—	—	不允许起泡
	耐油性	温度 15~30°C, 在 75 号航空汽油或 3 号喷气燃料中浸泡 5h 后取出, 放置 5min	横向抗拉强度/MPa	≥ 14.7	7.0	6.0	7.9
			吸油率(%)	≤ 13	22	22	22
			浸油增厚率(%)	≤ 20	25	—	25
			柔软性	—	—	—	无裂纹
	柔软性		—				无裂纹
密度/g·cm <sup>-3</sup>		—				1.6~2.0	
压缩率(%)		—				12±5	
回弹率(%)		—				50	
油密封性	温度 15~30°C, 介质为 75 号航空汽油或 3 号喷气燃料	压力为 12MPa	压力为 10MPa	压力为 8MPa	压力为 15MPa	完全密封	
		完全密封					
腐蚀性	对硬铝板, 低碳素钢板					无腐蚀	
横向抗拉强度/MPa		—		11.0	9.0	12.7	
应力松弛率(%)		—		45	—	45	
应用说明	一般工业用耐油石棉橡胶板代号为 NY 航空用耐油石棉橡胶板代号为 HNY 标记代号 NY150 表示一般工业用石棉橡胶板适用最高温度为 150°C		最高温度 400°C, 最大压力 4MPa, 作热油、石油裂化、煤蒸馏设备及管道法兰连接处密封	最高温度 250°C, 最大压力 2.5 MPa, 作炼油设备及管道法兰连接处的密封	最高温度 150°C, 最大压力 1.5 MPa, 作炼油设备、管道及汽车、拖拉机、柴油机的输油管道接合处之密封	最高温度 300°C, 作航空燃油、石油基润滑油及冷气系统密封	

注: 厚度大于 3.0mm 板材不做拉伸试验; 厚度大于等于 2.5mm 板材不做柔性试验。

7.7 工业机械用石棉摩擦片(见表 3.3-167、表 3.3-168)

表 3.3-167 工业机械用石棉摩擦片分类、用途及规格(摘自 GB/T 11834-2000)

分类、代号及用途	类 别		分 类		用 途		代 号
	1 类	工艺特性 未经热压或硫化	材 料		用 途		
			普通软质编织制品		制动片 制动带		
2 类	经半硫化	软质模压制品		制动片 制动带		ZP2 ZD2	
		3 类	经热压及硫化	特殊加工编织制品		1 号	制动片 制动带
模压制品或半模压制品				2 号	制动片	ZP3-2	
半金属模压制品				3 号	离合器片	LP3-3	
制动片(带)尺寸及极限偏差/mm	基本尺寸			极限偏差			
	宽度	≤30		1 类, 2 类, 3 类 1 号		3 类 2 号	
		>30~60		±1.0		±0.5	
		>60~100		±1.0		±0.6	
		>100~200		±1.5		±0.8	
		>200		±2.0		±1.0	
	厚度	≤6.3		±0.3		±0.2	
>6.3~10.0		±0.5		±0.25			
>10.0		±0.6		±0.3			
离合器面片尺寸及极限偏差/mm	外径基本尺寸	外径极限偏差	内径极限偏差	厚度基本尺寸	厚度极限偏差	每片厚薄差	
	≤100	0 -0.8	+0.8 0	≤6.3	±0.15	≤0.15	
	>100~250	0 -1.0	-1.0 0	>6.3~10.0	±0.20	≤0.20	
	>250~400	0 -1.5	-1.5 0	>10.0	+0.25	≤0.25	

(续)

离合器面片尺寸 及极限偏差/mm	外径基本尺寸	外径极限偏差	内径极限偏差	厚度基本尺寸	厚度极限偏差	每片厚薄差
	>100	0 -2.0	+2.0 0	>10.0	±0.25	≤0.25

注: 1. 摩擦片基本尺寸由需方确定; 制动带和制动片基本尺寸用宽度和厚度表示; 离合器片基本尺寸用外径、内径和厚度表示。异形摩擦片基本尺寸由供需双方协定。

2. 本产品适于工业机械用石棉制动器衬片(带)和干式石棉离合器面片, 也适用于农业机械用干式石棉摩擦片。

3. 标记示例: 宽100mm、厚4mm的2类制动带, 标记为:

ZD2-100×4 GB/T 11834-2000

表 3.3-168 工业机械用石棉摩擦片性能(摘自 GB/T 11834-2000)

摩擦系数 $\mu$	分 类	试验机圆盘摩擦面温度/°C				
		100	150	200	250	
	1类	0.30~0.60	0.25~0.60	—	—	
	2类	0.30~0.60	0.25~0.60	0.20~0.60	—	
	3类1号	0.30~0.60	0.25~0.60	0.20~0.60	—	
	3类2号	0.30~0.60	0.30~0.60	0.20~0.60	0.15~0.60	
	3类3号	0.25~0.60	0.20~0.60	0.15~0.60	—	
指定摩擦系数的 允许偏差 $\Delta\mu$	分 类	试验机圆盘摩擦面温度/°C				
		100	150	200	250	
		1类	±0.10	—	—	—
		2类	±0.10	+0.12	—	—
		3类1号	±0.08	±0.10	—	—
3类2号	±0.08	±0.10	+0.12	—		
3类3号	±0.08	±0.10	—	—		
磨损率 $V$ /10 <sup>-5</sup> cm <sup>3</sup> · (N·m) <sup>-1</sup>	分 类	试验机圆盘摩擦面温度/°C				
		100	150	200	250	
		1类	≤1.00	≤2.00	—	—
		2类	≤0.50	≤0.75	≤1.00	—
		3类1号	≤0.50	≤0.75	≤1.00	—
3类2号	≤0.50	≤0.75	≤1.00	≤2.00		
3类3号	≤0.50	≤0.75	≤1.00	—		
弯曲性能	3类3号制品: 抗弯强度 $\sigma_b \geq 25\text{MPa}$ , 最大应变 $\epsilon \geq 6.0 \times 10^{-3}\text{mm/mm}$					

注: 1. 1类制品应按 GB/T 11834-2000 柔软性能试验方法和指标进行柔软性试验。

2. 用户对厚度不大于 6.3mm 的 3类1号制品有柔软性能要求, 亦可按注 1 的要求执行。

## 7.8 石棉布(见表 3.3-169)

表 3.3-169 石棉布规格及性能(JC/T 210-1996)

技术指标		石棉布					隔膜石棉布 (JC/T 211-1996)
		SB-16	SB-19	SB-24	SB-28	SB-32	
重量/kg·m <sup>-2</sup> ≤	厚度 1.5mm(平纹)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	—
	厚度 2.0mm(平纹)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	—
	厚度 2.5mm(平纹)	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	—
	厚度 3.0mm(平纹)	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	—
	厚度 3.0mm(平斜纹)	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	—
	厚度 3.2mm(斜纹)	—	—	—	—	—	3.80
烧失量(%)	≤	16	19	24	28	32	19
水分(%)	≤	3.5					3.5
抗拉力/N 不低于	经向	厚度 1.5mm(平纹)	490		441		—
		厚度 2.0mm(平纹)	588		461		—
		厚度 2.5mm(平纹)	687		490		—
		厚度 3.0mm(平纹)	785		588		—
		厚度 3.0mm(平斜纹)	883		785		—
		厚度 3.2mm(斜纹)	—		—		220
	纬向	厚度 1.5mm(平纹)	245		196		—
		厚度 2.0mm(平纹)	294		216		—
		厚度 2.5mm(平纹)	343		255		—
		厚度 3.0mm(平纹)	392		294		—
		厚度 3.0mm(平斜纹)	490		441		—
		厚度 3.2mm(斜纹)	—		—		170

(续)

技术指标		石棉布 (JC/T210-1996)					隔膜石棉布 (JC/T 211-1996)	
		SB-16	SB-19	SB-24	SB-28	SB-32		
加热后抗拉力/N 不低于	加热温度/°C		550	500	350	250	200	—
	经向	厚度 1.5mm(平纹)	245		177	157	137	—
		2.0mm(平纹)	294		186	167	137	—
		2.5mm(平纹)	343		196	167	147	—
		3.0mm(平纹)	392		235	206	177	—
		3.0mm(平斜纹)	441		314	275	235	—
	纬向	厚度 1.5mm(平纹)	128		79	69	59	—
		2.0mm(平纹)	147		88	79	69	—
		2.5mm(平纹)	177		98	88	79	—
		3.0mm(平纹)	196		118	108	88	—
3.0mm(平斜纹)		245		177	157	137	—	
碱失量(%)		≤	—	—	—	—	4	
气密性能(U形管指标刻度 300mm 水柱压力/2min)		—	—	—	—	—	不允许有气泡	

- 注: 1. 夹金属丝石棉布的单位面积重量不作规定,其烧失量不包括金属丝在内。  
 2. 铜丝石棉布的抗拉强度和加热后的抗拉强度应不低于表内规定。  
 3. 夹其他金属丝的石棉布,其抗拉强度和加热后的抗拉强度,不作规定。

### 7.9 电绝缘石棉纸(见表 3.3-170)

表 3.3-170 电绝缘石棉纸主要性能(摘自 JC/T 41-1996)

指标名称 规格/mm 牌号	密度/g·cm <sup>-3</sup> ≤	抗拉力/N ≥		含水分(%) ≤	烧失量(%) ≤	击穿电压/V	个别点最低 击穿电压/V	三氧化二铁 含量(质量 分数)(%) ≤	
		纵向	横向						
I	0.2	1.1	19.6	5.88	3.5	25	1200	900	4
	0.3	1.1	24.5	7.85	3.5	25	1400	1100	4
	0.4	1.1	27.5	11.8	3.5	25	1700	1300	4
	0.5	1.1	31.4	13.7	3.5	25	2000	1500	4
II	0.2	1.1	15.7	3.92	3.5	23	500	—	—
	0.3	1.1	19.6	5.88	3.5	23	500	—	—
	0.4	1.1	21.6	7.85	3.5	23	1000	—	—
	0.5	1.1	24.5	9.81	3.5	23	1000	—	—

- 注: 1. 卷状纸宽度(500±20)mm,单张纸宽度(1000±20)mm。  
 2. I型能承受较高电压,用于大型电机磁极线圈匝间电绝缘材料。II型能承受一般的电压,作为电器开关,仪表等隔弧绝缘材料。

### 7.10 石棉绳(见表 3.3-171、表 3.3-172)

表 3.3-171 石棉绳产品名称、分类及代号(摘自 JC/T 222-1994)

名称及 代号	产品名称	制造方法	代 号
	石棉扭绳	用石棉纱、线扭合而成	
石棉圆绳	用石棉纱、线编结成圆形的绳		SY
石棉方绳	用石棉纱、线编结成方形的绳		SF
石棉松绳	用石棉绒作芯,以石棉纱、线编成菱形网状外皮的松软的圆形绳		SC
按烧失量 分级	分 级	烧失量(%)	代 号
	AAAA级	≤16.0	4A
	AAA级	16.1~19.0	3A
	AA级	19.1~24.0	2A
	A级	24.1~28.0	A
	B级	28.1~32.0	B
S级	32.1~35.0	S	

标记示例: 直径 3mm,长度 1000mm,4A级石棉扭绳,标记为:  
 石棉绳 SN-4A3×1000 JC/T222-1994

表 3.3-172 石棉绳规格(摘自 JC/T 222—1994)

石棉扭绳	规格(直径)/mm		允许偏差/mm	密度/ $g \cdot cm^{-3} \leq$		
		3.0	5.0	$\pm 0.3$	1.00	
	6.0	8.0	$\pm 0.5$			
	10.0	>10.0	+1.0			
	规格(直径)/mm		允许偏差/mm	编结层数		
石棉圆绳	6.0	±0.5	一层以上	1.00		
	8.0					
	10.0					
	13.0					
	16.0	±1.0	二层以上			
	19.0					
	22.0					
	25.0					
	28.0	±1.5	三层以上			
	32.0					
	35.0					
	38.0					
42.0	±2.0	四层以上				
45.0						
50.0						
			规格(边长)/mm	允许偏差/mm	密度/ $g \cdot cm^{-3} \geq$	规格(边长)/mm
石棉方绳	4.0	±0.4	0.80	22.0	±1.5	0.80
	5.0					
	6.0					
	8.0					
	10.0	±0.5		32.0		
	13.0					
	16.0					
	19.0					
		±1.0		38.0	±2.0	
				42.0		
				45.0		
				50.0		
				30.0		
石棉松绳	规格(直径)/mm		允许偏差/mm	密度/ $g \cdot cm^{-3} \leq$		
	13.0	16.0	$\pm 1.0$	0.55		
	19.0	22.0	$\pm 1.5$	0.45		
	25.0	32.0				
	38.0	45.0				
	50.0		$\pm 2.0$	0.35		

7.11 常用盘根(见表 3.3-173)

表 3.3-173 常用盘根的品种及规格

名称	牌 号	规格 (直径或方形边长) /mm	密度 / $g \cdot cm^{-3} \geq$	应 用		
				适用最大 压力/MPa	适用最高 温度/ $^{\circ}C$	应用举例
油浸石棉盘根 (JC/T 88—1996)	YS 350	3,4,5,6,8,10,13, 16,19,22,25,28, 32,35,38,42,45,50	0.9 (夹金属丝 者为 1.1)	4.5	350	用于回转轴、往复活塞 或阀门杆上做密封材料、 介质为蒸汽、空气、工业 用水、重质石油等
	250					
橡胶石棉盘根 (JC/T 67—1996)	XS 550	3,4,5,6,8,10,13, 16,19,22,25,28, 32,35,38,42,45,50	0.9	8	550	用于蒸汽机、往复泵的 活塞和阀门杆上做密封 材料
	XS 450			6	450	
	XS 350			4.5	350	
	XS 250			4.5	250	

(续)

名称	牌号	规格 (直径或方形边长) /mm	密度 /g·cm <sup>-3</sup> ≥	应用		
				适用最大 压力/MPa	适用最高 温度/°C	
油浸棉、麻盘根 (JC/T 332-1996)		3,4,5,6,8, 10,13,16	0.9	12	120	用于管道、阀门、旋转轴、活塞杆作密封材料,介质为河水、自来水、地下水、海水等
聚四氟乙烯石棉盘根 (JC/T 341 1996)	—	3,4,5,6,8,10,13, 19,22,25	1.1	12	250	用于管道阀门,活塞杆上做防腐、密封材料,温度为 100~250°C

注: 1. 油浸石棉盘根分为方型(F)、圆型(Y)、圆型扭制(N)一种产品, Y型的尺寸从5mm至50mm。

2. 标记示例:边长为10mm,长度为1000mm的方形油浸棉麻盘根,标记为:盘根 10×10×1000 JC/T 332-1996。

## 8 木材及其制品

### 8.1 常用木材品种及性能(见表 3.3-174、表 3.3-175)

表 3.3-174 机械产品常用木材品种

用途	技术要求	主要适用木材	用途	技术要求	主要适用木材	
木质机械	容重、强度和冲击强度大、不劈裂、易加工	柏木、硬木松类、铁杉属、落叶松属、山毛榉、水曲柳、栲、槲属、椴属	车架	强度高	铁杉属、落叶松属、云杉属、松属、桦属、榆属、锥栗属、属、属刺槐、银荷木、荷木、西南荷木、云南双翅龙脑香	
农业机械	机械零部件	强度、硬度和冲击强度较高,不易翘曲和变形,易加工	车	内墙板(侧板、椅)	外貌美观易加工	冷杉属、云杉属、铁杉属、桦属、槲属、柞栎、锥栗属、槲属、山毛榉属、水曲柳、栲、椴属、荷木、银荷木、西南荷木、槲科、榆科等
						地板(底板)
	农具	强度中等,有一定弹性和韧性,变形小				硬木松类、云杉属、铁杉属、落叶松属、柏木、早柳、槐树、荷木、桑树、榆属、桦属、朴属、青冈属、椴属、槲属、锥栗属
锻锤垫木	横纹全部抗压强度和横纹抗压模量较高	落叶松属、云杉属、红松、华山松、马尾松、樟子松、云南松、油松、铁杉、云南铁杉、柞栎、麻栎、小叶栎、青冈、红锥、海南锥、荷木、红桦、水曲柳、椴属	蓄电池隔板	纹理直,结构均匀,耐酸	松属、罗汉松属、黄杉属、椴属、拟赤杨	
木模	以胀缩性小为主,强度较高,易加工	松属、云杉属、铁杉属、柏木属、梓树属、黄桐、杨属、柳属、椴属、黄杞、苦楝、臭椿、桦属、锥栗属、朴属、荷木、槲属	包装	箱	有适当的强度,钉着性较好,变形小	冷杉属、云杉属、铁杉属、松属、柳杉、杉木、杨属、柳属、杨桐属、桦属、苦楝、拟赤杨、枫杨、青钱柳、锥栗属、榆属、椴属、臭椿、朴属、早莲、山枣、白颜树、兰果树、悬铃木、荷木、银荷木、西南荷木
			重型机械	强度较大	落叶松属、硬木松类、铁杉属、桦属、榆属、锥栗属、椴属、杜英属、马蹄荷、粘木、灰木属等	

表 3.3-175 工业用木材物理力学性能

树种	地区	气干密度 /g·cm <sup>-3</sup>	体积干缩系数 (%)	顺纹抗压强度 /MPa	横纹抗压强度 (弦向)/MPa		顺纹抗拉强度 /MPa	抗弯强度 (弦向) /MPa	抗弯模量 (弦向) /GPa	冲击韧度 (弦向) /N·m	顺纹抗剪强度 (弦面) /MPa	硬度 (端面) /MPa
					局部受压	全部受压						
针叶木材												
冷杉	四川大渡河、青衣江	0.433	0.537	34.8	4.3	3.2	95.4	68.6	9.8	3.8	5.4	31
杉木	东北长白山	0.390	0.437	31.9	3.5	2.4	72.1	65.1	9.1	3.0	6.4	25
臭冷杉	东北小兴安岭	0.384	0.472	38.8	3.3	2.3	77.2	63.8	9.4	3.1	6.2	22
杉木	湖南江华	0.371	0.420	37.0	3.2	1.4	75.7	62.5	9.4	2.5	4.8	25
柏木	湖北崇阳	0.600	0.320	53.2	9.4	6.6	114.8	98.5	10.0	1.5	10.9	58
银杏	安徽歙县	0.532	0.417	40.2	5.2	3.1	80.4	76.2	9.1	3.3	10.8	111
油杉	福建永泰	0.552	0.510	43.7	7.1	4.5	107.8	89.3	12.3	5.6	6.9	43
落叶松	东北小兴安岭	0.641	0.588	56.4	8.2	—	127.3	111.0	14.2	4.8	6.7	37
黄花落叶松	东北长白山	0.594	0.554	51.3	7.6	—	120.1	97.3	12.4	4.8	6.9	33
红杉	四川平武	0.452	0.416	34.3	6.2	4.3	76.0	68.8	8.6	2.8	5.1	31



(续)

树 种	地 区	气干 密度 'g· cm <sup>-3</sup>	体积 干缩 系数 (%)	顺纹抗 压强度 'MPa	横纹抗压强度 (弦向)/MPa		顺纹抗 拉强度 'MPa	抗弯 强度 (弦向) 'MPa	抗弯 模量 (弦向) 'GPa	冲击 韧度 (弦向) 'N·m	顺纹抗 剪强度 (弦向) 'MPa	硬度 (端面) 'MPa
					局部 受压	全部 受压						
云 杉	四川武、理县	0.459	0.521	37.8	4.4	2.8	92.1	74.4	10.1	3.8	5.8	24
红皮云杉	东北小兴安岭	0.417	0.484	34.5	4.3		94.8	68.5	10.9	3.2	6.1	21
紫果云杉	四川平武	0.481	0.521	42.1	4.9	2.8	111.5	81.1	11.4	4.1	6.1	34
华山松	贵州威宁	0.476	0.449	35.3	1.3	2.6	85.5	63.3	8.5	3.6	7.5	25
红 松	小兴安岭、长白山	0.440	0.459	32.7	3.7	—	96.1	64.0	9.8	3.4	6.8	21
广东松	湖南莽山	0.501	0.409	31.4	—	6.1	96.2	89.9	9.9	3.9	7.8	34
黄山松	安徽霍山	0.571	0.589	46.6	6.6	4.5	—	89.1	12.8	5.4	8.7	31
马尾松	湖南郴县、会同	0.519	0.470	43.5	6.5	3.0	102.8	89.2	12.1	3.8	6.6	29
樟子松	黑龙江图里河	0.477		36.1	3.4		112.8	69.9	9.8	4.1	7.7	25
油 松	湖北秭归	0.537	0.176	41.6	5.1	3.5	118.2	86.2	11.3	4.2	6.2	28
云南松	云南广通	0.588	0.612	44.6	1.0	3.1	118.1	93.4	12.6	5.5	7.6	38
铁 杉	四川青衣江	0.511	0.439	45.4	6.0	3.5	115.4	89.7	11.1	3.9	8.2	40
阔叶树材												
槭 木	东北长白山	0.709	0.510	47.8	8.4	6.2	—	13.1	13.1	8.3	14.0	66
山合欢	江西武宁	0.577	0.390	45.9	6.7	4.2	88.3	11.9	11.9	6.9	12.4	58
拟赤杨	福建南靖	0.431	0.399	29.9	2.7	2.0	—	8.0	8.0	3.3	7.8	34
西南柃木	云南广通	0.503	0.411	39.1	3.7	2.9	80.4	74.6	9.6	4.126	9.4	38
西南曹树	云南屏边	0.768	0.627	66.5	7.1	4.9	—	121.6	12.7	7.330	14.5	89
光皮桦	安徽岳西	0.723	0.557	58.2	9.4	6.5	148.0	127.8	14.3	8.614	19.0	81
红 桦	四川岷江、黑水	0.597	0.174	44.4	4.6	3.4	147.7	90.6	10.6	6.899	11.4	53
白 桦	甘肃洮河	0.615	0.466	41.7	1.7	3.4	101.4	85.6	9.0	7.820	11.6	38
蜆 木	广西龙津县	1.130	0.806	75.1	17.8	12.5	—	158.2	20.7	17.856	20.7	140
亮叶鹅耳枥	海南尖峰岭	0.651	0.518	44.1	7.8	5.1	—	71.3	11.2	5.037	10.5	75
米 楮	广东乳沅	0.548	0.465	37.9	4.1	2.6	108.3	81.4	10.7	6.478	9.2	38
甜 楮	安徽歙县	0.552	0.400	37.7	4.5	3.4	71.8	73.5	9.1	4.420	9.9	43
栲 树	福建建瓯	0.610	0.146	43.0	5.1	3.5		85.4	11.0	6.997	9.4	39
苦 楮	福建	0.595	0.392	41.7	4.9	3.3	75.7	82.7	8.8	4.498	8.7	47
山 枣	江西武宁	0.569	0.463	43.3	5.9	3.6	—	96.5	12.1	6.880	10.7	41
香 樟	湖南郴县	0.580	0.412	40.8	7.1	—	—	73.6	9.0	3.861	9.1	40
青 岗	安徽黟县	0.892	0.598	64.2	12.9	8.4		141.7	16.3	11.113	20.7	111
细叶青岗	安徽黟县	0.893	0.635	63.6	11.9	7.9	139.7	139.2	16.6	9.643	20.9	110
黄 檀	江西武宁	0.897	0.579		12.3	8.0	—	156.6	18.0	12.956	20.5	124
黄 杞	福建南靖	0.569	0.411	44.2	5.5	4.3	113.2	89.4	9.9	4.253	9.8	55
柠檬桉	广西宜山	0.968	0.732	63.5	14.4	7.7	148.5	142.3	18.6	15.670	15.5	85
水青岗	云南金平	0.793	0.617	51.5	6.8	4.7	139.6	113.2	13.4	13.289	14.0	62
水曲柳	东北长白山	0.686	0.577	51.5	10.5	—	135.9	116.2	14.3	6.978	10.3	63
毛坡垒	云南屏边	0.965	0.787	72.8	8.2	5.6		152.7	20.3	12.417	15.3	112
核桃楸	东北长白山	0.526	0.465	36.0	1.5	—	125.0	26.3	11.8	5.174	9.8	34
枫 香	湖南郴县	0.608	0.468	41.8	5.4	—	106.5	80.8	9.6	5.145	7.0	62
石 栎	浙江昌化	0.665	0.480	19.5	11.0	—	108.1	94.5	11.3	4.312	11.9	62
红 楠	广东乳沅	0.560	0.468	37.5	5.5	3.8	100.2	79.7	10.1	6.546	9.0	35
花榈木	江西武宁	0.588	0.448	40.8	6.0	3.5	—	91.6	8.9	8.506	13.4	59
黄纹炒	东北长白山	0.449	0.368	33.0	1.6	3.8		74.6	8.8	4.194	9.0	32
山 杨	黑龙江带岭	0.364	—	30.7	2.3	—	—	54.8	5.9	7.683	6.6	20
毛白杨	北京	0.525	0.458	38.2	3.4	2.7	91.6	77.0	10.2	7.850	9.4	38
麻 栎	安徽肥西	0.930	0.616	51.1	9.9	6.4	152.3	126.0	16.5	11.985	17.6	80
柞 木	东北长白山	0.766	0.590	54.5	8.6	—	152.3	121.5	15.2	11.074	12.6	74
刺 槐	北京	0.792	0.548	52.8	10.2	7.3		124.3	12.7	17.042	12.8	67
樟 木	湖南郴县	0.584	0.469	40.5	7.1	—	108.6	91.2	11.3	6.194	7.8	41
荷 木	湖南郴县	0.611	0.473	43.8	4.7	—	121.0	91.0	12.7	6.811	10.0	52
槐 树	山东	0.702	0.511	45.0	8.1	6.5	—	103.3	10.2	12.642	13.6	65
柚 木	云南景东	0.601	0.413	49.8	7.3	5.0	79.4	103.2	10.0	4.567	4.7	49
紫 椴	东北长白山	0.493	0.470	28.4	2.7	—	105.8	59.2	11.0	4.792	7.7	21
裂叶榆	黑龙江带岭	0.548	0.517	31.8	4.2	2.9	114.6	79.3	11.6	5.635	8.3	38
桦 树	安徽滁县	0.791	0.591	47.7	8.6	6.9	149.6	127.5	12.3	15.053	15.0	82

注：表列木材的物理、力学性能，除体积干缩系数、冲击韧性及针叶树木材顺纹抗拉强度外，均为含水率15%的数值。

8.2 针叶树锯材和阔叶树锯材(见表 3.3-176 ~表 3.3-179)

表 3.3-176 普通锯材树种  
(摘自 GB/T 153--1995,GB/T 4817—1995)

树种	类别	树的名称
	1. 针叶树锯材 GB/T 153	红松、马尾松、樟子松、落叶松、云杉、冷杉、铁杉、杉木、柏木、云南松、华山松及其他针叶树种
	2. 阔叶树锯材 GB/T 4817	柞木、麻栎、榆木、杨木、槭木(色木)、桦木、泡桐、青冈、荷木、枫香、楮木及其他阔叶树种

表 3.3-177 针叶树和阔叶树锯材尺寸规格  
(摘自 GB/T 153--1995,GB/T 4817 1995)

分类	长度 /mm	厚度 /mm	宽度 /mm	
			尺寸范围	进 级
薄板	1~6	12,15,18,21	60~300	10
中板		25,30,35		
厚板		40,45,50,60		

- 注: 1. 长度进级自 2m 以上按 0.2m 进级,不足 2m 按 0.1m 进级。  
2. 特等锯材是用于各种特殊需要的优质锯材,其长度自 2m 以上,宽、厚度和树种按需要供应。  
3. 普通锯材如需要表中以外规格,由供需双方商定。  
4. 方材具体规格按供需双方商定,尺寸允许偏差按表 3.3 178 相应的长、宽、厚度尺寸偏差执行。

表 3.3-178 针叶树和阔叶树锯材尺寸允许偏差  
(摘自 GB/T 153—1995,GB/T 4817 1995)

种类	尺寸范围	偏 差
长度/m	不足 2.0	-3 -1 <sup>cm</sup>
	自 2.0 以上	-6 -2 <sup>cm</sup>
宽、厚度/mm	自 25 以上	±1
	25~100	±2
	100 以上	±3

表 3.3-179 针叶树锯材和阔叶树锯材质量指标  
(摘自 GB/T 153—1995,GB/T 4817—1995)

缺陷名称	检量与计算方法	允许限度			
		特等锯材	普通锯材		
		一等	二等	三等	
活节及死节	最大尺寸不得超过材宽的	15%	25%	40%	不限
	任意材长 1m 范围内个数不得超过	针叶 阔叶	4 3	6 5	

表 3.3-181 刨花板的分类、尺寸规格及技术指标  
(摘自 GB/T 4897.1 2003)

按用途分类	干燥状态下使用的普通用板 干燥状态下使用的家具及室内装修用板 干燥状态下使用的结构用板 潮湿状态下使用的结构用板 干燥状态下使用的增强结构用板 潮湿状态下使用的增强结构用板	公称厚度 /mm	4,6,8,10,12,14,16,19,22,25,30			
		幅面尺寸	1220mm×2440mm			
对角线之差允许值/mm	板长度	≤1220	>1220~1830	>1830~2440	>2440	
	允许值	≤3	≤4	≤5	≤6	

(续)

缺陷名称	检量与计算方法	允许限度				
		特等锯材	普通锯材			
		一等	二等	三等		
腐朽	面积不得超过所在材面面积的	针叶	不许	2%	10%	30%
		阔叶	有	5%	10%	30%
裂纹夹皮	长度不得超过材长的	针叶	5%	10%	30%	不限
		阔叶	10%	15%	40%	
虫眼	任意材长 1m 范围内的个数不得超过	针叶	1	4	15	不限
		阔叶	1	2	8	
钝棱	最严重缺角尺寸不得超过材宽的	针叶	5%	20%	40%	60%
		阔叶	10%			
弯曲	横弯最大拱高不得超过水平长的	针叶	0.3%	0.5%	2%	3%
		阔叶	0.5%	1%	2%	4%
斜纹	顺弯最大拱高不得超过水平长的	针叶	1%	2%	3%	不限
		阔叶	1%	2%	3%	
斜纹	斜纹倾斜程度不得超过	5%	10%	20%	不限	

注: 长度不足 2m 的锯材不分等级,其缺陷允许限度不低于三等材。

8.3 普通胶合板

普通胶合板(GB/T 9846—1988)分以下四类: I 类胶合板,即耐气候胶合板; II 类胶合板,即耐水胶合板; III 类胶合板,即耐潮胶合板; IV 类胶合板,即不耐潮胶合板。普通胶合板按加工后胶合板上可见的材质缺陷和加工缺陷分成四个等级:特等、一等、二等、三等。特等适用于作高级建筑装饰、高级家具及其他特殊需要的制品;一等适用于作较高级建筑装饰、高中级家具、各种电器外壳等制品;二等适用于作家具、普通建筑、车辆、船舶等装修;三等适用于低级建筑装修及包装材料等。

普通胶合板的厚度为 2.7mm, 3mm, 3.5mm, 4mm, 5mm, 5.5mm, 6mm, ... (自 6 起,按 1mm 递增);幅面尺寸见表 3.3-180。

表 3.3-180 普通胶合板幅面尺寸  
(摘自 GB/T 9846—1988) (mm)

宽 度	长 度				
	915	1220	1830	2135	2440
915	915	1220	1830	2135	—
1220	—	1220	1830	2135	2440

注:普通胶合板的长度和宽度偏差为±3mm。

8.4 刨花板(见表 3.3-181、表 3.3-182)

(续)

出厂时的技术指标	项 目		单 位	指 标
	公称尺寸偏差	板内和板间厚度(砂光板) 板内和板间厚度(朱砂光板) 长度和宽度	mm	$\pm 0.3^{\text{①}}$ $-0.1, \pm 1.9$ 0~5
板边缘不直度偏差		$\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$	1.0	
翘曲度 <sup>②</sup>		%	$\leq 1.0$	
含水率		%	4~13	
密度		$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.4~0.9	
板内平均密度偏差		%	$\pm 8.0$	
甲醛释放量(穿孔值) <sup>③</sup>	E <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	$\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1}$	$\leq 9.0$ >9.0~30	

①: 板内和板间厚度(砂光板)偏差要求更小者,由供需双方商定。

②: 刨花板厚度 $\leq 10\text{mm}$ 的不测。

③: 甲醛释放量(穿孔值)为试样含水率在6.5%时测得的值。在测定时,如试件含水率(H)在3% $\leq H \leq 10\%$ 范围内,则乘以系数F,  $F = -0.133H + 1.86$ ;如试件含水率 $> 10\%$ ,则乘以系数F,  $F = -0.636 - 3.12e^{(-0.316H)}$

注: 1. 产品外观质量要求:不允许有断裂、透裂;不允许存在单个面积 $> 40\text{mm}^2$ 的胶斑、石蜡斑、油污斑等污染点;在公称尺寸内不允许存在边角残损。

2. 各种类型刨花板(不包括干燥状态下使用的普通用板)厚度 $\geq 16\text{mm}$ 时,应进行握螺钉力的测定,其指标为:板面握螺钉力 $\geq 1100\text{N}$ ;板边握螺钉力 $\geq 700\text{N}$ (干燥及潮湿状态下的增强结构板,板边握螺钉力 $\geq 800\text{N}$ )。

3. 经供需双方协定,可生产其他尺寸规格的刨花板。

表 3.3-182 刨花板的理化性能指标(摘自 GB/T 1897.2~GB/T 4897.7 2003)

分 类	性 能	公称厚度范围/mm							应 用	
		>3~4	>4~6	>6~13	>13~20	>20~25	>25~32	>32~40		>40
干燥 状态下的 普通用 板	静曲强度 /MPa	$\geq 14$	$\geq 12.5$	$\geq 11.5$	$\geq 10$	$\geq 8.5$	$\geq 7$	$\geq 5.5$	干燥室内, 不承重场合 使用,如展览 会临时展板、 隔板等	
	内结合强度 /MPa	$\geq 0.31$	$\geq 0.28$	$\geq 0.24$	$\geq 0.20$	$\geq 0.17$	$\geq 0.14$	$\geq 0.14$		
	表面结合强度 /MPa	$\geq 0.7$								
	2h吸水厚度膨胀率(%)	$\leq 8.0$								
干燥 状态下的 家具及 室内装 修用板	静曲强度 /MPa	$\geq 13$	$\geq 15$	$\geq 14$	$\geq 13$	$\geq 11.5$	$\geq 10$	$\geq 8.5$	干燥室内 作为家具及 装修用,不能 用于受水浸 渍或高湿度 的场合,板进 行饰面加工	
	弯曲弹性模量 /MPa	$\geq 1800$	$\geq 1950$	$\geq 1800$	$\geq 1600$	$\geq 1500$	$\geq 1350$	$\geq 1200$		$\geq 1050$
	内结合强度 /MPa	$\geq 0.45$	$\geq 0.40$	$\geq 0.35$	$\geq 0.30$	$\geq 0.25$	$\geq 0.20$			
	表面结合强度 /MPa	$\geq 0.8$								
2h吸水厚度膨胀率(%)	$\leq 8.0$									
干燥 状态下的 结构用 板	静曲强度 /MPa	$\geq 15$	$\geq 17$	$\geq 15$	$\geq 13$	$\geq 11$	$\geq 9$	$\geq 7$	短时水浸 或高湿度下, 仍可承受一 定负荷的室 内建筑用,如 厨房、卫生 间等环境中 使用	
	弯曲弹性模量 /MPa	$\geq 1950$	$\geq 2200$	$\geq 2300$	$\geq 2150$	$\geq 1900$	$\geq 1700$	$\geq 1500$		$\geq 1200$
	内结合强度 /MPa	$\geq 0.45$	$\geq 0.40$	$\geq 0.35$	$\geq 0.30$	$\geq 0.25$	$\geq 0.20$			
	表面结合强度 /MPa	$\geq 0.9$								
24h吸水厚度膨胀率(%)	$\leq 23$	$\leq 19$	$\leq 16$	$\leq 15$			$\leq 14$			
潮湿 状态下的 结构用 板	静曲强度 /MPa	$\geq 20$	$\geq 19$	$\geq 18$	$\geq 16$	$\geq 14$	$\geq 12$	$\geq 10$	能承受室 外气候条件 的老化和水 浸泡能力,并 能承受一定 负荷的室外 建筑之用	
	弯曲弹性模量 /MPa	$\geq 2250$	$\geq 2250$	$\geq 2250$	$\geq 2400$	$\geq 2150$	$\geq 1900$	$\geq 1700$		$\geq 1550$
	内结合强度 /MPa	$\geq 0.50$	$\geq 0.45$		$\geq 0.40$	$\geq 0.35$	$\geq 0.30$	$\geq 0.25$		
	表面结合强度 /MPa	$\geq 0.9$								
2h沸水煮后内结合强度 /MPa	$\geq 0.15$	$\geq 0.15$	$\geq 0.15$	$\geq 0.14$	$\geq 0.12$	$\geq 0.11$	$\geq 0.10$	$\geq 0.09$		
24h吸水厚度膨胀率(%)	$\leq 3$	$\leq 12$	$\leq 11$	$\leq 10$			$\leq 9$			
干燥 状态下的 增强结 构用板	静曲强度 /MPa	—		$\geq 20$	$\geq 18$	$\geq 16$	$\geq 15$	$\geq 14$	短时水浸, 或高湿度下, 仍可承受较 大负荷的室 内建筑用,如 厨房、卫生 间等环境中 使用	
	弯曲弹性模量 /MPa	—		$\geq 3150$	$\geq 3000$	$\geq 2550$	$\geq 2400$	$\geq 2200$		$\geq 2050$
	内结合强度 /MPa	—		$\geq 0.60$	$\geq 0.50$	$\geq 0.40$	$\geq 0.35$	$\geq 0.30$		$\geq 0.25$
	表面结合强度 /MPa	$\geq 0.9$								
24h吸水厚度膨胀率(%)	—		$\leq 15$	$\leq 14$			$\leq 13$			

(续)

分类	性能	公称厚度范围/mm							应用		
		>3~4	>4~6	>6~13	>13~20	>20~25	>25~32	>32~40		>40	
潮湿状态下使用的增强结构用板	静曲强度 /MPa			≥22	≥20	≥18.5	≥17	≥16	≥15	能承受室外气候老化和水浸泡能力,仍可承受较大负荷的室外建筑之用	
	弯曲弹性模量 /MPa			≥3350	≥3100	≥2900	≥2800	≥2600	≥2400		
	内结合强度 /MPa			≥0.75	≥0.70	≥0.65	≥0.60	≥0.55	≥0.50		
	表面结合强度 /MPa			≥0.9							
	2h沸水煮后内结合强度/MPa			≥0.25	≥0.23	≥0.20	≥0.18	≥0.17	≥0.15		
	24h吸水厚度膨胀率(%)			≤9	≤8			≤7			

(续)

8.5 硬质纤维板(见表 3.3-183、表 3.3-184)

表 3.3-183 硬质纤维板名义尺寸与极限偏差

(摘自 GB/T 12626.2—1990) (mm)

幅面尺寸	厚度	极限偏差		
		长度	宽度	厚度
610×1220	2.50, 3.60, 3.20, 4.00, 5.00	±5	±3	±0.30
915×1830				
1000×2000				
915×2135				
1220×1830				
1220×2440				

注: 硬质纤维板板面对角线长度之差每米板长不大于 2.5mm, 对边长度之差每米不大于 2.5mm; 板边不直度每米不超过 1.5mm。

表 3.3-184 硬质纤维板物理力学性能

(摘自 GB/T 12626.2—1990)

指标项目	单位	特级	一级	二级	三级
密度	> g/cm <sup>3</sup>	0.80			
静曲强度	≥ MPa	49.0	39.0	29.0	20.0
吸水率	≤ %	15.0	20.0	30.0	35.0
含水率	%	3.0~10.0			

8.6 难燃中密度纤维板(见表 3.3-185~表 3.3-188)

表 3.3-185 难燃中密度纤维板的分类、符号

及燃烧性能(摘自 GB/T 18958—2003)

分类及符号	类型		符号	
	室内用难燃中密度纤维板		MDF·DF	
	室内防潮难燃中密度纤维板		MDF·H·DF	
室外用难燃中密度纤维板		MDF·E·DF		
燃烧性能	检测项目	依据标准	指标	
	可燃性试验	GB/T 8626—1988	达到规定指标,且不允许有燃烧滴落物引燃滤纸的现象	

表 3.3-188 难燃中密度纤维板(室内型板)性能指标(摘自 GB/T 18958—2003)

性能	单位	公称厚度范围/mm									
		1.8~2.5	>2.5~4.0	>4~6	>6~9	>9~12	>12~19	>19~30	>30~45	>45	
内结合强度	MPa	优等品	0.65	0.63	0.65	0.65	0.60	0.55	0.55	0.50	0.50
		一等品	0.60	0.60	0.60	0.60	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45
		合格品	0.55	0.55	0.55	0.55	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45
静曲强度	MPa	23	23	23	23	22	20	18	17	15	

燃烧性能	检测项目		依据标准	指标
	难燃性试验	平均燃烧剩余长度	GB/T 8625-1988	≥15cm(其中任一试件的剩余长度>0)
		平均烟气温	GB/T 8625-1988	≤200°C
烟密度等级(SDR)		GB/T 8627-1988	≤75	

表 3.3-186 难燃中密度纤维板幅面规格尺寸

(摘自 GB/T 18958—2003)

项目名称	单位	厚度尺寸偏差		长度/mm	宽度/mm
		公称厚度范围/mm			
厚度偏差	mm	≤19	>19	1830	1220
长度和宽度偏差	mm·m <sup>-1</sup>	±2.0			
对角线差	mm	≤6			
翘曲度	mm·m <sup>-1</sup>	≤5.0		2440	
边缘不直度	mm·m <sup>-1</sup>	±1.5			

注: 1. 每张板内各测量点的厚度不得超过其算术平均值的 ±0.15mm。

2. 当板厚 ≤6mm 时, 不测翘曲度。

3. GB/T 18958—2003 规定, 难燃中密度纤维板出厂时, 产品外观、规格尺寸、理化性能等通用技术要求应符合 GB/T 11718—1999 中第五章的规定, 表 3.3-186、表 3.3-187、表 3.3-188 均为按 GB/T 18958—2003 规定摘自 GB/T 11718—1999 中密度纤维板的内容。

表 3.3-187 难燃中密度纤维板正表面质量要求

(摘自 GB/T 18958—2003)

缺陷名称	缺陷规定	允许范围		
		优等品	一等品	合格品
局部松软	直径 ≤50mm	不允许		3个
边角缺损	宽度 ≤10mm	不允许		允许
油污	直径 ≤8mm	不允许		1个
炭化	—	不允许		

注: 产品外观质量不允许有分层和鼓泡。

(续)

性能		单位	公称厚度范围/mm									
			1.8~2.5	>2.5~4.0	>4~6	>6~9	>9~12	>12~19	>19~30	>30~45	>45	
弹性模量		MPa	—	—	2 700	2 700	2 500	2 200	2 100	1 900	1 700	
握螺钉力	板面	N	—	—	—	—	—	1 000	1 000	1 000		
	板边		—	—	—	—	—	800	750	700		
吸水厚度膨胀率		%	45	35	30	15	12	10	8	6	6	
含水率		%								4~13		
密度		kg·m <sup>-3</sup>								450~880		
板内密度偏差		%	±7.0									
表面结合强度		MPa	≥1.2									
表面吸收性能		mm	≥150									
含砂量		%	≤0.05									
尺寸稳定性	长度	IL (65~85)%	+0.32			+0.25			+0.18		+0.15	
		DL (65~35)%	-0.18			-0.15			-0.12		-0.10	
	厚度	IT (65~85)%	+7.5			-5.0			+1.5		+1.0	
		DT (65~35)%	-2.5			-2.0			-1.5		-1.0	

注：1. 当板厚小于 15mm 时，不测握螺钉力。

2. 尺寸稳定性指标项目：IL——温度(20±2)°C，相对湿度从 65% 增长到 85% 时，引起的长度增长率。DL——温度(20±2)°C，相对湿度从 65% 降至 35% 时引起的长度收缩率。IT——温度(20±2)°C，相对湿度从 65% 增长到 85% 时引起的厚度增长率。DT——温度(20±2)°C，相对湿度从 65% 降低至 35% 时，引起的厚度收缩率。

## 9 纸制品

### 9.1 硬钢纸板(见表 3.3-189)

表 3.3-189 硬钢纸板尺寸规格及技术指标(摘自 QB/T 2199-1996)

项 目	指 标					
	A 类	B 类	C 类			
分类及尺寸规格	按用途分类	A 类	B 类	C 类		
		供航空构件用	供机械、电器、仪表的部件和绝缘消弧材料用	供纺织、铁路、氧气设备及其他机械部件电器、电机的绝缘消弧材料用		
	尺寸和偏差	硬钢纸板的幅面尺寸为 1000mm×1200mm、900mm×1200mm、850mm×1000mm、700mm×1200mm、500mm×600mm，或按订货合同规定，厚度在合同中注明				
用途	适用于加工机械、航空、电器仪表、铁路、纺织设备的部件的绝缘材料					
技术指标	紧度/g·cm <sup>-3</sup> 厚度：(0.5~0.9)mm (0.1~2.0)mm (2.1~5.9)mm 6.0mm 以上	不小于	A 类	B 类	I 型	I 型
			1.25	1.15	1.10	1.10
			1.30	1.25	1.15	1.15
			1.30	1.25	1.15	1.15
	体积电阻率在温度/(Ω·cm)(23±1)°C 时 不小于	10 <sup>9</sup>		10 <sup>8</sup>		
击穿电压强度/kV·mm <sup>-1</sup> 在温度(23±1)°C，相对湿度(50±2)% 的空气介质中电流频率 50Hz 周波时： 厚度：(0.5~0.9)mm (1.0~2.0)mm (2.1~5.0)mm (5.1~12)mm	不小于		8.0	6.0		
			7.0	5.0		
			5.0	3.0		
			4.0	2.5		
横断面抗张强度/kN·m <sup>-2</sup> 厚度：(0.5~0.9)mm	纵向	8.5×10 <sup>4</sup>	7.0×10 <sup>4</sup>	5.5×10 <sup>4</sup>		
	横向	4.5×10 <sup>4</sup>	4.0×10 <sup>4</sup>	3.5×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>4</sup>	

(续)

项 目	指 标				
	A 类	B 类	C 类		
			I 型	II 型	
厚度: (1.0~2.0)mm	纵向	$9.0 \times 10^1$	$7.5 \times 10^1$	$6.0 \times 10^1$	
	横向	$5.5 \times 10^1$	$4.0 \times 10^1$	$3.5 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$
厚度: (2.1~3.5)mm	纵向	$9.0 \times 10^1$	$7.5 \times 10^1$	$6.0 \times 10^1$	
	横向	$5.0 \times 10^1$	$4.5 \times 10^1$	$4.0 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$
厚度: (3.6~5.0)mm	纵向	$8.5 \times 10^1$	$6.5 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$	
	横向	$5.0 \times 10^1$	$4.5 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$	
厚度: 5.0mm 以上者	纵向	—	$5.0 \times 10^1$	$4.0 \times 10^1$	
	横向	—	$3.5 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$	
伸长率(%)	纵向	10	—	—	
	横向	12	—	—	
层间剥离强度/ $N \cdot m^{-1}$	不小于	200	200	200	200
厚度(1.5~3.0)mm <1.5mm、>3.0mm 以上者不予试验					
吸水率质量分数(%) 水温(20±)2°C 的条件下浸 2h	厚度: (1.0~2.0)mm	不大于	—	60	65
	(2.1~3.5)mm		—	50	60
	(3.6~5.0)mm		—	40	50
	>5.0mm 以上者		—	30	40
	<1.5mm 不予试验		—	—	—
吸油率质量分数(%)	在(15~20)°C 的航空汽油中浸 24h	不大于	1.5	—	—
	在(15~20)°C 的变压器油中浸 24h	不大于	1.3	—	—
交货水分质量分数(%)			6.0~10.0		
灰分质量分数(%)	不大于		1.5	2.5	
氯化锌含量质量分数(%)	不大于		0.15	0.10	0.20

注: 5.0mm 以上的硬钢纸板系用薄钢纸粘合而成。

## 9.2 软钢纸板(见表 3.3-190)

表 3.3-190 软钢纸板尺寸规格及技术指标(摘自 QB/T2200-1996)

项 目	指 标	
	A 类	B 类
按用途分类	供飞机发动机制作密封连接处的垫片及其他部件用	供汽车、拖拉机的发动机及其他内燃机制作密封片及其他部件用
	软钢纸板的幅面尺寸为: 920mm×650mm、650mm×490mm、650mm×400mm、400mm×300mm, 或按订货合同规定, 厚度在合同中注明	
尺寸和偏差	尺寸偏差不超过±10mm, 偏斜度不超过 1.2%	
用途	适用于飞机、汽车、拖拉机及其他内燃机等制作密封连接处的垫圈	
项 目	指 标	
	A 类	B 类
厚度/mm	0.5~0.8	±0.12
	0.9~2.0	±0.15
	2.1~3.0	±0.20
紧度/ $g \cdot cm^{-2}$	1.10~1.40	1.10~1.40
横切面抗张强度/ $kN \cdot m^{-2}$ 横向	不小于	
	厚度(0.5~1.0)mm	$3.0 \times 10^1$
(1.1~3.0)mm	$3.0 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$
抗压强度/MPa	不小于	160
氯含量(质量分数)(%)	不大于	0.075
交货水分(质量分数)(%)		4.0~8.0

9.3 瓦楞纸板(见表 3.3-191)

表 3.3-191 瓦楞纸板品种规格及技术指标(摘自 GB/T 6544 1999)

品种和技术指标	种类	优等品			一等品			合格品		
		代号	耐破度 /kPa	边压强度 /kN·m <sup>-1</sup>	代号	耐破度 /kPa	边压强度 /kN·m <sup>-1</sup>	代号	耐破度 /kPa	边压强度 /kN·m <sup>-1</sup>
品种和技术指标	单瓦楞纸板	S-1.1	638	4.5	S-2.1	410	4.0	S-3.1	392	3.5
		S-1.2	785	5.0	S-2.2	686	4.5	S-3.2	588	4.0
		S-1.3	1177	6.0	S-2.3	980	5.0	S-3.3	784	4.5
		S-1.4	1570	9.0	S-2.4	1373	6.0	S-3.4	1177	5.0
	双瓦楞纸板	D-1.1	785	6.5	D-2.1	686	6.0	D-3.1	588	3.5
		D-1.2	1177	7.0	D-2.2	980	6.5	D-3.2	784	6.0
		D-1.3	1570	8.0	D-2.3	1373	7.5	D-3.3	1177	6.5
		D-1.4	1961	9.0	D-2.4	1765	8.0	D-3.4	1570	7.0
楞型结构尺寸	楞型		楞高/mm				楞数/(个 300mm)			
	A		4.5~5.0				34±2			
	C		3.5~4.0				38±2			
	B		2.5~3.0				50±2			
	E		1.1~2.0				96±4			

注: 1. 优等品为出口商品及贵重商品包装之用; 一等品为内销物品包装之用; 合格品为短途、低廉商品包装之用。

2. 瓦楞纸板厚度: 单瓦楞纸板厚度应高于本表相应楞高下限值; 双瓦楞纸板厚度应高于本表两种楞高的下限值之和。其宽度和长度由供需双方协议。

3. 瓦楞纸板粘合强度不低于 688Pa。

9.4 电绝缘纸板(见表 3.3-192、表 3.3-193)

表 3.3-192 平纸板尺寸及允许偏差和偏斜度(QB/T 3503-1999)

(mm)

分类	基本尺寸	允许偏差	偏斜度
大规格	4200×1980	±10	≤10
	3250×1400		
中规格	1050×1980	±10	≤10
	1080×1400		
	2000×1000		
	3000×1000		
小规格	1000×1000	±5	≤5
	920×1320		
	880×1040		
	880×1030		
	800×1050		

注: 1. 电绝缘纸用于电动机、电器、仪表、开关、变压器等绝缘件及其构件。分为 O 型和 I 型, 并分为平板和卷筒两种, 厚度大于 0.5mm 为平纸板, 厚度 ≤ 0.5mm 为平纸板或卷筒纸板。

2. 卷筒宽度为 1000mm 和 1200mm, 偏差不得超过 ±10mm。

表 3.3-193 电绝缘纸板技术指标(QB/T 3503-1999)

指标名称	单位	指 标										
		O 型						I 型				
		P. 2.1		P. 6.1		B. 2.1		B. 3.1	50/50	100/00	100/00	
A	B	A	B	A	B	A、B		中、小规格	大规格			
厚度允许误差	%	±10.0		±10.0		—		—	+10.0	±10.0	—	
0.1mm~0.5mm		—		—		—		—	—	±7.0	—	
0.5mm 以上~0.7mm		—		—		±7.0		±7.5	—	±7.0	±5.0	
0.7mm 以上~1.6mm		—		—		±5.0		±5.0	—	±7.0	±5.0	
>1.6mm		—		—		—		—	—	±7.0	±5.0	
紧度	g·cm <sup>-3</sup>	1.20~1.30		1.15~1.25		1.20~1.30		0.95~1.15	—	1.15~1.25	1.10~1.25	
≤0.5mm		—		—		1.20~1.30		0.95~1.15	1.00~1.20	—	1.10~1.25	1.10~1.25
0.5mm 以上~1.6mm		—		—		1.20~1.30		0.95~1.15	1.00~1.20	—	1.10~1.25	1.10~1.25

(续)

指标名称	单位	指 标									
		O 型						I 型			
		P. 2. 1		P. 6. 1		B. 2. 1		B. 3. 1	50/50	100/00	100/00
A	B	A	B	A	B	A, B		中、小规格	大规格		
1.6mm 以上~3.0mm						1.20~ 1.30	0.95~ 1.15	1.10~ 1.25		1.00~ 1.25	1.10~ 1.25
3mm 以上~6.0mm						1.20~ 1.30	0.95~ 1.15	1.15~ 1.30	—	—	—
>6.0mm						1.20~ 1.30	0.95~ 1.15	1.20~ 1.30	—	—	—
抗张强度不小于 纵向:	MPa										
0.10mm		70	80	70	80	—	—	—	80	70	—
0.15mm		80	90	80	90	—	—	—	80	80	—
0.20mm		90	100	90	100	—	—	—	85	90	—
0.25mm		90	100	90	100	—	—	—	85	90	—
0.30mm		90	100	90	90	—	—	—	90	90	—
0.50mm	—	—	90	90	—	—	—	90	90	—	
0.5mm 以上~1.6mm	MPa	—	—	—	—	110	80	100	—	90	90
1.6mm 以上~3.0mm		—	—	—	—	110	80	105	—	90	90
3.0mm 以上~6.0mm		—	—	—	—	100	80	110	—	—	—
6.0mm 以上~8.0mm		—	—	—	—	100	—	110	—	—	—
横向:											
0.10mm		45	45	—	—	—	—	—	35	35	—
0.15mm		50	50	—	—	—	—	—	35	35	—
0.20mm		50	50	—	—	—	—	—	35	35	—
0.25mm		50	50	—	—	—	—	—	35	35	—
0.30mm		—	50	—	—	—	—	—	35	35	—
0.40mm	—	—	—	—	—	—	—	35	35	—	
0.50mm	—	—	—	—	—	—	—	35	35	—	
0.5mm 以上~1.6mm	—	—	—	—	80	55	75	—	50	50	
1.6mm 以上~3.0mm	—	—	—	—	85	50	80	—	50	50	
3.0mm 以上~6.0mm	—	—	—	—	80	50	85	—	50	50	
电气强度 不小于 空气中:	kV · mm <sup>-1</sup>										
0.10mm		11	11	—	—	—	—	—	13	12	—
0.15mm		12	12	—	—	—	—	—	13	12	—
0.20mm		12	13	—	—	—	—	—	12	11	—
0.25mm		12	13	—	—	—	—	—	12	11	—
0.30mm		12	12	—	—	—	—	—	12	11	—
0.35mm		—	11	—	—	—	—	—	12	11	—
0.40mm		—	—	—	—	—	—	—	12	11	—
0.4mm 以上~1.6mm		—	—	—	—	14	—	12	—	—	—
1.6mm 以上~3.0mm		—	—	—	—	13	—	11	—	—	—
3.0mm 以上~6.0mm		—	—	—	—	12	—	10	—	—	—
0.6mm 以上~0.80mm		—	—	—	—	11.5	—	9	—	—	—
折后:											
0.10mm		—	10	—	—	—	—	—	9	8	—
0.15mm		—	10	—	—	—	—	—	9	8	—
0.20mm		—	11	—	—	—	—	—	9	8	—
0.25mm		—	11	—	—	—	—	—	9	8	—
0.30mm		—	10	—	—	—	—	—	9	8	—
0.40mm		—	9	—	—	—	—	—	9	8	—
油中:											
0.10mm	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0.15mm	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0.5mm~1.0mm	—	—	—	—	—	—	—	—	35	30	
1.5mm~2.0mm	—	—	—	—	—	—	—	—	27	27	
2.5mm	—	—	—	—	—	—	—	—	24	24	
3.0mm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	



(续)

指标名称	单位	指 标								
		O 型				I 型				
		P. 2.1		P. 6.1		B. 2.1		B. 3.1	50/50	100/00
A	B	A	B	A	B	A、B		中、小规格	大规格	
≤1.6mm		-	-	-	-	35	40	-	-	-
1.6~3.0mm		-	-	-	-	30	35	-	-	-
3.0~6.0mm		-	-	-	-	25	30	-	-	-
6.0~8.0mm		-	-	-	-	25	30	-	-	-

注：1. O 型牌号分为薄型(P)和厚型(B)，牌号 P 或 B 之后的数字；2——高化学纯的压纸板；3——具有高纯度和高机械强度的硬而坚固的压纸板，6——用于电机及其他电器设备，2 和 3 两类主要用于变压器。牌号的最后一位数字：1——硫酸盐木浆。

2. I 型牌号：50/50——具有良好的耐弯曲性和耐热性；100/00 牌号的薄型纸板具有较高机械强度和绝缘性能；厚型纸板具有紧度大、机械强度高、压缩系数小、电气强度高的特点。

### 9.5 钢纸管(见表 3.3-194、表 3.3-195)

表 3.3-194 钢纸管的分类和规格(摘自 QB/T2201—1996)

项 目	指 标	
	A 类	B 类
按用途分类	供高压熔断器、避雷器及不同型号的玻璃钢复合管用材料	供低压熔断器及其他线路套管用材料
尺寸和偏差	钢纸管的尺寸：长度为 620mm、300mm，或按订货合同规定	
	长度偏差不得超过±10mm	
用途	适用于供电器、高(低)压熔断器、避雷器及其他线路套管用	

表 3.3-195 钢纸管的技术指标(摘自 QB/T2201—1996)

项 目	指 标	
	A 类	B 类
紧度/g·cm <sup>-3</sup>	≥1.35	1.3
轴向横断面抗张强度/kN·m <sup>-2</sup>	≥7.0×10 <sup>4</sup>	6.0×10 <sup>4</sup>
轴向耐电压(常态试验 1min)/kV	≥30	25
垂直壁层耐电压(常态试验 1min)/kV	壁厚(2.5~3.0)mm	10
	(3.1~5.0)mm	12
	(5.1~10)mm	15
	(10.5~15)mm	18
吸水率(在水温 10~25℃ 时浸 24h)(%)	(2.5~3.5)mm	≤45
	(3.6~5.0)mm	40
	(5.1~10)mm	35
氯化锌含量(质量分数)(%)	≤0.07	0.15
灰分(质量分数)(%)	≤1.2	1.3
交货水分(质量分数)(%)	6.0~10.0	6.0~10.0

## 10 石墨材料

### 10.1 碳、石墨制品的分类、特性及应用(表 3.3-196、表 3.3-197)

表 3.3-196 碳、石墨制品的分类、特性及应用

类别	种 类	特 性 及 应 用
电机用电刷	电化石墨电刷	电阻较高,适用于高速、换向困难的电机
	树脂粘合石墨电刷	电阻高,适用于换向特别困难的交流换向器电机等
	石墨电刷	不经石墨化,润滑性能好,适用于一般速度、换向困难的电机
	金属石墨电刷	电阻较小,适用于要求低电压、高电流密度电刷的电机,如电解、电镀用直流电机等
碳棒	电影放映碳棒	高亮度弧光碳棒,燃烧稳定,适用于各种型号弧光电影放映机
	摄影碳棒	高色温碳棒为高强度光源碳棒,光强而色白、燃烧稳定、无噪声,用于照明弧光灯
	照相制版碳棒	利用其弧光做各种照相制版作业的晒板光源

(续)

类别	种类	特性及应用	
碳棒	老化仪碳棒	碳棒的弧光光谱富有紫外线,近似于太阳光谱,主要用于人工阳光老化仪,对各种材料进行老化试验	
	碳弧气刨碳棒	导电率高、灰分少、消耗率低,适用于开焊接坡口、切割、钻孔、消除毛刺、铲平焊缝等	
	光谱碳棒	机械强度高、纯度高,适用于光谱分析仪	
	加热器碳棒	碳棒发热高、抗氧化性好,用做发热体	
机械用	小型电解碳棒	碳棒发热高,用于电解,冶金电炉的小型电极	
	碳石墨材料	机械强度高、耐磨性好,用于机械密封、轴承、刮片等	
	电化石墨材料	机械强度较高、润滑性、耐冲击性好,适用于机械密封、轴承等耐磨材料	
	树脂碳复合材料	机械强度高、耐磨性好,适用于机械密封、轴承等耐磨材料	
触点	金属石墨材料	耐高温、抗冲击性能、导热性能好,适用于高温、冲击负荷较大的工况	
	无轨电车碳滑块	摩擦系数低、接触性好、噪声小,能提高架空线的使用寿命,用于无轨电车受电杆集电靴	
	电力机车碳滑板	本身磨损小、对导电体的磨损小、润滑性能好,用于电力机车受电弓导电材料	
	碳石墨触点	机械强度高、耐磨损,在电气装置中做为切断、开启的导电接触点	
	铜石墨触点	机械强度高,接触电阻小、耐磨损,在电气装置中做为切断、开启的导电接触点	
送话器用碳砂和石墨粉	银石墨触点	机械强度高,接触电阻小、耐磨损,在电气装置中做为切断、开启的导电接触点	
	送话器用碳砂	用作扩音器或喇叭送话器中的调变电阻	
特种石墨	石墨粉	系用天然石墨粉经高温提纯成精炼石墨粉,灰分不大于 $500 \times 10^{-6}$ ,用于金属熔炼和粉末冶金材料	
	防爆膜石墨	热胀系数小、耐高温、耐化学腐蚀,对正、负压力波动敏感,爆破压力为 $0.02 \sim 1 \text{ MPa}$ ,漏气率小于 $1 \times 10^{-7} \cdot \text{MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 在盐酸、油气、水蒸气、八氟化硫等介质中作防爆膜保护装置	
	石墨纤维(碳纤维)	机械强度高、弹性模量高,密度小、耐腐蚀性强,耐高低温剧变、线胀系数低、导电导热性能好、吸附性强,耐中子辐射等特点,在航天、人造卫星、火箭、原子能工程、化工、机械工业、电机、医疗等方面均有广泛的应用	
	各向同性石墨	力学性能、电性能、热性能等静态特性具有各向同性,异性比为 $1 \sim 1.1$ ,机械强度、密度高,用作电火花加工电极、碳化硅涂层基料、密封材料、坩埚、火箭喷嘴等	
	电火花加工石墨	热导率高、热胀系数低、耐热冲击性强、自润滑性能好、不浸润被熔融的金属等	
	人造金刚石用石墨	具有纯度、石墨化高等特点,用作人工合成金刚石的碳源材料	
	高强度高密度高纯石墨	机械强度高、密度高、纯度高、耐氧化、耐腐蚀、耐高温,用于宇航火箭喷嘴和化学分析的石墨化炉等	
	柔性石墨(膨胀石墨)	具有石墨的优良性能,还具有优良的柔韧性与弹性,对液体、气体渗透性低,自润滑性和抗氧化性比一般石墨高得多,用于密封填料和集电体等	
	激光石墨	机械强度高、密度高、纯度高、结构细密、异性比小、耐离子轰击、溅散小,是氦离子激光器放电管的重要材料	
	硅化石墨	具有很高的耐腐蚀性、耐热性及在液体和气体中的抗磨性,用作抗磨材料	
	热解石墨	机械强度高、耐氧化、耐腐蚀、致密、透汽率极低,各向异性强,用于制造粒状核燃料的色壳层和燃料的套筒,也用于电子设备和其他工业中	
	氟化石墨	具有优良的热稳定性、耐腐蚀性和润滑性,可用作润滑脂和抗磨材料的添加剂及无水高能电池阴极材料等	
	化工用石墨	机械强度高、纯度高、导热性好、耐腐蚀,可用作热交换器等	
	抗氧化石墨	机械强度高、氧化失重率低、耐高温,用于金属冶炼等	
	玻璃碳	具有玻璃和碳的不透气性、耐腐蚀性、抗氧化性,在惰性气体中耐高温等特点,在冶金、半导体化学工业中均有广泛应用	
	泡沫石墨	质轻、多孔、耐热性、耐腐蚀性好、吸附力强,易于加工,用作高温隔热材料、催化剂载体、过滤器和吸附材料等	
	高纯石墨	一级高纯石墨	机械强度高、纯度高、灰分含量小于 $30 \times 10^{-7}$ ,耐高温、抗氧化、结构细密、导热和导电,用作光谱分析等
		二级高纯石墨	灰分含量在 $(30 \sim 100) \times 10^{-7}$ 之间,适用于水银整流器阳极及半导体技术用石墨舟皿、石墨模等
		三级高纯石墨	纯度高,适用于水银整流器阳极及半导体技术用石墨舟皿、电热元件、电火花加工用电极等
		四级高纯石墨	纯度高,适用于电子管阳极、电热元件、坩埚和石墨模等
调压器用碳电阻片	特种调压器用碳电阻片	由厚度为 $0.5 \sim 2.2 \text{ mm}$ 碳片叠合而成的调压器用碳电阻片柱,在不断改变负荷的作用下具有改变接触电阻等特点,用于发电机的电压调整器和连续改变电阻的各种结构的变阻器等	
	自动电压调整器用碳电阻片		
石墨制品	普通石墨电极	采用低灰分原料,经高温石墨化制成,导电性好,具有一定机械强度,用于普通电弧炉作导电电极	
	特制石墨电极	采用优质原料,经高温石墨化制成,导电性与机械强度比普通石墨电极好,使用电流密度比普通石墨电极提高 $15\% \sim 25\%$	

(续)

类别	种类	特性及应用
石墨制品	高功率石墨电极	采用针状石油焦等原料制成。导电性、机械强度及抗热冲击性能均比普通石墨电极高。使用电流密度比普通石墨电极提高25%~40%
	抗氧化涂层石墨电极	在电极表面喷涂烧结一层抗氧化材料,可减少电极在电弧炉中的氧化消耗
	石墨块	生产过程与石墨电极基本相同。用于冶金炉作炉衬材料或导电材料
青铜石墨含油轴承	石墨电极	电解食盐溶液,提取烧碱
		具有较高的抗磨性和润滑性能。在汽车、拖拉机和洗衣机以及其他机械设备的小型发电机或电动机中均能应用

表 3.3-197 碳、石墨制品在工业部门中的应用实例

工业部门	制品名称	应用实例
机械工业用碳石墨制品	石墨耐磨制品	制作碳石墨轴承、碳石墨活塞环、碳石墨密封环、石墨刹车片等
	石墨润滑剂	用于高温及高负荷的滑动轴承及各种机械的滑动或转动部分,适用于作金属拉丝、管棒挤压以及冲压、模锻等冷热加工时的润滑剂
	碳纤维	采用碳纤维增强塑料可制成磨床用的磨头以及其他各种磨床零件,如旋转刀具、齿轮、轴承等
	柔性石墨	可用于腐蚀性和高温条件下的密封垫圈或垫片,阀门的密封垫料环、仪器仪表的密封元件等
	玻璃态碳	用于尖端、化工、冶金、半导体等工作部门在机械工业中可制成玻璃工业用的心轴、各种高温耐腐蚀介质中的轴承和机械密封件等
电工用碳石墨制品	电机用碳刷	可作为汽轮发电机、牵引电机、汽车拖拉机、电动工具电机等的电刷
	电触点用碳石墨制品	用作断开触点、电机车用碳石墨滑块以及各种碳石墨滑轮滑块等
	碳石墨电阻及发热材料	用作碳石墨固定电阻、无级调节碳电阻、片柱和碳石墨发热元件
	整流器和电子管用石墨制品	可作为水银整流器的阳极、栅极和大型电子管的阳极、栅极等
	电加工用石墨电极	用作电火花加工、电解加工以及电解成形磨削用石墨电极
冶金工业用碳石墨制品	碳棒	可制作照明碳棒、加热碳棒、导电碳棒、光谱分析用碳棒、电弧气刨用碳棒以及接地用碳棒等
	石墨制品	制成各种石墨电极,用于电弧炉炼钢
	炭制品	制成各种炭块、砌筑炉衬;制成炭电极,用作导电电极
	炭糊类制品	用于矿热炉作自焙电极,或用于砌筑炭块
化工用碳石墨制品	石墨模	用作有色金属连续铸造、压力铸造和离心铸造的石墨模以及热压模等
	不透性石墨制品	可制成换热设备、反应和吸收设备以及流体输送系统中的管道、旋塞和泵等
	石墨阳极	制成氯碱工业用石墨阳极、电渗析用石墨电极

10.2 高纯石墨(见表 3.3-198)

表 3.3-198 高纯石墨的型号及技术性能(摘自 JB/T 2750-1991)

型号	技术性能							
	灰分 /10 <sup>-6</sup> 不大于	硫含量 /10 <sup>-6</sup> 不大于	钙含量 /10 <sup>-6</sup> 不大于	体积密度 /g·cm <sup>-3</sup> 不小于	真密度 /g·cm <sup>-3</sup> 不小于	抗压强度 /MPa 不小于	抗折强度 /MPa 不小于	电阻率 /(μΩ·m) 不大于
G2	100	500	—	1.65	2.20	40	20	15
G3	250	500	60	1.53	2.15	25	14	—
G4	1000	500	300	1.55	2.15	25	17	—

注:高纯石墨纯度高,杂质少;强度高,抗热震性好,耐高温、耐腐蚀、耐摩擦,切割性好,广泛应用于机械、冶金、化工、轻工、纺织、电子、航空、原子能及各种新技术部门。

10.3 玻璃态碳材料(见表 3.3-199、表 3.3-200)

表 3.3-199 玻璃态碳材料品种及尺寸规格(摘自 JC/T 425-1991)

品种	长度/mm		宽度/mm		厚度/mm		直径/mm	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
长方板材	230	±0.5	90	±0.3	6	±0.3	—	—
	200		80		7			
	180		60		7			
圆板材	—	—	—	—	5	—	160	0 -0.5

(续)

品种	长度/mm		宽度/mm		厚度/mm		直径/mm	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
棒材	100	±0.5	—	—	—	—	10,9,8	+0.3
	80~130						7,6,5,4	
	50~80						3.5,3,2.5	

- 注：1. 供需双方协商，可供其他规格的产品。  
2. 产品外观呈黑色，镜面，表面平滑，无裂纹，无明显弯曲。

表 3.3-200 玻璃态碳材料技术性能及应用(摘自 JC/T 425 1991)

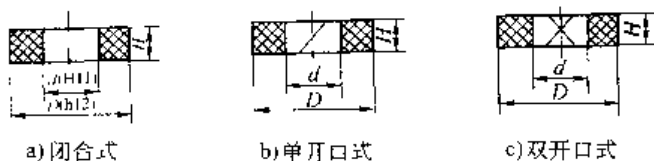
项 目	指 标	特性和应用
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	1.51~1.52	以热固性树脂经特殊工艺处理制成，是各向同性的不透性材料。质脆，兼有石墨和玻璃性质，强度和电阻率比一般石墨材料高数倍，线胀系数近似，热导率低于一般石墨而高于玻璃，硬度高、耐高温、耐蚀和抗氧化性均好。可用于旋转密封的辅助面、冶炼金属坩埚、舟皿及激光技术中的电极材料
肖氏硬度(HS)	120~128	
体积电阻率/ $(10^{-11} \Omega \cdot cm)$	48~55	
平均线胀系数(室温至500°C)/ $10^{-6} K^{-1}$	2.3~2.4	
透气率/ $(10^{-9} Pa \cdot L \cdot S^{-1})$	不大于 1	

### 10.4 阀门用柔性石墨填料(见表 3.3-201)

表 3.3-201 阀门用柔性石墨填料环规格及技术性能(摘自 JB/T 6617-1993)

项 目	指 标		
	单一柔性石墨类	金属复合类	树脂复合类
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	1.5~1.7	$\geq 1.7$	$\geq 1.5$
压缩率(%)	10~25	7~20	10~25
回弹率(%)	$\geq 35$	$\geq 35$	$\geq 35$
耐温失重 <sup>①</sup> (%)	250°C	$\leq 0.3$	$\leq 1.0$
	150°C	$\leq 0.8$	—
	600°C	$\leq 8.0$	—
摩擦系数	$\leq 0.14$	$\leq 0.14$	$\leq 0.14$
填料环用柔性石墨板带技术指标	抗拉强度不小于 3.5MPa，灰分不大于 5.0%(质量分数) 硫含量不大于 $1500 \times 10^{-6}$ ，氯含量不大于 $100 \times 10^{-6}$		

填料环根据需要可分为封闭式、单开口式和双开口式三种形式(见图)。开口式填料环是经 45°(需要时也可 60°)切口而成，切口应平整，不应出现散圈



填料环形式、尺寸可按用户要求选择。封闭式填料环的尺寸公差如图 a)，未注公差尺寸的公差等级按 GB/T 1804 规定的 m(中等)级

- ① 当金属熔点低于试验温度时，不宜做该温度试验；树脂复合柔性石墨填料环视添加树脂种类、比例不同，试验温度允许按实际要求确定。

### 10.5 机械密封用碳石墨密封环(见表 3.3-202~表 3.3-204)

表 3.3-202 机械密封用碳石墨密封环分类、代号及材料技术性能(摘自 JB/T 8872 1999)

类别(代号)	浸渍物(代号)	肖氏硬度(HS)	抗折强度/MPa	抗压强度/MPa	体积密度/ $g \cdot cm^{-3}$	开口气孔率(%)
		$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\geq$	$\leq$
碳石墨密封环(M1)	无	40	25	50	1.40	20
	环氧树脂(H)	65	49	176	1.60	2.0
	呋喃树脂(K)	70	50	180	1.60	3.0
	酚醛树脂(F)	60	48	176	1.80	2.5
	巴氏合金(B)	75	70	218	2.50	3.5
	铝合金(A)	75	70	220	2.00	2.0
	铜合金(P)	70	70	230	2.50	3.0
	锡(I)	70	65	220	2.20	3.0
电化石墨密封环(M2)	无	30	20	30	1.50	20
	环氧树脂(H)	40	35	75	1.80	2.0

(续)

类别 (代号)	浸液物(代号)	肖氏硬度 (HS)	抗折强度 MPa	抗压强度 /MPa	体积密封 /g·cm <sup>-3</sup>	开口气孔率 (%)
		≥	≥	≥	≥	≤
电化石墨密封环 (M2)	呋喃树脂(K)	40	10	80	1.78	3.0
	酚醛树脂(F)	40	40	75	1.80	2.5
	巴氏合金(B)	40	45	80	2.40	3.5
	铝合金(A)	10	60	130	2.00	2.0
	铜合金(P)	40	50	100	2.60	4.0
	铍(D)	10	50	110	2.30	3.0
树脂碳石墨密封环(M3)	无	55	54	147	1.72	1.5

注：1. 本表各项技术性能系密封环用材料的性能指标。

2. 树脂碳石墨密封环的树脂粘结剂的代号为 M3。

3. 碳石墨密封环应做水压试验，非平衡式和平衡式机械密封环的试验压力分别为 1MPa 和 2.4MPa，持续 10min，不得渗漏。

4. 碳石墨密封环的尺寸公差、表面粗糙度和形位公差参见 JB/T 8872-1999 的有关规定。

表 3.3-203 碳石墨密封环材料的抗氧化腐蚀性能

介 质	含量(%) (质量分数)	碳-石墨 和电化石墨	浸渍树脂			浸渍金属				树 脂 碳石墨
			酚醛	环氧	呋喃	巴氏合金	铝合金	铜合金	铍	
盐 酸	36	A	B	B	A	C	C	C	C	B
硫 酸	50	A	B	C	A	C	C	C	C	B
硫 酸	98	A	B	C	A	C	C	C	C	B
硝 酸	50	A	B	C	B	C	C	C	C	B
硝 酸	65	A	C	C	C	C	C	C	C	C
氢氟酸	40	A	B	C	A	C	C	C	C	B
磷 酸	85	A	A	A	A	C	C	C	C	A
铬 酸	10	A	B	B	B	C	C	C	C	B
醋 酸	36	A	A	B	A	C	C	C	C	A
氢氧化钠	50	A	C	A	A	C	C	C	C	C
氢氧化钾	50	A	C	A	A	C	C	C	C	C
海 水	/	A	B	A	A	A	C	A	C	B
苯	100	A	A	B	A	A	A	C	A	A
氨 水	10	A	B	A	A	A	A	C	A	B
丙 酮	100	A	B	B	A	B	A	A	A	B
尿 素	/	A	A	A	A	B	A	C	A	A
四氯化碳	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A
机 油	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A
汽 油	/	A	A	A	A	A	A	A	A	A

注：A—稳定；B—尚稳定；C—不稳定。

表 3.3-204 碳石墨密封环的摩擦系数和推荐配对材料

类 别	代号	浸液物	摩擦系数 不大于	推荐的配对材料	最高使用温度 /°C
金属	0.15	硬质合金、镀铬钢、不锈钢 巴氏合金	450 200		
电化石墨密封环	M2	树脂	0.25	陶瓷、硬质合金、青铜、不锈钢、镀铬钢、氮化硅、碳化硅	200
		金属	0.25	硬质合金、镀铬钢 巴氏合金	450 200
树脂碳石墨密封环	M3	无	0.15	不锈钢、黄铜、陶瓷、氮化硅、硬质合金	200

注：本表中摩擦系数系碳石墨配对 9Cr18、在 MM-200 型摩擦磨损试验机上进行干摩擦的测定值。

10.6 柔性石墨板(见表 3.3-205)

表 3.3-205 柔性石墨板尺寸规格及技术性能(摘自 JB/T 7758.2—1995)

项目		指标				模压板	液压板
技术性能	密度偏差/ $g \cdot cm^{-3}$	$H \geq 0.4$	$\pm 0.07$	尺寸规格/mm		长度及偏差: $\geq 500(\pm 5)$ 宽度及偏差: $\geq 300(\pm 3)$	长度: $\geq 1000$ 宽度及偏差: $\geq 200(\pm 3)$
		$H < 0.4$	$\pm 0.1$				
	抗拉强度/MPa					$\geq 3.2$	
	压缩率(%)					$35 \sim 55$	
	回弹率(%)					$\geq 9$	
	应力松弛率(%)					$\leq 10$	
	灰分(%)					$\leq 6.0$	
	热失重(%)	450°C				$\leq 1.0$	
		600°C				$\leq 2.0$	
	硫含量/ $10^{-6}$					$\leq 1500$	厚度(H)偏差: $H \leq 0.5$ ,偏差 $\pm 0.05$ , $H > 0.5$ ,偏差 $\pm 0.08$
氯含量/ $10^{-6}$			$\leq 100$				

注: 1. 密度  $1.0 \sim 1.1g/cm^3$ 。

2. 柔性石墨板的表面应平滑, 无明显气泡、裂纹、皱折、划痕、杂质等缺陷。

10.7 柔性石墨编织填料(见表 3.3-206)

表 3.3-206 柔性石墨编织填料规格及技术性能(摘自 JB/T 7370—1994)

项目	RBTN1-450	RBTN2-600	RBTW1-300	RBTW2-450	RBTW2-600
体积密度/ $g \cdot cm^{-3}$	规格 $\leq 20mm$ 时, $\geq 0.9$ 规格 $> 20mm$ 时, $\geq 0.7$	0.8~1.2	规格 $\leq 20mm$ 时, $\geq 0.7$ 规格 $\leq 20mm$ 时, $\geq 0.9$	1.1~1.4	
压缩率(%)	25~50			35~55	
回弹率(%)	$\geq 12$		$\geq 10$	$\geq 9$	$\geq 10$
含碳量(%)	$\geq 80$			$\geq 85$	
硫含量/ $10^{-6}$				$\leq 1500$	
热失重(%)	$\leq 17$	$\leq 20$	$\leq 5$	$\leq 15$	$\leq 15$
摩擦系数	$\leq 0.18$	$\leq 0.2$	$\leq 0.13$	$\leq 0.4$	

注: 1. 不同型号产品耐温失重温度为各自最高适应温度。

2. 含碳量及硫含量测定时, 若产品增强材料含金属材料, 制样时应将金属材料剥离去掉后再进行测试。

3. 填料规格(填料边长)为: $\leq 5mm$ 、 $6 \sim 15mm$ 、 $16 \sim 20mm$ 、 $\geq 26mm$ , 其极限偏差分别为: $\pm 0.4mm$ 、 $\pm 0.8mm$ 、 $\pm 1.2mm$ 、 $\pm 1.6mm$ 。

4. 柔性石墨编织填料用的柔性石墨, 其氮含量应不大于  $1550 \times 10^{-6}$ 。

10.8 柔性石墨复合增强(板)垫(见表 3.3-207~表 3.3-209)

表 3.3-207 柔性石墨复合增强(板)垫分类、剖面结构及标记(摘自 JB/T 6628—1993)

产品分类	产品标记	剖面简图	产品分类	产品标记	剖面简图
柔性石墨、金属平板复合增强(板)垫	JB/T 6613 RSB 1222		柔性石墨、金属平板复合增强(板)垫	JB/T 6613 RSB 1232	
柔性石墨、石棉、金属平板复合增强(板)垫	JB/T 6613 RSB 1222(S)		柔性石墨、纤维混合复合增强(板)垫	JB/T 6613 RSB 1804	
			柔性石墨、纤维网多层复合增强(板)垫	JB/T 6613 RSB 1815	

注: JB/T 6613《柔性石墨板带分类、代号及标记》。

表 3.3-208 柔性石墨复合增强(板)垫厚度允许偏差(摘自 JB/T 6628—1993) (mm)

规格	厚度	厚度偏差	同张厚度差	规格	厚度	厚度偏差	同张厚度差
≤500	0.5~1.0	±0.10	≤0.10	>500	0.5~1.0	±0.10	≤0.15
	>1.0~2.0	±0.15	≤0.15		>1.0~2.0	±0.15	≤0.20
	>2.0	±0.20	≤0.20		>2.0	±0.20	≤0.25

注:复合(板)垫用柔性石墨的硫含量应不大于  $1500 \times 10^{-6}$ 、氮含量应不大于  $100 \times 10^{-6}$ 。

表 3.3-209 柔性石墨复合增强(板)垫的技术性能(摘自 JC/T 6628—1993)

项目	指 标				
	金属复合板			纤维复合板	
	RSB 1222	RSB 1222(S)	RSB 1232	RSB 1804	RSB1815
密度偏差/ $g \cdot cm^{-3}$	±0.25	±0.25	±0.15	±0.25	±0.25
压缩率(%)	15~35	15~35	33~55	10~30	15~35
回弹率(%)	≥20	≥20	≥10	≥30	≥10
应力松弛率(%)	≤10	≤25	≤10	≤20	≤15
耐温失量(%)	450°C	≤1.0	≤5.0	≤1.0	≤20
	600°C	≤10	≤10	≤20	≤20
吸油率(%)	柴油	≤20	≤20	≤5.0	≤20
	机油	≤20	≤20	≤10	≤40
	汽油	≤20	≤20	≤5.0	≤20

注:金属复合垫密封泄漏率应小于  $1.0 \times 10^{-2} cm^3/s$ 。

### 10.9 柔性石墨金属缠绕垫片(见表 3.3-210、表 3.3-211)

表 3.3-210 柔性石墨金属缠绕垫片规格尺寸(摘自 JB/T 6369—1992)

公称通径/mm	垫片本体/mm			内外环/mm		
	$D_2$	$D_3$	$T$	$D_1$	$D_4$	$T_1$
≤200	±0.5	±0.8	-0.3 0	-0.8 0	0 -0.8	±0.3
250~600	+0.8	+1.3	-0.3 0	-0.8 0	0 -0.8	±0.3
≥600	±1.3	±1.8	-0.3 0	-0.8 0	0 -0.8	±0.3
垫片技术指标	压缩率:16%~30%;回弹率≥25%;应力松弛率≤15%; 泄漏率≤ $1.0 \times 10^{-3} cm^3/s$					

注:1. 垫片本体表面不应有伤痕、凹凸不平、空隙、锈斑等缺陷。主体缠绕完成后,其密封面不允许再进行预处理或其他加工。

2. 垫片本体表面柔性石墨带应均匀突出金属带,且光滑平整

3. 垫片由 V 型金属带和柔性石墨带相互重叠连续缠绕而成,金属带与柔性石墨带应紧密贴合,层次均匀,不应有皱折、空隙等缺陷。

4. 缠绕时,初绕和终绕一般各应有不少于 3 圈的金属带,其间不填入柔性石墨带

5. 垫片外环在贮存和运输过程中不应与本体脱落。

表 3.3-211 垫片用材料的技术性能(摘自 JB/T 6369—1992)

垫片用金属材料	项目	指 标
	厚度	0.15~0.25mm
材质	0Cr18Ni9 冷轧钢带,也可选用 0Cr13、1Cr13、1Cr18Ni9Ti、0Cr17Ni12Mo2Ti 或其他金属带材	
技术要求	(1) 材料的化学成分和尺寸偏差应符合 GB 4239 的规定或用户要求	
	(2) 不锈钢带硬度为 140~160HBS 或按用户要求	
	(3) 金属带表面应光滑、洁净,不允许有粗糙不平、裂纹、划伤和锈斑等缺陷	
垫片用柔性石墨带	项目	指 标
	拉伸强度/MPa	≥3.5
	硫含量/ $10^{-6}$	≤2000
	氮含量/ $10^{-6}$	≤100
热失量(%)	450°C	≤1.0
	600°C	≤20.0

注:垫片主体内、外侧的点焊数应符合 JB/T 6369—1992 的规定。

10.10 碳(化)纤维浸渍聚四氟乙烯编织填料及模压成型填料(见表 3.3-212、表 3.3-213)

表 3.3-212 碳(化)纤维浸渍聚四氟乙烯编织填料及模压成型填料分类及尺寸规格(摘自 JB/T 6627—1993)

分类	类型	最高使用温度/°C		适用介质			类型	最高使用温度/°C		适用介质					
	T1101	≤345	溶剂、酸、碱 pH:1~11			T2102	≤300	溶剂、酸、碱 pH:1~14							
T1102	≤345	溶剂、酸、碱 pH:1~11			T3101	≤260	溶剂、弱酸、弱碱 pH:2~12								
T2101	≤300	溶剂、酸、碱 pH:1~11			T3102	≤260	溶剂、弱酸、弱碱 pH:2~12								
压模成型	内径	4~100		101~200		外径	10~150 151~250		高度	3~25					
环规格/mm	偏差	+0.3		-0.5		偏差	-0.5 0.7								
正方形截面填	规格	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	25.0
料规格尺寸/mm	偏差	±0.2			±0.3		±0.5		±0.7		±1.0				

表 3.3-213 碳(化)纤维浸渍聚四氟乙烯编织填料的技术指标(摘自 JB/T 6627—1993)

项 目	指 标					
	T1101	T1102	T2101	T2102	T3101	T3102
体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	≥1.2	≥1.5	≥1.2	≥1.4	≥1.1	≥1.3
耐温失量 (%)	(345±10)°C	≤6	≤5	—	—	—
	(300±10)°C	—	—	≤6	≤5	—
	(260±10)°C	—	—	—	≤6	≤5
摩擦系数	≤0.15					
磨耗量/g	<0.1	<0.07	<0.1	<0.07	<0.1	<0.1
压缩率(%)	20~45	10~25	25~45	10~25	25~45	10~25
回弹率(%)	≥30	≥30	≥30	≥30	≥25	≥30
酸失量(%) (5%硫酸)	<3	<3	<3	<3	<5	<5
碱失量 (%)	25%NaOH	<3	<3	<3	—	—
	5%NaOH	—	—	—	<8	<8

10.11 机械用碳材料及其制品(见表 3.3-214~表 3.3-216)

表 3.3-214 机械用碳材料及其制品分类、型号及浸渍物代号(摘自 JB/T 2934—1993)

系列代号	分 类		型 号							
	M1	碳-石墨类		M103 M126 M134 M161						
浸渍碳-石墨类			M106H M112H M120H M126H M161H M103K M106K M120K M126K M158K M161K							
				M103F M135F M140F M161F M161B M113A M120B						
M2	电化石墨类		M201 M202 M204 M205 M216 M233 M238 M276 M252							
	浸渍电化石墨类		M201H M202H M204H M205H M216H M233H M238H M252H M254H M255H M201K							
				M202K M204K M205K M216K M252K M254K M201F M202F M205F M216F M201B						
M3	树脂碳复合类		M301 M304 M353 M356 M357 M369 M312							
浸渍物	名称	铝合金	巴氏合金	铜	铋	油 脂	酚醛树脂	银	环氧树脂	
	代号	A	B	C	D	E	F	G	H	
	名称	聚四氟乙烯	吹喃树脂	磷酸铝	半干性油	脂肪酸	铝青铜	石蜡	干性油	
	代号	J	K	L	M	N	P	S	Y	

注: 1. JB/T 2934—1993 标准适用于机械、化工、轻工业部门使用的碳石墨密封环、轴承和旋片。

2. 型号示例:

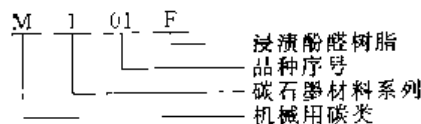


表 3.3-215 机械用碳材料的技术性能(摘自 JB/T 2934—1993)

系列代号	型 号	肖氏硬度 (HS)	抗压强度 /MPa	抗折强度 /MPa	开口气孔率 (%)	体积密度 /g·cm <sup>-3</sup>
M1	M103	≥58	≥59	≥24	≤30	≥1.41
	M126	50	60	25	20	1.60
	M134	50	69	30	23	1.46
	M161	10	58	24	25	1.50
	M106H	65	118	50	2.0	1.60
	M112H	55	170	52		1.62



(续)

系列代号	型号	肖氏硬度 (HS)	抗压强度 /MPa	抗折强度 /MPa	开口气孔率 (%)	体积密度 /g·cm <sup>-3</sup>
M1	M120H	65	150	46	2.0	1.65
	M126H	70	137	44	1.5	1.70
	M161H	65	122	56	2.5	1.80
	M106K	70	161	54	3.0	1.60
	M120K		165	50		1.65
	M126K		137	39		1.65
	M158K	75	147	54	2.0	1.62
	M161K	65	122	56	2.5	1.75
	M103F	75	176	45		1.60
	M103K		170			1.60
	M135F	60	100	49	3.0	1.70
	M140F	70	180	54	2.5	1.68
	M161F	50	80	36		1.75
	M161B		102		6.0	2.6
	M113A	60	250	98	2.0	1.9
M120B	50	130	50	10	2.3	
M2	M201	23	37	15	28	1.54
	M202	30	26	18	28	1.57
	M204	40	74	30	18	1.60
	M205	27	40	15	27	1.48
	M216	26	34			1.60
	M233	55	98	39	10	1.80
	M238	35	60	30	20	1.70
	M252	32	39	20	25	1.55
	M275	40	59	25	20	1.60
	M201H	48	88	41	2.5	1.82
	M202H	50	98	46		1.83
	M204H		127	50	1.0	1.85
	M205H	62	75	38	2.5	1.82
	M216H	48	97	46		1.83
	M233H	70	156	54	2.0	1.80
	M238H	40	78	39		1.85
	M252H	48	88	42		1.75
	M254H	42	74	35	2.5	1.82
	M255H	40	78	34		1.83
	M201K	42	88	35		1.85
	M202K	48	102	40	3.0	1.85
	M204K	60	137	39		1.80
	M205K	65		49	2.5	1.80
	M216K	40	87	30		1.80
	M252K	50	88	34	3.0	1.80
	M254F	45	78	39		1.82
	M201F	40	78	34	2.5	1.82
	M202F	45	93	39		1.80
	M205F	40	75	38		1.83
	M216F		98	44	1.83	
	M201B	28	75	34	5.0	2.5
	M202	30		28		
	M205B	55	115	31		2.3
M216B	40	91	26	1.0	2.0	
M254B	30	60	30		2.0	
M262A	35	147	74	2.0	2.0	
M3	M301	50	-	55	-	1.75
	M304	47	-	42	-	1.60
	M353	45	120	45	1.0	1.75
	M356	50	140	50		1.72
	M357	40	80	40		1.75
	M369	30		1.80		
M312	50	100	35	1.68		

注：1. 浸渍类材料在作非密封制品时，表中开口气孔率数字可不作考核。

2. 如用户对浸渍制品有抗渗漏要求，可按供需双方拟定条件进行耐压试验。进行耐压试验的制品，不再做开口气孔率试验。

3. 机械用碳材料不允许有开裂、起层、氧化、夹料、浸渍不透和影响成品加工尺寸的表观缺陷。

4. M301和M304型号200℃线胀系数分别为(不大于)22×10<sup>-6</sup>/K和15×10<sup>-6</sup>/K。

表 3.3 216 机械用碳制品技术要求(摘自 JB/T 2934-1993)

制品名称	技术要求
密封环	1. 静止环和旋转环的密封端面的平面度公差为 0.0009mm, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 0.4 $\mu$ m 2. 静止环和旋转环的密封端面对与辅助密封圈接触的端面的平行度按 GB/T 1184 的 7 级公差 3. 静止环和旋转环与辅助密封圈接触部位的表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m 4. 静止环和旋转环与辅助密封圈接触部位的圆周表面的尺寸公差带分别为 h8、H8 5. 静止环和旋转环的密封端面对与辅助密封圈接触部位的圆周表面的垂直度均按 GB/T 1184 的 7 级公差 6. 活塞分瓣环的外圆周面的尺寸公差带不低于 h8, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m, 与端面垂直度不低于 GB/T 1184 的 9 级公差; 两端面平行度不低于 GB/T 1184 的 8 级公差, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m, 端面间尺寸偏差 不低于 GB/T 1800 的 $\pm \frac{IT8}{2}$ 7. 轴封分瓣环的内圆周面的尺寸公差带不低于 H8, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m, 对端面的垂直度不低于 GB/T 1184 的 9 级公差; 两端面的平行度不低于 GB/T 1184 的 8 级, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m, 端面间尺寸 偏差不低于 GB/T 1800 的 $\pm \frac{IT8}{2}$
轴承	1. 导向轴承内圆周面的尺寸公差带不低于 H8, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m; 外圆周面的尺寸公差带不低于 h8, 表面粗糙度参数 $R_a$ 值为 3.2 $\mu$ m; 内外圆的同轴度不低于 GB/T 1181 的 8 级公差 2. 止推轴承的工作面与外圆周表面的垂直度不低于 GB/T 1184 的 9 级公差; 外圆周面的尺寸公差带 h8
旋片	两短工作面间和两大面间的尺寸偏差不低于 GB/T 1800 的 $\pm \frac{IT8}{2}$ , 长工作面与短工作面间的垂直度不低于 GB/T 1184 的 8 级公差, 工作面与两大面表面粗糙度参数 $R_a$ 值均为 3.2 $\mu$ m

## 10.12 碳、石墨耐磨材料(见表 3.3-217)

表 3.3-217 碳、石墨耐磨材料的性能

类别	体积密度 /g·cm <sup>-3</sup>	硬度 (HS)	气孔率(体积分数) (%)	抗压强度 /MPa	抗折强度 /MPa	线胀系数 /(10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	耐热温度 /°C
碳-石墨	1.50~1.70	50~85	10~20	80~180	25~55	—	350
电化石墨	1.60~1.80	40~55	10~20	35~75	20~40	3	400
碳-石墨基体: 浸酚醛	1.65	90	5	260	65	14	170
浸环氧	1.62~1.68	65~92	2	100~270	45~75	11.5	—
浸呋喃	1.70	70~90	2	170~270	60	6.5	—
浸四氟乙烯	1.60~1.90	80~100	<8	140~180	40~60	—	—
浸巴氏合金	2.40	60	2	200	65	—	—
浸青铜	2.40	90	4	320	80	6	500
电化石墨基体: 浸酚醛	1.80	45~72	2~3	90~140	35~50	14	170
浸环氧	1.80~1.90	40~90	1	70~150	30~80	11.5	—
浸呋喃	1.85~1.90	50~80	2	120~150	45~50	6.5	170
浸四氟乙烯	1.70	65	—	60	30	5.2	250
浸巴氏合金	2.40	42~60	3	100~200	40~70	5.5	200
浸青铜	2.45	45~60	2~3	120~150	60~70	6	500
浸铝合金	2.10~2.20	45	1	200	100	6	400
浸磷酸盐	1.60	65	—	50	30	5.2	500

注: 碳、石墨材料在润滑介质和腐蚀介质中, 均能自润滑地长期工作, 浸渍石墨(树脂、青铜、巴氏合金)适用于制作油泵、水泵、汽轮机、搅拌机以及各种酸碱化工泵的密封环(静环)、防爆片、管道、管件等; 碳质, 浸渍石墨(树脂、金属)适用于造纸、木材加工、纺织、食品等机器上忌油脂场所的轴承; 电化石墨, 浸渍石墨(金属)适于化工用气体压缩机的活塞环等; 浸渍石墨(金属)适于制作计量泵、真空泵、分配泵的刮片等。

## 10.13 不透性石墨(见表 3.3-218~表 3.3-221)

表 3.3-218 不透性石墨品种及技术性能

品种	人造石墨	酚醛树脂压型石墨		浸渍石墨			浇注石墨 (常温常压)
		压型管	碳化管	浸酚醛		浸呋喃	
				管材	块材		
体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.5~1.6	1.87	1.79	1.90	1.80~1.90	1.80	1.20
抗压强度/MPa	20~24	66	69	83	60~70	42~59	49
抗弯强度/MPa	8.5~10.0	43.0	39.0	30.7	24.0~28.0	14.0~20.0	21.1
抗拉强度/MPa	2.5~3.5	16.0	14.1	19.5~23.2	8.0~10.0	—	7.7
线胀系数, 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	2.25	24.75 (129°C)	8.45 (151°C)	2.4	5.5	—	30

(续)

品 种	人造石墨	酚醛树脂压型石墨		浸渍石墨			浇注石墨 (常温常压)
		压型管	碳化管	浸酚醛		浸呋喃	
				管 材	块 材		
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	172~130	33 (56°C)	—	105~117	117~126	—	—
马丁耐热温度/°C	—	≤170	300	≤170	≤170	180~200	≤106
透气性		10MPa 水压不透	8MPa 水压不透	—	6MPa 水压不透	5MPa 水压不透	—
热稳定性次数 (150°C急冷至20°C)	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20

注：不透性石墨以一般人造石墨制品为基体，浸渍树脂填充基体中孔隙而成，或以石墨粉加树脂为粘结剂，压制或浇注成型，俗称塑料石墨。具有优良的耐腐蚀性，导热性好，耐热冲击性强。用于化工设备中的块、管式和径向式石墨热交换器、降膜式石墨吸收器、浓硫酸石墨稀释器、石墨盐酸合成炉及耐腐蚀管道、管件和衬板、石墨防爆片等。

表 3.3-219 酚醛浸渍石墨耐腐蚀性能

介质名称		质量浓度 /10g·L <sup>-1</sup>	温度 /°C	耐蚀性能	介质名称		质量浓度 /10g·L <sup>-1</sup>	温度 /°C	耐蚀性能	
酸 类	盐酸	任意	沸点以下	A	有机介质	硝基苯	100	135	A	
	硫酸	<80	沸点以下	A		二硫化碳	100	沸点以下	A	
	亚硫酸	任意	沸点以下	A		苯酚	98	80	A	
	磷酸	<85	沸点以下	A		汽油	100	沸点以下	A	
	硝酸	<15	<50	A		植、动物油	—	<170	A	
	亚硝酸	任意	沸点以下	A		煤油	—	<170	A	
	硝酸	30	<20	A		甘油	95	沸点以下	A	
	氢氟酸	48	沸点以下	A		石蜡	—	60	A	
	氯磺酸	任意	沸点以下	A		盐类溶液	硫酸盐	任意	沸点以下	A
	铬酸	10	20	A			硫代硫酸盐	任意	沸点以下	A
	甲—丁酸	任意	沸点以下	A	钾钠碳酸盐		任意	80	B	
	顺丁烯二酸	45	90	A	其他碳酸盐		任意	沸点以下	A	
	谷氨酸	20	<140	A	磷酸盐		任意	沸点以下	A	
	苯磺酸	10	120	A	次氯酸盐	<12.5	沸点以下	A		
	其他有机酸	任意	沸点以下	A	金属氯化物	任意	沸点以下	A		
碱类	氢氧化钠	2.5	20	C	金属硫化物	任意	沸点以下	A		
	氢氧化钾	2.5	20	C	硫氢酸盐	任意	沸点以下	A		
	氰化钾	28	50	A	硫酸锰	15	95	A		
有机介质	甲-戊醇	100	沸点以下	A	高锰酸钾	20	80	C		
	甲-戊酮	100	沸点以下	A	高锰酸钾	20	60	B		
	甲-戊醛	100	沸点以下	A	重铬酸钾	40	60	B		
	氯代甲-戊醛	任意	沸点以下	A	其他介质	氟气	100	常温	C	
	氯代甲-戊烷	任意	沸点以下	A		干氯气	100	常温	A	
	氯代甲-戊烯	任意	沸点以下	A		溴	100	20	C	
	苯、氯苯、苯胺	100	沸点以下	A		溴水	饱和	50	C	
	苯乙烯、乙苯	100	80	A		碘	饱和	100	C	
	二甲苯	100	100	A		拉开粉	20	100	C	
	双二氯苯	100	125	A		发泡粉	20	100	C	

注：A—完全耐蚀，B—实用耐蚀，C—耐腐蚀差。

表 3.3-220 浸呋喃树脂石墨耐腐蚀性能

介质	质量浓度/10g·L <sup>-1</sup>	温度/°C	耐蚀性
硫酸	90	50	A
铬酸	10	50	A
氢氧化钠	<30	沸点	A
氢氧化钾	20	40	A
次氯酸钙	20	60	A
高锰酸钾	20	60	A
重铬酸钾	20	60	A

注：A—完全耐蚀。

表 3.3-221 不透性石墨块和石墨管技术性能

项 目	石墨管(HG/T 2059-1991)			石墨块(HG/T 2370 1992)		石墨酚醛 粘接剂 (HG/T 2370-1992)
	Y型酚醛石墨管		浸渍树脂石墨管 JSSG	未浸渍石 墨块材	酚醛树脂 浸渍石墨	
	YFSG1	YFSG2				
真密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \geq$				$2.18 \times 10^3$	$2.03 \times 10^3$	
体积密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \geq$				$1.52 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	
抗压强度/MPa $\geq$	88.2	73.5	75	17.6	60	12(粘接后 抗剪强度)
抗拉强度/MPa $\geq$	19.6	16.7	15.7	3.5	14	11(粘接后)
抗弯强度/MPa $\geq$	68.6( $\phi 32/22$ )	58.8( $\phi 32/22$ )	60( $\phi 32/22$ )	6.1	27	—
热导率/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	(31.4~40.7)	(31.4~40.7)	(104.6~116)	—	(105~128)	(21~23)
线胀系数/ $10^{-6} \text{C}^{-1}$	24.7(129°C)	8.2(129°C)	2.4(129°C)	2.2~2.9(130°C)	5.1~5.7(130°C)	2.5~2.7 (130°C)
许用温度/°C	170	300	170	—	170	—
抗渗透性	$\phi 32/22 \times 100\text{mm}$ 的试样在 1MPa 压力下进行 水压试验 10min 不渗漏			制成设备后,以 1.25 倍设计压 力做为试验压力,保压 30min 不渗 漏		—

注: 1. HG/T 2059 石墨管许用设计压力 $\leq 0.3\text{MPa}$ , YFSG1 管成型后,在 130°C 温度下热处理, YFSG2 管成型后在 300°C 以下热处理。

2. 括号内的数值为参考数值。

## 11 隔热材料

### 11.1 绝热用硅酸铝棉及其制品(见表 3.3-222~表 3.3-225)

表 3.3-222 绝热用硅酸铝棉及制品的分类(摘自 GB/T 16400-1996)

分类方法	分 类 名 称			
	1 号硅酸铝棉	2 号硅酸铝棉	3 号硅酸铝棉	4 号硅酸铝棉
按使用 温度分	$\leq 800^\circ\text{C}$	$\leq 1000^\circ\text{C}$	$\leq 1100^\circ\text{C}$	$\leq 1200^\circ\text{C}$
按形 态分	硅酸铝棉			
	硅酸铝棉板——用加有粘结剂的硅酸铝棉制成具有一定刚度的板状制品			
	硅酸铝棉毡——用加有粘结剂的硅酸铝棉制成的柔性毡状制品			
按生产 方法分	硅酸铝棉湿法制品——硅酸铝棉经水洗除去部分液球,并施加粘结剂经压制或真空等方法成型、干燥而成的制品,用 a 表示			
	硅酸铝棉干法制品——在成棉过程中,加入热固性粘结剂经加热固化而成的制品,或者将不加粘结剂的硅酸铝棉采用针刺等方法制得的制品,用 b 表示			
用途	适用于工业设备和管道绝热用,制品不宜在氢、氮气中使用,宜于在空气、氮、氧气中使用			

表 3.3-223 硅酸铝棉的化学成分及物理性能(摘自 GB/T 16400-1996)

化学成分 (%) (质量分数)	种 类	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$
	1 号	$\geq 40$	$\geq 95$	$\leq 2.0$	$\leq 1.5$	$< 3.0$
	2 号	$\geq 45$	$\geq 96$	$\leq 0.7$	$\leq 1.2$	—
	3 号	$\geq 47$	$\geq 96$	$\leq 0.7$	$\leq 0.8$	—
	4 号	$\geq 52$	$\geq 96$	$\leq 0.7$	$\leq 0.8$	—
物理性能	种 类	液球含量(%)		热导率(平均温度 $500 \pm 20^\circ\text{C}$ )/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$		
	直接用棉	$\leq 15.0$		$\leq 0.153$		
	干法制品用棉	$\leq 25.0$				

注: 测试热导率时试件的密度为  $192\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 3.3-224 绝热用硅酸铝棉板、毡的尺寸规格及物理性能(摘自 GB/T 16400—1996)

尺寸和偏差	种类	长度/mm	长度极限偏差/mm	宽度/mm	宽度极限偏差/mm	厚度/mm	厚度极限偏差/mm	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	体积密度极限偏差(%)
	1a~4a号	500~1000	-3 0	400~500	±2	10~40	±2	96 128 192	±15
2b号	600~1000	-5 0	400~500	1.5 2	10~60	+5 -2			

物理性能	种类	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	热导率(平均温度 500±20°C)/W·(m·K)	渣球含量(%)	加热线收缩率(%)
	1a,2a号	96 128 192	≤0.161 ≤0.156 ≤0.153	≤18.0	≤4
3a,4a 2b号	96 128 192	≤0.161 ≤0.156 ≤0.153	≤15.0		

注: 湿法产品的抗拉强度不小于 20kPa, 含水率不大于 1.0%。

表 3.3-225 绝热用硅酸铝棉毡的尺寸规格及物理性能(摘自 GB/T 16400—1996)

尺寸和偏差	种类	长度/mm	长度极限偏差/mm	宽度/mm	宽度极限偏差/mm	厚度/mm	厚度极限偏差/mm	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	体积密度极限偏差(%)
	1b~4b号	供需双方商定	不允许 负偏差	305 610	-30 6	10 15 20,25 30,40,50	-4 -2 -8 -4	64 96 128 192	±15

物理性能	种类	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	热导率(平均温度 500±20°C)/W·(m·K)	渣球含量(%)	加热线收缩率(%)
	1b~4b号	64 96 128 192	≤0.176 ≤0.161 ≤0.156 ≤0.153	≤15.0	≤4

注: 1. 体积密度以公称厚度计算。

2. 标记示例: 体积密度为 192kg/m<sup>3</sup> 的 2 号湿法硅酸铝棉板 600mm(长)×400mm(宽)×20mm(厚), 标记为: 2a 号硅酸铝棉板 192-600×400×20 GB/T 16400-1996

## 11.2 硅酸钙绝热制品(见表 3.3-226、表 3.3-227)

表 3.3-226 硅酸钙绝热制品尺寸规格(摘自 GB/T 10699—1998)

制品形状	尺寸规格及允许偏差								
	长度/mm	长度偏差/mm	宽度/mm	宽度偏差/mm	内径/mm	内径偏差	厚度/mm	厚度偏差/mm	
								平均值	极差
平板	400~600	±4	200~300	±4	—	—	10~90	+3 -1.5	3
弧形板	400~600	±4	—	—	≥219	+3% +1%	40~90	+3 -1.5	3
管壳	400~600	±4	—	—	57~219	+3% +1% 或+5mm +2mm 取较大值	40~90	+3 -1.5	3

注: 1. 厚度的极差指厚度最大的制品与厚度最小的制品的厚度差。

2. 按产品要求可供应其他规格的产品。

3. 产品标记方法及标记示例:

标记中顺序为产品名称、品种、形状、长度×宽度(内径)×厚度、等级、标准号。

最高使用温度用 I、II 表示, 有、无石棉分别用(Y)、(W)表示, 有石棉产品应在制品端面涂抹明亮的永久性黄色标记以示区别, 平板、管壳、弧形板分别用 P、G 和 H 表示。

示例 1): 长为 600mm, 宽为 300mm, 厚为 60mm 的 220 号、最高使用温度为 1000°C 的无石棉平板标记为:

硅酸钙绝热制品 II(W)220P 600×300×60 GB/T 10699

示例 2): 长为 500mm, 内径为 219mm, 厚为 50mm 的 220 号、最高使用温度为 650°C 的有石棉管壳标记为:

硅酸钙绝热制品 I(Y)220G 500×φ219×50 GB/T 10699

示例 3): 长为 400mm, 内径为 560mm, 厚度为 70mm 的 170 号、最高使用温度为 1000°C 的有石棉弧形板标记为:

硅酸钙绝热制品 I(W)170H 400×φ560×70 GB/T 10699

表 3.3-227 硅酸钙绝热制品性能(摘自 GB/T 10699 1998)

产品类别		I 型			II 型			
		240 号	220 号	170 号	270 号	220 号	170 号	140 号
密度/kg·m <sup>-3</sup>		≤240	≤220	≤170	≤270	≤220	≤170	≤140
质量含湿率(%)		≤7.5			≤7.5			
抗压强度/MPa	平均值	≥0.50			≥0.50			≥0.40
	单块值	≥0.40			≥0.40			≥0.32
抗折强度/MPa	平均值	≥0.30			≥0.30			≥0.20
	单块值	≥0.24			≥0.24			≥0.16
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>								
平均温度	373K(100°C)	≤0.065			≤0.058			≤0.058
	473K(200°C)	≤0.075			≤0.069			≤0.069
	573K(300°C)	≤0.087			≤0.081			≤0.081
	673K(400°C)	≤0.100			≤0.095			≤0.095
	773K(500°C)	≤0.115			≤0.112			≤0.112
	873K(600°C)	≤0.130			≤0.130			≤0.130
最高使用温度	匀温灼烧试验温度/K	923(650°C)			1 273(1 000°C)			
	线收缩率(%)	≤2			≤2			
	裂缝	无贯穿裂缝			无			
	剩余抗压强度/MPa	≥0.40			≥0.32			≥0.40

注: 1. 经供需双方协议, 亦可提供其他密度硅酸钙绝热制品, 其物理性能指标应满足表中相近密度硅酸钙绝热制品的要求。

2. 表中导热系数与温度的近似关系式如下: (拟合误差 ≤ ±1.5%)

$$\text{密度} \leq 170 \text{kg/m}^3 \lambda_t = 0.0479 - 0.000 101 85 \times t + 9.650 15 \times 10^{-11} \times t^5 (t \leq 800^\circ\text{C})$$

$$\text{密度} > 170 \text{kg/m}^3 \lambda_t = 0.0564 + 0.000 077 86 \times t + 7.857 1 \times 10^{-8} \times t^2 (t \leq 500^\circ\text{C})$$

$$\lambda_t = 0.093 7 + 1.673 97 \times 10^{-10} \times t^3 (t = 500 \sim 800^\circ\text{C})$$

3. 硅酸钙本身为不燃性材料, 以有机纤维作为增强材料的制品, 必须提供不燃烧试验结果。

4. 多数硅酸钙绝热制品中含有微量水溶性氯化物及其他卤化物, 在有湿气和氧气存在时, 这些离子可能使敏感的合金(如奥氏体不锈钢)产生应力腐蚀裂纹, 如用户要求, 应提供可溶性氯离子浓度试验报告。

### 11.3 膨胀珍珠岩及其制品(见表 3.3-228、表 3.3-229)

表 3.3-228 膨胀珍珠岩的技术性能(摘自 JC/T 209-1996)

项目		指标				
		70 号	100 号	150 号	200 号	250 号
体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	最大值	70	100	150	200	250
质量含水率(%)	最大值	2	2	2	2	2
粒度	5mm 筛孔筛余量(%)	最大值	2	2	2	2
	0.15mm 筛孔通过率(%)	最大值	2	2	2	2
		优等品	4	4	4	4
	一等品	6	6	6	6	6
	合格品	6	6	6	6	6
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	优等品	0.047	0.052	0.058	0.064	0.070
(平均温度 298±5K 温度梯度 5~10K/cm)	一等品	0.049	0.054	0.060	0.066	0.072
	合格品	0.051	0.056	0.062	0.068	0.074

注: 膨胀珍珠岩按体积密度分为 70、100、150、200、250 号五个标号; 各标号产品按物理性能分为优等品、一等品和合格品三个等级。

表 3.3-229 膨胀珍珠岩制品的尺寸规格及性能(摘自 GB/T 10303-1989)

项目	板		管壳		尺寸规格				
	优等品	合格品	优等品	合格品					
尺寸偏差/mm	长度	±3	±5	±3	±5	按需方要求, 供需双方协定			
	宽度	±3	±5						
	厚度	±3	±5	±3	+5 -3				
	对角线差	≤6	≤10						
	内径			+3 0	+5 0				
物理性能	项目	200		250		300		350	
		优等品	合格品	优等品	合格品	优等品	合格品	优等品	合格品
	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	200		250		300		350	
	热导率(25°C±5°C)W·(m·K) <sup>-1</sup>	≤0.056	0.060	0.064	0.068	0.072	0.076	0.080	0.087
	抗压强度/kPa	≥392	291	490	392	490	392	490	392
重量含水率(%)	≤2	5	2	5	3	5	4	6	

注: 1. 产品使用温度范围: 50~900°C。

2. 产品吸水率较高而影响强度, 因此, 使用时应采取防水措施。

## 11.4 膨胀蛭石及其制品(见表 3.3-230~表 3.3-232)

表 3.3-230 膨胀蛭石分类及技术性能(摘自 JC/T 441 1996)

按颗粒级配分类	筛孔直径/mm	筛孔直径/mm						
		10	5	2.5	1.25	0.63	0.25	0.16
类别	累计筛余(%)	10	5	2.5	1.25	0.63	0.25	0.16
1号	30~80	—	80~100	—	—	—	—	—
2号	0~10	—	—	90~100	—	—	—	—
3号	—	0~10	40~90	—	90~100	—	—	—
4号	—	—	0~10	—	—	90~100	—	—
5号	—	—	—	0~5	—	60~98	90~100	—
技术性能	项 目					产品等级		
						优等品	一等品	合格品
	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>					100	200	300
	热导率(平均温度 25°C±5°C)/W·(m·K) <sup>-1</sup>					0.062	0.078	0.095
含水率(%)					3	3	3	

注:膨胀蛭石的使用温度为-30~900°C。

表 3.3-231 膨胀蛭石制品尺寸规格(摘自 JC/T 441-1996)

制品名称及代号	尺寸规格/mm	尺寸允许偏差
砖(P)	230×113×63;240×115×53	产品分为优等品、一等品、合格品。板、砖长、宽、厚的允许偏差均为:优等品:±3mm,一等品:±4mm,合格品:±5mm 管壳优等、一等、合格品,长度允许偏差分别为:±3mm、±5mm、±5mm,厚度允许偏差分别为:±3、±4、±5mm;内径允许偏差分别为:±3、±4、±5mm
板(P)	长 200,250,300,400 宽 200,250,300,500 厚 40,50,60,65,70,80,100,120,150,200	
管壳(G)	长 150,300,350 厚 50,60,70,80,100,120,200 内径 25,28,32,38,42,45,48,57,73,76,83,89,103,108,114,121,133,140,146,159,168,194,219,245,273,325,356,377,419,426,480	

注:按粘结剂不同分为:水泥膨胀蛭石制品,用于中低温管道绝热,冷库不宜用;水玻璃膨胀蛭石制品,用于非潮湿环境中;沥青膨胀蛭石,用于建筑防水层、冷库等。

表 3.3-232 水泥膨胀蛭石制品技术性能(摘自 JC/T 441-1996)

项 目	产品等级		
	优等品	一等品	合格品
压缩强度/MPa	0.4	0.4	0.4
体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	350	480	550
含水率(%)	4	5	6
热导率(平均温度 25°C±5°C)/W·(m·K) <sup>-1</sup>	0.090	0.112	0.142

注:1.水玻璃膨胀蛭石制品、沥青膨胀蛭石制品的各项物理性能指标由供需双方协议确定。

2.膨胀蛭石制品使用温度为:-40~800°C。

## 11.5 泡沫石棉绝热制品(见表 3.3-233)

表 3.3-233 泡沫石棉绝热制品尺寸规格及性能(摘自 JC/T 812-1996)

尺寸规格/mm	项 目		基本尺寸			允许偏差	
	长度	宽度	800	1000	1500	500	±5 ±10 ±15 ±5
	厚度		25,30,35,40,45,50,55,60			+4.5 0	
性能及外观质量	指标	项 目	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	热导率(平均温度 343K±5K,冷热板温差 28K±2K)/W·(m·K) <sup>-1</sup>	压缩回弹率(%)	含水率(%)	外观质量
	等级		≤	≤	≥	≤	表面 断面结构
	优等品		30	0.046	80	2.0	平整,手感细腻、柔软 泡孔均匀、细密

(续)

性能及外观质量	指标 等级	项目	体积密度 /kg·m <sup>-3</sup> ≤	热导率(平均温度 313K, 5K, 冷热板 温差 28K ± 2K) ·W·(m·K) <sup>-1</sup> ≤	压缩 回弹率 (%) ≥	含水率 (%) ≤	外观质量	
							表面	断面结构
							一等品	40
合格品	50	0.059	30	4.0	比较平整, 允许有5mm以下的凹凸	比较细密, 上下层泡孔允许略有差别, 个别泡孔不大于10mm		

注: 泡沫石棉是以温石棉为主要原料, 经多种工艺制成的泡沫状制品, 可生产各种规格及形状的产品。用于防潮、防水、防腐、保温、保冷等。

### 11.6 泡沫玻璃绝热制品(见表 3.3-234、表 3.3-235)

表 3.3-234 泡沫玻璃绝热制品尺寸规格(摘自 JC/T 647--1996) (mm)

项目	规格尺寸		允许偏差	
	平板	管壳	平板	管壳
长度	300, 400, 500		±4	+4
宽度	200, 250, 300, 350, 400		±4	--
厚度	40, 50, 60, 70, 80, 90, 100		-3 0	+3 0
内径	57, 76, 89, 108, 114, 133, 159, 194, 219, 245, 273, 325, 356, 377, 426, 480			+5 -2

表 3.3-235 泡沫玻璃绝热制品的性能(摘自 JC/T 647--1996)

项目	分类等级	150			180	
		优等	一等	合格	一等	合格
体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	≤	150	150	150	180	180
抗压强度/MPa	≥	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4
抗折强度/MPa	≥	0.1	0.4	0.4	0.5	0.5
吸水率体积(%)	≤	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
透湿系数/mg·(Pa·s·m) <sup>-1</sup>	≤	0.007	0.007	0.05	0.007	0.05
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup> 平均温度	≤					
308K(35°C)		0.058	0.062	0.066	0.062	0.066
213K(-40°C)		0.046	0.050	0.054	0.050	0.054

注: 1. 产品耐火性较差, 不污染环境, 能够重复使用。  
2. 使用温度范围-200~400°C。

### 11.7 玻璃棉及其制品(见表 3.3-236~表 3.3-243)

表 3.3-236 玻璃棉的种类及技术性能(摘自 GB/T 13350—1992)

玻璃棉种类	纤维平均直径 /μm ≤	渣球含量 (%) ≤	热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup> (平均温度 70°C ± 5°C) ≤	最高使用温度 /°C
1号	5.0	1.0	0.041(40)	400
2号	2a号	4.0	0.042(40)	400
	2b号	0.3		
3号	13.0	10.0	0.049(70)	400

注: 1. 表中括号内列出的数值是试验体积密度, 单位为 kg/m<sup>3</sup>。  
2. 纤维直径 < 15μm 的普通玻璃棉, 耐腐蚀性较差, 使用温度不超过 300°C; 纤维直径 < 5μm 的普通超细玻璃棉, 耐热温度 ≤ 400°C, 纤维直径 < 2μm 的无碱超细玻璃棉, 使用温度为 -120~600°C, 耐腐蚀性强, 吸声和防震性均好; 高硅氧玻璃棉, 吸声好, 耐腐蚀性高, 耐高温, 使用温度最高可达 1000°C。

表 3.3-237 玻璃棉制品的分类(摘自 GB/T 13350—1992)

类别	说明
玻璃棉	用火焰法、离心法、高压载能气体喷吹法等技术, 将熔融玻璃纤维化而制成的材料
玻璃棉板	玻璃棉施加热固性粘结剂制成的具有一定刚度的板状制品
玻璃棉带	将玻璃棉板切成一定的宽度, 使其纤维层垂直排列并粘贴在适宜的贴面上的制品
玻璃棉毡	用不含粘结剂的玻璃棉, 并用纸、布或金属网等作贴面材料增强制成的板状制品



(续)

类别	说明
玻璃棉毡	玻璃棉施加热固性粘结剂制成的柔性的毡状制品
玻璃棉管壳	玻璃棉施加热固性粘结剂制成的圆筒状制品, 根据需要可以贴附贴面材料

表 3.3-238 玻璃棉板的性能(摘自 GB/T 13350—1992)

种类	体积密度 /kg·m <sup>-3</sup>	热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup> (平均温度 70°C±5°C)≤	不燃性	最高使用温度 /°C
2号	24	0.049	不燃	300
	32	0.047		
	40	0.044		350
	48	0.043		
3号	64、80、96、120	0.042	400	
	80、96、120	0.047		

表 3.3-239 玻璃棉板尺寸规格(摘自 GB/T 13350—1992)

种类	长度	长度极限偏差	宽度	宽度极限偏差	厚度	厚度极限偏差	体积密度	体积密度 极限偏差
	mm		mm		mm		kg·m <sup>-3</sup>	
2号	1200	-10 -3	600	+10 3	15	+5 -3	24	±2
					25		32	
					40		48	
					50	-3 2	64	±6
					15、20、25		80	
					15、20、25		96	
3号					20	±2	120	±12
					12、15、20、25		80	
					12、20	+2	96	±9
					25		120	

注: 厚度需 50mm 以上的, 可以用 2 块以上的板叠合在一起。

表 3.3-240 玻璃棉带的尺寸规格及性能(摘自 GB/T 13350—1992)

物理性能	种类	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup> (平均温度 70°C±5°C)		最高使用温度 /°C			
	2号	≥25	≤0.052		同表 3.3-238			
尺寸和 偏差	种类	长度	长度极限偏差	宽度	宽度极限偏差	厚度	厚度极限偏差	体积密度
	2号	1820	±20	605	±15	25	+4 -2	≥25

注: 带的物理性能指标系指基材。

表 3.3-241 玻璃棉毯尺寸规格及性能(摘自 GB/T 13350—1992)

物理性能	种类	体积密度/kg·m <sup>-3</sup>	热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup> (平均温度 70°C±5°C)		最高使用温度 /°C			
	1号	≥24	≤0.047		350			
2号	≥24	≤0.048		350				
	≥40	≤0.043		400				
尺寸和 偏差	种类	长度	长度极限偏差	宽度	宽度极限偏差	厚度	厚度极限偏差	体积密度
	1号	2500	不允许 负偏差	600	不允许 负偏差	25、40、50 75、100	不允许 负偏差	≥24
2号	1000 1200	-10 -3	600	+10 -3	25、40、50、 75、100	不允许 负偏差	≥24	
	5500	不允许 负偏差						

注: 1. 毯的物理性能指标系指基材。

2. 压缩包装毯的体积密度, 在松包后 4h 内, 不允许有厚度的负偏差。

表 3.3-242 玻璃棉毡尺寸规格及性能(摘自 GB/T 13350—1992)

物理性能	种类	体积密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	热导率/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$ (平均温度 $70^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ )		最高使用温度/ $^\circ\text{C}$				
	2号	$\geq 24$	$\leq 0.049$	300					
		$\geq 16$	$\leq 0.058$	250					
$\geq 10$		供需双方协商拟定							
尺寸和偏差	种类	长度	长度极限偏差	宽度	宽度极限偏差	厚度	厚度极限偏差	体积密度	
	2号	mm		mm		mm		$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	
		1000	+10	600	-10	25	不允许 负偏差		$\geq 24$ $\geq 10$
		1200				40			
		2800	-3		50				
5500		不允许	75						
11000	负偏差	100							

注: 1. 毡的物理性能指标系指基材。  
 2. 有防火要求时,其不燃性指标应达到“不燃”。  
 3. 毡的体积密度分为 $\geq 24\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $\geq 10\text{kg}/\text{m}^3$ 两种,其尺寸规格相同,均为本表所示。  
 4. 压缩包装毡的体积密度,在松包后4h内,不允许有厚度的负偏差。

表 3.3-243 玻璃棉管壳尺寸规格及性能(摘自 GB/T 13350—1992)

物理性能	种类	体积密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	热导率/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$ (平均温度 $70^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ )		不燃性	最高使用温度/ $^\circ\text{C}$				
	2号	$\geq 45$	$\leq 0.043$		不燃	350				
	尺寸和偏差	种类	长度	长度极限偏差	厚度	宽度极限偏差	内径	内径极限偏差	体积密度	
2号		mm		mm		mm		$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$		
		1000	+5 -3	20	+5	22,38,45	+3		$\geq 45$	
						25	57,89			-1
						30	108,133			+4
						40	159,194			-1
						50	219,245			-5
						273,325	-1			

注: 管壳的物理性能指标系指基材。

### 11.8 岩棉、矿渣棉及其制品(见表 3.3-244)

表 3.3-244 岩棉、矿渣棉及制品的尺寸规格和性能(摘自 GB/T 11835—1996)

名称	尺寸规格/mm			性能			
	长度	宽度	厚度	体积密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	热导率/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1} \leq$	使用温度/ $^\circ\text{C} \leq$	
棉	液球含量(颗粒直径 $>0.25\text{mm}$ ) $\leq 12\%$			150	0.044	650	
板	910,1000 1200,1500	500,600, 630,910	30~150	61~200	0.044	600	
带	1200 2400	910	30,50,75,	61~100	0.052	600	
			100,150	101~160	0.049		
毡,贴面毡 缝毡	910,3000,4000, 5000,6000	600	50	61~80	0.049	400	
		630	60	81~100		600	
		910	70				
管壳	900,1000 1200	内径	22~89 102~325	30,40 50,60,80,100	61~200	0.044	600

注: 有防水要求时,吸湿率可达到 $\leq 5\%$ 。产品适用于设备及管道绝热等。

### 12 工业用毛毡(见表 3.3-245~表 3.3-249)

表 3.3-245 工业用毛毡及毡制品力学性能(摘自 FZ/T 25001—1992)

项目 评等 指标	体积密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		断裂强度/ $\text{N} \cdot \text{cm}^{-2}$ 不小于		断裂时伸长率 (%) 不大于		剥离力/ $\text{N}$ 不小于		备注
	一等品	二等品	一等品	二等品	一等品	二等品	一等品	二等品	
	品号	品号	品号	品号	品号	品号	品号	品号	
细毛	T112-65	0.65 +0.07 -0.05		一向 588 另一向 392		一向 110 另一向 120			

(续)

分类	项目 评等指标 品号	体积密度 /g·cm <sup>-3</sup>		断裂强度 /N·cm <sup>-2</sup> 不小于		断裂时伸长率 (%) 不大于		剥离力 /N 不小于		备注			
		一等品	二等品	一等品	二等品	一等品	二等品	一等品	二等品				
细毛	T112-32~44	0.32~0.44 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.32~0.44 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>	490 <sup>1)</sup>	392	90	108						
				160 <sup>2)</sup>	374	105	126						
				441 <sup>3)</sup>	353	110	132						
				343 <sup>4)</sup>	274	115	138						
				245 <sup>5)</sup>	196	120	144						
	T112-25~31	0.25~0.31±0.02	0.25~0.31-0.04										
半粗毛	T112-30~38	0.30~0.38 <sup>-0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.30~0.38 <sup>-0.05</sup> <sub>-0.04</sub>	392 <sup>6)</sup>	314	95	114			断裂强度中的数值右上角有:1)、2)、3)、4)、5)的分别为0.44、0.41、0.39、0.36、0.32g/cm <sup>3</sup> 细毛特品;右上角有6)、7)、8)、9)的分别为0.38、0.36、0.34、0.32g/cm <sup>3</sup> 半粗毛特品;右上角有10)、11)的分别为0.36、0.32g/cm <sup>3</sup> 粗毛特品			
				294 <sup>7)</sup>	235	110	132						
				245 <sup>8)</sup>	196	110	132						
				245 <sup>9)</sup>	196	125	150						
					T122-24~29	0.24~0.29±0.02	0.24~0.29±0.04						
	122-30~38	0.30~0.38 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.30~0.38 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.02</sub>										
	122-24~29	0.24~0.29±0.02	0.24~0.29±0.04										
	222-34~36	0.34~0.36 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.34~0.36 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>										
粗毛	T132-32~36	0.32~0.36 <sup>-0.03</sup> <sub>0.02</sub>	0.32~0.36 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>	294 <sup>10)</sup>	235	110	132						
				245 <sup>11)</sup>	196	130	156						
		T132-24~31	0.24~0.31±0.02	0.24~0.31±0.04									
		T132-23	0.23±0.02	0.23±0.04	245	196	110	132					
		132-32~36	0.32~0.36 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.32~0.36 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>									
杂毛	T152-23	0.23±0.02	0.23±0.04										
						108	88	130	156				
					152-30~36	0.30~0.36 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.30~0.36 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>						
					152-20~29	0.20~0.29±0.02	0.20~0.29±0.04						
					342-36	0.36 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.36 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>						
	552-23~36	0.23~0.36 <sup>-0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	0.23~0.36 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>										
	520-20	0.20±0.02	0.20±0.04										

注: 1. 毛毡是工业上常用的材料, 可以冲切制造成为各种形状的零件, 如圆环形零件、条形零件等; 可作为隔热保温材料, 过滤材料、抛磨光材料、防震材料、密封材料、衬垫材料及弹性钢丝针布底毡材料。

2. 毛毡品号的含义:

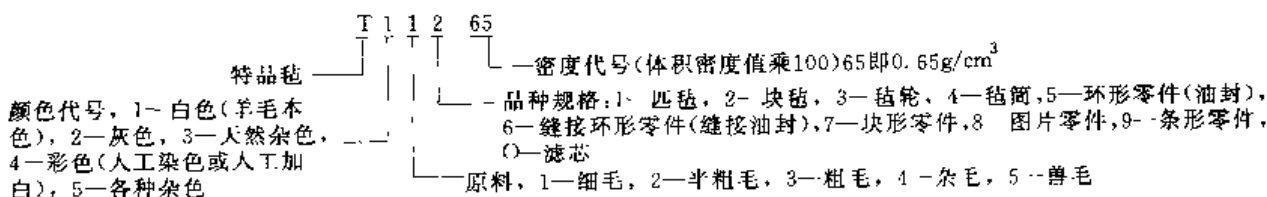


表 3.3-246 工业用毛毡的尺寸规格(摘自 FZ/T25001—1992)

项目	允许偏差/mm										注			
	1.5~2.5		2.6~5		5.1~13		13.1~25		3			4.5		5
密度范围	一等品	±20%	±17%	±12%	±11%	±15%	±11%	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%
	二等品	±25%	±18%	±15%	±11%	±15%	±11%	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%
	三等品	±0.2	±0.3											±0.3
厚度/mm														
尺寸	一等品	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1
	二等品	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1
	三等品	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1

注:毡毡(钢丝针布毡)厚度,按规定取样测试10个测试点,求平均值,4.5mm规格,厚度公差必须在3.8mm及以上和5mm规格,厚度公差必须在3.8mm及以上和5mm规格,规格厚度板差2.5mm及以上和3.3mm及以下。

表 3.3-247 毡制品零件的尺寸允许偏差(摘自 FZ/T25001 1992)

零件名称	尺寸/mm											
	10以下(包括10)		10~25		25.1~100		100.1~200		200.1~300		300.1~400	
圆环形	外径	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
零件	内径	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
条状形	长度	±0.8	±0.8	±1.0	±1.0	±1.5	±1.5	±2.0	±2.0	±2.5	±2.5	±3.0
零件	宽度	±0.5	±0.5	±0.8	±1.0	±1.3	±1.3	±2.0	±2.0	±2.5	±2.5	±3.0
厚度		±0.3	±0.3	±0.5	±0.5	±0.7	±0.7	±1.0	±1.0	±1.5	±1.5	±2.0
圆环形	外径	±0.7	±1.0	±1.0	±1.0	±1.2	±1.2	±1.5	±1.5	±1.8	±1.8	±2.5
零件	内径	±0.7	±1.0	±1.0	±1.0	±1.2	±1.2	±1.5	±1.5	±1.8	±1.8	±2.5
条状形	长度	±1.0	±1.5	±2.0	±2.0	±2.5	±2.5	±3.0	±3.0	±3.5	±3.5	±4.0
零件	宽度	±1.0	±1.5	±2.0	±2.0	±2.5	±2.5	±3.0	±3.0	±3.5	±3.5	±4.0
厚度		±0.3	±0.3	±0.5	±0.5	±0.7	±0.7	±1.0	±1.0	±1.5	±1.5	±2.0

表 3.3-248 毡轮的技术指标(摘自 FZ/T25001-1992)

项目	体积密度/g·cm <sup>-3</sup>		游离硫酸含量(%) 不大于	油脂含量 (%) 不大于	总灰分 (%) 不大于	植物性杂质含量 (包括矿物性杂质) (%) 不大于	矿物性杂质含量 (包括植物性杂质灰分) (%) 不大于
	一等品	二等品					
细毛	0.30~0.40 <sup>+0.03</sup> <sub>0.02</sub>		0.50	0.50	0.50	0.40	0.15
	0.44~0.46±0.03						
	0.50以上±0.04						
半粗毛	0.50以上±0.04		0.50	0.50	0.50	0.40	0.15
粗毛(包括兽毛)	0.50以上±0.04		0.60	1.50	0.60	0.40	0.20

注:1. 毡轮、毡制品零件二等品化学指标应符合一等品要求。

2. 本表中各种杂质含量百分数为质量分数。

表 3.3-249 毡轮外径、厚度的允许偏差(摘自 FZ/T25001-1992)

项 目	允 许 偏 差 /mm													
	10 以下		10~50		51~99		100~200		201~300		301~400		400 以上	
外径/mm	一等品	±0.6	±0.1	±1	±2	±1.5	±3	+2	±4	±2.5	±6	±3	±8	±4
	二等品	±0.5	±1	±1	±2	±1.5	±3	+2	±4	±2.5	±6	±3	±8	±4
厚度/mm	一等品	±0.5	±1	±1	±2	±1.5	±3	±2	±4	±2.5	±6	±3	±8	±4
	二等品	±0.6	±1.5	±1.5	±3	±3	±3	±2	±4	±2.5	±6	±3	±8	±4
均匀度	厚度在偏差范围内的同只产品,其厚度偏差小于1.5mm													

注:1. 长度及宽度大于400mm的条块形毡制品零件的名义尺寸技术要求,规定其长度和宽度每增加100mm时,增加±1.0mm。条与块的区分为:长大于宽四倍及以上为条,长大于宽三倍及以下为块。

2. 用条料缝成的毛毡圆环应符合下列要求:

(1) 圆环的外径小于300mm(包括300mm),其接缝处允许一处,圆环外径大于300mm时允许有二处接缝处;

(2) 接缝处的剪割角(α)应在20°~25°范围内,如图;

(3) 根据圆环的边缘,用割制支数为9.5<sup>3</sup>/3、14.5<sup>3</sup>/4的亚麻线(或化学纤维线)来缝合,至少要缝二行,当边缘的宽度为10mm或大于10mm时,最靠边缘的内边线行与内边的距离至少为3mm,当边缘的宽度小于10mm,线行之间的距离与两边的距离应相等;

(4) 用厚度在10mm以下的毛毡条来缝制圆环时,其针距不应大于6mm,毛毡条的厚度大于10mm时,针距不应大于10mm。

## 第 4 章 复合材料

### 1 复合材料分类(见表 3.4-1)

表 3.4-1 复合材料分类

增强体		基体	金 属	无机非金属			有机非金属			
				陶 瓷	玻 璃	水 泥	碳 素	木 材	塑 料	橡 胶
金 属			金属基 复合材料	陶瓷基 复合材料	金属网 嵌玻璃	钢筋水泥	-	-	金属丝 增强塑料	金属丝 增强橡胶
无机非金属	陶瓷 (纤维 粒料)		金属基 超硬合金	增强陶瓷	陶瓷增 强玻璃	增强水泥	--		陶瓷纤维 增强塑料	陶瓷纤维 增强橡胶
	碳素 (纤维 粒料)		碳纤维 增强金属	增强陶瓷	-	增强水泥	碳纤增强 碳复合材料	-	碳纤维 增强塑料	碳纤碳黑 增强橡胶
	玻璃 (纤维 粒料)		-	-	-	玻纤 增强水泥	--	-	玻纤 增强塑料	玻纤 增强橡胶
有机非金属	木 材		-	-	-	-	-	-	纤维板	
	高聚物纤维		-	-	-	-	-	塑料合板	高聚物纤维 增强塑料	高聚物纤维 增强橡胶
	橡胶粒		-	-	-	-	-	橡胶合板	高聚物合金	高聚物合金

注:本表为按组成复合材料的组成分类。按复合材料的用途可分为结构复合材料(用于工程结构件)及功能复合材料(声、光、电、热等特殊功能要求的材料)。按结构形式分为层合结构复合材料(由无纺布或纤维织物布用铺叠方法制成的纤维增强复合材料)和缠绕结构复合材料(由纤维粗砂、缠绕或纤维织物布带卷绕方法制成的纤维增强复合材料)

### 2 塑料基复合材料

#### 2.1.1 玻璃纤维增强热固性塑料(见表 3.4-2)

#### 2.1 玻璃纤维增强塑料

表 3.4-2 玻璃纤维增强热固性塑料的性能

性 能	环 氧 树 脂						酚 醛 树 脂		
	双酚 A 型环氧		酚醛环氧		脂环族	脂肪族	高强玻纤	改性酚醛 开刀丝玻纤	层压板
	玻 纤	层压板	玻纤、填料	层压板	层压板	层压板			
成型收缩率(%)	0.1~0.8	-	0.4~0.8	--	-	-	0.1~0.4	-	-
抗拉强度/MPa	35~138	220~412	34~86	216~284	196~235	332	48~124	78~102	196
断后伸长率(%)	4	-	-	-	-	-	0.2	-	-
抗压强度/MPa	124~276	201~492	165~330	-	220~274	155	110~248	100~115	-
抗弯强度/MPa	55~206	112~442	69~150	370	294~392	339	84~413	170~215	245
缺口冲击韧度 /kJ·m <sup>-2</sup>	0.63~21	196~274 (无缺口)	0.63~1.1	-	137~167 (无缺口)	306 (无缺口)	1~18	98~180 (无缺口)	210 (无缺口)
拉伸弹性模量/GPa	20.6	-	14.5	-	-	-	13~22.7	-	-
弯曲弹性模量/GPa	13.8~31	-	9.6~19.2	-	24.5	-	7.9~22.7	-	-
硬度洛氏、肖氏、 巴柯尔	100~112 HRM	-	70~74 巴柯尔	-	-	23.6HB	-	-	30HB
线膨胀系数(10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )	1.1~5	-	1.8~4.3	-	-	-	-	-	-
热变形温度/°C (1.82MPa)	107~260	-	154~230	-	-	-	176~315	≥250 (马丁温度)	-
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	0.17~0.42	-	0.35	-	-	-	-	-	-
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.6~2	-	1.6~2.05	1.6~1.7	1.6~1.7	-	1.44~1.56	1.6~1.72	1.60~1.70

(续)

性能	环氧树脂						酚醛树脂		
	双酚 A 型环氧		酚醛环氧		脂环族	脂肪族	高强玻纤	改性酚醛 开刀丝玻纤	层压板
	玻纤	层压板	玻纤、填料	层压板	层压板	层压板			
吸水率(%) (24h) (饱和)	0.04~0.2	—	0.04~0.29	0.93	—	—	0.20	0.05~0.15	—
介电强度/kV·mm	9.8~15.7	—	12.8~17.7	—	—	—	—	—	11.8~27.6
特点及应用	良好的电绝缘性和粘结性能,较高的机械强度和耐热性,耐一般酸、碱及有机溶剂,耐霉菌,成型收缩率小,体积收缩率1%~5%,加入固化剂后一般需加压加热成型,亦可在接触压力下常温固化。用于制作高强度制品、电绝缘件、电机护环、汽车零件、容器、风扇叶片、螺旋桨、泵、阀、船舶零部件、衬里等						优良的耐酸性、耐烧蚀性、电绝缘性、耐硫化氢、油、水、汽油、苯。能承受较大负荷,尺寸稳定,加热成型。硬脆、价廉。适于耐腐蚀件、泵、阀、管道、风机、管配件、酚醛层压板、绝缘结构件、轴瓦、导向轮、电讯仪表中的绝缘配件。耐烧蚀材料、开关等电器零件		
性能	酚醛树脂		聚酰亚胺	不饱和聚酯树脂				糠醇树脂	
	层压板	模压件开 刀丝玻纤	体积分数 50%玻纤	短切玻纤	玻璃布	SMC <sup>①</sup>	SMC <sup>②</sup>	玻纤	层压板
	成型收缩率(%)	—	0.20	0.1~0.2	0.02~0.2	0.05~0.40	0.05~0.40	0.1~1.0	—
抗拉强度/MPa	282~317	76~198	44	20.7~68.9	207~344	48~172	20.7~68.9	27.6~65	209
断后伸长率(%)	—	—	—	<1	1~2	3	—	—	—
抗压强度/MPa	—	101~142	23	138~207	172~344	103~206	96~206	103~248	350
抗弯强度/MPa	430	114~190	147	48~138	276~344	68.9~248	110~165	58.6~179	147
缺口冲击韧度 /kJ·m <sup>-2</sup>	83.6	70~191	12.3	3.2~3.4	10~63	14.7~46.2	4.2~27.3	1.5~33.6	186 (无缺口)
拉伸弹性模量/GPa	—	—	—	6.9~17	10~31	4.6~17.2	10~17.2	13.8~19.3	—
弯曲弹性模量/GPa	—	—	13.6	6.9~11.8	6.9~20.6	6.9~15	—	13.8	—
硬度洛氏、肖氏、 巴柯尔	—	巴柯尔 56~59	118HRK	巴柯尔 50~80	巴柯尔 60~80	巴柯尔 50~70	巴柯尔 50~65	—	95HRE
线膨胀系数(10 <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup> )	—	—	1.3	2~3.3	1.5~3	1.4~2	—	1.5~3.3	—
热变形温度/°C (1.82MPa)	>250	>250	309	>204	>204	190~260	160~204	204~260	>300 (马丁耐热)
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	—	—	0.36	—	—	—	0.75~0.92	0.63~1.05	—
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.78	1.52	1.60~1.70	1.65~2.32	1.50~2.10	1.65~2.60	1.72~2.1	2.0~2.3	1.70
吸水率(%) (24h) (饱和)	0.04	0.04	0.70	0.06~0.28	0.05~0.5	0.10~0.25	0.10~0.45	0.03~0.50	0.10
介电强度/kV·mm <sup>-1</sup>	—	—	17.6	13.6~16.5	13.8~19.7	15~19.7	11.8~15.4	9.8~20.9	17.5
特点及应用	耐腐蚀性好,耐热性能良好,粘结性能和耐磨性能很好,可作砂轮粘结剂,也可作为耐蚀、耐高温、电绝缘和耐烧蚀材料等		耐高温老化、耐辐射,在300°C尚能保持一定的机械强度,耐热性最好的一种热固性材料。可作C级绝缘材料,高温电机中的槽楔、仪表骨架、高温电气开关等	良好的电绝缘性、耐腐蚀性、韧性和透明性,可在接触压力下常温固化,工艺简便,成型收缩率较大,体积收缩率6%~10%,价格较低。适于制作波形瓦、浴缸、槽车、贮槽、容器、船艇、电气设备、飞机零部件、雷达罩、管道、冷水塔、净水槽等				优异的耐腐蚀性、耐许多种强酸、碱、盐及有机溶剂(除强氧化性酸外),耐热性和电绝缘性良好,质脆、价低。制作化工设备中的耐腐蚀件、高温绝缘件	

- ① 片状模塑料。  
② 团状模塑料。

2.1.2 玻璃纤维增强热塑性塑料(见表3.4-3~表3.4-5)

表 3.4-3 不同含量玻璃纤维增强热塑性塑料的性能

材 料	ABS		聚 甲 醛		聚四氯乙烯		聚碳酸酯		聚 酰 胺			
	均聚		共聚						尼龙6	尼龙66	尼龙66	尼龙1010
	玻纤含量(体积分数)											
成型收缩率(%)	20%	20%	25%	25%	25%	25%	30%	30%	30%~35%	30%~33%	20%+20%碳纤	28%
抗拉强度/MPa	0.2	0.9~1.2	0.4~1.8	1.8~2	1.8~2	1.8~2	0.1~0.2	0.1~0.2	0.3~0.5	0.2~0.6	0.25~0.35	0.4~0.5
断后伸长率(%)	72~90	59~62	127	13.8~18.6	13.8~18.6	13.8~18.6	131	131	165 <sup>①</sup> 110 <sup>②</sup>	193 <sup>①</sup> 152 <sup>②</sup>	238	58
抗压强度/MPa	3	6~7	2~3	200~300	200~300	200~300	2~5	2~5	—	3~4 <sup>①</sup> 5~7 <sup>②</sup>	3~4	137
抗弯强度/MPa	96	124	117	6.9~9.6	6.9~9.6	6.9~9.6	124~138	124~138	131~158	154	—	137
抗弯强度/MPa	96~120	103	193	13.8	13.8	13.8	158~172	158~172	165~276 <sup>①</sup> 282 <sup>②</sup>	227 <sup>③</sup> 172 <sup>④</sup>	343	202
冲击韧度(缺口)/kJ·m <sup>-2</sup>	2.3~2.9	1.7~2.1	2.1~3.8	5.7	5.7	5.7	3.6~6.3	3.6~6.3	4.6~7.1 <sup>①</sup> 7.8 <sup>②</sup>	4.2~4.6	3.78	81.8 (尤歇11)
拉伸弹性模量/GPa	5.1~6.1	6.9	8.6~9.6	1.4~1.6	1.4~1.6	1.4~1.6	8.6~9.6	8.6~9.6	10 <sup>①</sup> 5.5 <sup>②</sup>	9 <sup>③</sup>	—	7.7
压缩弹性模量/GPa	5.5	—	—	—	—	—	8.96	8.96	9.6 <sup>①</sup>	9~10 <sup>②</sup>	19.6	4.1
弯曲弹性模量/GPa	4.5~5.5	5	7.6	1.62	1.62	1.62	7.6	7.6	5.5 <sup>②</sup>	5.5 <sup>③</sup>	—	—
硬度 洛氏、肖氏	85~98HRM 107HRR	90HRM	79HRM	60~70 HSD	60~70 HSD	60~70 HSD	92HRM 119HRR	92HRM 119HRR	96HRM <sup>①</sup> 78HRR <sup>②</sup>	101HRM 109HRR <sup>③</sup>	—	11.48HB
线膨胀系数(10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	2.1	3.8~8.1	2~4.4	7.7~10	7.7~10	7.7~10	2.2~2.3	2.2~2.3	1.5~8	1.5~5.4	2.07	—
热变形温度/℃ (1.82MPa)	99	157	163	—	—	—	146~149	146~149	200~215	254 <sup>④</sup>	260	马丁温度 176
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	—	—	—	0.34~0.42	0.34~0.42	0.34~0.42	0.22~0.32	0.22~0.32	0.24~0.48	0.21~0.49	—	—
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.18~1.22	1.54~1.56	1.55~1.61	2.2~2.3	2.2~2.3	2.2~2.3	1.4~1.43	1.4~1.43	1.35~1.42	1.15~1.40	1.40	1.19
吸水率(%) (24h)	0.18~0.20	0.25	0.22~0.29	—	—	—	0.08~0.14	0.08~0.14	1.1~1.2	0.7~1.1	0.50	—
介电强度/kV·mm <sup>-1</sup>	18	193	18.9~22.9	12.6	12.6	12.6	20.9	18.5~18.7	6.5~7.0	5.5~6.5	—	—
材 料	聚酰胺		聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)		聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)		聚酰胺 酰亚胺		聚醚醚酮(PEEK)		高密度 聚乙烯	
	尼龙610	尼龙612										
	玻纤含量(体积分数)											
成型收缩率(%)	33%	30%~35%	30%	35%玻纤和滑石粉	30%	40%~50%玻纤、滑石粉	30%	30%	30%	30%	30%	30%
抗拉强度/MPa	170	0.2~0.5	0.2~0.8	0.3~1.2	0.2~0.9	0.2~0.4	221	0.2~0.4	0.1~0.2	172~196	162	62
断后伸长率(%)	—	152 <sup>①</sup> 138 <sup>②</sup>	96~131	78.5~95	145~158	96~179	2.3	2.3	2~5	162~165	3	1.5~2.5
抗压强度/MPa	145	4	2~4	2~3	172	141~165	264	264	162~165	154	154	34~41
抗弯强度/MPa	234	220	156~200	124~152	214~230	145~273	317	317	227~255	227~289	227~289	55~65



(续)

材 料	聚酯胶		聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)		聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)		聚酰胺 酰亚胺	聚醚醚亚胺	聚醚醚 酮(PEEK)	高密度 聚乙烯
	尼龙 610	尼龙 612	30%	35%玻纤和滑石粉	30%	40%~50%玻纤、滑石粉				
冲击韧度(缺口)/kJ·m <sup>-2</sup>	11.7	8.3 <sub>1</sub>	1.9~3.4	2.7~3.8	3.4~4.2	1.9~3.0	3.2	3.6~4.2	4.2~5.4	2.3~3.1
拉伸弹性模量/GPa	6	6.2 <sub>2</sub>	8.96~10	-	8.96~9.9	12~13	14.5	9~11	8.6~11	5.5~6.2
压缩弹性模量/GPa	4.1	7.6 <sub>3</sub>	5.9~8.3	8.3~9.6	8.6~10	9.6~13.8	7.9	3.79	9.6	4.8~5.5
弯曲弹性模量/GPa	10.65HB	6.2 <sub>3</sub>	90HRM	30HRM	90~100HRM0	118~119HRR	11.7	8.3~8.6	1.5~2.2	75~90HRR
硬度洛氏,肖氏	-	93HRM	2.5	166~197	216~224	2.1	1.3~1.8	123HRM	288~315	4.8
线膨胀系数(10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )	马丁温度 195	199~218 <sup>1)</sup>	196~218	166~197	216~224	211~227	281	2~2.1	208~215	121
热变形温度/°C	-	0.43	0.29	-	0.25~0.29	-	0.68	0.25~0.39	0.2	0.36~0.46
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	1.30	1.30~1.38	1.48~1.53	1.59~1.73	1.56~1.67	1.58~1.68	1.61	1.49~1.51	1.49~1.54	1.18~1.28
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.30	0.20	0.06~0.08	0.06~0.07	0.05	0.05	0.21	0.18~0.20	0.06~0.12	0.02~0.06
吸水率(%) (24h)	-	1.85	0.3	17.7~23.6	16.9~25.6	22.5~23.6	33.1	0.9	0.11~0.12	-
介电强度/kV·mm <sup>-1</sup>	-	20.5	15.8~21.7	17.7~23.6	16.9~25.6	22.5~23.6	33.1	19.5~21.8	-	119.7~21.7
材 料	聚醚醚和改性聚醚醚	聚苯硫醚(PPS)	聚丙烯均聚	聚乙炔	聚苯乙烯均聚 面热共聚酯	聚苯乙烯 均聚 面热共聚酯	丙腈腈苯乙烯共聚物(SAN)	聚砜	改性聚砜	聚醚砜
成型收缩率(%)	0.1~0.4	0.2~0.4	0.3~0.5	0.1	0.1~0.3	0.3~0.4	20%长玻纤	30%	30%	20%
抗拉强度/MPa	103~127	120~158	58~103	62	68.9~82.7	68.9~96	0.1~0.3	0.1~0.3	0.1~0.3	0.2~0.5
断后伸长率(%)	2~5	0.9~4	1.5~4	2.3	1.3	1.4~3.5	107~124	100	103~131	170~138
抗压强度/MPa	123	145~179	61~58	62	110~117	-	1.2~1.8	1.5	1.9~3	2~3.5
抗弯强度/MPa	145~158	156~220	72~152	93	96~124	112~151	117~145	131	138~176	134~165
冲击韧度(缺口)/kJ·m <sup>-2</sup>	3.6~4.8	2.3~3.2	2.9~4.2	2.1	1.9~5.3	4.4~3.5	138~156	138	2.1~4.2	169~190
拉伸弹性模量/GPa	5.9~8.9	7.6	7.6~10	6	6.2~8.3	5.8~6.2	2.1~6.3	2.3	5.7~6.89	2.5~3.6
弯曲弹性模量/GPa	7.6~7.9	11.7~12.4	6.5~6.9	5.2	6.5~7.6	5.5~7.2	6.3~11.8	9.3	8.86	5.9~6.2
硬度洛氏,肖氏	115~116HRR	123HRR	102~111HRR	118HRR	80~95HRM	89~100HRM	89~100HRM	90~100HRM	80~85HRM	98~99HRM
线膨胀系数(10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )	1.4~2.5	2.2	2.7~3.2	-	3.96~4.0	2	2.34~4.14	2.5	4.8~5.4	2.3~3.2
热变形温度/°C	135~158	252~263	149~165	68	93~104	110~119	99~110	177	160~167	209~218
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	0.15~0.17	0.29~0.45	0.35~0.37	-	0.25	-	0.28	-	-	-
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.27~1.36	1.6~1.67	1.22~1.23	1.54	1.2	1.21~1.22	1.20~1.22	1.46	1.52	1.51
吸水率(%) (24h)	0.06	0.02~0.05	0.05~0.06	0.01	0.07~0.10	0.1	0.1~0.2	0.3	0.10~0.20	0.15~0.40
介电强度/kV·mm <sup>-1</sup>	21.7~24.8	14.2~17.7	19.7~20.1	23.6~31.5	0.3	-	0.7	-	0.43	1.65~2.1
	-	-	16.7	-	16.7	-	19.7	-	15.7	14.8~19.7

① 干燥状态。  
② 50%相对湿度。

表 3.4-4 玻璃纤维增强热塑性塑料的特点及应用

材料名称	玻璃纤维含量(%)	特点	应用举例
聚丙烯	20~30	玻纤增强热塑性塑料的物理力学性能均有明显提高。尼龙用玻纤增强后,吸湿性下降较多,耐热性、弹性模量和抗弯强度均相应递增。聚丙烯密度低、价低、耐腐蚀性优良,但耐热性较差,冲击韧度随温度下降而迅速减小,耐热性明显提高,可在100~120℃使用,在零度以下冷冻几小时后,冲击韧度保持93%以上,线膨胀系数降低很多。PET和PBT具有优良的耐热性、耐焊性、耐腐蚀性、较高强度、优异电绝缘性,在高温湿环境下依然具有稳定的电绝缘性  热塑性塑料玻纤增强后,不但提高力学性能,对缺口敏感性有改善,热变形温度上升较多,尺寸稳定性增加,线膨胀系数和吸水率均下降,并能抑制应力开裂。热塑性塑料须经活化处理才能与表面处理后的玻纤复合	汽车挡泥板、汽车发动机叶片、空调机叶片、阀门、泵、管道、管配件、洗涤机、搅拌机、板框压滤机板、槽、塔、座椅、蓄电池瓶壳等
尼龙6	30~50 玻璃微珠+玻纤		电动工具外壳、凸轮、泵叶轮、齿轮、蜗轴、汽车进气管、轴承架、衬套、阀座、涡轮、杠杆、电绝缘零件、保险盒等
尼龙66	玻纤		轴瓦、套筒、旋凿、齿轮、低摩擦材料、机电结构材料、叶轮、轴、凸轮等
聚碳酸酯	30		水表、水量计、手柄、照相盒、电子机电通讯仪器、仪表中押线板、接插件、齿轮、涡轮、接线盒、线圈骨架、耐热精密零件、刷架、集电环、绝缘块、电磁阀壳、轴套、阀体、螺母等
聚对苯二甲酸丁二醇酯和乙二醇酯(PBT, PET)	20~30		电位器电容器等零件、继电器骨架、电机汽车结构件、连接器、冷却线圈、离心泵壳体、叶轮、液下泵、废液处理装置、齿轮、插座、电子电器骨架、保险丝盒、煤气阀、纺织机零件等
苯乙烯-丁二烯-丙烯腈三元共聚物	20		叶轮、电机外壳、汽车零部件、电气零件、纺织机零件、仪表盘、过滤器零件、灯罩、放映机盒、电视机外壳等
苯乙烯-丙烯腈共聚物	20		无线电按钮、上下托架、管子接头、卷轴等
乙烯-四氟乙烯共聚物	25		密封圈、阀门零件等
聚苯醚	20~30		管配件、空调机叶片、推进器、计算机和电子设备零件、外壳等
聚苯硫醚	30~40		阀门、离心泵、油泵齿轮、化工耐腐蚀零部件、开关等

注:玻纤含量均指体积分数。

表 3.4-5 常用热塑性塑料的耐腐蚀性能

塑 料	非极性有机溶剂	盐			非氧化性酸	氧化性酸	塑 料	非极性有机溶剂	盐			非氧化性酸	氧化性酸
		类	碱						类	碱			
ABC	2	1	1	1	2	聚苯硫醚	1	1	1	1	1	1	
聚乙烯	3	1	1	1	2	尼龙	1	1	2	3			
聚丙烯	3	1	1	1	2	苯乙烯-丁二烯共聚物	3	1	1	1	3		
聚苯乙烯	3	1	1	1	3	苯乙烯-丙烯腈共聚物	3	1	3	1	3		
聚氯乙烯	2	1	1	1	2	聚对苯二甲酸乙二醇酯	3	1	3	1	3		
聚三氟氯乙烯	1	1	1	1	1	聚对苯二甲酸丁二醇酯	3	1	3	1	3		
聚四氟乙烯	1	1	1	1	1								

注:1.表中数字“1”——耐蚀性好,“2”——耐蚀性尚可,“3”——不耐腐蚀性

2.玻纤增强热塑性塑料的耐腐蚀性能主要取决于塑料。

## 2.2 石棉纤维增强塑料(见表 3.4-6)

表 3.4-6 石棉纤维增强塑料性能及应用

性能	石棉纤维增强尼龙	石棉纤维增强聚丙烯	聚丙烯	石棉纤维增强酚醛树脂	应用
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.3	1.0~1.3	0.902~0.906	1.45~2.0	石棉纤维增强塑料具有良好的化学稳定性及电性能,可用于汽车制动件、阀门、导管、管配件、垫圈、化工耐腐蚀零部件。隔热和电绝缘件、导弹火箭耐热件、环氧玻璃钢管道内衬。石棉纤维与剑麻纤维混杂增强酚醛树脂制品有汽车加热器导管、风扇护罩和仪表构件。应注意石棉纤维对人体有害
抗拉强度/MPa	124	34~38	30~38	31~52	
断后伸长率(%)	1	3~20	200~300	0.1~0.5	
拉伸弹性模量/GPa	7.6	2.7~5.5	1.1~1.5	6.9~20.7	
冲击韧度(缺口)/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	1.89	0.42~3	1.05~3.15	0.55~7.4	
抗弯强度/MPa	165	--	41~55	48~96	
弯曲模量/GPa		0.86~1.0	1.17~1.45	6.9~15	
热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$ (1.82MPa)	226	54~93	57~63	149~260	
吸水率(24h)(%)	1.5	0.02~0.03	0.03~0.04	0.12	

## 2.3 碳纤维增强塑料

## 2.3.1 碳纤维增强热固性塑料(见表 3.4-7~表 3.4-9)

表 3.4-7 碳纤维增强热固性塑料单向层压板性能

性能	T300/3231 <sup>①</sup>	T300/4211 <sup>②</sup>	T300/5222 <sup>③</sup>	T300/QY8911 <sup>④</sup>	T300/5405 <sup>④</sup>
纵向抗拉强度/MPa	1750	1396	1490	1548	1727
纵向拉伸弹性模量/GPa	134	126	135	135	115
泊松比	0.29	0.33	0.30	0.33	0.29
横向抗拉强度/MPa	49.3	33.9	40.7	53.5	75.5
横向拉伸弹性模量/GPa	8.9	8.0	9.4	8.8	8.6
纵向抗压强度/MPa	1030	1029	1210	1226	1104
纵向压缩弹性模量/GPa	130	116	134	125.6	125.5
横向抗压强度/MPa	138	166.6	197.0	218	174
横向压缩弹性模量/GPa	9.5	7.8	10.8	10.7	8.1
纵横抗剪强度/MPa	106	65.5	92.3	89.9	135
纵横切变模量/GPa	4.7	3.7	5.0	4.5	4.4
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	--	1.56	1.61	1.61	--
玻璃化转变温度/ $^{\circ}\text{C}$	--	154~170	230	268~276	210

① 纤维体积分数  $\varphi_f = (65 \pm 3)\%$ , 环氧体系, 空隙率  $< 2\%$ ②  $\varphi_f = (60 \pm 3)\%$ , 环氧体系, 空隙率  $< 2\%$ ③  $\varphi_f = (60 \pm 5)\%$ , 双马来酰亚胺体系, 空隙率  $< 2\%$ ④  $\varphi_f = (65 \pm 3)\%$ , 双马来酰亚胺体系, 空隙率  $< 2\%$ 。(3231, 4211, 5222 均为环氧体系, QY8911, 5405 为双马来酰亚胺体系)。

表 3.4-8 碳纤维增强热固性塑料单向层压板高、低温力学性能

品种	T300/4211(环氧)		T300/5222(环氧)		T300/QY8911(双马来)		T300/5405(双马来)	
	-60	125	-55	130	130	150	-55	130
纵向抗拉强度/MPa	1310	--	1220	1424	1579	1448	--	--
纵向拉伸弹性模量/GPa	131	135	134	136	128	128	--	--
横向抗拉强度/MPa	34.1	19	29.0	14.5	51	45	--	47.0
横向拉伸弹性模量/GPa	10.2	5.9	10.4	7.8	9.2	8.2	--	6.2
纵横抗剪强度/MPa	78.3	44.3	112.6	70.5	80.8	74.0	--	107
纵横切变模量/GPa	4.7	2.1	5.6	3.9	4.0	3.5	--	3.2
抗弯强度/MPa	--	--	--	--	--	1725	--	1276
弯曲弹性模量/MPa	--	--	--	--	--	136	--	118
层间抗剪强度/MPa	--	--	--	--	--	77	120	63
纤维体积分数 $\varphi_f$ (%)	62±2		65±3		60±5		65±3	
空隙率(%)	<2		<2		<2		<2	

表 3.4-9 碳纤维增强热固性塑料的特点及应用

特 点	应用部门	用途举例
碳纤维增强热固性塑料具有很好的力学性能,包括较高的高温和低温力学性能,抗疲劳及耐腐蚀性能均好,并且具有高的比强度高和比模量,同时,可以通过设计和加工的措施,可获得材料多项特殊性能,以满足不同的应用要求,在机械工业、航空航天及其他工业中都得到了应用	汽车工业	螺旋桨轴、弹簧、底盘、车轮、发动机零件,如活塞、连杆、操纵杆等
	纺织机械	综框、传动带、梭子等
	电子器械	雷达设备、复印机、电子计算机、工业机器人等
	化工机械	导管、油罐、泵、搅拌机、叶片等
	医疗器械	X射线床和暗盒、竹夹板、关节、轮椅、单架等
	体育器械	高尔夫球棒、球头、钓竿、羽毛球拍、网球拍、小船、游艇、赛车、自行车等
	航空航天	飞机方向舵、升降舵、口盖、机翼、尾翼、机身、发动机零件等;人造卫星、火箭、飞船等
其他	石油井架、建筑物、桥、铁塔、高速离心机转子、飞轮、烟草制造机板簧等	

2.3.2 碳纤维增强热塑性塑料(见表 3.4-10~表 3.4-13)

表 3.4-10 碳纤维增强热塑性树脂的性能

材 料	聚 枫		线型聚酯		乙烯-四氟乙烯共聚物	
	纯树脂	碳纤维 30%	纯树脂	碳纤维 30%	纯树脂	碳纤维 30%
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	1.24	1.37	1.32	1.47	1.70	1.73
吸水率(%) (24h) (饱和)	0.20 0.60	0.15 0.38	0.03 —	0.04 0.23	0.02 —	0.018 —
加工收缩率(%)	0.7~0.8	0.1~0.2	1.7~2.3	0.1~0.2	15~2.0	0.15~0.25
抗拉强度/MPa	71	161	56	140	45	105
断后伸长率(%)	20~100	2~3	10	2~3	130	2~3
抗弯强度/MPa	108	224	91	203	70	140
弯曲弹性模量/GPa	2.7	14.3	2.4	14	1.4	11.6
抗剪强度/MPa	63	66	49	56	42	49
冲击韧度(悬臂梁) /kJ·m <sup>-2</sup>						
缺口	2.5	2.5	0.63	2.5	未断	8.4~16.5
无缺口	126	12.6~14.7	52.5	8.4~10.5	未断	21
热变形温度/°C (1.85MPa)	174	185	68	221	74	241
线膨胀系数 /(10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )	5.6	1.08	9.5	0.9	7.6	1.4
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	0.26	0.79	0.15	0.94	0.23	0.81
表面电阻率/Ω	10 <sup>2</sup>	1~3	10 <sup>15</sup>	2~4	5×10 <sup>14</sup>	3~5

表 3.4-11 碳纤维增强尼龙 66 塑料的性能

性 能	纯尼龙 66	纤维增强尼龙 66(质量分数)			
		碳纤维 20%	碳纤维 30%	碳纤维 40%	碳纤维 20% 玻纤 20%
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	1.14	1.23	1.28	1.34	1.40
吸水率(%) (24h) (饱和)	1.60	0.6 2.7	0.5 2.4	0.4 2.1	0.5 —
成型收缩率(3mm厚)(%)	1.5	0.2~0.3	0.15~0.25	0.15~0.25	0.25~0.35
抗拉强度/MPa	83	196	245	280	238
断后伸长率(%)	10	3~4	3~4	3~4	3~4
抗弯强度/MPa	105	294	357	420	343
弯曲弹性模量/GPa	2.8	16.8	20.3	23.8	19.6
抗剪强度/MPa	67	84	91	98	91
冲击韧度/kJ·m <sup>-2</sup>					
缺口悬臂梁	1.89	2.31	3.15	3.36	3.78
无缺口悬臂梁	—	—	25.2	23.3	33.6
热变形温度/°C (1.85MPa)	66	257	257	260	260

(续)

性能	纯尼龙 66	纤维增强尼龙 66(质量分数)			
		碳纤维 20%	碳纤维 30%	碳纤维 40%	碳纤维 20% 玻纤 20%
线膨胀系数/(10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )	8.1	2.52	1.89	1.44	2.07
热导率/W·(m·K) <sup>-1</sup>	0.25	0.79	1.01	1.23	0.92
表面电阻率/Ω	10 <sup>15</sup>	20~30	3~5	1~3	—

表 3.4-12 碳纤维增强聚苯硫醚(PPS)的性能

材 料	PPS	PAS 1 <sup>①</sup>	PAS-2 <sup>②</sup>	PPS/AS4 <sup>③</sup>	PAS 1/AS4	PAS-2/AS4
性能						
密度/g·cm <sup>-3</sup>	1.36	1.36	1.40	1.61	1.60	1.60
抗拉强度/MPa	83.8	94.2	100.5	1836	1573	1490
拉伸弹性模量/GPa	—	—	—	134.4	124	131.7
抗弯强度/MPa	164.9	162.2	178	1906	1372	1670
弯曲弹性模量/GPa	4.1	3.9	3.2	117.8	111.6	111.0
断后伸长率(%)	2.5	4.0	8.0	1.2	1.1	1.1
压缩强度/MPa	—	—	—	942.5	—	901
短梁抗剪强度/MPa	—	—	—	69.3	90.1	78.3
纤维含量(体积分数)(%)	—	—	—	60.5	59.1	53
空隙含量(体积分数)(%)	—	—	—	0.5	0.2	0.3
氧指数	44	—	16	—	—	—
T <sub>g</sub> /°C	85	145	215	—	—	—
T <sub>m</sub> /°C	285	340	—	—	—	—

① PAS 1-改性 PPS。

② PAS 2-改性 PPS。

③ AS4 碳纤维。

表 3.4-13 碳纤维增强热塑性塑料的特点及应用

特 点	应用举例
韧性好,损伤容限大,耐环境性能优异,对水、光、溶剂和化学药品均有很好的抗耐性,耐高温性能好,(长期工作温度一般可达 150°C 以上),预浸料贮存期长,工艺简单、效率高,成型后的制品可采用热加工方法修整,装配自由度大,废料可回收,在各个工业部门有广泛的应用前景	用于制造轴承、轴承保持架、活塞环、调速器、复印机零件、齿轮、化工设备,电子电器工业中的继电器零件、印制电路板、赛车、网球拍、高尔夫球棒、钓鱼杆、撑杆跳高杆、医用 X 射线设备、纺织机械中的剑杆、连杆、推杆、梭子等;航空航天工业中做结构材料之用,如制作机身、机翼、尾翼、舱内材料、人造卫星支架、导弹弹翼、航天机构件等

## 2.4 混杂纤维增强塑料(见表 3.4-14~表 3.4-17)

表 3.4-14 以 4211 环氧体系为基体的混杂纤维增强塑料性能

性能	层板编号						
	4-C/K-2	4-C/K-3	4-C/K-4	4-C/G-1	4-C/G-2	4-C/G-3	4-C/G-4
铺层方式	[0° <sub>2c</sub> /0° <sub>2K</sub> ]	[0° <sub>3c</sub> /0° <sub>3K</sub> ]	[0° <sub>4c</sub> /0° <sub>4K</sub> ]	[0° <sub>c</sub> /0° <sub>7G</sub> ]	[0° <sub>2c</sub> /0° <sub>6G</sub> ]	[0° <sub>3c</sub> /0° <sub>5G</sub> ]	[0° <sub>4c</sub> /0° <sub>4G</sub> ]
混杂比(%)	16.4	20.1	37.0	7.0	15.0	24.9	39.8
纵向抗拉强度/MPa	754	747	1010	524	679	720	762
纵向拉伸弹性模量/GPa	77.8	65.7	76.2	47.5	58.0	61.5	65.9
泊松比	0.37	0.36	0.36	—	—	—	—
横向抗拉强度/MPa	—	—	25	—	—	—	—
横向拉伸弹性模量/GPa	—	—	11.5	—	—	—	—
纵向抗压强度/MPa	393	415	561	620	670	690	686
纵向压缩模量/GPa	77.8	64.6	76.1	49.6	58.0	61.9	65.9
横向抗压强度/MPa	—	—	37	—	—	—	121
横向压缩模量/GPa	—	—	5.6	—	—	—	14.0
抗弯强度/MPa	863	848	1118	1058	1169	1140	1130
弯曲弹性模量/GPa	56.3	64.3	72.5	42.9	61.5	68.1	77.1
层间抗剪强度/MPa	—	—	74	—	—	—	79
纵横抗剪强度/MPa	—	—	72	—	—	—	61
纵横切变模量/GPa	—	—	3.9	—	—	—	5.5

注:4—4211 树脂体系;G—玻璃纤维;C—碳纤维 T 300;K—芳纶纤维(Kerlar-49)。

表 3.4-15 以 QY8911 双马来体系为基体的混杂纤维增强塑料性能

性能	板层编号						
	Q-C/G-4	Q-C/G-5	Q-C/G-6	Q-C/G-7	Q-C/G-8	Q C/K 1	Q C/K 2
铺层方式	$[(0^{\circ}_{4C}/0^{\circ}_{2G})_2]$	$[(0^{\circ}_{4C}/0^{\circ}_{4G})_3]$	$[(0^{\circ}_{4C}/0^{\circ}_{4C})_4]$	$[(0^{\circ}_{2G}/0^{\circ}_{2C})_2]$ $[(0^{\circ}_{2G}/0^{\circ}_{2C}/0^{\circ}_{2C})_3]$	$[(0^{\circ}_{2G}/0^{\circ}_{2C})_3]$ $[(0^{\circ}_{2G}/0^{\circ}_{2C})_4]$	$[(0^{\circ}_{3C}/0^{\circ}_{3K})_3]$	$[(0^{\circ}_{3C}/0^{\circ}_{3K})_4]$
混杂比(%)	67.6	51.1	51.1	51.1	51.1	38.0	38.0
纵向抗拉强度/MPa	945	982	1047	1204	1248	725	739
纵向拉伸弹性模量/GPa	113.0	91.0	83.5	95.9	85.7	85.0	80.8
泊松比	0.33	0.38	0.35	0.35	0.32	—	0.40
横向抗拉强度/MPa	—	—	59	—	—	—	—
横向拉伸弹性模量/GPa	—	—	11.0	—	—	—	—
纵向抗压强度/MPa	1048	836	950	887	852	—	—
纵向压缩模量/GPa	105.0	78.7	96.9	81.8	78.4	—	—
横向抗压强度/MPa	160	—	169	—	191	—	—
横向压缩模量/GPa	14.5	—	16.6	—	13.8	—	—
抗弯强度/MPa	2345	1754	1976	1982	1943	—	—
弯曲弹性模量/GPa	134.8	—	108.5	100.6	78.7	—	—
层间抗剪强度/MPa	97	—	101	92	88	—	—
纵横抗剪强度/MPa	—	—	89	—	—	—	—
纵横切变模量/GPa	—	—	4.6	—	—	—	—

注:Q—QY8911 双马来树脂体系;C—碳纤维 T-300;G—玻璃纤维;K—芳纶纤维(Kevlar 49)。

表 3.4-16 碳纤、玻纤、B 纤和芳纶纤维混杂纤维增强塑料的性能

材料	混杂结构	抗拉强度 /MPa	抗压强度 /MPa	拉伸弹性模量(纵向) /GPa	压缩模量(纵向) /GPa	拉伸弹性模量(横向) /GPa	压缩模量(横向) /GPa
S-GL/T300	$(0^{\circ}_1/\pm 45^{\circ})_2$	975	644	44.8	39.3	21.4	22.7
T300/B	$(0^{\circ}_1/\pm 45^{\circ})_2$	1085	542	147	117	30.3	17.9
B/T-300/T-300	$(0^{\circ}_3/\pm 45^{\circ})_4$	856	654	152	24.1	57.9	15.1
S-GL/B	$(0^{\circ}_5/\pm 45^{\circ})_4$	1665	517	49.6	48.9	29.6	23.4
K-49/T-300/K-49	$(0^{\circ}_2/\pm 90^{\circ})_4$	496	175	48.2	39.3	27.6	20.7
T-300/HMS	$(0^{\circ}_4/\pm 45^{\circ})_4$	633	545	74.4	71.7	24.8	21.4
HTS/B	$(0^{\circ}_5/\pm 45^{\circ})_4$	799	625	74.4	88.2	24.8	17.2
S-GL/HMS	$(0^{\circ}_4/\pm 45^{\circ})_4$	751	399	19.3	36.5	7.6	18.6

表 3.4-17 混杂纤维增强塑料的特点及应用

特点	应用举例
混杂纤维增强塑料是由两种或两种以上的纤维,匹配协调增强一种基体的塑料,因此,具有优异的综合性能,如提高冲击韧度、冲击强度、疲劳强度;调节混杂比,可以得到不同要求的热膨胀系数(包括为零)的材料,也可以得到设计要求的性能,以满足不同的技术要求及用途,降低成本,综合经济效益好	由于价格较高,目前主要在航空航天工业及体育用品中应用。如直升机旋翼、垂尾、战斗机机翼等,体育用品中的网球拍、羽毛球拍、棒球棒、高尔夫球杆、滑雪板、标枪、人体材料如关节、骨骼、齿根、假肢等、X 射线床、底片暗盒等,随着价格的降低,应用将不断扩大

### 3 金属基复合材料

#### 3.1.1 钛-钢复合板(见表 3.4-18~表 3.4-22)

#### 3.1 层压金属复合材料

表 3.4-18 钛-钢复合板分类及代号(摘自 GB/T8547-1987)

生产种类	代号	用途分类
爆炸钛-钢复合板	0类 B <sub>0</sub>	0类:用于过滤接头、法兰等的高结合强度,且不允许不结合区存在的复合板
	1类 B <sub>1</sub>	
	2类 B <sub>2</sub>	
爆炸-轧制钛-钢复合板	1类 BR <sub>1</sub>	1类:将钛材作为强度设计的或特殊用途的复合板,如管板等 2类:将钛材作为耐蚀设计,而不考虑其强度的复合板,如筒体等
	2类 BR <sub>2</sub>	

注:爆炸钛-钢复合板以“爆”字汉语拼音字头“B”表示;爆炸-轧制钛-钢复合板以“爆”和“热”字汉语拼音字头“BR”表示。

表 3.4-19 钛-钢复合板厚度、宽度尺寸及允许偏差(摘自 GB/T8547-1987) (mm)

复合板厚度	复合板厚度允许偏差	复合板宽度(或直径)及允许偏差		
		宽度 $\leq 1100$	宽度 $> 1100 \sim 1600$	宽度 $> 1600 \sim 2200$
6~18	$\pm 0.8$	+15 0	-15 0	+35 0
19~28	$\pm 1.0$	+30 0	-50 0	$\pm 50$ 0
29~46	$\pm 1.2$	+30 0	-50 0	+50 0
47~64	$\pm 1.5$	+50 0	-50 0	+50 0

表 3.4-20 钛-钢复合板厚度、长度尺寸及允许偏差(摘自 GB/T8547-1987) (mm)

复合板厚度	复合板长度及允许偏差			
	长度 $\leq 1100$	长度 $> 1100 \sim 1600$	长度 $> 1600 \sim 2800$	长度 $> 2800 \sim 4500$
8~18	+15 0	+15 0	-25 0	协商
19~64	+50 0	+50 0	-50 0	协商

表 3.4-21 钛-钢复合板平面度(摘自 GB/T8547-1987)

复合板分类	0类、1类		2类
	厚度小于或等于 30mm	厚度大于 30mm	
复合板平面度/ $\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$	$\leq 8$	$\leq 6$	$\leq 15$

表 3.4-22 钛-钢复合板力学性能(摘自 GB/T8547-1987)

拉伸试验		剪切试验		弯曲试验	
抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	伸长率 $\delta$ (%)	抗剪强度 $\tau/\text{MPa}$		弯曲角 $\alpha$ (°)	弯曲直径 $D$ /mm
		0类复合板	其他类复合板		
$> \sigma_{b1}$	大于基材或复材标准中较低一方的规定值	$\geq 196$	$\geq 138$	内弯 180°, 外弯由复材标准决定	内弯时按基材标准规定不够 2 倍时取 2 倍 外弯时为复合板厚度的 3 倍

注:1. 当用户要求时,供方可以做基材的拉伸试验,其抗拉强度应达到基材相应标准的要求。

2. 爆炸-轧制复合板的伸长率可以由供需双方协商确定。

3. 复合板的抗拉强度理论下限标准值  $\sigma_b$  下式计算:

$$\sigma_b = \frac{t_1 \sigma_1 + t_2 \sigma_2}{t_1 + t_2}$$

式中:  $\sigma_1$  — 基材抗拉强度下限标准值(MPa);

$\sigma_2$  — 复材抗拉强度下限标准值(MPa);

$t_1$  — 基材厚度(mm);

$t_2$  — 复材厚度(mm)。

### 3.1.2 钛-不锈钢复合板(见表 3.4-23~表 3.4-26)

表 3.4-23 钛-不锈钢复合板代号及用途(摘自 GB/T8546-1987)

种类	代号	用途分类
0类	B <sub>0</sub>	用于过渡接头、法兰等高结合强度,不允许不结合区存在的某些特殊用途
1类	B <sub>1</sub>	钛材参与强度设计的复合板,或复合板需进行严格加工的构件。如管板等
2类	B <sub>2</sub>	钛材作为耐蚀设计,不参与强度设计的复合板。如筒体等

注:爆炸钛-不锈钢以“爆”字汉语拼音“B”表示。

表 3.4-24 钛-不锈钢复合板厚度、宽度(或直径)尺寸及允许偏差(摘自 GB/T 8546-1987) (mm)

复合板厚度	复合板厚度允许偏差	复合板宽度(或直径)及允许偏差		
		$\leq 1100$	$> 1100 \sim 1600$	$> 1600 \sim 2200$
8~18	$\pm 0.8$	+10 0	+15 0	+20 0
19~28	$\pm 1.0$	+50 0	+50 0	+50 0

(续)

复合板厚度	复合板厚度允许偏差	复合板宽度(或直径)及允许偏差		
		≤1100	>1100~1600	>1600~2200
29~46	±1.2	-50 0	50 0	-50 0
47~64	±1.5	+50 0	+50 0	+50 0

表 3.4-25 钛-不锈钢复合板厚度、长度尺寸及允许偏差

(mm)

复合板厚度	复合板长度及其允许偏差			
	≤1100	>1100~1600	>1600~2800	>2800
8~18	+15 0	+20 0	-30 0	协商
19~64	-50 0	+50 0	+50 0	协商

表 3.4-26 钛-不锈钢复合板力学性能

拉伸试验		剪切试验	分离试验	弯曲试验 <sup>②</sup>	
抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	抗剪强度 $\tau$ /MPa	分离强度 $\sigma_t$ /MPa	弯曲角 $\alpha$ (°)	弯芯直径 $D$ /mm
$>\sigma_b^{\text{①}}$	大于基材或复材标准中较低一方的规定值	0类 ≥197	≥274	内弯 180°, 外弯由复材的标准确定	内弯时按基材标准, 不够2倍时取2倍。外弯时为复合板厚度的3倍
		1类 ≥138	—		
		2类 ≥138	—		

① 复合板的抗拉强度理论下限标准值  $\sigma_b$  按表 3.4-22 注 3 的公式计算。

② 在弯曲部分的外侧不允许产生裂纹, 复合界面不允许分层。

## 3.1.3 铝锡 20 铜-钢双金属板(见表 3.4-27~表 3.4-30)

表 3.4-27 铝锡 20 铜-钢双金属板板材尺寸及允许偏差(摘自 YS/T289—1994) (mm)

总厚度		>2.0~2.4	>2.4~3.0	>3.0~3.9	>3.9~6.0	>6.0~8.9	>8.9~11.0
铝合金厚度 ≤		0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
总厚度允许偏差		-0.17 0	-0.17 0	-0.18 0	+0.18 0	+0.20 0	+0.25 0
钢背厚度允许偏差	普通级	±0.10	+0.13 -0.10	+0.20 +0.10	-0.25 -0.10	±0.20	+0.25 -0.20
	较高级	+0.10 -0.07	±0.10	+0.16 -0.10	+0.20 -0.13	+0.20 -0.16	±0.20
宽度		25~130					
宽度允许偏差		-2 0				+3 0	
长度		70~400					
长度允许偏差, 不大于		13					

注: 1. 经供需双方商议可供应其他规格及允许偏差的板材。

2. 板材长度可按需方名义尺寸倍尺供料。

3. 产品由第一层(钢板)、第二层(纯铝)、第三层(铝锡 20 铜合金)和第四层(纯铝)组成。适于中负荷、中速的汽油机、柴油机及内燃机车的轴瓦用双金属板。

表 3.4-28 铝锡 20 铜-钢双金属板板材硬度  
(摘自 YS/T289—1994)

材 料	布氏硬度(HBS)	
	普通级	较高级
铝锡 20-铜合金	25~35	30~40
钢 背	160~220	160~200

表 3.4-29 铝锡 20 铜-钢双金属板板材剥离长度  
(摘自 YS/T289—1994) (mm)

铝合金厚度	剥离长度 ≤	
	普通级	较高级
≥0.5~1.0	8	5
>1.0~1.5	15	12



表 3.4-30 铝锡 20 铜-钢双金属板板材粗糙度  $R_a$  值(摘自 YS/T289 1994) ( $\mu\text{m}$ )

表面粗糙度 $R_a \leq$	
普 通 级	较 高 级
1.0	0.63

3.1.4 铜-钢复合板(见表 3.4-31、表 3.4-32)

表 3.4-31 铜-钢复合钢板尺寸及允许偏差(摘自 GB/T13238-1991) (mm)

总 厚 度		复层厚度		长 度		宽 度	
公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差	公称尺寸	允许偏差
8~30	-12% -8%	2~6	$\pm 10\%$	$\geq 1000$	+25 -10	$\geq 1000$	+20 -10

- 注:1. 复合板的长度和宽度按 50mm 的倍数进级,定尺板尺寸由供需双方协商;  
2. 复层厚度应在合同中注明,经需方同意,复层厚度超过正偏差亦可交货;  
3. 复合板的平面度每米不大于 12mm。

表 3.4-32 铜-钢复合板牌号、力学性能及应用(摘自 GB/T13238-1991)

复层材料		基 层 材 料		抗拉强度 $\sigma_b$ 计算公式	应 用
牌 号	化学成分规定	牌 号	化学成分规定		
Tu1	GB5231	Q235	GB/T700	$\sigma_b = \frac{t_1\sigma_1 + t_2\sigma_2}{t_1 + t_2}$ $\sigma_1, \sigma_2$ ——基材、复材抗拉强度下限值, (MPa)	适用于化工、石油、制药、制盐等工业制造耐腐蚀的压力容器及真空设备
T2		20g, 16Mng	GB/T713		
B30	GB5234	20R, 16MnR	GB/T6654	$t_1, t_2$ ——基材、复材厚度(mm)	
		Q345	GB/T1591		
		20	GB/T699		

- 注:1. 复合板伸长率  $\delta_5$  (%) 应不小于基材标准的规定值。  
2. 复合板的抗剪强度  $\tau_b$  不小于 100MPa。  
3. 复层和基层材料牌号应在合同中注明。

3.1.5 镍-钢复合板(见表 3.4-33)

表 3.4-33 镍-钢复合板牌号、规格、性能及应用(YB/T108-1997)

复层材料		基 层 材 料		总厚度		复层厚度		应 用
典型牌号	标准号	典型牌号	标准号	公称尺寸 /mm	允许偏差	公称尺寸 /mm	允许偏差	
N6 N8	GB5235	Q235A	GB/T700	6~10	$\pm 9\%$	$\leq 2$	双方协议	适用于石油、化工、制药、制盐等行业制造耐腐蚀的压力容器,原子反应堆,贮氢槽及其他制品
		Q235B						
		20g, 16Mng	GB/T713	$> 10 \sim 15$	$\pm 8\%$	$> 2 \sim 3$	$\pm 12\%$	
		20R, 16MnR	GB/T6654					
		Q345	GB/T1591	$> 15 \sim 20$	$\pm 7\%$	$> 3$	$\pm 10\%$	
		20	GB/T699					
剪切试验		拉伸试验		弯曲试验 $\alpha = 180^\circ$				结合度试验 $\alpha = 180^\circ$
抗剪强度 $\tau_b$ /MPa $\geq$		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $\geq$		伸长率 $\delta_5$ (%)		外弯曲		内弯曲
196		$\sigma_b$ 计算式见注 4		大于基材和复材标准值中较低的数值		弯曲部位的外侧不得有裂纹		三个结合度试样中的两个试样 c 值不大于 50

- 注:1. 长度和宽度按 50mm 的倍数进级。长宽尺寸偏差按基材标准要求。  
2. 复合板平面度  $t$ : 总厚度不大于 10mm,  $t \leq 12\text{mm/m}$ ; 总厚度大于 10mm,  $t < 10\text{mm/m}$ 。  
3. 复合板按理论重量计算; 钢密度  $7.85\text{g/cm}^3$ , 镍及镍合金密度  $8.85\text{g/cm}^3$ 。  
4. 复合板抗拉强度  $\sigma_b$  计算式:  $\sigma_b = \frac{t_1\sigma_{b1} + t_2\sigma_{b2}}{t_1 + t_2}$ 。式中:  $\sigma_{b1}, \sigma_{b2}$  分别为基材、复材抗拉强度标准下限值(MPa);  $t_1, t_2$  分别为试样基材、复材的厚度(mm)。  
5. 复合板应按 GB/T7734 规定进行超声波探伤。

3.1.6 不锈钢复合钢板和钢带(见表 3.4-34~表 3.4-38)

表 3.4-34 不锈钢复合钢板和钢带分类、代号及应用(摘自 GB/T8165 1997)

级 别	代 号			应用条件	应用举例
	爆炸法	轧制法	爆炸轧制法		
I 级	B I	R I	BR I	适用于不允许有未结合区存在的、加工时要求严格的结构件上。	制造石油、化工、轻工、海水淡化、核工业等各类压力容器、贮罐等结构件
II 级	B II	R II	BR II	适用于可允许有少量未结合区存在的结构件上。	
III 级	B III	R III	BR III	适用于复层材料只作为抗腐蚀层来使用的一般结构件上。	

表 3.4-35 不锈钢复合钢板和钢带力学性能(摘自 GB/T8165-1997)

性能 级别	界面抗剪强度 $J_b$ /MPa $\geq$	屈服点 $\sigma_s$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	冲击吸收功 $A_{kv}$ /J
I 级 II 级 III 级	210 200	不小于基层钢板标准值 <sup>b</sup>	不小于基层钢板标准下限值,且不大于上限值 35MPa <sup>b</sup>	不小于基层钢板标准值 <sup>b</sup>	应符合基层钢板的规定 <sup>c</sup> 。

① 复合钢板和钢带的屈服点下限值亦可按下式计算:

$$\sigma_s = \frac{t_1 \sigma_{s1} + t_2 \sigma_{s2}}{t_1 + t_2}$$

式中:  $\sigma_{s1}$ ——复层钢板的屈服点下限值(MPa);  
 $\sigma_{s2}$ ——基层钢板的屈服点下限值(MPa);  
 $t_1$ ——复层钢板的厚度(mm);  
 $t_2$ ——基层钢板的厚度(mm)。

② 复合钢板和钢带的抗拉强度下限值亦可按下式计算:

$$\sigma_b = \frac{t_1 \sigma_{b1} + t_2 \sigma_{b2}}{t_1 + t_2}$$

式中:  $\sigma_{b1}$ ——复层钢板的抗拉强度下限值(MPa);  
 $\sigma_{b2}$ ——基层钢板的抗拉强度下限值(MPa);  
 $t_1$ ——复层钢板的厚度(mm);  
 $t_2$ ——基层钢板的厚度(mm)。

③ 当复层伸长率标准值小于基层标准值、复合钢板伸长率小于基层,但又不小于复层标准值时,允许割去复层仅对基层进行拉伸试验,其伸长率应不小于基层标准值。

④ 复合钢板复层不做冲击吸收功试验。

表 3.4-36 不锈钢复合钢板和钢带弯曲性能(摘自 GB/T8165-1997)

厚度 /mm	试样宽度 /mm	弯曲角度	弯芯直径 $d$		试验结果	
			内 弯	外 弯	内 弯	外 弯
$\leq 25$	$b=2a$	180°	$a < 20\text{mm}$ $d=2a$ $a \geq 20\text{mm}$ $d=3a$	$a < 20\text{mm}$ $d=2a$ $a \geq 20\text{mm}$ $d=3a$	在弯曲部分的外侧不得产生裂纹;复合界面不允许分层	
$> 25$	$b=2a$	180°	加工基层厚度至 25mm,弯芯直径按基层钢板标准	加工基层厚度至 25mm,弯芯直径按基层钢板标准		

注:  $a$  为复合钢板总厚度。

表 3.4-37 不锈钢复合钢板和钢带复层及基层材料标准牌号及结合率(摘自 GB/T8165-1997)

复层及基层材料 标准及典型牌号	复层材料		基层材料	
	标准号	标准号	标准号	标准号
复层及基层材料 标准及典型牌号	GB/T 3280 GB/T 4237		GB 3274 GB 3531 YB(T)40	GB 713 GB 6654 YB(T)41
	0Cr13 0Cr13Al 0Cr17 0Cr17Ti 0Cr18Ni9			Q235 A Q235-B 20

(续)

复层及基层材料 标准及典型牌号	复层材料		基层材料	
	典型钢号	0Cr18Ni10Ti 00Cr19Ni10 0Cr17Ni12Mo2 00Cr17Ni14Mo2 00Cr18Ni5Mo3Si2	典型钢号	20R 20g 16MnR 15CrMoR
复层及基层间面积 结合率	界面结合级别	类别	结合率, (%)	未复合状态
	I级	B I BR I R I	100	不允许有未结合区存在
	II级	B II BR II R II	≥99	单个未结合区长度不大于 50mm, 面积不大于 20cm <sup>2</sup>
III级	B III BR III R III	≥95	单个未结合区长度不大于 75mm, 面积不大于 45cm <sup>2</sup>	

表 3.4-38 不锈钢复合钢板钢带尺寸规格及允许偏差(摘自 GB/T8165-1997)

尺寸规格	复合钢板厚度不小于 8mm, 复合钢带厚度 4~8mm 复合钢板宽度 1450~3000mm, 复合钢带的宽度 1000~1400mm 复合钢板和钢带长度 4000~10000mm 复层厚度 0.5~14mm, 通常为 2~3mm。也可根据需方需要, 由供需双方协商确定 基层最小厚度: 复合钢板总厚度 > 8mm 时, 基层最小厚度为 6mm, 复合钢带的基层最小厚度由供需双方协议					
厚度允许 偏差	复层厚度允许偏差		复合钢板钢带总厚度允许偏差			
	I级、II级	III级	复合钢板总厚度 /mm		允许偏差 (%)	
			钢带	钢板	I级、II级	III级
	不大于复层公 称尺寸的±9%, 且不大于 1mm	不大于复层公称尺 寸的±10%, 且不大于 1mm	4~8	—	+10 -8	±9
			—	≥8~15	+9 -7	±8
			—	16~25	+8 -6	±7
			—	26~30	+7 -5	±6
—			31~60	+6 -4	±5	
—	>6	—	—	协商	协商	
宽度允许 偏差 /mm	公称厚度 宽度允许偏差	<1450	≥1450			
			I级	II级	III级	
			4~8		+10 0	+15 0
			>8~25	按 GB709	+20 0	+25 0
≥26		+25 0	+30 0	+35 0		
平面度	复合钢板总厚度/mm	宽度/mm	在规定宽度内允许的平面度/mm			
			1000~1450	>1450~1800	>1800	
			4~8	8	9	10
			>8~25	10	14	15
≥26	8	12	14			

## 3.1.7 不锈复合钢冷轧薄钢板和钢带(见表 3.4-39~表 3.4-42)

表 3.4-39 不锈钢复合冷轧薄钢板和钢带表面加工和质量分类(摘自 GB/T17102—1997)

表面加工	表面加工等级	表面加工要求
	No. 2	冷轧后进行热处理、酸洗或类似的处理
	No. 2B	冷轧后进行热处理、酸洗或类似处理加工,最后经冷轧获得适当粗糙度
表面组别	组 别	表面质量特征
	I 级表面	钢板两面允许有深度不大于钢板厚度公差之半,且不使钢板小于允许最小厚度的一般的轻微麻点、轻微划伤、凹坑和辊印 钢板反面超出上述范围的缺陷允许用砂轮清除,清除深度不得大于钢板厚度公差
	II 级表面	钢板表面允许有深度不大于钢板厚度公差之半,且不使钢板小于允许最小厚度的下列缺陷。正面:一般的轻微麻点、轻微划伤、凹坑和辊印。反面:一般的轻微麻点、局部的深麻点、轻微划伤、压痕和凹坑 钢板两面超出上述范围的缺陷允许用砂轮清除,清除深度正面不得大于钢板复层厚度之半,反面不得大于钢板公差

注:产品拉延级别应符合 GB/T5213《深冲击用冷轧薄钢板和钢带》中的 F 级规定。

表 3.4-40 不锈钢复合冷轧钢板和钢带牌号及化学成分(摘自 GB/T17102-1997)

复层和基层 牌号	复层材料			基层材料		
	标准号	典型钢号		标准号	典型钢号	
	GB/T 4237	0Cr13Al 0Cr17 0Cr18Ni9		GB/T 5213	08Al 10Al	
基层牌号化学 成分	牌 号	化 学 成 分 (质量分数)(%)				
		C	Si	Mn	P	S
	08Al	≤0.08	≤0.06	≤0.40	≤0.030	≤0.030
10Al	≤0.10	≤0.06	≤0.40	≤0.030	≤0.030	0.02~0.07

表 3.4-41 不锈钢复合冷轧薄钢板和钢带的性能(摘自 GB/T17102—1997)

力学性能	基层钢号	屈服点 $\sigma_s$ /MPa ≤	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_{10}$ (%) ≥	
				复层为奥氏体不锈钢	复层为铁素体不锈钢
	08Al	350	345~490	28	18
10Al	360	365~510	27	17	
杯突值	厚 度/mm	牌号和拉延级别			
		08Al		10Al	
	冲压深度/mm		不 小 于		
	0.8	9.3		8.3	
	1.0	9.6		8.6	
	1.2	10		—	
1.5	10.3		—		
2.0	11.0		—		
冷弯性能	厚 度/mm	试样宽度 b/mm	弯曲角度	弯心直径 d	内弯、外弯试验结果
	0.8~3	10	180°	2a	不得有分层、裂纹、折断

注:1. 复、基层间面积结合率各不小于 99%。

2. 08Al 或 10Al 为基层时,杯突值双方协议进行试验,其他牌号不进行杯突值试验。

3. 基层选用其他牌号时,板和带的力学性能符合基层材料相应标准规定。

表 3.4-42 不锈钢复合冷轧薄钢板和钢带尺寸规格(摘自 GB/T17102—1997)

厚度规格 /mm	复合板 总厚度	复层厚度, ≥				表 示 法	
		对称型 A、B 面	减薄非对称型		加厚非对称型		对 称 型
		A 面	B 面	A 面	B 面	总厚度 (复×2+基)	
	0.8	0.09	0.09	0.06	0.18		0.09
	1.5	0.13	0.13	0.08	0.20	0.13	
	2.0	0.18	0.18	0.10	0.18	0.18	
2.5	0.22	0.22	0.12	0.22	0.22		
3.0	0.25	0.25	0.15	0.25	0.25		

(续)

厚度允许偏差/mm	允许偏差 公称厚度	复层厚度允许偏差	复合钢板厚度允许偏差	
			A级精度	B级精度
	0.8~1.0	不大于复层公称尺寸的±10%	±0.07	±0.08
	1.2		±0.08	±0.10
	1.5		±0.10	±0.12
	2.0		±0.12	±0.14
	2.5		±0.13	±0.16
	3.0		±0.15	±0.17
宽度及宽度允许偏差	宽度 900~1200mm 宽度允许偏差符合 GB/T708 规定			
长度及长度允许偏差	薄板长度 2000mm 或其他定尺,也可成卷交货;成卷交货的钢带内径应在合同中注明。长度允许偏差应符合 GB/T708 规定			
平面度	每米长度上的平面度不大于 10mm			
重量	按理论重量交货,基层和复层单位重量应分别符合 GB/T708 和 GB/T4229 的规定			
应用	产品适于轻工机械、食品、炊具、建筑、装饰、焊管、铁道客车、医药卫生、环保等设备制造之用			

## 3.1.8 不锈钢复合管(见表 3.4-43、表 3.4-44)

表 3.4-43 不锈钢复合管尺寸规格(摘自 GB/T18704—2002)

(mm)

圆管(R)		矩形管(Q)		方管(S)	
外径	总壁厚	边长	总壁厚	边长	总壁厚
12.7	0.6~2.0	20×1.0	0.6~2.0	15×15	0.6~2.0
15.9	0.6~2.0	25×15	0.6~2.0	20×20	0.6~2.0
19.1	0.6~2.0	40×20	1.0~2.5	25×25	0.6~2.5
22.2	0.6~2.0	50×30	1.0~2.5	30×30	1.0~2.5
25.4	0.6~2.5	70×30	1.2~2.5	40×40	1.0~2.5
31.8	0.6~2.5	80×40	1.2~3.0	50×50	1.2~3.0
38.1	1.0~2.5	90×30	1.2~3.0	60×60	1.4~3.5
42.4	1.0~2.5	100×40	3.0~4.0	70×70	3.0~4.0
48.3	1.0~2.5	110×50	3.0~4.0	80×80	3.0~4.0
50.8	1.0~2.5	120×40	3.0~4.0	85×85	3.0~4.0
57.0	1.0~2.5	120×60	3.5~4.5	90×90	3.0~4.0
63.5	1.2~3.0	130×50	3.5~4.5	100×100	3.0~4.0
76.3	1.2~3.5	130×70	3.5~4.5	110×110	3.0~4.0
80.0	1.4~3.5	140×60	3.5~4.5	125×125	3.5~5.0
89.0	2.5~4.0	140×80	3.5~4.5	130×130	3.5~5.0
102	3.0~4.0	150×50	3.5~4.5	140×140	4.0~6.0
108	3.5~4.5	150×70	3.5~5.0	170×170	5.0~8.0
114	3.5~4.5	160×40	3.5~4.5	矩形管	
127	3.5~4.5	160×60	3.5~5.0	边长	总壁厚
133	3.5~4.5	160×90	4.0~5.0	190×60	4.0~5.0
141	3.5~5.0	170×50	3.5~5.0	190×70	4.0~5.0
159	4.0~5.0	170×80	4.0~5.0	190×90	4.0~6.0
165	4.0~5.0	180×70	4.0~5.0	200×60	4.0~5.0
180	4.5~6.0	180×80	4.0~5.0	200×80	4.0~6.0
219	4.5~8.0	180×100	4.0~6.0	200×140	4.5~8.0
总壁厚尺寸系列		0.6,0.8,1.0,1.2,1.4,1.5,1.6,1.8,2.0,2.2,2.5,3.0,3.5,4.0,4.5,5.0,6.0,7.0,8.0			

表 3.4-44 不锈钢复合管的牌号、外径、边长及壁厚允许偏差(摘自 GB/T 18704—2002)

表面交货状态	圆管公称外径 $D$ /mm	外径 $D$ 允许偏差 /mm	边长允许 偏差	壁厚允许偏差 /mm	弯 曲 度	长 度
抛光、磨光状态 (SB,SP)	$\leq 25$	$\pm 0.20$	方管、矩 形管边长允 许偏差由供 需双方协定	壁厚 允许偏差 $\geq 0.40$ $\pm 0.05$ $\sim 1.00$ $\pm 0.10$ $> 1.00$ $\pm 0.10$ $\sim 1.90$ $\pm 0.15$ $\geq 2.00$ 规定壁厚 $\sim 3.00$ 的 $\pm 10\%$ $> 3.00$	外径 $< 89.0\text{mm}$ 弯 曲 度 $\leq$ $1.5\text{mm/m}$ 外径 $\geq 89.0\text{mm}$ 弯 曲 度 $\leq$ $2.5\text{mm/m}$	通常长度为 1000~8000mm, 定尺长度为 6000mm,全长允 许 偏 差 为 $+15$ 0 mm
	$> 25 \sim 40$	$\pm 0.22$				
	$> 40 \sim 50$	$\pm 0.25$				
	$> 50 \sim 60$	$\pm 0.28$				
	$> 60 \sim 70$	$\pm 0.30$				
	$> 70 \sim 80$	$\pm 0.35$				
未抛光、喷砂状态 (SNB,SA)	$\leq 25$	$\pm 0.25$				
	$> 25 \sim 50$	$\pm 0.30$				
	$> 50$	$\pm 1.0\% D$				
复合管基材牌 号及技术要求	碳素钢 Q195、Q215A、Q215B、Q235A 和 Q235B 为基材(内层),其化学成分和力学性能应符合 GB/T 8164《焊接钢管用钢带》的规定					
复合管覆材牌 号及技术要求	不锈钢 0Cr18Ni9 和 1Cr18Ni9 为覆材(外层),其化学成分和力学性能应符合 GB/T 4239《不锈钢和耐热钢冷轧钢带》的规定					

注:1. 不锈钢复合管基材(内层)采用碳素钢,覆材(外层)采用不锈钢,复合钢管适于市政设施、车船制造、道桥护栏、建筑装饰、钢结构网架、医疗器械、家具、一般机械结构部件之用。

2. 管材工艺性能:将管材试样外径压扁至管径的 1/3 时,试样不得有裂纹或裂口;用顶心锥度为  $60^\circ$ ,将管材试样外径扩至管径的 6% 时,不得有裂纹或裂口;将管材弯曲角度为  $90^\circ$ ,弯心半径为管材外径 3.5 倍,试样弯曲处内侧面不得有皱褶。

3. 圆管管外径  $\leq 63.5\text{mm}$  时,管材表面粗糙度不低于  $R_a 0.8\mu\text{m}$ (即光亮度 400 号);圆管外径大于  $63.5\text{mm}$  及方形管和矩形管的管材表面粗糙度不低于  $R_a 1.6\mu\text{m}$ (即光亮度 320 号)。

4. 按理论重量交货时,管材每米理论重量  $W$  的计算式为

$$W = \frac{\pi}{1000} [t_1(D - t_1)\rho_1 + t_2(D - 2t_1 - t_2)\rho_2]$$

式中:

$W$ ——复合管的重量(kg/m);

$D$ ——复合管的外径(mm);

$t_1$ ——复合管覆材的壁厚(mm);

$t_2$ ——复合管基材的壁厚(mm);

$\rho_1$ ——复合管覆材的钢密度(kg/dm<sup>3</sup>)(不锈钢的密度:0Cr18Ni9 为  $7.93\text{kg/dm}^3$ ,1Cr18Ni9 为  $7.93\text{kg/dm}^3$ );

$\rho_2$ ——复合管基材钢的密度(kg/dm<sup>3</sup>)(碳素钢的密度为  $7.85\text{kg/dm}^3$ )。

5. 标记示例:

a) 用 0Cr18Ni9 的钢为覆材,Q195 的钢为基材,圆形截面,抛光状态,外径 25.4mm,壁厚 1.2mm,长度为 6 000mm 定尺的复合管,其标记为:

0Cr18Ni9/Q195-25.4×1.2×6000-GB/T 18704—2002

(复合管以圆截面形状、抛(磨)光状态交货的,可不标注其代号)

b) 用 1Cr18Ni9 的钢为覆材,Q235B 的钢为基材,方形截面,喷砂状态,边长 30mm,壁厚 1.4mm,长度为 6 000mm 定尺的方形复合管,其标记为:

1Cr18Ni9/Q235B-S. SA30×30×1.4×6 000-GB/T 18704 2002

### 3.2 纤维增强金属基复合材料

#### 3.2.1 碳(石墨)纤维增强铝复合材料(见表 3.4-45)

表 3.4-45 碳纤维增强铝复合材料力学性能及应用

性能	纤维	基体	纤维含量(%)	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	拉伸强度/MPa	弹性模量/GPa
		石墨纤维 GT50	201AL	30	2.39	630
	石墨纤维 GGY70	201AL	34	2.39	665	210
	石墨纤维 GGY70	201AL	30	2.44	560	160
	高模量沥青纤维 GHMpitch	6061AL	41	2.44	630	329
特点及应用	具有很高的比强度及比模量,良好的高温性能和导热性、低的热膨胀系数及良好的尺寸稳定性。与高强铝合金、钛合金、高强钢相比,其比强度约高一倍,比模量约高三倍,适于制作构件重量轻、刚性好的构件,壁厚最小的要求结构稳定的构件;高温性能好及尺寸稳定性好、精度要求高的构件					

#### 3.2.2 碳纤维增强铅复合材料(见表 3.4-46)

表 3.4-46 碳纤维增强铅及铅合金复合材料力学性能及应用

力学性能	材料名称	C/Pb	C/Pb-Sn	C/Pb-Sn-Sb
	性能			
	抗拉强度/MPa	33.44	67.86	74.92
特点及应用	碳纤维强度比铅及铅合金高近百倍,碳纤维增强铅及铅合金复合材料具有消声、耐酸蚀、耐磨、较高的强度和刚度,适于制作承受高负荷的自润滑轴承、薄板构件用来降低飞机、农机具、工业设备和船舶等的噪声,如装在农用拖拉机驾驶室中,可使噪声下降 17dB			

#### 3.2.3 碳纤维增强铜复合材料(见表 3.4-47)

表 3.4-47 碳纤维增强铜复合材料摩擦性能及应用

材料	纤维位向	线速度	磨损速率/cm	平均摩	电刷温度/ $^{\circ}C$
		/ $m \cdot s^{-1}$	$\cdot (km \times 10^4)^{-1}$	擦系数	
T300/Cu-1%/Sn A类复合丝	I	54	0.52	0.06	—
	II	54	2.47	0.14	—
	I	60	0.55	0.39	—
	I	120	0.08	0.16	—
T300/Cu-1%Sn B类复合丝	I	60	1.44	0.16	241
	I	120	0.94	0.18	282
T300/Cu-10%Sn B类复合丝	I	60	3.36	0.22	223
	I	120	2.99	0.19	274
HM3000/Cu-1%Sn A类复合丝	I	54	2.85	0.36	200
	II	54	38.27	0.41	232
	I	54	1.62	0.23	164
HM3000/Cu-3%Sn A类复合丝	I	60	2.08	0.29	170
	I	120	1.09	0.16	201
	I	54	4.79	0.19	194
HM3000/Cu-4%Sn A类复合丝	I	60	3.95	0.37	217
	I	120	1.34	0.19	258
	I	60	6.08	0.30	217
HM3000/Cu-4%Sn B类复合丝	I	120	1.72	0.15	258
	I	54	2.46	0.33	114
HM3000/Cu-8%Sn	I	30	2.79	0.36	155
	I	60	1.73	0.23	102
	I	120	1.19	0.11	126
	I	180	0.75	0.13	140
	I	235	2.08	0.21	265
	I	54	2.46	0.33	114
特点及应用	具有高强度、摩擦系数小、磨损率低,可通过工作电流大、接触电压降小等优异性能,适于用作低电压、大电流电机及特殊电机的电刷材料、耐磨材料及电子材料。目前,作为耐磨材料和电机电刷材料已有较多的试验研究				

注:1. A类复合丝指纤维束中95%已浸渍好,表面金属连续;B类复合丝指纤维束浸渍不完全,但表面涂层连续。

2. 纤维位向: I — 纤维轴与滑动面垂直; II — 纤维束与滑动面平行,但与滑动方向垂直; III — 纤维轴与滑动面及滑动方向都平行。

## 3.2.4 颗粒增强金属复合材料(见表 3.4-48、表 3.4-49)

表 3.4-48 铸造铜-石墨复合材料力学性能及应用

力学性能	密度/ $g \cdot cm^{-3}$	抗拉强度/MPa	硬度(HBS)	伸长率(%)	线膨胀系数 $\times 10^{-5}/^{\circ}C$
		6.723	285	70	6.0
特点及应用	将石墨粒子均匀分散于铜合金中,制成铸造铜-石墨复合材料,具有优异的摩擦性能,不论有无润滑条件,均具有较低的摩擦系数,且具有较好的振动衰减性能。其力学性能随着石墨粒子的加入量增加而有所降低,当石墨粒子数量达到15%(重量)时,强度仍为285MPa。是一种优良的自润滑材料,可用于作轴瓦和耐磨损零件				

表 3.4-49 铸造石墨铝合金复合材料物理力学性能及应用

物理力学性能	石墨体积 (%)	密度 / $g \cdot cm^{-3}$	抗拉强度 /MPa	伸长率 (%)	压缩强度 /MPa	硬度 (HBS)	油介质摩擦系数
	5	2.63	180	3.9	350	64	0.008
	10	2.52	150	3.0	300	59	0.01
特点及应用	用铸造法弥散石墨于铝或铝合金中的复合材料具有优良的自润滑性和减震性。可用于汽车发动机汽缸、轴承及各种耐磨和减震件。石墨含量越高,强度随之有所降低;石墨含量(质量分数)小于10%时,耐磨性提高,超过10%时,随石墨含量增加耐磨性不再提高,甚至有所降低,石墨粒子经包覆后,在润滑条件下,复合材料耐磨性提高,无润滑条件下则相反。减震性能随石墨含量增加,衰减率也提高						

## 4 塑料-金属基复合材料

## 4.1 塑料-金属基多层复合材料

塑料-金属基多层复合材料是以钢板为基体;多孔青铜为中间层、塑料为表层而构成。此类多层复合材料既具有金属的力学性能,又具有塑料表面的优良耐磨性能。钢背与塑料之间以多孔性青铜为媒介,从而使界面结合可靠,结合强度高于喷涂和胶接。JB/T7521—1994塑料-青铜-钢背三层复合自润滑板材,作为无油

表 3.4-50 塑料-金属基多层复合材料的种类及应用

类型	名称	用途
I	改性聚四氟乙烯-青铜-钢背三层复合材料	特别适用于无油润滑条件
II	改性聚甲醛-青铜-钢背三层复合材料	特别适用于边界润滑及予润滑
III	填充增强酚醛-青铜-钢背三层复合材料	特别适用于水润滑条件

表 3.4-52 塑料-青铜-钢背三层复合板材性能(JB/T7521—1994)

压缩永久变形	品 种		试样厚度/mm	压 力/MPa	压缩永久变形量/mm
	I	II			
	I		2.5	280	$\leq 0.08$
	I	无油坑		140	$\leq 0.04$
		有油坑			$\leq 0.05$
	II			20	250
磨痕宽度和摩擦系数	品 种		润滑条件	磨痕宽度/mm	摩擦系数
	I	I	干摩擦	$\leq 6.0$	$\leq 0.20$
			油润滑	$\leq 4.5$	$\leq 0.08$
	II	I	干摩擦	$\leq 5.5$	$\leq 0.50$
			脂润滑		$\leq 0.10$
II		水润滑	$\leq 2.5$	$\leq 0.12$	
线膨胀系数和导热系数	品 种		热导率/ $W \cdot (m \cdot K)^{-1} \geq$	线膨胀系数 $1/^{\circ}C$	
				温度范围	数 值
	I	II		2.3	20~180 $^{\circ}C$
			1.7	0~80 $^{\circ}C$	$\leq 70 \times 10^{-6}$

润滑、边界润滑及水润滑条件下的卷制轴承、轴瓦、止推垫片、滑块、机床导轨、闸门滑道、球座及关节轴承垫层等滑动摩擦副之用。塑料-金属基多层复合材料的种类及应用,见表 3.4-50;塑料-青铜-钢背三层复合板材规格及性能见表 3.4-51、表 3.4-52。

表 3.4-51 塑料-青铜-钢背三层复合板材规格(JB/T7521—1994) (mm)

品种	厚 度		公称宽度	公称长度
	公称厚度	公差		
I、II	1.0	0.05	120	500
	1.5			
	2.0	0.06		
	2.5	0.07		
III	20			
	40			

注:1. 特殊规格可由供需双方商定。

2. I型材料作为机床导轨板,经过磨削加工其公差为0.01mm。





(续)

公称外径 $d_n$	公称外 径偏差	参考内径 $d_i$	圆 度		管壁厚 $e_m$		内层塑料 最小壁厚 $e_n$	外层塑料 最小壁厚 $e_w$	铝管层 最小壁厚 $e_a$
			盘管	直管	最小值	偏差			
63	-0.4 0	50.5	$\leq 3.8$	$\leq 1.9$	3.8	+0.9 0	2.1	0.4	0.57
75	+0.6 0	59.3	$\leq 4.5$	$\leq 2.3$	7.3	+1.1 0	2.8		0.67

注:1. 铝管搭接焊式铝塑管是 GB/T18997《铝塑复合压力管》的一种,采用搭接焊式铝塑管作为嵌入金属层增强,通过共挤热熔粘合剂与内外层聚乙烯塑料复合而成。

2. 产品适于输送一定工作压力的流体,如冷水、冷热水的饮用水输配系统和给水输配系统;采暖系统、地下灌溉系统、工业特种流体、压缩空气、燃气等。

3. 产品以盘卷式或直管式供货,其长度按生产厂家规定值。

4. 在铝管搭接焊缝处的塑料外层厚度至少应为本表数值的二分之一。

5. 产品外层采用不同颜色表示不同用途,冷水用铝塑管为黑色、蓝色或白色;冷热水用管为橙红色;燃气用管为黄色;室外用管外层采用黑色,但管道上应标有表示用途颜色的色标。

表 3.4-55 铝管搭接焊式铝塑管材用聚乙烯树脂的技术性能(摘自 GB/T18997.1-2003)

项 目		要 求	测试方法	材料类别
密度/( $g \cdot cm^{-3}$ )		0.926~0.940	GB/T 1033—1986 中 B 法	MDPE
		0.941~0.959		
熔体质量流动速率(190°C、2.16kg)/ $g \cdot (10min)^{-1}$		0.1~10	GB/T3682—2000	HDPE MDPE、HDPE
抗拉强度/MPa		$\geq 15$	GB/T 1040—1992	MDPE
		$\geq 21$		HDPE
长期静液压强度 /MPa	(80°C、50年, 预测概率 97.5%)	$\geq 3.5$	GB/T 18252—2000	MDPE(乙烯与辛烯的共聚物)
	(20°C、50年, 预测概率 97.5%)	$\geq 8.0$		MDPE、HDPE
		$\geq 6.3$		
		$\geq 8.0$		
热应力开裂 (设计应力 5MPa、80°C、持久 100h)		不开裂	ISO1167	MDPE、HDPE
耐慢性裂纹增长(165h)		不破坏	GB/T 18476—2001	MDPE、HDPE
热稳定性(200°C)		氧化诱导时间 不小于 20min	GB/T 17391—1998	Q 类管材用 PE
耐气体组分(80°C、环应力 2MPa)/h		$\geq 30$	GB 15558.1—1995	

注:1. 外层聚乙烯塑料应该加有足量的紫外线老化剂、抗氧化剂和产品需要的着色剂。对于使用于室外的铝塑管外层塑料,应添加按 GB/T 13021—1991 方法检测不少于 2% 的炭黑,内层塑料应添加抗氧化剂,不宜有着色剂。

2. 内外层塑料宜采用混配料,亦可采用基料添加母料法生产。

3. 铝塑管用铝材按 GB/T 228 进行测试,其断裂伸长率应不小于 20%,抗拉强度应不小于 100MPa。

4. 热熔粘合剂应是乙烯共聚物,按 GB/T 1033—1986 中 B 法测试,其密度应大于  $0.910g/cm^3$ ;按 GB/T 3682—2000 测试,其熔体流动速率应小于  $10g/10min(190^\circ C, 2.16kg)$ 。按 GB/T 4608—1984 方法测试冷热水用铝塑管的热熔粘合剂,其熔点应不低于  $120^\circ C$ ;冷水或其他流体用铝塑管的热熔粘合剂,其熔点应不低于  $100^\circ C$ 。

5. 材料类别:MDPE—中密度聚乙烯树脂;HDPE—高密度聚乙烯树脂;PE—聚乙烯。

表 3.4-56 铝管搭接焊式铝塑管技术性能(摘自 GB/T18997.1—2003)

管环 径向 拉力和 复合 强度	公称外径 $d_n/mm$	管环径向拉力/N $\geq$		爆破压力/MPa	管环最小平均剥离力 /N
		MDPE	HDPE、PEX		
	12	2 000	2 100	7.0	25
16	2 100	2 300	6.0	25	
20	2 400	2 500	5.0	28	
25	2 400	2 500	4.0	30	
32	2 500	2 650		35	
40	3 200	3 500		40	
50	3 500	3 700	3.8	50	
63	5 200	5 500		60	
75	6 000	6 000		70	

(续)

	公称外径 $d_0$ /mm	用途代号				试验时间/h	要求
		L、Q、T		R			
		试验压力/MPa	试验温度/°C	试验压力/MPa	试验温度/°C		
静液压强 强度试验	12	2.72	60	2.72		10	应无破裂、局部 球型膨胀、渗漏
	16						
	20						
	25						
	32						
	40	2.10		2.00	2.10 <sup>①</sup>		
	50						
	63						
75							
耐拉拔 性能 试验	公称外径 $d_0$ /mm	短期拉拔性能		持久拉拔性能		要求	
		拉拔力/N	试验时间/h	拉拔力/N	试验时间/h		
	12	1 100	1	700	800	冷热水用管材与管件 连接处应无任何泄漏、 相对轴向移动	
	16	1 500		1 000			
	20	2 400		1 400			
	25	3 100		2 100			
	32	4 300		2 800			
	40	5 800		3 900			
	50						
63	7 900	5 300					
75							

注:1. 特种流体用铝塑管耐化学性能:化学介质为10%氯化钠溶液、30%硫酸、40%硝酸、40%氢氧化钠溶液(以上为质量分数)、体积分数为95%的乙醇,其质量变化平均值(mg/cm<sup>2</sup>)分别为:±0.2、±0.1、±0.3、±0.1、±1.1;试验结果要求试样内层无龟裂、变粘等现象。  
 2. 燃气用铝塑管耐气体组分试验:试验介质为:矿物油、叔丁基硫醇、防冻剂(甲醇或乙二醇)、甲苯,其最大平均质量变化率(%)分别为:±0.5、±0.5、±1.0、±1.0;最大平均管环径向拉伸力的变化率均为±12%。  
 3. 产品的扩径试验、卫生性能、冷热水用管材应将管材与管件连接成管道系统进行耐冷热水循环性能、循环压力冲击性能、真空性能和耐拉拔性能四项系统适用性试验等,均应符合GB/T18997.1—2003的规定(耐拉拔性能试验列入本表)。  
 4. 产品按本表给出的爆破压力值进行爆破试验时,管材不应发生破裂。

① 系采用中密度聚乙烯(乙烯与辛烯共聚物)材料生产的铝塑管。

4.2.2 铝管对接焊式铝塑管(见表3.4-57、表3.4-58)

表 3.4-57 铝管对接焊式铝塑管品种分类(摘自GB/T18997.2—2003)

流体类别		用途代号	铝塑管代号	长期工作温度 $T_0$ /°C	允许工作压力 $p_0$ /MPa
水	冷水	L	PAP3、PAP4	40	1.40
			XPAP1、XPAP2		2.00
	冷热水	R	PAP3、PAP4	60	1.00
			XPAP1、XPAP2	75	1.50
			XPAP1、XPAP2	95	1.25
燃气 <sup>①</sup>	天然气	Q	PAP4	35	0.40
	液化石油气				0.40
	人工煤气 <sup>②</sup>				0.20
特种流体 <sup>③</sup>		T	PAP3	40	1.00

注:1. 铝塑管按复合组分材料分类,其型式如下:

- a. 聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯(XPAP1):一型铝塑管,适于较高工作温度和较高流体压力条件应用;
  - b. 交联聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯(XPAP2):二型铝塑管,适于较高工作温度和流体压力条件,抗外部恶劣环境优于XPAP1;
  - c. 聚乙烯/铝/聚乙烯(PAP3):三型铝塑管,适于较低工作温度和流体压力下应用;
  - d. 聚乙烯/铝合金/聚乙烯(PAP4):四型铝塑管,适于较低工作温度和流体压力下应用,可用于输送燃气等气体。
2. 铝塑管按外径分类,其规格为16、20、25(26)、32、40、50。  
 3. 铝层焊接特征代号:铝管对接焊式代号为D,产品标记方法参见表3.4-53注3。

① 输送燃气时应符合燃气安装的安全规定。

② 在输送人工煤气时应注意到冷凝剂中芳香烃对管材的不利影响,工程中应考虑这一因素。

③ 系指和HDPE的抗化学药品性能相一致的特种流体。

表 3.4-58 铝管对接焊式铝塑管结构尺寸规格(摘自 GB/T18997.2-2003) (mm)

公称外径 $d_o$	公称外 径偏差	参考内 径 $d_i$	圆 度		管壁厚 $e_m$		内层塑料壁厚 $e_n$		外层塑料最 小壁厚 $e_w$	铝管层壁厚 $e_s$	
			盘管	直管	公称值	偏差	公称值	偏差		公称值	偏差
16	+0.3 0	10.9	$\leq 1.0$	$\leq 0.5$	2.3	+0.5 0	1.4	j 0.1	0.3	0.28	$\pm 0.04$
20		14.5	$\leq 1.2$	$\leq 0.6$	2.5		1.5			0.36	
25 (26)		18.5 (19.5)	$\leq 1.5$	$\leq 0.8$	3.0		1.7			0.44	
32		25.5	$\leq 2.0$	$\leq 1.0$			1.6			0.60	
40	-0.4 0	32.4	$\leq 2.4$	$\leq 1.2$	3.5	+0.6 0	1.9	0.4	0.75		
50	+0.5 0	41.4	$\leq 3.0$	$\leq 1.5$	4.0		2.0		1.00		

注:铝管对接焊式铝塑管的各种性能均优于铝管搭接焊式铝塑管,详见 GB/T18997.2-2003 有关规定。

## 参 考 文 献

- 1 机械工程手册编辑委员会. 机械工程手册工程;材料卷. 第2版. 北京:机械工业出版社,1996
- 2 曾正明主编. 机械工程材料手册金属材料:第6版. 北京:机械工业出版社,2003
- 3 林慧国 林钢 吴静雯主编. 袖珍世界钢号手册 第3版. 北京:机械工业出版社,2003
- 4 方昆凡主编. 工程材料手册:黑色金属材料卷. 北京:北京出版社,2002
- 5 曾正明主编. 实用工程材料技术手册. 北京:机械工业出版社,2001
- 6 方昆凡,黄英主编. 机械工程材料实用手册. 沈阳:东北大学出版社,1995
- 7 中国第一汽车集团公司编写组. 机械工程材料手册 非金属材料. 第5版. 北京:机械工业出版社,1998
- 8 邓召义编. 新编世界钢铁牌号手册. 北京:机械工业出版社,1995
- 9 东北大学《机械零件设计手册》编写组. 机械零件设计手册. 第3版. 北京:冶金工业出版社,1994
- 10 张一公主编. 常用工程材料选用手册. 北京:机械工业出版社,1998
- 11 李智诚等编. 常用金属材料产品手册. 北京:中国物质出版社,1997
- 12 方昆凡主编. 工程材料手册 有色金属材料卷. 北京:北京出版社,2002
- 13 钦征骑主编. 新型陶瓷材料手册. 南京:江苏科学技术出版社,1996
- 14 腾代岭编著. 中国钢分类. 北京:中国标准出版社,1997
- 15 方昆凡主编. 工程材料手册 非金属材料卷. 北京:北京出版社,2002
- 16 《合金钢钢种手册》编写组. 合金钢钢种手册:1~5册. 北京:冶金工业出版社,1983

# 第 4 篇 力学公式、实验应力分析 常用公式及技术数据

主 编 周康年  
编写人 周康年

# 第1章 力学公式

## 1 静力学

### 1.1 力的合成与分解(见表 4.1-1)

表 4.1-1 力的合成和分解

力系条件	图 示	计 算 公 式	说 明
二汇交力的合成和分解		合力 $R$ 的大小: $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\varphi}$ 合力 $R$ 的方向: $\sin\alpha = \frac{F_2\sin\varphi}{R}$ $\sin\beta = \frac{F_1\sin\varphi}{R}$	合力矢可用平行四边形对角线或力三角形封闭边 $AC$ 表示 任何力 $R$ 可在其平面内分解成任意方向的两个力 $F_1, F_2$
平面汇交力沿坐标轴的分解和合成		合力 $R$ 的大小: $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ $R_x = \sum X_i = \sum F_i \cos\alpha_i$ $R_y = \sum Y_i = \sum F_i \cos\beta_i$ 合力 $R$ 的方向: $\cos\alpha = \frac{R_x}{R}, \cos\beta = \frac{R_y}{R}$	合力 $R$ 在 $x, y$ 轴上的投影 $R_x, R_y$ 等于各分力在同一坐标轴上的投影的代数和 $\sum X_i, \sum Y_i$
空间汇交力沿坐标轴的分解和合成		合力 $R$ 的大小: $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$ $R_x = \sum X_i = \sum F_i \cos\alpha_i$ $R_y = \sum Y_i = \sum F_i \cos\beta_i$ $R_z = \sum Z_i = \sum F_i \cos\gamma_i$ 合力 $R$ 的方向: $\cos\alpha = \frac{R_x}{R}, \cos\beta = \frac{R_y}{R}, \cos\gamma = \frac{R_z}{R}$	各分力 $F_i$ 在坐标轴上的投影 $X_i, Y_i, Z_i$ 的代数和 $\sum X_i, \sum Y_i, \sum Z_i$ 等于合力 $R$ 在相应的轴上的投影 $R_x, R_y, R_z$ $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ 分别为分力 $F_i$ 与 $x, y, z$ 轴的夹角 $\alpha, \beta, \gamma$ 分别为合力 $R$ 与 $x, y, z$ 轴的夹角
二平行力的合成和分解	(1)同向平行力  (2)反向平行力 	(1)合力 $R$ 的大小, $R = F_1 + F_2$ , 合力 $R$ 的方向与 $F_1, F_2$ 同向, 作用点 $C$ 内分 $AB$ , $C$ 点到力的距离与力的大小成反比, 即 $\frac{AC}{BC} = \frac{F_2}{F_1}$ (2)合力 $R$ 的大小, $R = F_1 - F_2$ , 合力 $R$ 的方向与较大的 $F_1$ 同向, 作用点 $C$ 外分 $AB$ , $C$ 点到力的距离与力的大小成反比, 即 $\frac{AC}{BC} = \frac{F_2}{F_1}$	利用力与作用线距离之间的反比关系, 可将已知力 $R$ 在同一平面内两个指定作用点沿平行方向分解为 $F_1$ 和 $F_2$ 由若干个平行力 $F_i$ 组成的平行力系的合力 $R$ , 大小等于各平行力之和, 即 $R = \sum F_i$ 并通过平行力系中心 $r_c = \frac{\sum F_i r_i}{\sum F_i}$

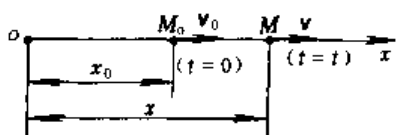
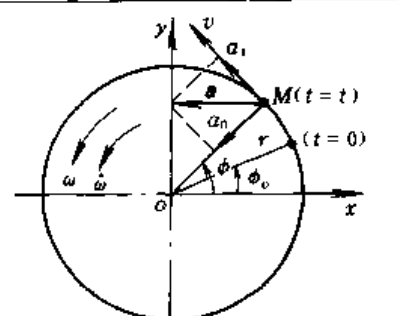
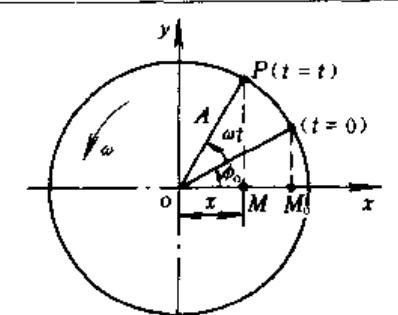
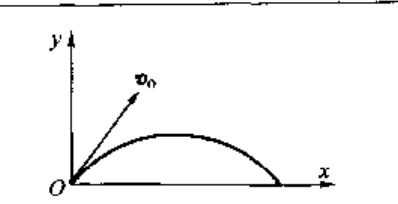
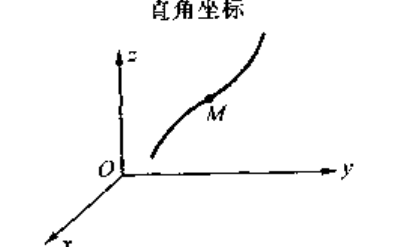
1.2 力矩和力偶矩的计算公式(见表 4.1-2)

表 4.1 2 力矩和力偶矩的计算公式

类型	图 示	计 算 公 式	说 明
平面力矩		$m_o(F) = r \times F$ $= (xi + yj) \times (Xi + Yj)$ $= (xY - yX)k$ $= m_z(F)k$	<p>力 <math>F</math> 在作用面内对任一点 <math>O</math> 的矩 <math>m_o(F)</math> 等于其分力对该点的矩的代数和</p> <p>力对点的矩就是力对通过该点且垂直于作用面的 <math>z</math> 轴的矩</p>
空间力矩		$m_o(F) = r \times F = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x & y & z \\ X & Y & Z \end{vmatrix}$ $= (yZ - zY)i + (zX - xZ)j + (xY - yX)k$ $= m_x(F)i + m_y(F)j + m_z(F)k$ <p>式中 <math>m_x(F) = yZ - zY</math>  <math>m_y(F) = zX - xZ</math>  <math>m_z(F) = xY - yX</math></p>	<p>力 <math>F</math> 对空间任一点 <math>O</math> 的矩 <math>m_o(F)</math> 等于其分力对该点的矩之矢量和</p> <p>力 <math>F</math> 对任一点 <math>O</math> 的矩 <math>m_o(F)</math> 沿通过该点的坐标轴方向的分量, 等于力 <math>F</math> 对坐标轴 <math>x, y, z</math> 的矩 <math>m_x(F), m_y(F), m_z(F)</math></p>
力对特定方向的轴的矩		$m_\lambda(F) = (r \times F) \cdot n = \begin{vmatrix} x & y & z \\ X & Y & Z \\ \alpha & \beta & \gamma \end{vmatrix}$ $= (yZ - zY)\alpha - (zX - xZ)\beta + (xY - yX)\gamma$	<p>力 <math>F</math> 对 <math>\lambda</math> 轴的矩等于力矩 <math>m_o(F)</math> 沿 <math>\lambda</math> 方向的投影</p> <p>式中 <math>n = \alpha i + \beta j + \gamma k</math> 为 <math>\lambda</math> 方向的单位矢量, <math>\alpha, \beta, \gamma</math> 为单位矢量 <math>n</math> 的方向余弦</p>
若干汇交力对点的矩		$m_o(F_1) + m_o(F_2) + m_o(F_3) + \dots$ $= r \times F_1 + r \times F_2 + r \times F_3 + \dots$ $= r \times \sum F$ <p>即 <math>\sum m_o(F_i) = m_o(R)</math></p>	<p>空间汇交力系中各力对任一点 <math>O</math> 的矩的矢量和, 等于合力对同一点的矩</p> <p>平面汇交力系中各力对任一点 <math>O</math> 的矩的代数和, 等于合力对同一点的矩</p>
合力偶矩		$M = \sum m_i$	<p>空间合力偶矩为各力偶矩的矢量和; 平面合力偶矩为各力偶矩的代数和</p>

2 运动学

表 4-1-3 质点的运动方程、速度和加速度计算式

质点运动类型	图 示	运动方程、速度和加速度计算式
直线运动		<p>匀速运动 (<math>a=0, v=\text{常数}</math>)  <math>x = x_0 + vt</math></p> <p>匀变速运动 (<math>a=\text{常数}</math>)  <math>x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2</math>  <math>v = v_0 - at</math>  <math>v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)</math>         若为自由落体运动 <math>a=g</math> (重力加速度),  <math>x</math> 轴垂直向下</p> <p>一般变速运动          (1) 运动方程 <math>x=f(t)</math> 已知时  <math>v = \frac{dx}{dt}, a = \frac{d^2x}{dt^2}</math>          (2) 加速度 <math>a=f(t)</math> 已知时  <math>v = v_0 + \int_0^t a dt, x = x_0 + \int_0^t v dt</math></p>
圆周运动		<p>弧长 <math>s = r\phi = r(\omega t + \phi_0)</math>          速度 <math>v = r\omega</math>          切线加速度 <math>a_t = r\varepsilon</math>          法线加速度 <math>a_n = r\omega^2 = \frac{v^2}{r}</math></p> <p>式中 <math>\phi_0</math>—初始角  <math>r</math>—圆半径  <math>\omega</math>—角速度  <math>\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}</math>—角加速度</p>
简谐运动		<p>运动方程 <math>x = A\cos(\omega t + \phi_0)</math>          速度 <math>v = \frac{dx}{dt} = -A\omega\sin(\omega t + \phi_0)</math>          加速度 <math>a = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2\cos(\omega t + \phi_0)</math>          周期 <math>T = 2\pi/\omega</math> s          频率 <math>f = 1/T = \omega/2\pi</math> Hz</p> <p>式中 <math>A</math>—振幅, 动点 <math>M</math> 距 <math>O</math> 的最大距离  <math>\phi_0</math>—初相位角  <math>\omega</math>—角频率  <math>\omega t + \phi_0</math>—相位角</p>
抛物线运动		<p>运动方程 <math>x = v_{0x}t, y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2</math>          速度 <math>v_x = v_{0x}, v_y = v_{0y} - gt</math>          加速度 <math>a_x = 0, a_y = -g</math>          式中: <math>v_{0x}</math>—沿 <math>x</math> 方向初速度  <math>v_{0y}</math>—沿 <math>y</math> 方向初速度  <math>g</math>—重力加速度</p>
一般曲线运动	<p>直角坐标</p> 	<p>运动方程 <math>x = x(t), y = y(t), z = z(t)</math>          速度 <math>v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}</math>          加速度 <math>a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2}</math></p>



(续)

质点运动类型	图 示	运动方程、速度和加速度计算式
一般曲线运动		运动方程 $s = s(t)$ 速度 $v = \frac{ds}{dt}$ 加速度 $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2}$ 式中 $a_t = \frac{dv}{dt}$ 切向加速度 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ 法向加速度 $\rho$ —质点所处位置运动轨迹的曲率半径

表 4.1-4 点的合成运动的速度与加速度计算公式

合成名称	计算公式	说 明
点的速度合成定理	$v_a = v_e + v_r$	绝对速度 $v_a$ : 动点相对于定参考系运动的速度 相对速度 $v_r$ : 动点相对于动参考系运动的速度 牵连速度 $v_e$ : 动参考系上与动点相重合的那一点相对于定参考系运动的速度
点的加速度合成定理	$a_a = a_e + a_r + a_k$	绝对加速度 $a_a$ : 动点相对于定参考系运动的加速度 相对加速度 $a_r$ : 动点相对于动参考系运动的加速度 牵连加速度 $a_e$ : 动参考系上与动点相重合的那一点相对于定参考系运动的加速度 科氏加速度 $a_k$ : 由于牵连运动为转动, 牵连运动和相对运动相互影响而出现的附加的加速度 $a_k = 2\omega_e \times v_r$ 当动参考系作平动或 $\omega_e$ 与 $v_r$ 平行时, $a_k = 0$

注: 计算可用矢量合成的图解法, 也可用直角坐标投影解析求解。

表 4.1-5 刚体运动的常用计算式

序号	运动类型	刚体整体运动的计算式	刚体内任一点运动的计算式	图示与说明
1	平动	刚体内各点运动的轨迹、速度和加速度相同, 故其计算与点的运动一样(表 4.1-4)		
2	定轴转动	转角 $\varphi = \varphi(t)$ 角速度 $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ 角加速度 $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ $\varphi = \varphi_0 + \int_0^t \omega dt$ $\omega = \omega_0 + \int_0^t \varepsilon dt$ 特例 1) 匀速转动 ( $\varepsilon = 0$ ) $\omega = \text{常数}$ $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ 2) 匀变速转动 ( $\varepsilon = \text{常数}$ ) $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \varepsilon t^2$ $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\varepsilon(\varphi - \varphi_0)$	$s = r\varphi = r(\varphi_0 + \int_0^t \omega dt)$ $v = r\omega$ $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$ $a_t = r\varepsilon, a_n = r\omega^2$ $\theta = \arctan \frac{\varepsilon}{\omega^2} < 90^\circ$ 特例 1) 匀速转动 $s = r(\varphi_0 + \omega t)$ $v = r\omega$ $a_t = 0, a_n = r\omega^2 = a$ $\theta = 0$ 2) 匀变速转动 $s = r(\varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \varepsilon t^2)$ $v = r(\omega_0 + \varepsilon t)$ $a_t = r\varepsilon, a_n = r\omega^2$ $a = r \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ $\theta = \arctan \frac{\varepsilon}{\omega^2} < 90^\circ$	<p>I—固定平面 II—随刚体转动平面</p> <p>1) 规定从 z 轴正向看去, 逆时针转的 <math>\varphi_0, \varphi</math> 角为正, 顺时针转为负                      2) <math>d\varphi &gt; 0, \omega</math> 为正; <math>d\varphi &lt; 0, \omega</math> 为负                      3) <math>d\omega &gt; 0, \varepsilon</math> 为正; <math>d\omega &lt; 0, \varepsilon</math> 为负                      4) 切向加速度 <math>a_t</math> 垂直半径, <math>\varepsilon</math> 为正时, 与 <math>\omega</math> 方向同, <math>\varepsilon</math> 为负时, 与 <math>\omega</math> 方向相反。法向加速度沿径向指向转轴</p>

(续)

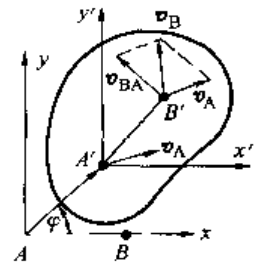
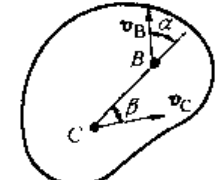
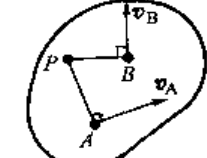
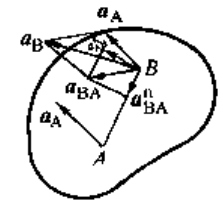
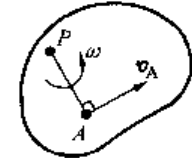
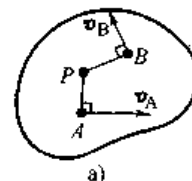
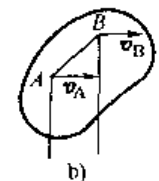
序号	运动类型	刚体整体运动的计算式	刚体内任一点运动的计算式	图示与说明
3	平面运动	<p>为随基点 <math>A</math> 的牵连运动和绕基点的相对转动的合成。基点的位移、速度与加速度分别为 <math>u_A, v_A, a_A</math> (与所选的基点位置有关), 绕基点的转角、角速度、角加速度分别为 <math>\varphi, \omega</math> 和 <math>\epsilon</math> (与基点选择无关)</p> <p><math>xAy</math>—固定坐标系  <math>x'A'y'</math>—与基点 <math>A</math> 固结, 相对 <math>xAy</math> 作平动的坐标系  <math>A, B</math>—初始点位置  <math>A', B'</math>—某瞬时位置</p>	<p>速度合成法(图 a)  <math>v_B = v_A + v_{BA}</math>  <math>v_{BA} = \overline{AB}\omega</math>                      (<math>v_{BA}</math> 方向垂直 <math>AB</math>, 沿 <math>\omega</math> 转向)  <math>v_B \cos \alpha = v_A \cos \beta</math> (图 b) (速度投影定理)</p> <p>瞬心法:  <math>v_B = \overline{BP}\omega</math> (图 c)  <math>v_B</math> 垂直于 <math>BP</math>, 沿 <math>\omega</math> 转向  <math>a_B = a_A + a_{BA}^t + a_{BA}^n</math> (图 d)  <math>a_{BA}^t = \overline{AB} \times \epsilon</math> (与 <math>\epsilon</math> 同向)  <math>a_{BA}^n = \overline{AB} \omega^2</math> (由 <math>B</math> 指向 <math>P</math> 点)  <math>\alpha = \arctan \frac{\epsilon}{\omega^2} &lt; 90^\circ</math></p>	 <p>a)</p> <p><math>A</math> 为刚体任选的基点(通常选速度、加速度已知点)</p>  <p>b)</p> <p><math>B, C</math> 为刚体上的任两点</p>  <p>c)</p> <p>速度瞬心位置 <math>P</math> 的确定见表 4.1-6</p>  <p>d)</p>

表 4.1-6 确定刚体平面运动速度瞬心的方法

序号	已知条件	图 示	确定方法
1	已知点 $A$ 速度 $v_A$ 的大小和方向, 及刚体角速度 $\omega$ 的大小和转向		将 $v_A$ 顺 $\omega$ 方向转 $90^\circ$ 作一直线, 在该直线上由 $\overline{AP} = \frac{v_A}{\omega}$ 定速度瞬心 $P$ 点
2	已知 $A, B$ 两点速度 $v_A, v_B$ 的方向(序号 3 的情况除外)	<p>特例: <math>v_A, v_B</math> 平行且不垂直 <math>AB, P</math> 在无穷远</p>  <p>a)</p>  <p>b)</p>	过 $A, B$ 点作 $v_A, v_B$ 的垂线, 其交点即为速度瞬心 $P$

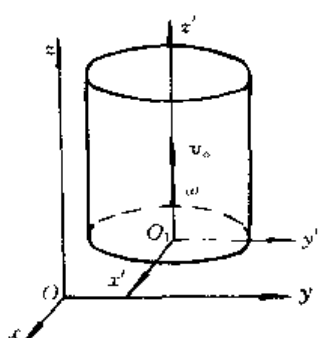
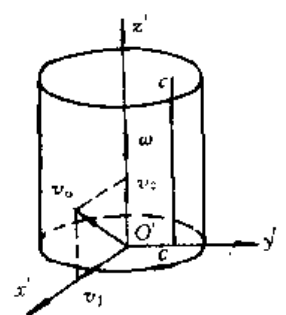
(续)

序号	已知条件	图 示	确定方法
3	已知 A、B 两点速度 $v_A$ 、 $v_B$ 的大小及方向，且两者平行，并垂直于 AB 连线	<p>特例：<math>v_A = v_B</math> 在无穷远</p>	A、B 两点速度端点的连线与 AB 直线的交点即为速度瞬心 P
4	刚体沿某固定面作无滑动的滚动		刚体与固定面的接触点即为速度瞬心

表 4.1-7 刚体运动的合成

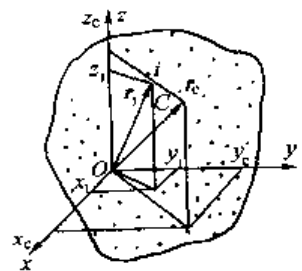
合成类型	图 示	速度和加速度	说 明
平动与平动合成		$v = v_1 + v_2$ $a = a_1 + a_2$	合成运动仍为平动，合成运动的速度和加速度分别等于两个平动速度的矢量和和加速度的矢量和
绕两个平行轴转动的合成		$\omega_k = \omega_1 + \omega_2$	合成运动为绕瞬时轴的转动。瞬时轴与这两轴平行，并在同一平面内，轴的位置在较大的角速度的一侧。合成转动的角速度等于绕两平行轴转动的角速度的代数和
绕相交轴转动的合成		$\omega_k = \omega_1 + \omega_2$	合成运动为绕通过该点的瞬时轴的转动，其角速度等于绕各轴转动的角速度的矢量和
平动与转动的合成	<p>平动速度矢与转动角速度矢垂直</p>	$O'c = \frac{v_0}{\omega}$ $\omega_k = \omega$	刚体作平面运动，可看成绕瞬时转动轴 $c$ 转动，它与轴 $z'$ 平行，线段 $O'c$ 与速度 $v_0$ 垂直 绕瞬时轴转动的角速度为 $\omega_k$

(续)

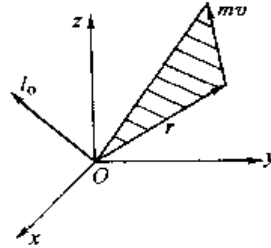
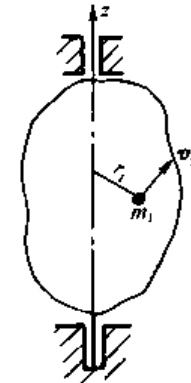
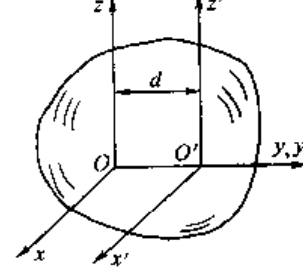
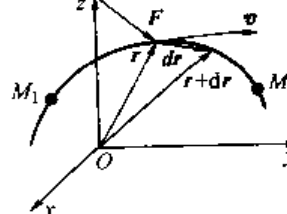
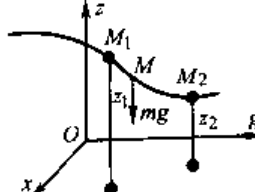
合成类型	图 示	速度和加速度	说 明
平动与转动的合成	<p>平动速度矢与转动角速度矢平行</p> 	$p = \frac{v_0}{\omega} = \frac{ds}{d\varphi}$	<p>刚体作螺旋运动  <math>p</math> 为螺旋运动的螺旋率  <math>s</math> 为螺距</p>
	<p>平动速度矢与转动角速度矢成任意角</p> 	$v_0 = v_1 + v_2$	<p>刚体作瞬时螺旋运动  <math>v_1</math> 与 <math>\omega</math> 垂直, <math>v_2</math> 与 <math>\omega</math> 平行, 刚体以速度 <math>v</math> 的平动和以角速度 <math>\omega</math> 的转动, 可以合成为绕瞬时轴 <math>c-c</math> 的转动。所以刚体的运动成为以 <math>v_2</math> 的平动和以 <math>\omega</math> 绕瞬时轴 <math>c-c</math> 的转动的合成运动</p>

### 3 动力学

表 4.1-8 常用动力学物理量的计算公式

序号	物理量名称	计算公式	图示与说明
1	质点系的质量中心位置 $r_c(x_c, y_c, z_c)$	<p>矢径</p> $r_c = \frac{\sum m_i r_i}{M}$ <p>坐标公式(又称质心运动方程)</p> $x_c = \frac{\sum m_i x_i}{M}, y_c = \frac{\sum m_i y_i}{M}$ $z_c = \frac{\sum m_i z_i}{M}$	 <p><math>r_i, x_i, y_i, z_i</math> 分别为某质点的矢径和坐标  <math>r_c, x_c, y_c, z_c</math> 分别为质心的矢径和坐标  <math>m_i, M</math> 分别为某质点质量和质点系总质量</p>
2	动量 $p$	<p>质点动量 <math>p = m\mathbf{v} = m(v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k})</math>                      质点系动量 <math>\mathbf{p} = \sum m_i \mathbf{v}_i = M\mathbf{v}_c</math>  <math display="block">\mathbf{v}_c = v_{cx}\mathbf{i} + v_{cy}\mathbf{j} + v_{cz}\mathbf{k}</math></p>	<p><math>v_x, v_y, v_z</math> 为质点速度 <math>v</math> 沿 <math>x, y, z</math> 轴的分量  <math>v_{cx}, v_{cy}, v_{cz}</math> 为质心速度沿 <math>x, y, z</math> 轴的分量</p>
3	力的冲量 $I$	$\mathbf{I} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt = \int_{t_1}^{t_2} X dt \mathbf{i} + \int_{t_1}^{t_2} Y dt \mathbf{j} + \int_{t_1}^{t_2} Z dt \mathbf{k}$	<p><math>X, Y, Z</math> 分别为力 <math>F</math> 在三直角坐标 <math>x, y, z</math> 轴上的投影</p>

(续)

序号	物理量名称	计算公式	图示与说明
		质点动量对固定点 $o$ 的动量矩(图 a) 矢量式: $l_o = M_o(mv) = r \times mv$ 投影式(即为质点动量对坐标轴的矩) $l_x = M_x(mv) = y(mv_z) - z(mv_y)$ $l_y = M_y(mv) = z(mv_x) - x(mv_z)$ $l_z = M_z(mv) = x(mv_y) - y(mv_x)$	 <p><math>l_o</math> 垂直于 <math>r</math> 和 <math>mv</math> 所在平面, 指向按右手螺旋规则确定</p>
4	动量矩 $l_o$ 和 $L_o$	质点系对某固定点 $O$ 的动量矩 矢量式 $L_o = \sum l_{oi} = \sum r_i \times mv_i$ 投影式(即质点系对原点为 $o$ 的三坐标轴的动量矩) $L_x = \sum l_x = \sum (y_i m_i v_{zi} - z_i m_i v_{yi})$ $L_y = \sum l_y = \sum (z_i m_i v_{xi} - x_i m_i v_{zi})$ $L_z = \sum l_z = \sum (x_i m_i v_{yi} - y_i m_i v_{xi})$ 特例: 刚体绕定轴 $z$ 的动量矩(图 b) $L_z = J_z \omega$ $\omega$ —角速度	 <p><math>J_z = \sum m_i r_i^2</math>—刚体对 <math>z</math> 轴转动惯量</p>
5	刚体转动惯量 $J_z$ 与回转半径 $\rho_z$	对 $z$ 轴的转动惯量 $J_z = \sum m_i r_i^2 \xrightarrow{\text{当质量连续分布}} \int_M r^2 dm$ 回转半径 $\rho_z = \sqrt{\frac{J_z}{M}}$ 平行移轴定理 $J'_z = J_z + Md^2$	 <p><math>z'</math> 与 <math>z</math> 平行相距距离为 <math>d</math>, <math>M</math> 为刚体总质量</p>
6	功 $W$	一般计算式: $W = \int_{M_1}^{M_2} F \cdot dr$ $= \int_{M_1}^{M_2} (Xdx + Ydy + Zdz)$ 重力的功 $W = -mg(z_1 - z_2)$	 <p><math>X, Y, Z</math> 为力 <math>F</math> 在坐标轴上的投影</p>  <p><math>z_1, z_2</math> 为物体重心在始末位置的高度</p>

(续)

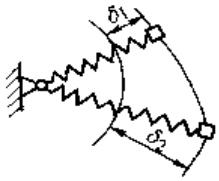
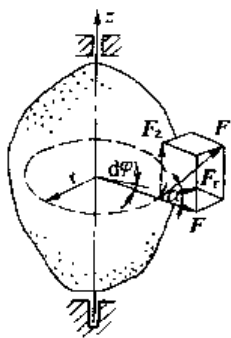
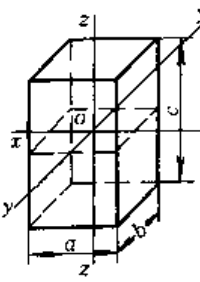
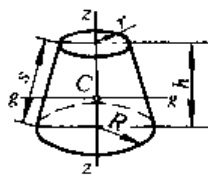
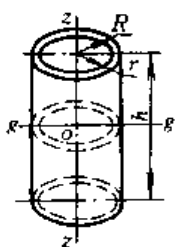
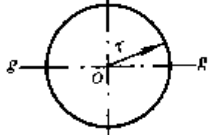
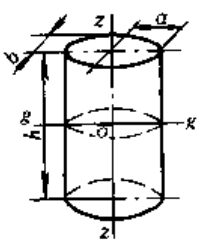
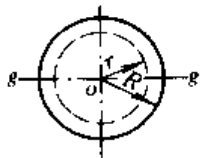
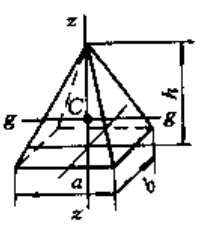
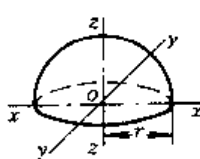
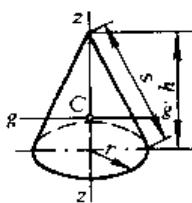
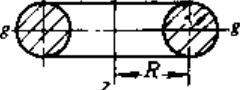
序号	物理量名称	计算公式	图示与说明
6	功 $W$	弹性力的功 $W = \frac{1}{2} k (\delta_1^2 - \delta_2^2)$	 <p><math>k</math>— 弹簧刚度  <math>\delta_1, \delta_2</math>— 弹簧在始末位置的变形量</p>
		作用于绕定轴转动刚体上力的功 $W = \int_0^\varphi r(F \cos \alpha) d\varphi$ $= \int_0^\varphi M_z(F) d\varphi$	 <p><math>M_z(F)</math>— 力 <math>F</math> 对轴的力矩(或力偶矩)</p>
7	动能 $T$	质点的动能 $T = \frac{1}{2} m v^2$ 质点系的动能 $T = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2$ 平动刚体的动能 $T = \frac{1}{2} M v_c^2$ 绕定轴 $z$ 转动的刚体的动能 $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$ 平动刚体的动能 $T = \frac{1}{2} M v_c^2 + \frac{1}{2} J_c \omega^2$	$m, m_i$ — 质点的质量 $v, v_i$ — 质点的速度 $M$ — 刚体总质量 $v_c$ — 质心 $C$ 的速度 $J_z, J_c$ — 刚体绕 $z$ 轴和质心轴的转动惯量 $\omega$ — 刚体的转动角速度
8	势能 $V$	重力势能 $V = Mgz$ 弹性力势能 $V = \frac{1}{2} k \delta^2$ 牛顿引力势能 $V = -f \frac{M_1 M_2}{r}$	$z$ — 质心到选定零势面的高度 $\delta$ — 弹簧变形量(选弹簧原长为零势面) $M$ — 重物质量 $M_1, M_2$ — 1、2 两物体质量 $f$ — 引力常数 $r$ — 1、2 两物体质心距离
9	功率 $P$	通过力计算: $P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = Fv \cos \alpha$ 通过力矩或力偶矩计算 $P = M\omega$	$\alpha$ — 力 $F$ 与速度 $v$ 的夹角 $M$ — 力对转轴的矩或力偶矩 $\omega$ — 角速度

表 4.1-9 均质物体的转动惯量

序号	图 形	转 动 惯 量	序号	图 形	转 动 惯 量
1		$J_x = \rho \frac{l^3}{12} = M \frac{l^2}{12}$ $J_c = \rho \frac{l^3 \sin^2 \alpha}{12} = M \frac{l^2 \sin^2 \alpha}{12}$ $J_d = \rho \frac{l^3 \sin^2 \alpha}{3} = M \frac{l^2 \sin^2 \alpha}{3}$	6		$A = \pi r^2$ $J_x = \rho \Lambda \frac{\pi}{4} r^4 = M \frac{r^2}{4}$ $J_O = \rho \Lambda \frac{\pi}{2} r^4 = M \frac{r^2}{2}$
2		$L = 2ar$ $J_x = \rho \frac{r^3}{2} (2a - \sin 2a)$ $= M \frac{r^2}{2} \left( 1 - \frac{\sin 2a}{2a} \right)$ $J_y = \rho \frac{r^3}{2} (2a - \sin 2a)$ $= M \frac{r^2}{2} \left( 1 + \frac{\sin 2a}{2a} \right)$ $J_O = \rho r^3 2a = Mr^2$	7		$A = \frac{\pi}{2} r^2$ $J_x = J_y = \rho \Lambda \frac{\pi}{8} r^4 = M \frac{r^2}{4}$ $J_O = \rho \Lambda \frac{\pi}{4} r^4 = M \frac{r^2}{2}$
3		$A = \frac{bh}{2}$ $J_x = \rho \Lambda \frac{bh^3}{36} = M \frac{h^2}{18}$ $J_y = \rho \Lambda \frac{hb^3}{48} = M \frac{b^2}{24}$ $J_C = \rho \Lambda \frac{bh(4h^2 + 3b^2)}{144}$ $= M \frac{4h^2 + 3b^2}{72}$	8		$A = \pi ab$ $J_x = \rho \Lambda \frac{\pi}{4} ab^3 = M \frac{b^2}{4}$ $J_y = \rho \Lambda \frac{\pi}{4} ba^3 = M \frac{a^2}{4}$ $J_O = \rho \Lambda \frac{\pi}{4} ab(a^2 + b^2)$ $= M \frac{a^2 + b^2}{4}$
4		$A = bh$ $J_x = \rho \Lambda \frac{bh^3}{12} = M \frac{h^2}{12}$ $J_y = \rho \Lambda \frac{hb^3}{12} = M \frac{b^2}{12}$ $J_C = \rho \Lambda \frac{bh(b^2 + h^2)}{12}$ $= M \frac{b^2 + h^2}{12}$	9		$V = \pi r^2 h$ $J_x = \rho \frac{\pi r^4 h}{2} = M \frac{r^2}{2}$ $J_y = \rho \frac{\pi r^2 h}{12} (3r^2 + h^2)$ $= M \frac{3r^2 + h^2}{12}$ $J_\varphi = \rho \frac{\pi r^2 h}{12} [3r^2(1 + \cos^2 \varphi) + h^2 \sin^2 \varphi]$ $= M \frac{1}{12} [3r^2(1 + \cos^2 \varphi) + h^2 \sin^2 \varphi]$ $A = 2\pi rh$ $J_x = \rho \Lambda 2\pi r^3 h = Mr^2$ $J_y = \rho \Lambda \frac{\pi rh}{6} (6r^2 + h^2)$ $= M \frac{1}{12} (6r^2 + h^2)$
5		$A = \frac{a^2 n}{4 \tan \alpha} = \frac{nar}{2}$ $J_1 = J_2 = \rho \Lambda \frac{nar}{48} (6R^2 - a^2)$ $= \frac{M}{24} (6R^2 - a^2)$ $= \frac{M}{48} (12r^2 + a^2)$ $J_O = \rho \Lambda \frac{nar}{24} (6R^2 - a^2)$ $= \frac{M}{12} (6R^2 - a^2)$ $= \frac{M}{24} (12r^2 + a^2)$		<p>正圆柱侧面积</p>	

(续)

序号	图 形	转 动 惯 量	序号	图 形	转 动 惯 量
10	<p>正六面体</p>  <p>正立方体 (<math>a=b=c</math>)</p>	$V = abc$ $J_x = \rho \frac{abc}{12} (b^2 + c^2) = M \frac{b^2 + c^2}{12}$ $J_y = \rho \frac{abc}{12} (c^2 + a^2) = M \frac{c^2 + a^2}{12}$ $J_z = \rho \frac{abc}{12} (a^2 + b^2) = M \frac{a^2 + b^2}{12}$ $J_x = J_y = J_z = \rho \frac{a^2}{6} = M \frac{a^2}{6}$	15	<p>截正圆锥</p>  <p>截正圆锥侧面积</p>	$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + Rr + r^2)$ $J_z = \rho \frac{\pi h}{10} \frac{(R^3 - r^3)}{(R - r)}$ $= M \frac{3}{10} \left( \frac{R^5 - r^5}{R^3 - r^3} \right)$ $A = \pi s (R + r)$ $J_c = \rho A \frac{\pi s}{2} \left( \frac{R^4 - r^4}{R - r} \right)$ $= M \left( \frac{R^2 + r^2}{2} \right)$
11	<p>空心正圆柱</p> 	$V = \pi(R^2 - r^2)h$ $J_z = \rho \frac{\pi h}{2} (R^4 - r^4) = M \frac{R^2 - r^2}{2}$ $J_R = \rho \frac{\pi(R^2 - r^2)h}{4} \left( R^2 + r^2 + \frac{h^2}{3} \right)$ $= M \frac{1}{4} \left( R^2 + r^2 + \frac{h^2}{3} \right)$	16	<p>球</p>  <p>球 面</p>	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$ $J_R = \rho \frac{8\pi}{15} r^5 = M \frac{2}{5} r^2$ $A = 4\pi r^2$ $J_s = \rho A \frac{8\pi}{3} r^4 = M \frac{2r^2}{3}$
12	<p>正椭圆柱</p> 	$V = \pi abh$ $J_z = \rho \frac{\pi abh}{4} (a^2 + b^2)$ $= M \frac{1}{4} (a^2 + b^2)$ $J_g = \rho \frac{\pi abh}{12} (3b^2 - h^2)$ $= M \frac{1}{12} (3b^2 + h^2)$	17	<p>空心球</p> 	$V = \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3)$ $J_g = \rho \frac{8\pi}{15} (R^5 - r^5)$ $= M \frac{2}{5} \left( \frac{R^5 - r^5}{R^3 - r^3} \right)$
13	<p>正四角锥</p> 	$V = \frac{abh}{3}$ $J_x = \rho \frac{abh}{60} (a^2 + b^2)$ $= M \frac{1}{20} (a^2 + b^2)$ $J_y = \rho \frac{abh}{60} \left( b^2 - \frac{3h^2}{4} \right)$ $= M \frac{1}{20} \left( b^2 + \frac{3h^2}{4} \right)$	18	<p>半 球</p> 	$V = \frac{2}{3} \pi r^3$ $J_r = J_y = J_z = \rho \frac{4\pi}{15} r^5 = M \frac{2r^2}{5}$
14	<p>正圆锥</p>  <p>正圆锥侧面积</p>	$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$ $J_z = \rho \frac{\pi r^4 h}{10} = M \frac{3r^2}{10}$ $J_g = \rho \frac{\pi r^2 h}{20} \left( r^2 + \frac{h^2}{4} \right)$ $= M \frac{3}{20} \left( r^2 + \frac{h^2}{4} \right)$ $A = \pi r s = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$ $J_c = \rho \frac{\pi r^3}{2} \frac{\sqrt{r^2 + h^2}}{2} = M \frac{r^2}{2}$	19	<p>圆截面环形体</p> 	$V = 2\pi^2 R r^2$ $J_x = \rho \frac{\pi^2 R r^2}{2} (4R^2 + 3r^2)$ $= M \left( R^2 + \frac{3}{4} r^2 \right)$ $J_g = \rho \frac{\pi^2 R r^2}{4} (4R^2 + 5r^2)$ $= M \left( \frac{R^2}{2} + \frac{5}{8} r^2 \right)$

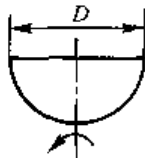
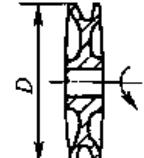
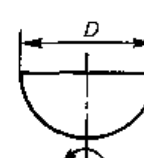
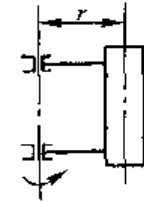
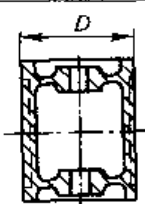
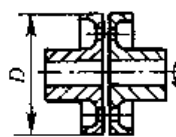


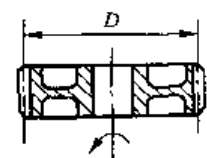
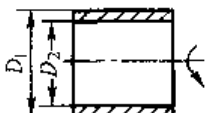
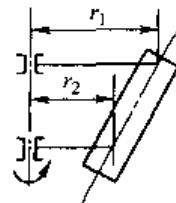
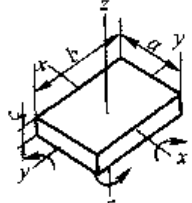
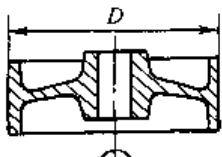

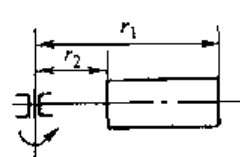
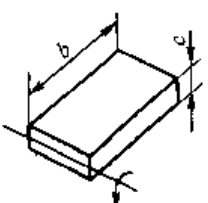
注: A—面积; V—体积;  $J_x, J_y, J_z, J_1, J_2, J_g, J_c$ —对  $x, y, z, 1, 2, g, c$  轴的转动惯量;  $J_O, J_C$ —对 O, C 点的转动惯量;  $\rho, \rho_A, \rho$ —线密度, 面密度和体密度; M—总质量。



表 4.1-10 常用旋转体的转动惯量的近似计算式

计算通式：
$$J = \frac{KMD_e^2}{4} \quad (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

式中  $M$ —旋转体质量(kg)  
 $K$ —系数,见本表  
 $D_e$ —旋转体的飞轮计算直径(m)

			
$K=0.4 \quad D_e^2=D^2$	$K=0.55 \quad D_e^2=D^2$	$K=0.3 \quad D_e^2=D^2$	$K=4 \quad D_e^2=r^2$
			
$K=0.7 \quad D_e^2=D^2$	$K=0.45 \quad D_e^2=D^2$	$K=2 \quad D_e^2=r^2$	$K=1.33 \quad D_e^2=r^2$
			
$K=0.6 \quad D_e^2=D^2$	$K=0.5 \quad D_e^2=D_1^2+D_2^2$	$K=1.33 \quad D_e^2=r_1^2+r_1r+r_2^2$	$K=0.33 \quad D_{ez}^2=b^2+c^2$ $D_{ey}^2=b^2+a^2 \quad D_{ez}^2=c^2+a^2$
			
$K=0.6 \quad D_e^2=D^2$	$K=0.5 \quad D_e^2=D^2$	$K=1.33 \quad D_e^2=\frac{r_1^3-r_2^3}{r_1-r_2}$	$K=0.166 \quad D_e^2=4b^2+c^2$

注:表中部分零件只给出主要尺寸,计算出的转动惯量是近似的。

表 4.1-11 机械传动中转动惯量的换算

转动惯量及 飞轮矩	$J=mi^2$	$J$ —转动惯量(kg·m <sup>2</sup> ) $m$ —物体的质量(kg) $i$ —惯性半径(m)
	转动惯量 $J$ 与飞轮矩( $GD^2$ )的关系 $J=(GD^2)/4g$ (1) $J=(GD^2)/4$ (2)	式(1)中 $(GD^2)$ —飞轮矩(N·m <sup>2</sup> ) $g$ —重力加速度 式(2)中 $(GD^2)$ —飞轮矩(kg·m <sup>2</sup> )

(续)

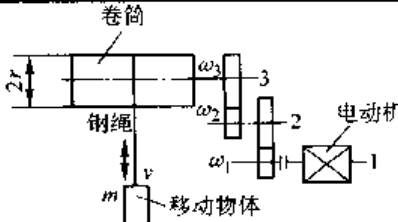
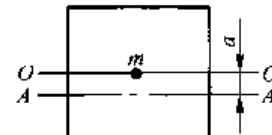
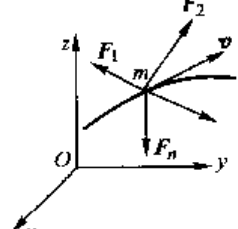
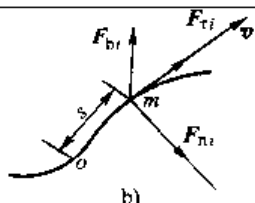
<p>转动惯量的换算</p>	 <p>系统总动能 <math>E = J_1\omega_1^2/2 + J_2\omega_2^2/2 + J_3\omega_3^2/2 + m(r\omega_3)^2/2</math></p> <p>换算到电动机轴上的转动惯量</p> $J = \frac{2E}{\omega_1^2} = J_1 + J_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2 + J_3 \left(\frac{\omega_3}{\omega_1}\right)^2 + mr^2 \left(\frac{\omega_3}{\omega_1}\right)^2$ $= J_1 + J_2/i_1^2 + J_3/(i_1i_2)^2 + mr^2/(i_1i_2)^2$ <p>换算到移动物体上的当量质量</p> $m = \frac{2E}{v^2} = J_1(i_1i_2)^2/r^2 + J_2i_2^2/r^2 + J_3/r^2 + m$	<p><math>J</math> 换算到电动机轴上的总转动惯量 (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>)</p> <p><math>J_1, J_2, J_3</math>——轴 1、轴 2、轴 3 上回转体的转动惯量 (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>)</p> <p><math>m</math>——吊在钢绳上移动物体的质量 (<math>\text{kg}</math>)</p> <p><math>r</math>——卷筒的半径 (<math>\text{m}</math>)</p> <p><math>\omega_1, \omega_2, \omega_3</math>——轴 1、轴 2、轴 3 的角速度 (<math>\text{rad/s}</math>)</p> <p><math>i_1, i_2</math>——轴 1 与轴 2、轴 2 与轴 3 间的传动比</p> <p><math>v</math>——移动物体速度 (<math>\text{m/s}</math>)</p>
<p>移动物体转动惯量的换算</p>	<p>一般移动物体 <math>J = \frac{mv_m^2}{\omega_0^2}, \omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}</math></p> <p>丝杆传动 <math>J = \frac{mt^2}{4\pi^2i^2}</math></p> <p>齿轮齿条传动 <math>J = \frac{md^2}{4i^2}</math></p> <p>转动物体换算为移动速度为 <math>v_m</math> 时的当量质量</p> $m = \frac{J\omega^2}{v_m^2}, \omega = \frac{\pi n}{30}$	<p><math>J</math>——换算到电动机轴上的转动惯量 (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>)</p> <p><math>m</math>——移动物体的质量 (<math>\text{kg}</math>)</p> <p><math>v_m</math>——物体的移动速度 (<math>\text{m/s}</math>)</p> <p><math>\omega_0</math>——电动机角速度 (<math>\text{rad/s}</math>)</p> <p><math>n_0</math>——电动机转速 (<math>\text{r/min}</math>)</p> <p><math>t</math>——丝杆螺距 (<math>\text{m}</math>)</p> <p><math>d</math>——与齿条相啮合的齿轮节圆直径 (<math>\text{m}</math>)</p> <p><math>i</math>——电动机与丝杆或齿条间的传动比</p> <p><math>J_u</math>——物体绕某轴转动角速度为 <math>\omega</math> 时的转动惯量 (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>)</p> <p><math>\omega</math>——物体绕某轴转动的角速度 (<math>\text{rad/s}</math>)</p> <p><math>n</math>——转动物体转速 (<math>\text{r/min}</math>)</p>
<p>物体对某一轴线 <math>AA</math> (平行 <math>OO</math>) 的转动惯量</p>	 $J = J_0 + ma^2$	<p><math>J</math>——物体对 <math>AA</math> 轴的转动惯量 (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>)</p> <p><math>J_0</math>——物体对通过重心 <math>OO</math> 轴线的转动惯量 (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>)</p> <p><math>a</math>——<math>OO</math> 轴与 <math>AA</math> 轴间的距离 (<math>\text{m}</math>)</p>

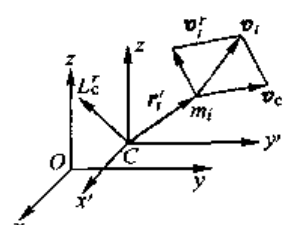
表 4.1-12 动力学普遍定理

序号	定理名称	关系式	图示与说明
1	恒质量质点的动量定理	<p>直角坐标投影式(图 a)</p> <p>矢量式</p> $m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \Sigma \mathbf{F}_i \begin{cases} m \frac{dv_x}{dt} = m\dot{x} = \Sigma X_i \\ m \frac{dv_y}{dt} = m\dot{y} = \Sigma Y_i \\ m \frac{dv_z}{dt} = m\dot{z} = \Sigma Z_i \end{cases}$	 <p>a)</p> <p><math>x, y, z</math>——质点瞬时坐标</p> <p><math>X_i, Y_i, Z_i</math>——第 <math>i</math> 个力在三坐标轴上的投影</p>

(续)

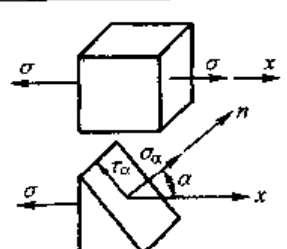
序号	定理名称	关系式	图示与说明
1	恒质量质点的动量定理	自然坐标的投影式(图 b) $\begin{cases} m \frac{dv}{dt} = m\dot{s} = \Sigma F_{\tau_i} \\ m \frac{v^2}{\rho^2} = m \frac{\dot{s}^2}{\rho} = \Sigma F_{n_i} \\ 0 = \Sigma F_{b_i} \end{cases}$ 质点动量守恒情况: 若 $\Sigma F_{\tau_i} = 0$ , 则 $m\mathbf{v}$ = 常矢量 若 $\Sigma X_i = 0$ , 则 $mv_x$ = 常量	 <p>b)</p> <p><math>\tau, n, b</math> 分别为沿轨迹切向、主法线方向和副法线方向的单位矢量  <math>F_{\tau_i}, F_{n_i}, F_{b_i}</math> 分别为沿 <math>\tau, n</math> 和 <math>b</math> 方向的第 <math>i</math> 个力 <math>F</math> 的三个分量</p>
2	变质量质点的动量定理	直角坐标投影式 矢量式 $m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \Sigma \mathbf{F}_i + \frac{dm}{dt} \mathbf{v}_r$ $\begin{cases} m\ddot{x} = \Sigma X_i + \frac{dm}{dt} v_{rx} \\ m\ddot{y} = \Sigma Y_i - \frac{dm}{dt} v_{ry} \\ m\ddot{z} = \Sigma Z_i + \frac{dm}{dt} v_{rz} \end{cases}$	$\mathbf{v}_r$ 为流出或进入原质点质量的相对速度
3	质点系动量定理	直角坐标投影式 矢量式 $\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d\Sigma m_i \mathbf{v}_i}{dt} = \Sigma \mathbf{F}_i$ $\begin{cases} \frac{dp_x}{dt} = \frac{d\Sigma m_i v_{ix}}{dt} = \Sigma X_i \\ \frac{dp_y}{dt} = \frac{d\Sigma m_i v_{iy}}{dt} = \Sigma Y_i \\ \frac{dp_z}{dt} = \frac{d\Sigma m_i v_{iz}}{dt} = \Sigma Z_i \end{cases}$ 质点系动量守恒情况: 若 $\Sigma \mathbf{F}_i = 0$ , 则 $\mathbf{p} = \Sigma m_i \mathbf{v}_i$ = 常矢量 若 $\Sigma X_i = 0$ , 则 $p_x = \Sigma m_i v_{ix}$ = 常量	$\Sigma \mathbf{F}_i$ 为作用质点系各外力的矢量和, $\Sigma X_i, \Sigma Y_i, \Sigma Z_i$ 分别为各外力在三坐标轴上的投影代数和
4	质心运动定理	直角坐标投影式 矢量式 $M \mathbf{a}_c = \Sigma \mathbf{F}_i$ $\begin{cases} M a_{cx} = M \ddot{x}_c = \Sigma X_i \\ M a_{cy} = M \ddot{y}_c = \Sigma Y_i \\ M a_{cz} = M \ddot{z}_c = \Sigma Z_i \end{cases}$ 质心运动守恒情况: 若 $\Sigma \mathbf{F}_i = 0$ , 则 $\mathbf{v}_c$ = 常矢量 若 $\Sigma X_i = 0$ , 则 $v_{cx}$ = 常量	由质点系动量定理导出 $\mathbf{F}_i$ 为作用于质点系的外力 $M$ 为质点系总质量 $\mathbf{a}_c$ 为质心的加速度, 其沿 $x, y, z$ 轴的分量为 $a_{cx}, a_{cy}$ 和 $a_{cz}$
5	质点动量矩定理	直角坐标投影式 矢量式 $\frac{dI_0}{dt} = \frac{dM_0(m\mathbf{v})}{dt} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ $\begin{cases} \frac{dI_x}{dt} = M_x(\mathbf{F}) \\ \frac{dI_y}{dt} = M_y(\mathbf{F}) = M_0(\mathbf{F}) \\ \frac{dI_z}{dt} = M_z(\mathbf{F}) \end{cases}$ 质点动量矩守恒情况: 若 $M_0(\mathbf{F}) = 0$ , 则 $I_0$ = 常矢量 若 $M_x(\mathbf{F}) = 0$ , 则 $I_x$ = 常量	$I_0, I_x, I_y, I_z$ 的计算见表 1.4-8 $M_0(m\mathbf{v}), M_x(\mathbf{F}), M_y(\mathbf{F}), M_z(\mathbf{F})$ 的计算见表 4.1-2

(续)

序号	定理名称	关系式	图示与说明
6	质点系动量矩定理	1) 相对于固定点(或轴)的动量矩定理 直角坐标投影式 矢量式 $\frac{dL_0}{dt} = \frac{d}{dt} \sum M_0(m_i \mathbf{v}_i) = \sum M_0(\mathbf{F}_i) \times \begin{cases} \frac{dL_x}{dt} = \sum M_x(\mathbf{F}_i) \\ \frac{dL_y}{dt} = \sum M_y(\mathbf{F}_i) \\ \frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\mathbf{F}_i) \end{cases}$ 质点系动量守恒情况: 若 $\sum M_0(\mathbf{F}_i) = 0, L_0 = \text{常矢量}$ 若 $\sum M_x(\mathbf{F}_i) = 0, J_x = \text{常量}$	各力 $F_i$ 为外力 $L_0, J_x, J_y, J_z$ 计算见表 4.1-8 $M_x(\mathbf{F}_i), M_y(\mathbf{F}_i), M_z(\mathbf{F}_i)$ 计算见表 4.1-2
		2) 相对于质心的动量矩定理 $\frac{dL_c}{dt} = M_c$ $L_c = \sum \mathbf{r}'_i \times m_i \mathbf{v}'_i$ 为质点系对于质心相对运动的动量矩 $M_c$ —质点系所受外力对质心的主矩	 <p><math>Cx'y'z'</math> 以质心 <math>C</math> 为原点的平动坐标系(质心坐标系)  <math>Oxyz</math> 以固定点 <math>O</math> 为原点的坐标系  <math>v'_i</math>—任一质点对质心坐标系的相对速度</p>
7	动能定理	$T - T_0 = \sum W_i$	$T_0, T$ —质点或质点系始末位置的动能 $\sum W_i$ —作用在质点或质点系上所有外力和内力, 从运动初始到终了所做的功
8	机械能守恒定律	$T + V = \text{常量}$	$T, V$ —质点或质点系某瞬时的动能和势能 本定律仅在有势力作用下适用。如还有其他力作用, 但其不做功, 本定律仍适用

#### 4 点的应力、应变状态分析和强度理论

表 4.1-13 点的应力状态分析

序号	应力状态类型	图示	斜截面上的应力	主应力	主方向	主切应力和最大切应力
1	单向应力状态		$\sigma_n = \frac{1}{2} \sigma (1 + \cos 2\alpha)$ $\tau_\alpha = -\frac{1}{2} \sigma \sin 2\alpha$	$\sigma_1 = \sigma$ $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$	$\alpha_p = \begin{cases} 0^\circ \\ 90^\circ \end{cases}$	$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sigma$ (作用面法线与 $x$ 成 $45^\circ$ )

(续)

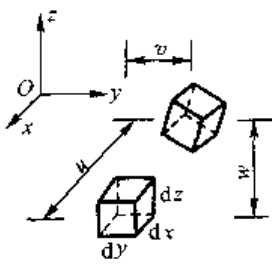
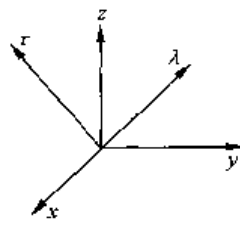
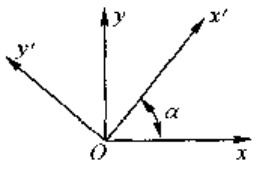
序号	应力状态类型	图 示	斜截面上的应力	主应力	主方向	主切应力和最大切应力
2	两向应力状态		$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha + \tau_{xy} \sin 2\alpha$ $\tau_\alpha = \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2} \sin 2\alpha - \tau_{xy} \cos 2\alpha$	$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$ <p>据 <math>\sigma_{\max}</math>、<math>\sigma_{\min}</math> 及另一主应力(为零)代数值的大小,由大至小依次定为 <math>\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3</math></p>	$\tan 2\alpha_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$ <p>若取 <math>2\alpha_p</math> 为主值 (<math>-\frac{\pi}{2} \leq 2\alpha_p \leq \frac{\pi}{2}</math>), 则当 <math>\sigma_x \geq \sigma_y</math> 时, 由 <math>x</math> 转 <math>\alpha_p</math> 角至 <math>\sigma_{\max}</math>, 若 <math>\sigma_x &lt; \sigma_y</math>, 由 <math>x</math> 转 <math>\alpha_p</math> 角至 <math>\sigma_{\min}</math></p>	<p>主切应力</p> $\tau_{1,2} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$ <p>(在垂直 <math>xy</math> 面的斜截面中)</p> <p>最大切应力</p> $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ <p>(作用面与 <math>\sigma_2</math> 平行, 与 <math>\sigma_1, \sigma_2</math> 向成 <math>45^\circ</math>)</p>
3	三向应力状态		<p>斜截面上总应力沿坐标轴的三个分量:</p> $p_{ox} = \sigma_x l + \tau_{xy} m + \tau_{xz} n$ $p_{oy} = \tau_{yx} l + \sigma_y m + \tau_{yz} n$ $p_{oz} = \tau_{zx} l + \tau_{zy} m + \sigma_z n$ <p>(<math>l, m, n</math> 为斜截面法线与 <math>x, y, z</math> 轴的方向余弦)</p>	<p>三个主应力值 (<math>\sigma_1, \sigma_2</math> 和 <math>\sigma_3</math>) 由下式解得:</p> $\sigma^3 - \textcircled{I} \sigma^2 + \textcircled{II} \sigma - \textcircled{III} = 0$ <p>(下标 <math>i</math> 为 I, II, III 表示三个主应力)</p> <p>式中</p> $\textcircled{I} = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$ $\textcircled{II} = -(\sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x) + \tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2$ $\textcircled{III} = \sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2\tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx} - \tau_{xx} \tau_{yy} \tau_{zz} - \sigma_y \tau_{xz}^2 - \sigma_x \tau_{xy}^2 - \sigma_z \tau_{yz}^2$ <p><math>\textcircled{I}, \textcircled{II}, \textcircled{III}</math> 分别称为第一、二、三应力不变量。按解得 <math>\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3</math> 的代数值, 由大到小, 顺序定为 <math>\sigma_1, \sigma_2</math> 和 <math>\sigma_3</math></p>	<p>三个主应力方向的方向余弦由如下方程前三个的任二个及第四个方程联立求得</p> $\begin{aligned} (\sigma_x - \sigma_1)l + \tau_{xy}m + \tau_{xz}n &= 0 \\ \tau_{yx}l + (\sigma_y - \sigma_1)m + \tau_{yz}n &= 0 \\ \tau_{zx}l + \tau_{zy}m + (\sigma_z - \sigma_1)n &= 0 \\ l^2 + m^2 + n^2 &= 1 \end{aligned}$	<p>主切应力</p> $\tau_1 = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ $\tau_2 = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)$ $\tau_3 = \frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_3)$ <p>最大切应力</p> $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ <p>(作用面与 <math>\sigma_2</math> 平行与 <math>\sigma_1</math> 和 <math>\sigma_3</math> 向成 <math>45^\circ</math>)</p>

注: 1. 规定在外法线指向坐标轴正向的单元体表面上, 如作用的应力分量方向沿坐标轴正向, 则取其为正值, 反之取负值; 在外法线指向坐标轴负向的单元体表面上, 如作用的应力分量方向沿坐标轴负向, 则取其为正值, 反之为负值。

2.  $\alpha$  角从  $x$  量起, 反时针转为正, 顺时针转为负。

3. 按高等代数, 求主应力的三次方程的三个根为:  $\sigma_1 = \frac{\textcircled{I}_1}{3} + R \cos \varphi, \sigma_2 = \frac{\textcircled{I}_1}{3} + R \cos \left( \frac{\varphi + 2\pi}{3} \right), \sigma_3 = \frac{\textcircled{I}_1}{3} + R \cos \left( \frac{\varphi + 4\pi}{3} \right)$ , 式中  $R = \frac{2}{3} \sqrt{\textcircled{II}_1^2 + 3 \textcircled{II}_2}$ ,  $\cos \varphi = \frac{2 \textcircled{II}_1^3 + 9 \textcircled{II}_1 \textcircled{II}_2 + 27 \textcircled{III}_1}{2(\textcircled{II}_1^2 + 3 \textcircled{II}_2)^{3/2}}$

表 4.1-14 点的应变状态分析(小变形条件)

序号	分析项目	图 示	表示或关系式
1	点的应变状态表示及应变与点的位移间的关系	 <p><math>u, v, w</math> 分别为点沿 <math>x, y, z</math> 向位移, 为点的坐标的函数</p>	<p>单元体三棱边单位长度的伸长或缩短量—线应变</p> $\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \text{ (拉伸变形为正, 压缩变形为负)}$ <p>单元体三正交棱边直角的改变量—切应变</p> $\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}, \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}, \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}$ <p>(直角减小, 切应变为正, 反之, 切应变为负)</p>
2	一般应变状态	 <p>过一点沿任意两正交方向, <math>\lambda</math> 和 <math>\tau</math> 对 <math>x, y, z</math> 轴的方向余弦分别为 <math>l, m, n</math> 和 <math>l', m', n'</math></p>	<p>沿任意方向 <math>\lambda</math> 的线应变</p> $\epsilon_\lambda = \epsilon_x l^2 + \epsilon_y m^2 + \epsilon_z n^2 + 2\gamma_{xy} lm + 2\gamma_{yz} mn + 2\gamma_{zx} nl$ <p>沿 <math>\lambda</math>—<math>\tau</math> 正交方向的切应变</p> $\gamma_{\lambda\tau} = 2(\epsilon_x ll' + \epsilon_y mm' + \epsilon_z nn') - \gamma_{xy}(lm' + l'm) - \gamma_{yz}(mn' + m'n) - \gamma_{zx}(nl' + n'l)$ <p>主应变:</p> <p>由如下方程求得三个实根 <math>\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3</math></p> $\epsilon^3 - J_1 \epsilon^2 - J_2 \epsilon - J_3 = 0 \text{ (取 I, II, III)}$ <p>式中</p> $J_1 = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z$ $J_2 = -(\epsilon_x \epsilon_y + \epsilon_y \epsilon_z + \epsilon_z \epsilon_x) + \frac{1}{4}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)$ $J_3 = \epsilon_x \epsilon_y \epsilon_z + \frac{1}{4}(\gamma_{xy} \gamma_{yz} \gamma_{zx} - \epsilon_x \gamma_{yz}^2 - \epsilon_y \gamma_{zx}^2 - \epsilon_z \gamma_{xy}^2)$ <p>(<math>J_1, J_2, J_3</math> 分别称为第一、二、三应变不变量)</p> <p>按解得的 <math>\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3</math> 的代数值, 由大到小, 顺序定为 <math>\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3</math></p> <p>三主应变的方向余弦, 可由如下前三个方程的任二个及第四个方程求得:</p> $(\epsilon_x - \epsilon_1)l + \frac{1}{2}\gamma_{xy}m + \frac{1}{2}\gamma_{zx}n = 0$ $\frac{1}{2}\gamma_{xy}l + (\epsilon_y - \epsilon_1)m + \frac{1}{2}\gamma_{yz}n = 0$ $\frac{1}{2}\gamma_{zx}l - \frac{1}{2}\gamma_{yz}m + (\epsilon_z - \epsilon_1)n = 0$ $l^2 + m^2 + n^2 = 1$ <p>最大切应变</p> $\gamma_{\max} = \epsilon_1 - \epsilon_3$
3	与平面应力状态相应的应变状态 ( $\gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0, \epsilon_z = \epsilon_z(x, y)$ )		<p><math>x'</math> 方向的线应变</p> $\epsilon_{x'} = \frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2} + \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \cos 2\alpha + \frac{\gamma_{xy}}{2} \sin 2\alpha$ <p><math>x'</math>—<math>y'</math> 正交方向的切应变</p> $\frac{1}{2}\gamma_{x'y'} = -\frac{(\epsilon_x - \epsilon_y)}{2} \sin 2\alpha + \frac{\gamma_{xy}}{2} \cos 2\alpha$

(续)

序号	分析项目	图 示	表示或关系式
3	与平面应力状态相应的应变状态 ( $\gamma_{yx} = \gamma_{xy} = 0$ , $\epsilon_x = \epsilon_x(x, y)$ )		<p>主应变</p> $\epsilon_{\max/\min} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2}$ <p>主方向</p> $\tan 2\alpha_p = \frac{\gamma_{xy}}{\epsilon_x - \epsilon_y}$ <p>[若取 <math>2\alpha_p</math> 为主值 (<math>-\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}</math>), 则当 <math>\epsilon_x \geq \epsilon_y</math> 时, 由 <math>x</math> 转 <math>\alpha_p</math> 至 <math>\epsilon_{\max}</math> 反至 <math>\epsilon_{\min}</math>.]</p> <p>按 <math>\epsilon_{\max}, \epsilon_{\min}</math> 及另一个零主应变的代数值得由大至小, 顺序定为 <math>\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3</math></p> <p>最大切应变 <math>\gamma_{\max} = \epsilon_1 - \epsilon_3</math></p>

表 4.1-15 线弹性材料的应力应变关系式(广义虎克定律)

序号	应力状态	用应力分量表示应变分量	用应变分量表示应力分量
1	三向应力状态	$\epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]$ $= \frac{1}{2G} \left( \sigma_x - \frac{\nu}{1+\nu} \Theta_1 \right) \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$ $\epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]$ $= \frac{1}{2G} \left( \sigma_y - \frac{\nu}{1+\nu} \Theta_1 \right) \quad \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}$ $\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]$ $= \frac{1}{2G} \left( \sigma_z - \frac{\nu}{1+\nu} \Theta_1 \right) \quad \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G}$	$\sigma_x = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\epsilon_x + \nu(\epsilon_y + \epsilon_z)]$ $= 2G\epsilon_x + \lambda\theta \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}$ $\sigma_y = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\epsilon_y + \nu(\epsilon_x + \epsilon_z)]$ $= 2G\epsilon_y + \lambda\theta \quad \tau_{yz} = G\gamma_{yz}$ $\sigma_z = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\epsilon_z + \nu(\epsilon_x + \epsilon_y)]$ $= 2G\epsilon_z + \lambda\theta \quad \tau_{zx} = G\gamma_{zx}$
2	平面应力状态 ( $\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$ )	$\epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu\sigma_y)$ $\epsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu\sigma_x) \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$ $\epsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_x + \sigma_y)$	$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_x + \nu\epsilon_y)$ $\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_y + \nu\epsilon_x) \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}$
3	平面应变状态 ( $\epsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$ )	$\epsilon_x = \frac{1-\nu^2}{E} \left( \sigma_x - \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_y \right)$ $\epsilon_y = \frac{1-\nu^2}{E} \left( \sigma_y - \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_x \right) \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$ $\epsilon_z = 0$	$\sigma_x = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\epsilon_x + \nu\epsilon_y]$ $\sigma_y = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\epsilon_y + \nu\epsilon_x] \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}$ $\sigma_z = \frac{E\nu}{(1-\nu)(1-2\nu)} (\epsilon_x + \epsilon_y)$

注: 1.  $E, G, \nu, \lambda$  分别为材料的弹性模量、切变弹性模量、泊松比和拉梅弹性常数, 它们之间有关系式  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$  和

$$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

2.  $\Theta_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z, \theta = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z$ .

3. 表中应力  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  (或  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) 及应变  $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$  (或  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ ) 间的关系也适用于主应力  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  与  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  间的关系。

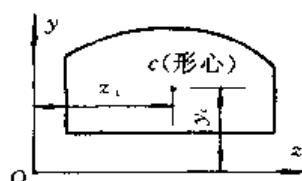
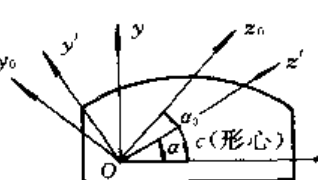
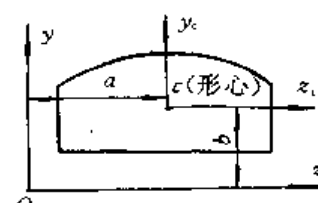
表 4.1-16 常用的强度理论

序号	强度理论名称	破坏条件	强度条件	适用范围	
				破坏形式	应力状态与材料
1	第一强度理论 (最大拉应力理论)	$\sigma_1 = \sigma_{bl}$ ( $\sigma_{bl}$ —抗拉强度极限, 下同)	$\sigma_1 \leq [\sigma]_{bl} = \frac{\sigma_{bl}}{n}$ ( $[\sigma]_{bl}$ —许用拉伸应力 $n$ —安全系数)	正断	1) 单向拉伸、二向应力状态 (二向压缩除外) 的极脆材料 2) 单向拉伸、二向应力状态 (压大于拉或二向压缩除外) 的抗拉、压强度极限不等的脆材或低塑性材料 3) 三向拉伸应力状态的塑材和脆材
2	第二强度理论 (最大伸长线应变理论)	$\epsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3)]$ $= \epsilon_{bl} = \frac{\sigma_{bl}}{E}$	$\sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3) \leq [\sigma]_{bl} = \frac{\sigma_{bl}}{n}$	正断	1) 石料、混凝土等脆材的单向压缩 2) 拉压强度极限不等的脆材或低塑性材料的压缩应力大于拉伸应力的二向应力状态
3	第三强度理论 (最大切应力理论) (下同)	$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \tau_s = \frac{\sigma_s}{2}$ ( $\sigma_s$ —屈服点, 下同)	$\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma] = \frac{\sigma_s}{n}$	屈服	1) 除三向拉伸之外各种应力状态的塑性材料 2) 三向压缩应力状态的脆材
4	第四强度理论 (形状改变比能理论)	$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$ $= \sigma_s$	$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_s}{n}$	屈服	1) 除三向拉伸之外各种应力状态的塑性材料 2) 三向压缩应力状态的脆材
5	莫尔强度理论	$\sigma_1 - \frac{\sigma_{bl}}{\sigma_{bc}} \sigma_3 = \sigma_{bl}$ ( $\sigma_{bc}$ —抗压强度极限)	$\sigma_1 - \frac{[\sigma]_{bl}}{[\sigma]_{bc}} \sigma_3 \leq [\sigma]_{bl} = \frac{\sigma_{bl}}{n}$ ( $[\sigma]_{bc} = \frac{\sigma_{bc}}{n}$ , 许用压应力)	切断	单向拉伸和二向应力状态的拉, 压强度极限不等的脆材或低塑性材料

注: 极脆材料如淬硬工具钢和陶瓷等; 拉、压强度极限不等的材料如铸铁、混凝土和岩石等; 低塑性材料如淬硬高强度钢等; 塑性材料如低碳钢、非淬硬中碳钢、退火球墨铸铁、和铜、铝等。



表 4.1-17 平面图形几何性质的一般计算式

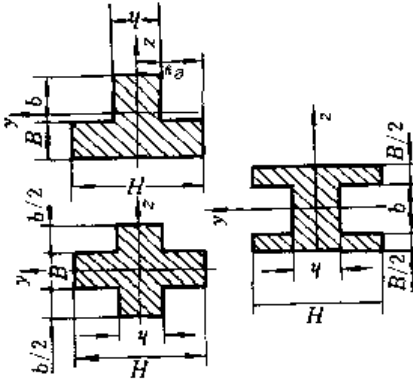
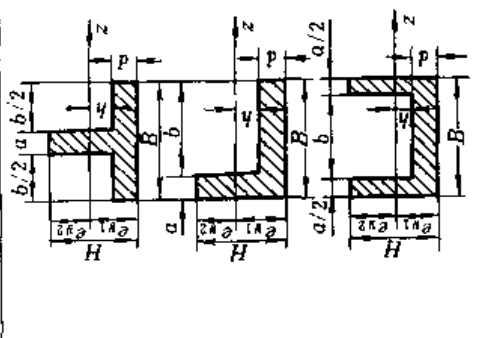
截面与坐标轴的相对位置	一般定义和计算式
 <p>任意位置坐标轴</p>	<p>形心位置 <math>y_c = \int_A y dA / A; z_c = \int_A z dA / A</math> (1)</p> <p>静矩 <math>S_z = \int_A y dA = Ay_c; S_y = \int_A z dA = Az_c</math> (2)</p> <p>惯性积 <math>I_{yz} = \int_A yz dA</math> (3)</p> <p>惯性矩 <math>I_z = \int_A y^2 dA; I_y = \int_A z^2 dA</math> (4)</p> <p>极惯性矩 <math>I_0 = \int_A (z^2 + y^2) dA = I_z + I_y</math> (5)</p>
 <p><math>yOz</math>—任一位置坐标轴  <math>y'Oz'</math>—与 <math>yOz</math> 共原点, 但转动 <math>\alpha</math> 角 (规定逆时针为正)  <math>y_0Oz_0</math>—通过 <math>O</math> 点的主惯性轴</p>	<p>转轴公式与形心主惯性轴、形心主惯性矩</p> <p>惯性积 <math>I_{y'z'} = \frac{I_z - I_y}{2} \sin 2\alpha + I_{yz} \cos 2\alpha</math> (6)</p> <p>惯性矩 <math>I_{z'} = \frac{I_z + I_y}{2} + \frac{I_z - I_y}{2} \cos 2\alpha - I_{yz} \sin 2\alpha</math> (7)</p> <p><math>I_{y'} = \frac{I_z + I_y}{2} - \frac{I_z - I_y}{2} \cos 2\alpha + I_{yz} \sin 2\alpha</math> (8)</p> <p>主惯性轴——对应于惯性积 <math>I_{y_0z_0} = 0</math> 的坐标轴, 其方位角为</p> $\alpha_0 = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( -\frac{2I_{yz}}{I_z - I_y} \right) \quad (\text{有正交的两个主值}) \quad (9)$ <p>主惯性矩——一对主惯性轴的惯性矩</p> $I_{y_0} = \frac{1}{2} (I_z + I_y) - \frac{1}{2} \sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4I_{yz}^2} \quad (10)$ <p>形心主惯性轴——坐标原点与形心重合的主惯性轴          形心主惯性矩——一对形心主惯性轴的惯性矩, 计算式可按本表式 (10), 但 <math>z, y</math> 坐标系原点要与形心 <math>c</math> 重合</p>
 <p><math>y_c z_c</math>—坐标原点为形心 <math>c</math> 的坐标轴  <math>yOz</math>—与 <math>y_c z_c</math> 平行的坐标轴</p>	<p>平行移轴公式</p> <p>惯性矩</p> $I_z = I_{z_c} + b^2 A$ $I_y = I_{y_c} + a^2 A$ <p>惯性积</p> $I_{yz} = I_{y_c z_c} + abA$

注: 对由任意个图形组合的平面图形, 根据定义的积分式可得: 其静矩、惯性积、惯性矩和极惯性矩可由各个图形对同一轴 (或同一极点) 相应量之和算得 (空心图形面积可视为负值)。

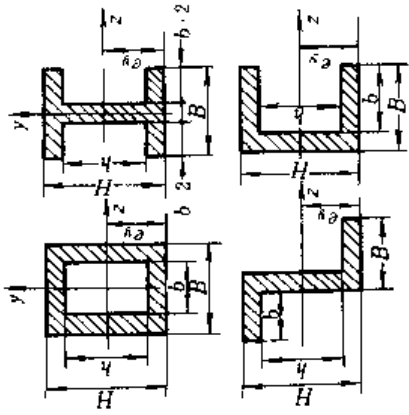
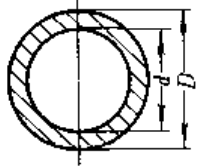
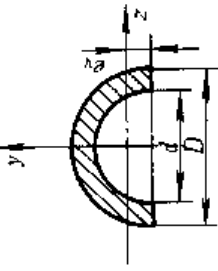
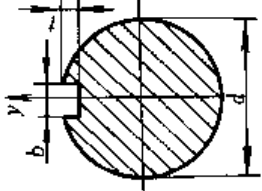
表 4.1-18 常用截面几何性质的计算公式

序号	截面形状	面积 $A$	惯性矩 $I$	惯性半径 $i = \sqrt{I/A}$	形心到边缘(或顶点)距离 $e$	抗弯截面系数 $W = I/e$	特 例
1		$b(H-h)$	$I_z = \frac{1}{12}b(H^3 - h^3)$ $I_y = \frac{1}{12}(H \cdot h)b^3$	$i_z = \frac{1}{\sqrt{12}}\sqrt{\frac{H^3 - h^3}{H \cdot h}}$ $i_y = \frac{1}{\sqrt{12}}b = 0.289b$	$e_y = \frac{1}{2}H$ $e_z = \frac{1}{2}b$	$W_x = \frac{1}{6}b(H^3 - h^3)$ $W_y = \frac{1}{6}(H-h)b^2$	$h=0$ 即为 实心矩 形截面
2		$H^2$	$I = \frac{1}{12}(H \cdot H^3)$	$i = 0.289 \sqrt{H^2 - h^2}$	$e_y = \frac{1}{2}H$ $e_z = \frac{\sqrt{2}}{2}H$	$W_x = \frac{1}{6}H^3 - \frac{h^3}{6}$ $W_y = \frac{\sqrt{2}}{12}(H^3 - h^3)$	$h=0$ 即 为正方形 实心截面
3		$a^2 \frac{\pi d^2}{4}$	$I = \frac{1}{12} \left( a^3 \frac{3\pi d^4}{16} \right)$	$i = \sqrt{\frac{16a^4 - 3\pi d^4}{48(4a^2 - \pi d^2)}}$	$e_y = \frac{a}{2}$ $e_z = \frac{a}{2}$	$W_y = W_x = \frac{1}{32a} \left( a^3 - \frac{3\pi d^4}{16} \right)$	$d=0$ 即 为正方形 实心截面
4		$\frac{h(a+b)}{2}$	$I_x = \frac{h^3(a^2 + 4ab + b^2)}{36(a+b)}$	$i_x = \frac{h}{3(a+b)} \times \sqrt{\frac{a^2 + 4ab + b^2}{2}}$	$e_y = \frac{h(2a+b)}{3(a+b)}$ $e_z = \frac{h(a+2b)}{3(a+b)}$	$W_x = \frac{h^2(a^2 - 4ab + b^2)}{12(2a+b)}$ (对底边) $W_y = \frac{h^2(a^2 + 4ab + b^2)}{12(a+2b)}$ (对顶边)	$a=0$ 即 为任意三 角形截面

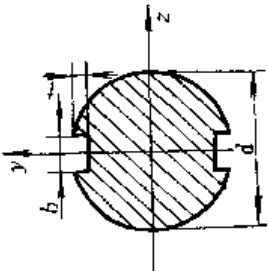
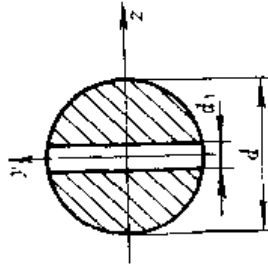
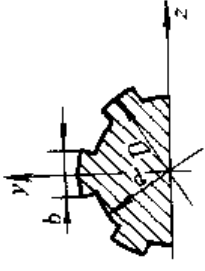
(续)

序号	截面形状	面积 $A$	惯性矩 $I$	惯性半径 $i = \sqrt{I/A}$	形心到边缘(或顶点)距离 $e$	抗弯截面系数 $W = I/e$	特 例
5	正多边形 $n$ —边数 $a$ —边长 $R$ —外接圆半径 $r$ —内接圆半径	$\frac{nR^2}{2} \sin \frac{2\pi}{n}$	$I = \frac{A}{24} (6R^2 - a^2) = \frac{A}{48} (12r^2 - a^2)$	$i = \frac{1}{\sqrt{24}} \sqrt{6R^2 - a^2}$	$e_y = r \text{ (到底边)}$ $e_{y_1} = R \text{ (到顶点)}$	$W_x = \frac{I}{R \cos \pi/n} \approx \frac{AR}{4}$ (到底边) ( $n$ 很大时) $W_{y_1} = \frac{I}{R} \text{ (到顶点)}$	
6		$BH + bh$	$I_x = \frac{BH^3 + bh^3}{12}$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$	$e_y = \frac{H}{2}$	$W_x = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}$	
7		$BH - b \times (e_{y_2} + h)$	$I_x = \frac{1}{3} (Be_{y_1}^3 + ae_{y_2}^3 - bh^3)$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$	$e_{y_1} = \frac{aH^2 + bd^2}{2(aH + bd)}$ $e_{y_2} = H - e_{y_1}$	$W_{x_1} = \frac{I_x}{e_{y_1}}$ $W_{x_2} = \frac{I_x}{e_{y_2}}$	

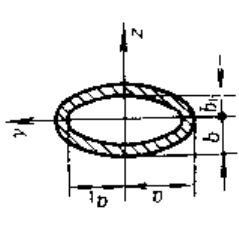
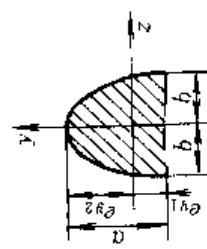
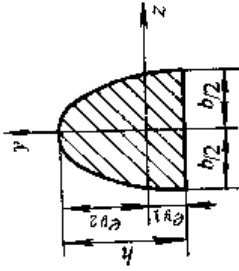
(续)

序号	截面形状	面积 A	惯性矩 I	惯性半径 $i = \sqrt{I/A}$	形心到边缘(或顶点)距离 e	抗弯截面系数 $W = I/e$	特 例
8		$BH - bh$	$I_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$	$e_x = \frac{H}{2}$	$W_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$	
9		$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$	$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{\pi D^4}{64}(1 - \alpha^4)$ $\alpha = d/D$	$i = \frac{1}{4}\sqrt{D^2 + d^2}$	$e = \frac{1}{2}D$	$W = \frac{\pi D^4 - d^4}{32D}$ $\alpha = d/D$	当 $d = 0$ , 即 $\alpha = 0$ , 为实心圆截面
10		$\frac{\pi}{8}(D^2 - d^2)$ $\alpha = d/D$	$I_x = 0.00886(D^4 - d^4) - \frac{0.0177D^2d^2(D-d)}{D+d}$ $I_y = \frac{\pi}{128}(D^4 - d^4) = \frac{\pi}{128}D^4(1 - \alpha^4)$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A} = \frac{D}{4}\sqrt{1 + \alpha^2}}$	$e_y = \frac{2(D^2 + Dd + d^2)}{3\pi(D+d)}$ $e_x = \frac{D}{2}$	$W_{x1} = \frac{I_x}{e_y}$ (对底边) $W_{x2} = \frac{I_x}{D/2 - e_y}$ (对顶点) $W_y = \frac{\pi D^3}{64} \left(1 - \frac{d^3}{D^3}\right)$	当 $d = 0$ , 即 $\alpha = 0$ , 为实心半圆截面
11		$\frac{\pi}{4}d^2 - bt$	$I_x = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$ $I_y = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt^3}{12}$	$i_x = \frac{1}{4}\sqrt{\frac{\pi d^4 - 16bt(d-t)^2}{\pi d^2 - 4bt}}$ $i_y = \frac{1}{8}\sqrt{\frac{4(3\pi d^4 - 16bt^3)}{3(\pi d^2 - 4bt)}}$	$e_x = \frac{d}{2}$ $e_y = \frac{d}{2}$	$W_x = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d}$ $W_y = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt^3}{6d}$	

(续)

序号	截面形状	面积 $A$	惯性矩 $I$	惯性半径 $i = \sqrt{I/A}$	形心到边缘(或顶点)距离 $e$	抗弯截面系数 $W = I/e$	特 例
12		$\frac{\pi}{4}d^2 - 2bt$	$I_x = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt(d-t)^2}{2}$ $I_y = \frac{\pi d^4}{64} - \frac{bt^3}{6}$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$e_x = \frac{d}{2}$ $e_y = \frac{d}{2}$	$W_x = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{d}$ $W_y = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt^3}{3d}$	
13		$\frac{\pi}{4}d^2 - d_1d$	$I_x = \frac{\pi d^4}{64} (1 - 1.69\beta)$ $I_y = \frac{\pi d^4}{64} (1 - 1.69\beta^3)$ $\beta = \frac{d_1}{d}$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$e_x = \frac{d}{2}$ $e_y = \frac{d}{2}$	$W_x = \frac{\pi d^3}{32} (1 - 1.69\beta)$ $W_y = \frac{\pi d^3}{32} (1 - 1.69\beta^3)$	
14		$\frac{\pi}{4}d^2 + \frac{zb(D-d)}{2}$ (z 花键齿数)	$I_x = \frac{\pi d^4}{64} + \frac{bz(D-d)(D+d)^2}{64}$	$i_x = \frac{1}{4} \times \sqrt{\frac{\pi d^4 + bz(D-d)(D+d)^2}{\pi d^2 + 2zb(D-d)}}$	$e_x = \frac{d}{2}$ $e_y = \frac{D}{2}$	$W_x = \frac{\pi d^3 + bz(D-d)(D+d)^2}{32D}$	

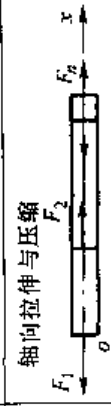
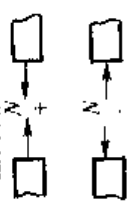
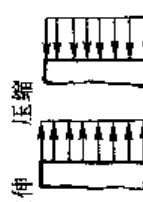
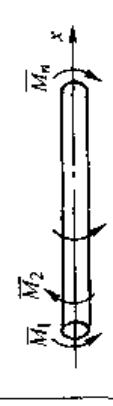
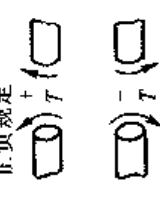
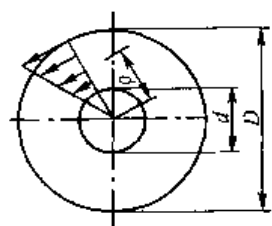
(续)

序号	截面形状	面积 $A$	惯性矩 $I$	惯性半径 $i = \sqrt{I/A}$	形心到边缘(或顶点)距离 $e$	抗弯截面系数 $W = I/e$	特例
15		$\pi(ab - a_1b_1)$	$I_x = \frac{\pi}{4}(a^3b - a_1^3b_1)$ $\approx \frac{\pi}{4}a^2(a - 3b)t$ $I_y = \frac{\pi}{4}(ab^3 - a_1b_1^3)$ $\approx \frac{\pi}{4}b^2(b + 3a)t$ $t = a - a_1 = b - b_1$	$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$ $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$e_x = b$ $e_y = a$	$W_x = \frac{\pi}{4} \frac{(a^3b - a_1^3b_1)}{a}$ $\approx \frac{\pi}{4} a(a - 3b)t$ $W_y = \frac{\pi}{4} \frac{(ab^3 - a_1b_1^3)}{b}$ $\approx \frac{\pi}{4} b(b + 3a)t$	当 $a_1 = b_1 = 0$ , 即为实椭圆面积
16		$\frac{\pi ab}{2}$	$I_x = ba^3 \left( \frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right) - 0.10975ba^4$ $I_y = \frac{\pi}{8} ab^4$	$i_x = \frac{a}{2} \sqrt{1 - \left( \frac{8}{3\pi} \right)^2}$ $i_y = \frac{b}{2}$	$e_x = b$ $e_{y1} = \frac{1}{3\pi} a$ $e_{y2} = \left( 1 - \frac{4}{3\pi} \right) a$	$W_{x1} = \frac{3}{4} ba^2 \left( \frac{\pi^2}{8} - \frac{3}{3} \right)$ $W_{x2} = \frac{ba^2}{8} \left( \frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right)$ $W_y = \frac{\pi ab^3}{8} \approx 0.392ab^3$	
17		$\frac{2}{3}bh$	$I_x = \frac{8}{175}bh^3$ $I_y = \frac{hb^3}{30}$	$i_x = \frac{2}{5}h \sqrt{\frac{3}{7}}$ $i_y = \frac{b}{2\sqrt{5}}$	$e_x = \frac{b}{2}$ $e_{y1} = \frac{2}{5}h$ $e_{y2} = \frac{3}{5}h$	$W_{x1} = \frac{4}{35}bh^2$ $W_{x2} = \frac{8}{105}bh^2$ $W_y = \frac{hb^2}{15}$	

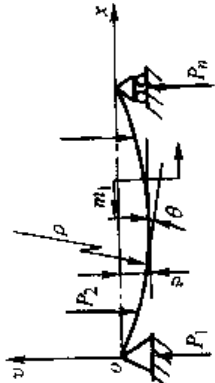
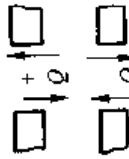

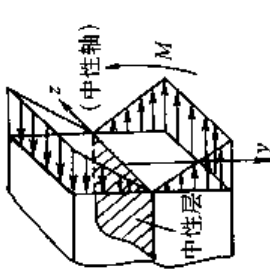
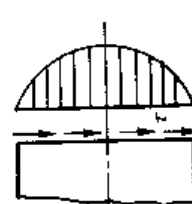
注: 1. 惯性矩  $I$ 、惯性半径  $i$  及抗弯截面系数  $W$  的符号未加右下脚标的指对任意形心主轴而言。  
2. 组合图形的形心主惯性矩可将图形分块查本表, 再应用平行移轴公式(见表 4.1-17)分别计算, 然后求和得到。

5 杆件的强度和刚度

表 4.1-19 直杆的内力、应力、变形和位移计算式及强度与刚度条件

序号	变形类型与图示	内力计算	横截面的应力分布与计算	强度条件	变形和位移		刚度条件	外力的适用范围
					应变	横截面的位移和变形量		
1	<p>轴向拉伸与压缩</p> 	<p>轴力</p> $N = \sum_{-}^{+} F_i$ <p>正负规定</p> 	<p>拉伸 压缩</p>  $\sigma = \frac{N}{A}$ <p>A—横截面积</p>	$\sigma_{\max} = \left( \frac{N}{A} \right)_{\max} \leq [\sigma]$	<p>1) 轴向应变</p> $\epsilon = \frac{dx}{x} = \frac{\sigma}{E}$ <p>2) 横向往应变</p> $\epsilon' = -\nu \epsilon$	<p>1) 轴向位移</p> $u = \int \frac{N dx}{EA} + C$ <p>积分常数 C 由边界条件定</p> <p>2) 伸长或缩短量 (在 l 长度段内)</p> $\Delta l = \int_0^l \frac{N dx}{EA}$	$M_{\max} \leq M_p$ <p>或 <math>\Delta l \leq [\Delta l]</math></p>	<p>作用于各截面上的外力 F 通过轴线</p>
2	<p>圆截面直杆的扭转</p>  <p>(非圆截面直杆扭转的应力和变形计算见表 4.1-20)</p>	<p>扭矩</p> $T = \sum_{-}^{+} M_i$ <p>正负规定</p> 	 $r = \frac{T \rho}{I_p}$ <p>极惯性矩</p> $I_p = \frac{\pi D^4}{64} (1 - \alpha^4)$ $\alpha = d/D$	$\tau_{\max} = \left( \frac{T}{W_n} \right)_{\max} \leq [\tau]$ <p>抗扭截面系数</p> $W_n = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4)$	<p>切应变</p> $\gamma = \rho \frac{d\varphi}{dx} = \tau / G$	<p>1) 横截面绕轴线转角:</p> $\varphi = \int \frac{T dx}{GI_p} + C$ <p>积分常数 C 由边界条件定</p> <p>2) 相对转角 (l 段)</p> $\Delta \varphi = \int_0^l \frac{T dx}{GI_p}$ <p>3) 单位杆长相对扭转角</p> $\theta = \frac{d\varphi}{dx} = \frac{T}{GI_p}$	$\theta_{\max} = \frac{180^\circ}{\pi} \times \left( \frac{T}{GI_p} \right)_{\max} \leq [\theta]$	<p>作用于一些截面上绕轴线的力偶 M</p>

(续)

序号	变形类型与图示	内力计算	横截面的应力分布与计算	强度条件	变形和位移		刚度条件	外力的适用范围
					应变	横截面的位移和变形量		
3	<p>平面弯曲</p>  <p><math>v</math>—横截面挠度(垂直位移),向上为正,向下为负  <math>\theta</math>—横截面转角,反时针转为正,反之则为负  <math>\rho</math>—挠曲线(弯曲变形后的轴线)任一处的曲率半径</p>	<p>1) 剪力</p> $Q = \sum_{m=1}^n P_m$ <p>正负规定</p>  <p>2) 弯矩</p> $M = \sum_{m=1}^n m_m$ <p><math>m_m</math>—指截面一侧第 <math>i</math> 个力(或力偶)对计算截面中性轴之矩</p> <p>正负规定</p> 	<p>1) 弯曲正应力</p>  <p>(沿宽度方向均布,沿高度方向线性分布)</p> $\sigma = \frac{My}{I_z}$ <p>2) 弯曲切应力(对矩形及开口薄壁截面)</p>  <p>(沿厚度方向均布)</p> $\tau = \frac{QS_z^*}{bI_z}$ <p><math>I_z</math>—截面对中性轴惯性矩  <math>S_z^*</math>—所求点一侧截面对中性轴的静矩  <math>b</math>—所求点厚度</p>	<p>1) 对上、下底边:</p> $\sigma_{\max} = \left( \frac{M}{W_z} \right)_{\max} \leq [\sigma]$ <p>2) 对中性层:  <math>\tau_{\max} \leq [\tau]</math></p> <p>3) 对其他各点:          第三强度理论  <math>\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]</math></p> <p>第四强度理论  <math>\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]</math></p>	<p>1) 轴向线应变  <math>\epsilon = \frac{\sigma}{E}</math></p> <p>2) 横向线应变  <math>\epsilon' = -\nu\epsilon</math></p> <p>3) 切应变  <math>\gamma = \frac{\tau}{G}</math></p>	<p>1) 曲率  <math>k = \frac{1}{\rho} \approx \frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI}</math></p> <p>2) 转角  <math>\theta = \int \frac{M dx}{EI} + C</math></p> <p>3) 挠度  <math>v = \int \int \frac{M dx dx}{EI} + Cx + D</math></p> <p>积分常数 <math>C, D</math> 由边界条件和光滑连续条件确定(某些受载梁的挠度和转角见表 4.1-23)</p>	<p>外力 <math>P_i</math> (或 <math>m_i</math>) 作用线(或作用面)通过弯曲中心且与形心主惯性平面重合(常用截面的弯曲中心位置见表 4.1-22)</p>	



(续)

序号	变形类型与图示	内力计算	截面的应力分布与计算	强度条件	变形和位移		刚度条件	外力的适用范围
					应变	横截面的位移和变形量		
4	拉伸(或压缩)与弯曲的组合变形 	1) 轴力 $N = \sum_{i=1}^n P_i$ 2) 剪力 $Q = \sum_{i=1}^n P_i$ 3) 弯矩 $M = \sum_{i=1}^n m_i$	当拉与正弯组合时  或 $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{My}{I}$	危险点一般在上下底 $\left(\frac{N}{A} + \frac{M}{W}\right)_{\max} \leq \sigma_p$	片号 1 与序 号 3 叠加  No1 和 No3 的 组合			
5	圆截面直杆的拉伸(或压缩)与扭转 组合变形 	1) 轴力 $N = \sum_{i=1}^n P_i$ 2) 扭矩 $T = \sum_{i=1}^n M_i$	 $\sigma = \frac{N}{A}$ $\tau = \frac{T\theta}{I_p}$	危险点在周边第三强度理论 $\sqrt{\left(\frac{N}{A}\right)^2 + \left(\frac{T}{W_t}\right)^2} \leq [\sigma]$ 第四强度理论 $\sqrt{\left(\frac{N}{A}\right)^2 + 0.75\left(\frac{T}{W_t}\right)^2} \leq [\sigma]$	序号 1 与序 号 2 的叠加	No1 与 No2 的 组合		
6	圆截面直杆弯曲与扭转的组合变形 	1) 剪力 $Q = \sum_{i=1}^n P_i$ 2) 弯矩 $M = \sum_{i=1}^n m_i$ 3) 扭矩 $T = \sum_{i=1}^n M_i$	 $\sigma = \frac{My}{I}$ $\tau = \frac{T\theta}{I_p}$ 此外还有弯曲切应力(略)	危险点在周边弯曲应力最大点 第二强度理论 $\sqrt{\frac{M^2 + T^2}{W_z}} \leq [\sigma]$ 第四强度理论 $\sqrt{\frac{M^2 + 0.75T^2}{W_z}} \leq [\sigma]$	序号 2 与序 号 3 的叠加	No2 与 No3 的 组合		

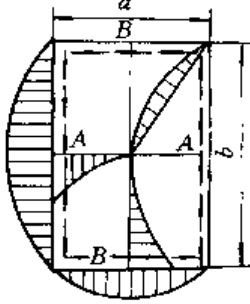
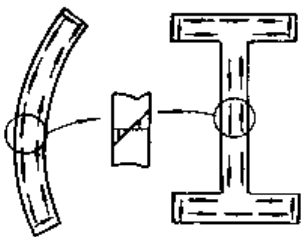
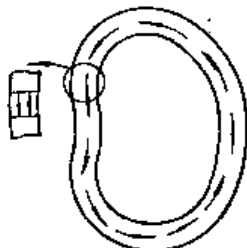
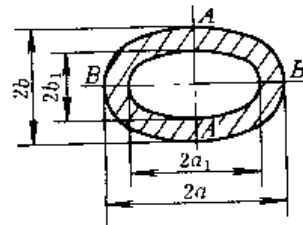
注: 1. 表中所列各类变形的应力和变位计算式只限于线弹性材料和截面无突变的直杆段。  
 2. 求内力式中  $\sum_{i=1}^n$  是指对计算横截面一侧各外力所引起的内力求和。  
 3.  $E, G, \nu$  和  $[\sigma], [\tau]$  分别指材料的弹性模量、泊松比及许用拉应力和许用切应力,  $[\Delta], [\nu], [\theta]$  分别为杆件的许用伸长量、许用挠度及单位杆长许用扭转角。  
 4. 某些常用截面的弯曲切应力的具体分布和计算式见表 4.1-21。  
 5. 表中未列其他组合变形可类似本表序号 4~序号 6 的方法, 应用序号 1~序号 3 计算式叠加法计算。

表 4.1-20 非圆截面直杆自由扭转时的应力和变形计算式(线弹性范围)

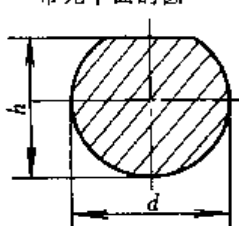
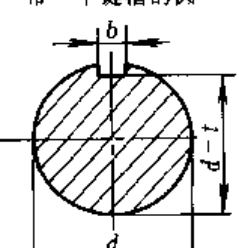
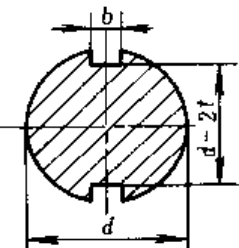
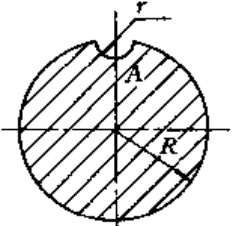
最大扭转切应力  $\tau_{\max} = \frac{T}{W_k}$  (1)

单位杆长相对扭转角  $\theta = \frac{T}{GI_k}$  (2)

式中  $T$ —扭矩;  $G$ —切变模量;  $I_k, W_k$ —截面抗扭几何特性参数

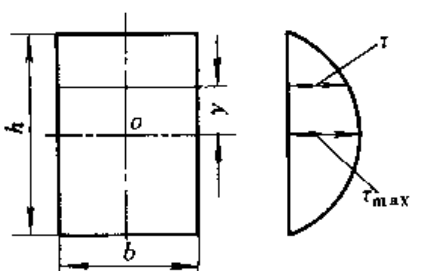
序号	截面形状与扭转切应力分布	$I_k$	$W_k$	附注						
1	矩形( $b/a \geq 1$ ) 	$I_k = \beta a^3 b$ $W_k = \alpha a^2 b$		$\tau_{\max}$ 在长边中点A,短边中点B的应力为 $\tau_B = \gamma \tau_{\max}$						
		$b/a$	1		1.2	1.5	1.75	2	2.5	3
		$\alpha$	0.208		0.219	0.231	0.239	0.246	0.258	0.267
		$\beta$	0.141		0.166	0.196	0.214	0.229	0.249	0.263
		$\gamma$	1.0		0.930	0.860	0.820	0.795	0.766	0.753
		$b/a$	4		5	6	8	10	$\infty$	
		$\alpha$	0.282		0.291	0.299	0.307	0.312	0.333	
		$\beta$	0.281		0.291	0.299	0.307	0.312	0.333	
	$\gamma$	0.745	0.744	0.743	0.742	0.742	0.742			
2	正多边形 (边长为 $a$ )	$I_k = \begin{cases} 0.02165a^4 & \text{(正三角形)} \\ 1.039a^4 & \text{(正六边形)} \\ 3.658a^4 & \text{(正八边形)} \end{cases}$	$W_k = \begin{cases} 0.05a^3 & \text{(正三角形)} \\ 0.981a^3 & \text{(正六边形)} \\ 2.605a^3 & \text{(正八边形)} \end{cases}$	$\tau_{\max}$ 在各边中点						
3	开口薄壁截面  切应力沿厚度线性分布	$I_k = \eta \frac{1}{3} \sum s_i t_i^3$ 式中 $s_i$ —第 $i$ 个狭矩形(直的或弯的)的长度; $t_i$ —第 $i$ 个狭矩形的厚度; $t_{\max}$ —各狭矩形中的最大厚度; $\eta$ —修正系数; $\eta = \begin{cases} 1 & \text{对非型钢和角钢} \\ 1.12 & \text{槽钢} \\ 1.14 & \text{Z型钢} \\ 1.15 & \text{T型钢} \\ 1.20 & \text{工字钢} \end{cases}$	$W_k = I_k / t_{\max}$	$\tau_{\max}$ 发生在各狭条矩形中厚度最大处的周边上						
4	闭口薄壁截面  沿厚度均布,且 $\tau t = \text{常数}$	$I_k = 4A_c^2 / \oint \frac{ds}{t}$ 式中 $A_c$ —截面中线所围面积的两倍 $t_{\min}$ —壁的最小厚度	$W_k = 2A_c t_{\min}$	$\tau_{\max}$ 发生在最小厚度上各点						
5	空心椭圆  $\frac{a}{b} > 1 \quad \frac{a_1}{a} = \frac{b_1}{b} = c < 1$	$I_k = \frac{\pi a^4 (b^4 - b_1^4)}{b(a^2 - b^2)}$ 实心椭圆 $I_k = \frac{\pi a^4 b^3}{a^2 + b^2}$	$W_k = \frac{\pi (ab^3 - a_1 b_1^3)}{2b}$ 实心椭圆 $W_k = \frac{\pi ab^2}{2}$	$\tau_{\max}$ 在A点, B点应力为 $\tau_B = \frac{b}{a} \tau_{\max}$						

(续)

序号	截面形状与扭转切应力分布	$I_k$	$W_k$	附注																														
6	<p>带光平面的圆</p>  <p><math>\alpha = \frac{h}{d} &gt; 0.5</math></p>	$I_k = \frac{d^4}{16} \left( 2.6 \frac{h}{d} - 1 \right)$ $= \frac{d^4}{16} (2.6\alpha - 1)$	$W_k = \frac{d^3 (2.6\alpha - 1)}{8(0.3\alpha + 0.7)}$	$\tau_{max}$ 在平切面中间																														
7	<p>带一个键槽的圆</p> 	$I_k \approx \frac{\pi d^4}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{4}$	$W_k \approx \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt(d-t)^2}{2d}$																															
8	<p>带两个键槽的圆</p> 	$I_k \approx \frac{\pi d^4}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2}$	$W_k \approx \frac{\pi d^3}{16} - \frac{bt(d-t)^2}{d}$																															
9	<p>带半圆弧切口的圆</p> 	$I_k = k_1 R^4$	$W_k = k_2 R^3$	$\tau_{max}$ 在 A 点																														
		<table border="1"> <tr> <td><math>r/R</math></td> <td>0</td> <td>0.05</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td><math>k_1</math></td> <td>1.57</td> <td>1.56</td> <td>1.56</td> <td>1.46</td> <td>1.22</td> <td>0.92</td> <td>0.63</td> <td>0.38</td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td><math>k_2</math></td> <td>1.57</td> <td>0.98</td> <td>0.82</td> <td>0.81</td> <td>0.76</td> <td>0.66</td> <td>0.52</td> <td>0.38</td> <td>0.14</td> </tr> </table>	$r/R$	0	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	$k_1$	1.57	1.56	1.56	1.46	1.22	0.92	0.63	0.38	0.07	$k_2$	1.57	0.98	0.82	0.81	0.76	0.66	0.52	0.38	0.14		
$r/R$	0	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5																									
$k_1$	1.57	1.56	1.56	1.46	1.22	0.92	0.63	0.38	0.07																									
$k_2$	1.57	0.98	0.82	0.81	0.76	0.66	0.52	0.38	0.14																									

注：截面周边各点切应力方向与周边相切，凸角点切应力为零，凹角点有应力集中现象。

表 4.1-21 弯曲切应力的计算公式及其分布(线弹性范围)

序号	截面形状和切应力分布图	垂直切应力 $\tau$ 、沿周边切应力 $\tau_1$ 和最大切应力
1		$\tau = \tau_1 = \frac{3}{2} \frac{Q}{A} \left[ 1 - 4 \left( \frac{y}{h} \right)^2 \right]$ $y = 0;$ $\tau_{max} = \tau_{jmax} = \frac{3}{2} \frac{Q}{A}$ $A = bh$

(续)

序号	截面形状和切应力分布图	垂直切应力 $\tau$ 、沿周边切应力 $\tau_1$ 和最大切应力
2		$r_1 \leq y \leq r_2:$ $\tau = \frac{4Q}{3\pi(r_2^2 - r_1^2)}(r_2^2 - y^2)$ $0 \leq y \leq r_1:$ $\tau = \frac{4Q}{3\pi(r_2^2 - r_1^2)} [r_2^2 + r_1^2 - 2y^2 + \sqrt{(r_2^2 - y^2)(r_1^2 - y^2)}]$ $0 \leq y \leq r_2:$ $\tau_1 = \tau / \sqrt{1 - \left(\frac{y}{r_2}\right)^2}$ $y=0:$ $\tau_{\max} = \tau_{1\max} = \frac{Q}{A} \frac{4(r_2^2 + r_1^2)}{3(r_2^2 + r_1^2)}$ $A = \pi(r_2^2 - r_1^2)$
3	<p style="text-align: center;">薄壁圆环 (<math>\frac{t}{r} \leq 5</math>)</p>	$\tau = \frac{2Q}{A} \left[ 1 - \left(\frac{y}{r}\right)^2 \right], \tau_1 = \frac{2Q}{A} \left[ 1 - \left(\frac{y}{r}\right)^2 \right]^{1/2}$ $y=0:$ $\tau_{\max} = \frac{2Q}{A} = \tau_{1\max}$ $A = 2\pi r t$
4		$a_1 \leq y \leq a_2:$ $\tau = \frac{4Q}{3\pi(a_2^2 b_2 - a_1^2 b_1)}(a_2^2 - y^2)$ $0 \leq y \leq a_1:$ $\tau = \frac{4Q}{3\pi(a_2^2 b_2 - a_1^2 b_1)} \times \frac{\frac{b_2}{a_2}(a_2^2 - y^2)^{\frac{3}{2}} - \frac{b_1}{a_1}(a_1^2 - y^2)^{\frac{3}{2}}}{\frac{b_2}{a_2}(a_2^2 - y^2)^{\frac{1}{2}} - \frac{b_1}{a_1}(a_1^2 - y^2)^{\frac{1}{2}}}$ $y=0:$ $\tau_{\max} = \frac{Q}{A} \frac{4(a_2^2 b_2 - a_1^2 b_1)(a_2 b_2 - a_1 b_1)}{3(a_2^3 b_2 - a_1^3 b_1)(b_2 - b_1)}$ $A = \pi(a_2 b_2 - a_1 b_1)$
5		$\tau_1 = \frac{3}{2} \frac{\sqrt{2}}{A} Q \left[ 1 - \left(\frac{x}{b}\right)^2 \right]$ $x=0:$ $\tau_{1\max} = \frac{3}{2} \frac{\sqrt{2}}{A} Q$ $A = 2bh$

(续)

序号	截面形状和切应力分布图	垂直切应力 $\tau$ 、沿周边切应力 $\tau_1$ 和最大切应力
6		<p>翼缘: <math>\tau_1 = \frac{Qh}{2I}x = \frac{Q}{t_1 h (1 + ht_2/6bt_1)} \frac{x}{b}</math></p> <p>腹板: <math>\tau = \frac{Q}{2t_2 I} \left[ hbt_1 + \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right) t_2 \right]</math></p> <p><math>y=0</math>:</p> <p><math>\tau_{1max} = \frac{Qh}{2t_2 I} \left( bt_1 + \frac{1}{4} ht_2 \right)</math></p> <p><math>I = \frac{1}{2} bt_1 h^2 \left( 1 + \frac{ht_2}{6bt_1} \right)</math></p>
7		<p><math>\tau_1 = \frac{Q \sin\alpha \sin\theta - \cos\alpha(1 - \cos\theta)}{\pi r}</math></p> <p><math>\theta = \alpha</math></p> <p><math>\tau_{1max} = \frac{Q}{\pi r} \frac{1 - \cos\alpha}{\alpha - \sin\alpha \cos\alpha} = \frac{2Q\alpha(1 - \cos\alpha)}{A \alpha - \sin\alpha \cos\alpha}</math></p> <p><math>A = 2\alpha r^2</math></p> <p>Ψ圆形: <math>\alpha = \pi/2, \tau_{1max} = 2 \frac{Q}{A}</math></p> <p>有缝隙的圆形: <math>\tau_1 = \frac{Q}{\pi r t} (1 - \cos\theta)</math></p> <p><math>\alpha \rightarrow \pi, \tau_{1max} = 4 \frac{Q}{A}</math></p>

注: 1.  $Q$ —作用在横截面上垂直于中性轴的剪力。

2. 垂直切应力  $\tau$  沿中性轴等垂直距离处均布, 周边切应力  $\tau_1$  与周边相切,  $\tau_1$  为全切应力。对薄壁截面 No3、5、6 和 7 各点的全切应力即为  $\tau_1$ , 且沿厚度均布。

表 4.1-22 常用截面弯曲中心的位置

序号	截面形状	弯曲中心位置	序号	截面形状	弯曲中心位置
1	具有两个对称轴的截面	两对称轴的交点	5	槽形薄壁截面	
2	实心截面或闭口薄壁截面	通常与形心位置很接近			
3	各窄条矩形中心线汇交于一点的开口薄壁组合截面	在各矩形中心线的汇交点	6	环形段薄壁截面	
4	I字形薄壁截面(非对称)	$e_y = \frac{t_1 b_1^3}{t_1 b_1^3 + t_2 b_2^3} h$			
					$e = 2 \frac{(\sin\alpha - \alpha \cos\alpha)}{(\alpha - \sin\alpha \cos\alpha)} r$ <p><math>\frac{3}{2} \alpha = \frac{\pi}{2} \quad e = \frac{4}{\pi} r</math></p> <p><math>\alpha = \pi \quad e = 2r</math></p>

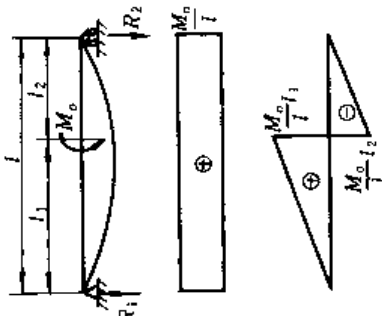
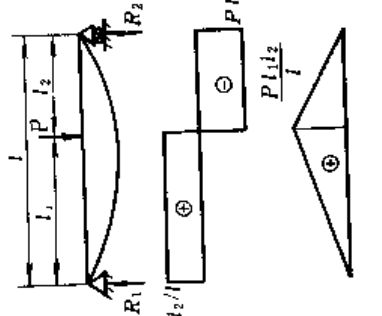
表 4.1-23 单跨直梁的剪力、弯矩、挠度和转角的计算公式 ( $EI=$ 常数)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 $\theta$
1		$R_2=0$ $M_2=M_0$ $0 \leq x \leq l_1$ $Q=0$	$0 \leq x < l_1$ $M=0$ $l_1 < x < l$ $M=-M_0$	$0 \leq x \leq l_1$ $y = -\frac{M_0}{2EI} (l_2^2 + 2l_2(l_1-x))$ $l_1 \leq x \leq l$ $y = -\frac{M_0}{2EI} (l-x)^2$ $x=0$ $y_{\max} = -\frac{M_0}{2EI} l_2(2l_1+l_2)$	$0 \leq x \leq l_1$ $\theta = \frac{M_0}{EI} l_2$ $l_1 \leq x \leq l$ $\theta = \frac{M_0}{EI} (l-x)$ $0 \leq x \leq l$ $\theta_{\max} = \frac{M_0 l_2}{EI}$
2		$M_2=Pl_2$ $R_2=P$ $0 \leq x < l_1$ $Q=0$ $l_1 < x < l$ $Q=-P$ $Q_{\max}=-P$	$0 \leq x < l_1$ $M=0$ $l_1 \leq x \leq l$ $M=-P(x-l_1)$ $x=l$ $M_{\max}=-Pl_2$	$0 \leq x \leq l_1$ $y = -\frac{Pl_2^2}{3EI} \left(1 - \frac{3(x-l_1)}{2l_2}\right)$ $l_1 \leq x \leq l$ $y = -\frac{Pl_2^2}{3EI} \left[1 - \frac{3(x-l_1)}{2l_2} - \frac{(x-l_1)^3}{2l_2^2}\right]$ $x=0$ $y_{\max} = \frac{Pl_2^2}{3EI} \left(1 + \frac{3l_1}{2l_2}\right)$ $y_{x=l} = -\frac{Pl_2^2}{3EI}$	$0 \leq x \leq l_1$ $\theta = \frac{Pl_2^2}{2EI}$ $l_1 \leq x \leq l$ $\theta = \frac{Pl_2^2}{2EI} \left[1 - \frac{(x-l_1)^2}{l_2^2}\right]$ $0 \leq x \leq l$ $\theta_{\max} = \frac{Pl_2^2}{2EI}$
3		$P=q l_1$ $R_2=P, M_2=P \left(\frac{l_2}{2} + l_1\right)$ $0 \leq x \leq l_1$ $Q=0$ $l_1 \leq x \leq l_1+l_2$ $Q = -\frac{P}{l_1}(x-l_1)$ $l_1+l_2 \leq x < l$ $Q=-P$	$0 \leq x \leq l_1$ $M=0$ $l_1 \leq x \leq l_1+l_2$ $M = -\frac{P}{2l_1}(x-l_1)^2$ $l_1+l_2 \leq x < l$ $M = -\frac{1}{2}P(2x-2l_1-l_2)$ $x=l$ $M_{\max} = -\frac{1}{2}P(2l_2+l_2)$	$0 \leq x \leq l_1$ $y = -\frac{P}{24EI} (4(3l_2^2-3l_1l_2+l_1^2) \times (l-x) - (4l_1^2+6l_1^2l_2-4l_1^3+l_2^3))$ $l_1 \leq x \leq l_1+l_2$ $y = -\frac{P}{24EI} [6(2l_2+l_2)(l-x)^2 - 4(l-x)^3 + \frac{1}{l_1}(l_1-l_2-x)^4]$ $l_1+l_2 \leq x \leq l$ $y = -\frac{12EI}{2(1-x)^3} (3(2l_2+l_2)(l-x)^2 - 2(1-x)^3)$ $x=0$ $y_{\max} = -\frac{P}{24EI} [4(3l_2^2+3l_1l_2+l_1^2)l - (4l_1^2+6l_1^2l_2+4l_2^3+l_1^3)]$	$0 \leq x \leq l_1$ $\theta = \frac{P}{6EI} (3l_2^2+3l_1l_2+l_1^2)$ $l_1 < x < l_1+l_2$ $\theta = \frac{P}{6EI} [3(2l_2-l_1)(l-x) - 3(l-x)^2 + \frac{1}{l_1}(l+l_2-x)^3]$ $l_1+l_2 \leq x \leq l$ $\theta = \frac{P}{2EI} (2l_2+l_1)(l-x) - \frac{1}{2}(l-x)^2$ $0 \leq x \leq l$ $\theta_{\max} = \frac{P}{6EI} (3l_2^2-3l_1l_2+l_1^2)$

(续)

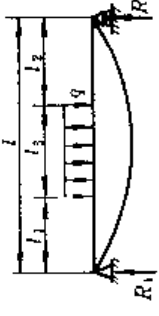
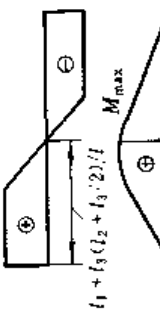
序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力Q	弯矩M	挠度y(x)	转角θ
3		<p>当q沿全长分布</p> $R_2 = ql$ $M_2 = \frac{1}{2}ql^2$ $Q = -qx$ $x = l;$ $Q_{\max} = -ql$	$M = -\frac{q}{2}x^2$ $x = l;$ $M_{\max} = -\frac{ql^2}{2}$	$y = -\frac{ql^4}{8EI} \left( 1 - \frac{4x}{3l} + \frac{x^3}{3l^3} \right)$ $x = 0;$ $y_{\max} = -\frac{ql^4}{8EI}$	$\theta = \frac{ql^3}{6EI} \left( 1 - \frac{x^3}{l^3} \right)$ $x = 0;$ $\theta_{\max} = \frac{ql^3}{6EI}$
4		$P = \frac{1}{2}q_0l_3$ $R_2 = P, M_2 = \frac{P}{3}(3l_2 + l_3)$ $0 \leq x \leq l_1;$ $Q = 0$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3;$ $Q = -P \frac{(x-l_1)^2}{l_3^2}$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l;$ $Q = -P$	$0 \leq x \leq l_1;$ $M = 0$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3;$ $M = -\frac{P(x-l_1)^3}{3l_3^3}$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l;$ $M = -\frac{P}{3}(3x - 3l_1 - 2l_3)$ $x = l;$ $M_{\max} = -\frac{1}{3}P(3l_2 + l_3)$	$0 \leq x \leq l_1;$ $y = -\frac{P}{60EI} [5(6l_2^2 + 4l_2l_3 + l_3^2)(l_1 - x) + 4(5l_2^3 + 10l_2^2l_3 + 5l_2l_3^2 + l_3^3)]$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3;$ $y = \frac{P}{60EI} [20l_2^3 + 10l_2^2l_3 - l_3^3 - 5(6l_2^2 + 4l_2l_3 + l_3^2)(x - l_1 - l_3) - \frac{1}{2}(x - l_1)^3]$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l;$ $y = -\frac{P}{6EI} [(3l_2 + l_3)(l - x)^2 \cdot (l - x)^3]$ $x = 0;$ $y_{\max} = -\frac{P}{60EI} [5(6l_2^2 + 4l_2l_3 + l_3^2)l_1 - 4(5l_2^3 + 10l_2^2l_3 + 5l_2l_3^2 + l_3^3)]$	$0 \leq x \leq l_1;$ $\theta = \frac{P}{12EI} (6l_2^2 - 4l_2l_3 - l_3^2) = \theta_{\max}$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3;$ $\theta = \frac{P}{12EI} [6l_2^2 - 4l_2l_3 - l_3^2 - \frac{1}{l_3} \times (x - l_1)^3]$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l;$ $\theta = \frac{P}{6EI} [2(3l_2 + l_3)(l - x) - 3(l - x)^2]$
	<p>当载荷沿全长分布</p> $R_2 = \frac{1}{2}q_0l$ $M_2 = \frac{1}{6}q_0l^2$ $Q = -\frac{q_0x^2}{2l}$	$M = -\frac{q_0x^3}{6l}$ $x = l;$ $M_{\max} = -\frac{q_0l^2}{6}$	$y = -\frac{q_0l^4}{30EI} \left( 1 - \frac{5x}{4l} + \frac{x^5}{4l^5} \right)$ $x = 0;$ $y_{\max} = -\frac{q_0l^4}{30EI}$	$\theta = \frac{q_0l^3}{24EI} \left( 1 - \frac{x^4}{l^4} \right)$ $x = 0;$ $\theta_{\max} = \frac{q_0l^3}{24EI}$	

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 $\theta$
5		$R_1 = \frac{M_0}{l}$ $R_2 = R_1$ $Q = \frac{M_0}{l}$	$0 \leq x < l_1$ ; $M = \frac{M_0}{l} x$ $l_1 < x \leq l$ ; $M = -\frac{M_0}{l} (l-x)$	$0 \leq x \leq l_1$ ; $y = -\frac{M_0 x}{6EI} (l^2 - 3l_2^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ ; $y = \frac{M_0}{6EI} [x^3 - 3l(x-l_1)^2 - (l^2 - 3l_2^2)x]$	$0 \leq x \leq l_1$ $\theta = -\frac{M_0}{6EI} (l^2 - 3l_2^2 - 3x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ $\theta = \frac{M_0}{6EI} [3x^2 - 6l(x-l_1) - (l^2 - 3l_2^2)]$
6		<p>力偶作用在左端</p> $l_1 = 0, l_2 = l$ $R_1 = R_2 = \frac{M_0}{l}$ $Q = \frac{M_0}{l}$	$0 \leq x \leq l_1$ ; $M = \frac{Pl_2 x}{l}$ $l_1 \leq x \leq l$ ; $M = \frac{Pl_1}{l} (l-x)$ $x = l_1$ ; $M_{max} = \frac{Pl_1 l_2}{l}$	$0 \leq x \leq l_1$ ; $y = -\frac{Pl_2^2}{6EI} \left( \frac{2x}{l_1} + \frac{x}{l_2} - \frac{x^3}{l_1^2 l_2} \right)$ $l_1 \leq x \leq l$ ; $y = -\frac{Pl_1}{6EI} [l_2(2l_1 - l_2)(l-x) - (l-x)^3]$ $l_1 > l_2$ 时 $x = \sqrt{(l^2 - l_2^2)/3}$ ; $y_{max} = -\frac{Pl_2(l^2 - l_2^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI}$ $y_{x=l} = -\frac{Pl_2(3l^2 - 4l_2^2)}{48EI}$ $y_{x=l_1} = -\frac{Pl_1^2 l_2^2}{3EI}$	$0 \leq x \leq l_1$ ; $\theta = -\frac{Pl_2^2}{6EI} \left( 2 + \frac{l_1}{l_2} - \frac{3x^2}{l_1^2 l_2} \right)$ $l_1 \leq x \leq l$ ; $\theta = \frac{Pl_1}{6EI} [l_2(2l_1 + l_2) - 3(l-x)^2]$ $\theta_{x=0} = -\frac{Pl_1 l_2}{6EI} (l_1 + 2l_2)$ $\theta_{x=l} = \frac{Pl_1 l_2}{6EI} (2l_1 + l_2)$
		<p>当 P 作用在中点</p> $R_1 = R_2 = \frac{P}{2}$ $0 < x < l/2$ ; $Q = P/2$	$0 \leq x \leq l/2$ ; $M = \frac{P}{2} x$ $x = l/2$ ; $M_{max} = \frac{Pl}{4}$	$0 \leq x \leq l/2$ ; $y = -\frac{Pl^3}{48EI} \left( \frac{3x}{l} - \frac{4x^3}{l^3} \right)$ $x = l/2$ ; $y_{max} = -\frac{Pl^3}{48EI}$	$0 \leq x \leq l/2$ ; $\theta = -\frac{Pl^2}{16EI} \left( 1 - \frac{4x^2}{l^2} \right)$ $x = l/2$ ; $\theta_{max} = \frac{Pl^2}{16EI}$



(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及切力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 $\theta$
		$R_1 = \frac{ql_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right)$ $R_2 = \frac{ql_3}{l} \left( l_1 + \frac{l_3}{2} \right)$ <p><math>0 &lt; x \leq l_1</math>:</p> $Q = \frac{ql_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right)$ <p><math>l_1 \leq x \leq l_1 + l_3</math>:</p> $Q = \frac{ql_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) - qx$ <p><math>(l_1 + l_3) \leq x &lt; l</math>:</p> $Q = -\frac{ql_1}{l} \left( l_1 + \frac{l_3}{2} \right)$	<p><math>0 \leq x \leq l_1</math>:</p> $M = \frac{ql_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) x$ <p><math>l_1 \leq x \leq l_1 + l_3</math>:</p> $M = q \left[ \frac{l_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) x - \frac{(x-l_1)^2}{2} \right]$ <p><math>x = l_1 + \frac{l_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right)</math>:</p> $M_{\max} = \frac{ql_3}{l} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l_1 + \frac{2l_1 l_3 - l_3^2}{4l} \right)$ <p><math>l_1 - l_3 \leq x \leq l</math>:</p> $M = \frac{ql_3}{l} \left( l_1 - \frac{l_3}{2} \right) (l-x)$	<p><math>0 \leq x \leq l_1</math>:</p> $y = -\frac{ql_3}{6EI} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) x \left( l_1 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l + l_2 + \frac{l_3}{2} \right) - \frac{1}{4} l_3^2 x^2$ <p><math>l_1 \leq x \leq l_1 + l_3</math>:</p> $y = -\frac{ql_3}{6EI} \left[ x \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \left[ \left( l_1 - \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l + l_2 + \frac{l_3}{2} \right) - \frac{1}{4} l_3^2 - x^2 \right] + \frac{l}{4l_3} (x-l_1)^3 \right]$ <p><math>l_1 + l_3 \leq x \leq l</math>:</p> $y = -\frac{ql_3}{6EI} \left( l_1 + \frac{l_3}{2} \right) (l-x) \left[ \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l - l_1 + \frac{l_3}{2} \right) - \frac{1}{4} l_3^2 - (l-x)^2 \right]$	<p><math>0 \leq x \leq l_1</math>:</p> $\theta = -\frac{ql_3}{6EI} \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left[ \left( l_1 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l + l_2 + \frac{l_3}{2} \right) - \frac{1}{4} l_3^2 - 3x^2 \right]$ <p><math>l_1 \leq x \leq l_1 + l_3</math>:</p> $\theta = -\frac{ql_3}{6EI} \left[ \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l + l_2 - \frac{l_3}{2} \right) - \frac{1}{4} l_3^2 - 3x^2 \right] - \frac{l}{l_1} (x-l_1)^2$ <p><math>l_1 + l_3 \leq x \leq l</math>:</p> $\theta = \frac{ql_3}{6EI} \left( l_1 + \frac{l_3}{2} \right) \left[ \left( l_2 + \frac{l_3}{2} \right) \times \left( l - l_1 + \frac{l_3}{2} \right) - \frac{1}{4} l_3^2 - 3(l-x)^2 \right]$
7		<p>当 q 沿全长作用</p> $R_1 = R_2 = \frac{ql}{2}$ $Q = \frac{ql}{2} - qx$	$M = \frac{ql}{2} x - \frac{qx^2}{2}$ <p><math>x = l/2</math>:</p> $M_{\max} = \frac{ql^2}{8}$	$y = -\frac{ql^4}{24EI} \left( \frac{x}{l} - 2 \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right)$ <p><math>x = l/2</math>:</p> $y_{\max} = -\frac{5ql^4}{384EI}$	$\theta = -\frac{ql^3}{24EI} \left( 1 - 6 \frac{x^2}{l^2} + 4 \frac{x^3}{l^3} \right)$ <p><math>x = 0, x = l</math>:</p> $\theta_{\max} = \mp \frac{ql^3}{24EI}$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及切力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 θ
8		$P = \frac{1}{2} q_0 l_3$ $R_1 = \frac{P}{3l} (3l_2 + l_3)$ $R_2 = \frac{P}{3l} (3l_1 + 2l_3)$ <p> <math>0 &lt; x \leq l_1</math>:  <math>Q = R_1</math>  <math>l_1 \leq x \leq l_1 + l_2</math>:  <math>Q = R_1 - P \frac{(x-l_1)^2}{l_2^2}</math>  <math>l_1 + l_2 \leq x &lt; l</math>:  <math>Q = -R_2</math> </p>	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = R_1 x$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $M = R_1 x - \frac{P}{3l_2^3} (x-l_1)^3$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l$ : $M = R_2 (l-x)$ $x = l_1 + l_2 \left( \frac{3l_2 + l_3}{3l} \right)^{1/2}$ : $M_{\max} = P \frac{(3l_2 + l_3)}{3l} \times \left[ l_1 + \frac{2}{3} l_2 \times \left( \frac{3l_2 + l_3}{3l} \right)^{1/2} \right]$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = \frac{P}{18EI} \left\{ (3l_2 + l_3)(x^3 - l^2 x) + x^2 \left[ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 + \frac{17}{90} l_3^3 \right] \right\}$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $y = \frac{P}{18EI} \left\{ (3l_2 + l_3)(x^3 - l^2 x) + x \left[ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 + \frac{17}{90} l_3^3 \right] - \frac{3}{10} \frac{l}{l_2^3} (x-l_1)^5 \right\}$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l$ : $y = \frac{P}{18EI} \left\{ (3l_1 + 2l_3)(l-x)^3 - (l-x) \left[ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 - \frac{17}{90} l_3^3 - l(3l_2 + l_3)^2 + \frac{1}{2} l_2^3 + 2(3l_2 + l_3)l^2 \right] \right\}$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = \frac{P}{18EI} \left\{ (3l_2 + l_3)(3x^2 - l^2) + \left[ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 + \frac{17}{90} l_3^3 \right] \right\}$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $\theta = \frac{P}{18EI} \left\{ (3l_2 + l_3)(3x^2 - l^2) + \left[ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 + \frac{17}{90} l_3^3 \right] - \frac{3}{2} \frac{l}{l_2^3} (x-l_1)^4 \right\}$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l$ : $\theta = -\frac{P}{18EI} \left\{ 3(3l_1 + 2l_3)(l-x)^2 - \left[ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 + \frac{17}{90} l_3^3 - l(3l_2 + l_3)^2 + \frac{1}{2} l_2^3 + 2(3l_2 + l_3)l^2 \right] \right\}$
		<p>载荷作用在全长上时，</p> <p>则</p> $l_1 = l_2 = 0, l_3 = l$ $R_1 = \frac{1}{3} P, R_2 = \frac{2}{3} P$ $Q = \frac{P}{3} - \frac{x^2}{l^2} P$	$M = \frac{P}{3} \left( x - \frac{x^3}{l^2} \right)$ $x = 0.5774l$ $M_{\max} = 0.128Pl$	$y = -\frac{P}{180EI^2} (3x^3 - 10l^2 x + 7l^3 x)$ $x = 0.519l$ $y_{\max} = -0.01304 \frac{Pl^3}{EI}$	$\theta = -\frac{P}{180EI^2} (15x^2 - 30l^2 x + 7l^3)$ $\theta_{x=0} = -\frac{7Pl^2}{180EI}$ $\theta_{x=l} = \frac{8Pl^2}{180EI}$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 $\theta$
9		$R_1 = -R_2 = -\frac{M_0}{l_1}$ $0 < x < l_1$ : $Q = -\frac{M_0}{l_1}$ $l_1 < x \leq l$ $Q = 0$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = -\frac{M_0}{l_1} x$ $l_1 \leq x < l$ $M = -M_0$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = \frac{M_0 x}{6EI_1} (l_1^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ : $y = -\frac{M_0}{6EI} (l_1^2 - 4l_1 x + 3x^2)$ $x = l_1 / \sqrt{3}$ : $y_{\max} = \frac{M_0 l_1^2}{9 \sqrt{3} EI}$ $x = l$ : $y_{\max} = -\frac{M_0 l_1^2}{6EI} (2l_1 + 3l_2)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = \frac{M_0}{6EI_1} (l_1^2 - 3x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ : $\theta = -\frac{M_0}{3EI} (3x - 2l_1)$ $x = 0$ : $\theta = \frac{M_0 l_1}{6EI}$ $x = l$ : $\theta = -\frac{M_0}{3EI} (l_1 + 3l_2)$
10		$R_1 = -\frac{l_2}{l_1} P$ $R_2 = \left(1 + \frac{l_2}{l_1}\right) P$ $0 < x < l_1$ : $Q = -\frac{l_2}{l_1} P$ $l_1 < x < l$ : $Q = P$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = -\frac{l_2}{l_1} P x$ $l_1 \leq x \leq l$ : $M = -P(l - x)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = \frac{Pl_2 x}{6EI_1} (l_1^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ : $y = -\frac{P(x-l_1)}{6EI} [l_2(3x-l_1) - (x-l_1)^2]$ $x = l_1 / \sqrt{3}$ : $y_{\max} = \frac{Pl_2 l_1^2}{9 \sqrt{3} EI}$ $x = l$ : $y = -\frac{Pl_2^2}{3EI} l$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = \frac{Pl_2}{6EI_1} (l_1^2 - 3x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ : $\theta = -\frac{P}{6EI} [(6x-4l_1)l_2 - 3(x-l_1)^2]$ $x = 0$ : $\theta = \frac{Pl_2 l_1}{6EI}$ $x = l$ : $\theta = -\frac{Pl_2}{6EI} (2l_1 + 3l_2)$
11		$R_1 = -\frac{ql_2^2}{2l_1}$ $R_2 = ql_2 \left(1 + \frac{l_2}{2l_1}\right)$ $0 < x < l_1$ : $Q = -\frac{ql_2^2}{2l_1}$ $l_1 < x \leq l$ $Q = q(l - x)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = -\frac{ql_2^2}{2l_1} x$ $l_1 \leq x \leq l$ : $M = -\frac{q}{2} (l-x)^2$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = \frac{ql_2^2 x}{12EI_1} (l_1^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ : $y = -\frac{q(x-l_1)}{24EI} [4l_1^2 l_1 + 6l_1^2 (x-l_1) - 4l_2 (x-l_1)^2 + (x-l_1)^3]$ $x = l_1 / \sqrt{3}$ : $y_{\max} = \frac{ql_2^2 l_1^2}{18 \sqrt{3} EI}$ $x = l$ : $y_{\max} = -\frac{ql_2^2}{24EI} (4l_1 + 3l_2)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = \frac{ql_2^2}{12EI_1} (l_1^2 - 3x^2)$ $l_1 \leq x \leq l$ : $\theta = -\frac{q}{6EI} [l_2^2 l_1 + 3l_2^2 (x-l_1) - 3l_2 (x-l_1)^2 + (x-l_1)^3]$ $x = 0$ : $\theta = ql_2 l_1^2 / 12EI$ $x = l$ : $\theta = -ql_2^2 l / 6EI$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力Q	弯矩M	挠度 y(w)	转角 θ
12		$R_1 = R_2 = P$ $0 < x < l_1$ : $Q = -P$ $l_1 < x < l_1 + l_2$ : $Q = 0$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = -Px$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $M = -Pl_1$ $M_{max} = -Pl_1$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = -\frac{Pl_1^3}{6EI} \left[ \frac{x^3}{l_1^3} - 3\left(\frac{l_1+l_2}{l_1}\right)\frac{x}{l_1} + \frac{3l_2+2}{l_1} \right]$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $y = -\frac{Pl_1^3}{6EI} \left[ \frac{x^3}{l_1^3} - 3\left(\frac{l_1+l_2}{l_1}\right)\frac{x}{l_1} + \frac{3l_2+2}{l_1} \right] - \frac{P(x-l_1)^3}{6EI}$ $y_1 = -\frac{Pl_1^3}{6EI} \left( \frac{3l_2+2}{l_1} \right)$ $y_2 = \frac{Pl_1 l_2^2}{8EI}$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = \frac{Pl_1^2}{2EI} \left( 1 + \frac{l_2}{l_1} - \frac{x^2}{l_1^2} \right)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $\theta = \frac{Pl_1^2}{2EI} \left( 1 + \frac{l_2}{l_1} - \frac{x^2}{l_1^2} \right) - \frac{P(x-l_1)^2}{2EI}$ $\theta_x=0 = \frac{Pl_1(l_1+l_2)}{2EI}$ $\theta_{x=l_1} = \frac{Pl_1 l_2}{2EI}$
13		$R_1 = R_2 = \frac{ql}{2}$ $0 \leq x < l_1$ : $Q = -qx$ $l_1 < x < l_1 + l_2$ : $Q = -qx + \frac{ql}{2}$ $l_1 + l_2 < x \leq l$ : $Q = q(l-x)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = -\frac{q}{2}x^2$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $M = -\frac{qx^2}{2} + \frac{ql}{2}(x-l_1)$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l$ : $M = -\frac{q}{2}(l-x)^2$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = \frac{ql^3}{24EI} \left[ \left( 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 3\frac{l_1^3}{l_2^3} \right) \frac{l_1}{l_2} - \frac{l_1^4}{l_2^4} \right]$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $y = \frac{ql^3}{24EI} \left[ \left( 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 4\frac{l_1^3}{l_2^3} \right) \frac{x}{l_2} - \frac{x^4}{l_2^4} - \left( 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 4\frac{l_1^3}{l_2^3} \right) \frac{x}{l_2} - \frac{x^4}{l_2^4} + 2 \left( 1 + 2\frac{l_1}{l_2} \right) \frac{(x-l_1)^4}{l_2^4} \right]$ $x=0$ 和 $x=l$ : $y = \frac{ql_1 l_2^3}{24EI} \left( 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 3\frac{l_1^3}{l_2^3} \right)$ $x=l_1 + \frac{l_2}{2}$ : $y = -\frac{ql^3}{16EI} \left( \frac{5}{24} - \frac{l_1^3}{l_2^3} \right)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = \frac{ql^3}{24EI} \left[ 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 4\frac{l_1^3}{l_2^3} + 4\frac{x^3}{l_2^3} \right]$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ : $\theta = -\frac{ql^3}{24EI} \left[ 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 1\frac{l_1^3}{l_2^3} + 4\frac{x^3}{l_2^3} - 6 \left( 1 + \frac{2l_1}{l_2} \right) \frac{(x-l_1)^3}{l_2^3} \right]$ $x=0$ : $\theta = -\frac{ql^3}{24EI} \left( 1 - 6\frac{l_1}{l_2} - 4\frac{l_1^3}{l_2^3} \right)$ $x=l_1$ : $\theta = -\frac{ql^3}{24EI} \left( 1 - 6\frac{l_1}{l_2} \right)$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(x)	转角 $\theta$
14		$R_1 = \frac{3M_0(l_2 - l_1^2)}{2l^3}$ $= -R_2$ $M_2 = \frac{(3l_1^2 - l^2)}{2l^2} M_0$ $0 < x < l_1$ $Q = R_1$	$M = R_1 x$ $l_1 < x < l$ $M = -M_0 + R_1 x$ $x = l_1$ $M = -M_2$	$0 \leq x \leq l_1$ $y = \frac{M_0}{4EI} \left[ \frac{l^2 - l_1^2}{l^3} (x^3 - 3l^2 x) + 4(l - l_1)x \right]$ $l_1 \leq x \leq l$ $y = \frac{M_0}{4EI} \left[ \frac{l^2 - l_1^2}{l^3} (x^3 - 3l^2 x + 2l^3) - 2(l - x)^2 \right]$	$0 \leq x \leq l_1$ $\theta = \frac{M_0}{4EI} \left[ 3 \frac{l^2 - l_1^2}{l^3} (x^2 - l^2) + 4(l - l_1) \right]$ $l_1 \leq x \leq l$ $\theta = \frac{M_0}{4EI} \left[ 3 \frac{l^2 - l_1^2}{l^3} (x^2 - l^2) + 4(l - x) \right]$
15		$P = ql_1$ $R_1 = \frac{P}{8l^3} [4l(3l_1^2 + 3l_2 l_3 + l_3^2) - 4l_1^2 - 6l_2^2 l_3 - 4l_2 l_3^2 - l_3^3]$ $R_2 = P - R_1$ $M_2 = 8l^2 [4l^2(2l_2 + l_3) - 4l(3l_1^2 + 3l_2 l_3 + l_3^2) + 4l_1^2 + 6l_2^2 l_3 - 4l_2 l_3^2 + l_3^3]$ $0 < x \leq l_1$ $Q = R_1$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ $Q = R_1 - \frac{P}{l_3}(x - l_1)$ $l_1 + l_2 \leq x < l$ $Q = -R_2$	$0 \leq x \leq l_1$ $M = R_1 x$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ $M = R_1 x - \frac{P}{2l_3}(x - l_1)^2$ $l_1 + l_2 \leq x < l$ $M = R_1 x - \frac{P}{2} x [2(x - l_1) - l_3]$ $x = l_1$ $M = -M_2$ $x = l_1 + \frac{l_2}{P} R_1$ $M_{max} = R_1 l_1 + \frac{l_2 R_1^2}{2P}$	$0 \leq x \leq l_1$ $y = \frac{P}{6EI} (3l_1^2 + 3l_2 l_3 + l_3^2) x + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l^2 x)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ $y = -\frac{24EI}{P} \left[ \frac{6(2l_2 + l_3)(l - x)^2 - 4(l - x)^3 + (l_1 + l_3 - x)^4}{l_3} \right] + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l^2 x + 2l^3)$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l$ $y = -\frac{P}{12EI} [3(2l_2 + l_3)(l - x)^2 - 2(l - x)^3] + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l^2 x + 2l^3)$	$0 \leq x \leq l_1$ $\theta = \frac{P}{6EI} (3l_1^2 + 3l_2 l_3 + l_3^2) - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ $\theta = \frac{P}{6EI} \left[ 3(2l_2 - l_3)(l - x) - 3(l - x)^2 + \frac{(l_1 + l_3 - x)^3}{l_3} \right] - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l$ $\theta = \frac{P}{2EI} [(2l_2 + l_3)(l - x) - (l - x)^2] + \frac{R_1}{2EI} (x^2 - l^2)$ $\theta_{x=0} = \frac{P}{6EI} (3l_1^2 + 3l_2 l_3 + l_3^2) - \frac{R_1}{2EI} l^2$
		当 $M_0$ 作用在左端 $R_1 = \dots = R_2 = \frac{3M_0}{2l}, M_2 = M_0/2$	$M = \frac{3M_0}{2l} x - M_0$	$y = \frac{M_0}{4EI} \left[ \frac{1}{l} (x^3 - 3l^2 x) + 4lx - 2x^2 \right]$	$\theta = \frac{M_0}{4EI} \left[ \frac{3}{l} (x^2 - l^2) + 4(l - x) \right]$
		载荷在全长上作用时, $l_1 = l_2 = 0, l_3 = l$ $R_1 = \frac{3}{8} ql, R_2 = \frac{5}{8} ql$ $M_2 = \frac{ql^2}{8}$	$x = l_1$ $M = -ql^2/8$ $x = 3l/8$ $M_{max} = \frac{9}{128} ql^2$	$y = -\frac{ql^4}{48EI} \left( \frac{x}{l} - 3 \frac{x^3}{l^3} + 2 \frac{x^4}{l^4} \right)$ $x = 0.4215l$ $y_{max} = -0.0054 \frac{ql^4}{EI}$	$\theta = -\frac{ql^3}{48EI} \left( 1 - 9 \frac{x^2}{l^2} - 8 \frac{x^3}{l^3} \right)$ $\theta_{x=0} = -\frac{ql^3}{48EI}$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及切力 Q	弯矩 M	挠度 y(x)	转角 θ
16		$R_1 = \frac{Pl_2^2}{2l^3}(3l_1 + 2l_2)$ $R_2 = P - R_1$ $M_2 = \frac{Pl_1l_2}{2l^2}(2l_1 - l_2)$ $0 < x < l_1$ : $Q = R_1$ $l_1 < x < l$ : $Q = -R_2$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = R_1x$ $l_1 \leq x \leq l$ : $M = R_1x - P(x - l_1)$ $x = l_1$ : $M_2 = -\frac{Pl_1l_2}{2l^2}(2l_1 + l_2)$ $M_{x=l_1} = \frac{Pl_1l_2^2}{2l^3}(3l_1 + 2l_2)$ 当 $l_2 \geq \sqrt{2}l_1$ 时, $ M_{x=l_1}  \geq M_2$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = -\frac{Pl_1^2}{12EI} \left\{ 3l_1x - \frac{(3l_1 + 2l_2)}{l^2}x^3 \right\}$ $l_1 \leq x \leq l$ : $y = -\frac{Pl_1}{12EI} \left\{ 3l_2(2l_1 + l_2) \frac{(l-x)^2}{l} - \frac{(2l_1^2 + 6l_1l_2 + 3l_2^2)}{l^2} (l-x)^3 \right\}$ $y_{x=l_1} = -\frac{Pl_1^2(4l_1 + 3l_2)}{12EI^2}$ 当 $l_2 \geq \sqrt{2}l_1$ 时, 在 $x \geq l_1$ 处有 $y_{\max}$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = -\frac{Pl_1^2}{4EI} \left\{ l_1 - \frac{(3l_1 + 2l_2)}{l^2}x^2 \right\}$ $l_1 \leq x \leq l$ : $\theta = \frac{Pl_1}{4EI} \left\{ \frac{2l_2(2l_1 + l_2)}{l} (l-x) - \frac{(2l_1^2 + 6l_1l_2 + 3l_2^2)}{l^2} (l-x)^2 \right\}$ $\theta_{x=0} = -\frac{Pl_1l_2^2}{4EI}$
17		当 $l_1 = l_2 = l/2, R_1 = \frac{5}{16}P, R_2 = \frac{11}{16}P, M_2 = 3Pl/16$ $P = \frac{1}{2}q_0l_3$ $R_1 = \frac{P}{20l^3} \{ 5l_1 - (6l_2^2 - 4l_2l_1 + l_1^2) + 4(5l_2^2 + 10l_2^2l_3 + 5l_2l_3^2 + l_3^3) \}$ $R_2 = P - R_1$ $M_2 = -R_1l + \frac{P}{3}(3l_2 + l_1)$ $0 < x \leq l_1$ : $Q = R_1$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ : $Q = R_1 - P \frac{(x-l_1)^2}{l_3^2}$ $l_1 + l_3 \leq x < l$ : $Q = -R_2$	$0 \leq x \leq l_1$ : $M = R_1x$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ : $M = R_1x - \frac{P}{3}(x-l_1)^3$ $l_1 + l_3 \leq x < l$ : $M = R_1x - \frac{P}{3}(3x - 3l_1 - 2l_3)$ $x = l_1, M = -M_2$ $x = l_1 + l_3, (R_1/P)^{1/2}$ : $M_{\max} = R_1 \left( l_1 + \frac{2}{3}l_3 \sqrt{\frac{R_1}{P}} \right)$	$0 \leq x \leq l_1$ : $y = -\frac{P}{12EI} \{ 6l_2^2 + 4l_2l_3 - l_1^2 \} x + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l_1^2x)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ : $y = -\frac{P}{60EI} \left\{ 5(6l_2^2 + 4l_2l_3 - l_1^2)x - \frac{(x-l_1)^5}{l_3^3} - \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l_1^2x) \right\}$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l$ : $y = -\frac{P}{6EI} \{ (3l_2 + l_3)(l-x)^2 - \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l_1^2x - 2l_1^3) \}$	$0 \leq x \leq l_1$ : $\theta = -\frac{P}{12EI} (6l_2^2 + 4l_2l_3 + l_1^2) x - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ : $\theta = -\frac{P}{12EI} \left\{ 6l_2^2 + 4l_2l_3 + l_1^2 - \frac{(x-l_1)^4}{l_3^3} \right\} - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l$ : $\theta = \frac{P}{6EI} \{ 2(3l_2 + l_3)(l-x) - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2) \}$ $3(l-x)^2 - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$
		载荷作用全长时 $l_1 = l_2 = 0$ , $l_3 = l, R_1 = \frac{1}{5}P, R_2 = \frac{4}{5}P$ $M_2 = \frac{2}{15}Pl$	$M = P \left( \frac{x}{5} - \frac{1}{3} \frac{x^3}{l^2} \right)$ $x = l$ : $M = -0.1333Pl$ $x = 0.4472l$ $M_{\max} = 0.0596Pl$	$\theta = -\frac{Pl^2}{60EI} \left( 1 - \frac{6x^2}{l^2} + \frac{5x^4}{l^4} \right)$ $\tau = 0, \theta = -\frac{Pl^2}{60EI}$	

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(w)	转角 θ
18		$P = \frac{1}{2} q_0 l_3$ $R_1 = 20l^3 [5l_1(6l_2^2 + 8l_2l_3 + 3l_3^2) + 3l_3^3] + 20l_2^3 + 50l_2^2l_3 + 40l_2l_3^2 + 11l_3^3$ $R_2 = P - R_1$ $M_2 = -R_1 l + \frac{P}{3} (3l_2 + 2l_3)$ $0 \leq x \leq l_1:$ $Q = K_1$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $Q = R_1 - P \times \left[ \frac{2(x-l_1)}{l_3} - \frac{(x-l_1)^2}{l_1^2} \right]$ $l_1 + l_2 \leq x < l_3:$ $Q = -R_2$	$0 \leq x \leq l_1:$ $M = R_1 x$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $M = R_1 x - \frac{P}{3} \times \left[ 3(x-l_1)^2 - \frac{1}{l_3} (x-l_1)^3 \right]$ $l_1 + l_2 \leq x < l_3:$ $M = R_1 x - \frac{P}{3} (3x - 3l_1 - l_2)$ $x = l_3:$ $M = -M_2$ $x = l_1 + l_2 \times \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{R_1}{P}} \right];$ $M_{max} = R_1 (l_1 + l_2 - l_3) \times \left[ \sqrt{1 - \frac{R_1}{P}} + \frac{1}{3} \frac{P l_2}{R_1} \right] \times \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{R_1}{P}} \right]^2 \times \left[ 2 + \sqrt{1 - \frac{R_1}{P}} \right]$	$0 \leq x \leq l_1:$ $y = \frac{P}{12EI} (6l_2^2 + 8l_2l_3 + 3l_3^2) x + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l^2 x)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $y = \frac{P}{60EI} \left[ 5(6l_2^2 + 8l_2l_3 + 3l_3^2) x - \frac{(x-l_1)^4}{l_3} + \frac{(x-l_1)^5}{l_1^3} \right] + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l^2 x)$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l_3:$ $y = \frac{P}{6EI} [(3l_2 + 2l_3)(l-x)^2 - (l-x)^3] + \frac{R_1}{6EI} (x^3 - 3l^2 x + 2l^3)$	$0 \leq x \leq l_1:$ $\theta = \frac{P}{12EI} (6l_2^2 + 8l_2l_3 + 3l_3^2) - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $\theta = \frac{P}{12EI} \left[ 6l_2^2 - 8l_2l_3 + 3l_3^2 - 4 \frac{(x-l_1)^3}{l_1} + \frac{(x-l_1)^4}{l_3^2} \right] - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l_3:$ $\theta = \frac{P}{6EI} [2(3l_2 + 2l_3)(l-x) - 3(l-x)^2] - \frac{R_1}{2EI} (l^2 - x^2)$
		<p>载荷作用在全长上时，  <math>l_1 = l_2 = 0, l_3 = l;</math>  <math>R_1 = \frac{11}{20} P</math>  <math>R_2 = \frac{9}{20} P</math>  <math>M_2 = \frac{7}{60} Pl</math>  <math>Q = P \left( \frac{11}{20} - 2 \frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2} \right)</math></p>	$M = Pl \left( \frac{11}{20} \frac{x}{l} - \frac{x^2}{l^2} + \frac{1}{3} \frac{x^3}{l^3} \right)$ $x = l_3:$ $M = -0.1167Pl$ $x = 0.329l;$ $M_{max} = 0.0846Pl$	$y = -\frac{Pl^3}{120EI} \left( 3 \frac{x}{l} - 11 \frac{x^2}{l^2} + 10 \frac{x^3}{l^3} - 2 \frac{x^5}{l^5} \right)$ $x = 0.402l;$ $y_{max} = -0.00609 \frac{Pl^3}{EI}$	$\theta = -\frac{Pl^2}{120EI} \left( 3 - 33 \frac{x^2}{l^2} + 40 \frac{x^3}{l^3} - 10 \frac{x^4}{l^4} \right)$ $\theta_{x=0} = -\frac{Pl^2}{40EI}$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 θ
19		$R_1 = 6 \frac{l_1 l_2}{l^3} M_0 = R_2$ $M_1 = \frac{M_0}{l^2} (2l_1 l_2 - l_2^2)$ $M_2 = \frac{M_0}{l^2} (2l_1 l_2 - l_1^2)$ $0 < x < l_1$ $Q = R_1$	$x = 0$ $M = -\frac{M_0}{4}$ $x = l_1$ $M = \frac{M_0}{4}$	$0 < x < l_1$ $y = -\frac{1}{6EI} (3M_1 x^2 - R_1 x^3)$ $l_1 < x < l$ $y = -\frac{1}{6EI} [3M_2 (l-x)^2 - R_2 (l-x)^3]$ 当 $l_1 > \frac{l}{3}$ 时, $x = 2M_1 / R_1$ $y_{\max} = -\frac{2}{3EI} \frac{M_1^3}{R_1^2}$	$0 < x < l_1$ $\theta = -\frac{1}{2EI} (2M_1 x - R_1 x^2)$ $l_1 < x < l$ $\theta = \frac{1}{2EI} [2M_2 (l-x) - R_2 (l-x)^2]$
20		力偶作用在中间时: $l_1 = l_2 = l/2$ $R_1 = \frac{3M_0}{2l} = R_2$ $M_1 = M_2 = \frac{M_0}{4}$	$0 < x < l_1$ $M = \frac{Pl_1^2}{l^2} \left[ \frac{(3l_1 + l_2)}{l} x - l_1 \right]$ $l_1 < x < l$ $M = -\frac{Pl_2}{l} \times \left[ l_1 + 2l_2 - \frac{x}{l} (l_1 + 3l_2) \right]$ $x = 0$ $M = -M_1$ $x = l$ $M = -M_2$ $x = l_1$ $M = M_3 = -\frac{2Pl_1^2 l_2}{l^3}$ $l_1 \ll l_2$ $M_1 \gg M_3 \gg M_2$	$0 < x < l_1$ $y = -\frac{Pl_1^2 l_2}{6EI} \left[ \frac{x^2}{l^2} - \frac{(3l_1 + l_2)}{l_1} \frac{x^3}{l^3} \right]$ $l_1 < x < l$ $y = -\frac{Pl_1^2 l_2}{6EI} \left[ 3 \frac{(l-x)^2}{l^2} - \frac{(l_1 + 3l_2)}{l_2} \frac{(l-x)^3}{l^3} \right]$ $y_{x=l_1} = -\frac{Pl_1^2 l_2}{3EI l^3}$ 当 $l_1 > l_2$ 时, $x = \frac{2l_1 l_2}{3l_1 + l_2}$ $y_{\max} = -\frac{2Pl_1^2 l_2^2}{3EI (3l_1 + l_2)^2}$ $y_{x=\frac{l}{2}} = -\frac{Pl_1^2 (3l_1 - l_2)}{48EI}$	$0 < x < l_1$ $\theta = \frac{Pl_1^2 l_2}{2EI} \left[ \frac{(l_1 + l_2)}{l_1} \frac{x^2}{l^2} - 2 \frac{x}{l} \right]$ $l_1 < x < l$ $\theta = -\frac{Pl_1^2 l_2}{2EI} \left[ \frac{(l_1 + 3l_2)}{l_2} \frac{(l-x)}{l} - \frac{(l-x)^2}{l^2} - 2 \frac{l-x}{l} \right]$



(续)

序号	载荷、挠曲线、剪力及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(v)	转角 $\theta$
20		<p>当 P 作用在中点:</p> $R_1 = R_2 = \frac{P}{2}$ $M_1 = M_2 = \frac{Pl}{8}$ $0 < x < l/2:$ $Q = \frac{P}{2}$	$0 < x < l/2:$ $M = \frac{Pl}{2} \left( \frac{x}{l} - \frac{1}{4} \right)$ $x = 0:$ $M = -\frac{Pl}{8}$	$0 \leq x \leq \frac{l}{2}:$ $y = -\frac{Pl^3}{16EI} \left( \frac{x^2}{l^2} - \frac{4x^3}{3l^3} \right)$ $x = l/2:$ $y_{\max} = -\frac{Pl^3}{192EI}$	$0 \leq x \leq \frac{l}{2}:$ $\theta = -\frac{Pl^2}{8EI} \left( \frac{x}{l} - \frac{2x^2}{l^2} \right)$ $x = l/4:$ $\theta_{\max} = -\frac{Pl^2}{64EI}$
21		$P = ql_3$ $R_1 = \frac{P}{2l^3} [(2l_1 + l_2)l^2 - (l_1 - l_2) \times (2l_1l_2 + l_2l_3 + l_3l_1)]$ $R_2 = P - R_1$ $M_1 = \frac{P}{8l^2} [(2l_2 + l_3)^2 \times (2l_1 + l_3) + \frac{1}{3}l_3^2 \times (2l_1 - 6l_2 - 3l_3)]$ $M_2 = \frac{P}{8l^2} [(2l_1 + l_3)^2 \times (2l_2 + l_3) + \frac{1}{3}l_3^2 \times (2l_2 - 6l_1 - 3l_3)]$ $0 < x \leq l_1:$ $Q = R_1$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $Q = R_1 - \frac{P}{l_3}(x - l_1)$ $l_1 + l_2 \leq x < l:$ $Q = -R_2$	$0 < x \leq l_1:$ $M = R_1x - M_1$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $M = R_1x - M_1 - \frac{P}{2l_3} \times (x - l_1)^2$ $l_1 + l_2 \leq x < l:$ $M = R_2(l - x) - M_2$ $x = 0:$ $M = -M_1$ $x = l:$ $M = -M_2$	$0 \leq x \leq l_1:$ $y = -\frac{1}{6EI} (3M_1x^2 - R_1x^3 + l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $y = -\frac{1}{6EI} [3M_1x^2 - R_1x^3 + \frac{1}{4} \frac{P}{l_3} (x - l_1)^4]$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l:$ $y = -\frac{1}{6EI} [3M_2(l - x)^2 + R_2(l - x)^3]$	$0 \leq x \leq l_1:$ $\theta = -\frac{1}{2EI} (2M_1x - R_1x^2)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2:$ $\theta = -\frac{1}{2EI} [2M_1x - R_1x^2 + \frac{1}{3} \frac{P}{l_3} (x - l_1)^3]$ $l_1 + l_2 \leq x \leq l:$ $\theta = -\frac{1}{2EI} [2M_2(l - x) - R_2(l - x)^2]$
		<p>当 q 作用全长:</p> $R_1 = R_2 = ql/2$ $M_1 = M_2 = ql^2/12$ $Q = \frac{ql}{2} - qx$	$M = \frac{ql^2}{2} \left( -\frac{1}{6} + \frac{x}{l} - \frac{x^2}{l^2} \right)$ $x = 0:$ $M = -M_1 = -\frac{ql^2}{12}$ $x = l:$ $M = -M_2 = -\frac{ql^2}{12}$	$y = -\frac{ql^4}{24EI} \left( \frac{x^2}{l^2} - \frac{2x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right)$ $x = l/2:$ $y_{\max} = -\frac{ql^4}{384EI}$	$\theta = -\frac{ql^3}{12EI} \left( \frac{x}{l} - \frac{3x^2}{l^2} + \frac{2x^3}{l^3} \right)$ $x = \left( \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}}{6} \right) l:$ $\theta_{\max} = \pm \frac{\sqrt{3} ql^3}{216EI}$

(续)

序号	载荷、挠曲线、切力图及弯矩图	反力及剪力 Q	弯矩 M	挠度 y(w)	转角 θ
22		$P = q_0 l_3 / 2$ $R_1 = \frac{P}{3l_3} \left\{ (3l_2 + l_3)^2 - \frac{1}{2} l_3^2 \right\} l - \frac{2}{9} \times (3l_2 + l_3)^3 - \frac{17}{45} l_3^3 - l_2 l_3^2 \left\} \right.$ $R_2 = P - R_1$ $M_1 = \frac{P}{3l_3} \left\{ \left[ \frac{1}{3} (3l_2 + l_3)^2 + \frac{1}{6} l_3^2 \right] l - \frac{1}{9} \times (3l_2 + l_3)^3 - \frac{17}{90} l_3^3 \right.$ $\left. - \frac{1}{2} l_2 l_3^2 \right\}$ $M_2 = \frac{P}{3l_3} \left\{ \frac{1}{9} (3l_2 + l_3)^3 + \frac{17}{90} l_3^3 + \frac{1}{2} l_2 l_3^2 - l_2 \times \left[ \frac{2}{3} (3l_2 - l_3)^2 + \frac{1}{3} l_3^2 \right] + (3l_2 + l_3) l_3^2 \right\}$	$0 < x \leq l_1$ $M = R_1 x - M_1$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ $M = R_1 x - M_1 \cdot P \frac{(x-l_1)^3}{3l_3^2}$ $l_1 + l_3 \leq x < l$ $M = R_2 (l-x) - M_2$ $x=0: M = -M_1$ $x=l: M = -M_2$	$0 < x \leq l_1$ $y = -\frac{1}{6EI} (3M_1 x^2 - R_1 x^3)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ $y = -\frac{1}{60EI} [30M_1 x^2 - 10R_1 x^3 - \frac{P}{(x-l_1)^3} l_3^3]$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l$ $y = -\frac{1}{6EI} [3M_2 (l-x)^2 - R_2 (l-x)^3]$	$0 < x \leq l_1$ $\theta = -\frac{1}{2EI} (2M_1 x - R_1 x^2)$ $l_1 \leq x \leq l_1 + l_3$ $\theta = -\frac{1}{12EI} [12M_1 x - 6R_1 x^2 + \frac{P}{(x-l_1)^2} l_3^2]$ $l_1 + l_3 \leq x \leq l$ $\theta = -\frac{1}{2EI} (2M_2 (l-x) - R_2 (l-x)^2)$
		<p>载荷作用全长时</p> $R_1 = \frac{3}{10} P, R_2 = \frac{7}{10} P$ $M_1 = \frac{Pl}{15}, M_2 = \frac{Pl}{10}$ $Q = P \left( \frac{3}{10} - \frac{x^2}{l^2} \right)$	$M = -\frac{Pl}{30} \left[ 2 - 9 \frac{x}{l} + \frac{x^3}{l^3} \right]$ $x=0: M = -M_1$ $x=l: M = -M_2$ $x=0.548l$ $M_{max} = 0.043Pl$	$y = -\frac{Pl^3}{60EI} \left[ 2 \frac{x^2}{l^2} - 3 \frac{x^3}{l^3} - \frac{x^5}{l^5} \right]$ $x=0.525l$ $y_{max} = -0.00262 \frac{Pl^3}{EI}$	$\theta = -\frac{Pl^2}{60EI} \left[ 4 \frac{x}{l} - 9 \frac{x^2}{l^2} + 5 \frac{x^4}{l^4} \right]$

注: 1. 取梁左端为 x 坐标原点。  
 2. 挠度 y(w)、转角 θ 及弯矩的正负规定与表 4.1-19 同, 本表挠度和转角最大值指绝对值, 剪力 Q 对截面一侧内一点顺时针转为正。  
 3. 又反力和支反力矩按图示方向为正。  
 4. E 为材料弹性模量, I 为截面对中性轴的惯性矩 (见表 4.1-18)  
 5. 某些组合载荷作用下的挠度和转角可根据叠加原理按本表计算式叠加求得。

表 4.1-24 简单双跨连续梁计算公式和系数

支座弯矩:  $M_B = a_1 ql^2$  (或  $a_1 Pl$ )  
 跨内最大弯矩: AB 跨  $M_{1\max} = a_2 ql^2$  (或  $a_2 Pl$ )  
                   BC 跨  $M_{1\max} = a_3 ql^2$  (或  $a_3 Pl$ )  
 支座反力:  $R_A = \beta_1 ql$  (或  $\beta_1 P$ )  
             $R_B = \beta_2 ql$  (或  $\beta_2 P$ )  
             $R_C = \beta_3 ql$  (或  $\beta_3 P$ )  
 最大挠度:  $v_{\max} = -\gamma \frac{ql^4}{EI}$  (或  $-\gamma \frac{Pl^3}{EI}$ )

序号	受力简图	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma$
1		-0.125	0.070	0.070	0.375	1.250	0.375	0.00520
2		-0.063	0.096	—	0.438	0.625	-0.063	0.00906
3		-0.188	0.156	0.156	0.313	1.375	0.313	0.00915
4		-0.094	0.203	—	0.406	0.688	-0.094	0.01502

注: 弯矩和挠度的正负规定见表 4.1-19 No3, 支反力向上为正, 向下为负。

表 4.1-25 三等跨连续梁计算公式和系数

支座弯矩:  $M_B = a_1 ql^2$  (或  $a_1 Pl$ )                      支座反力:  $R_A = \beta_1 ql$  (或  $\beta_1 P$ )  
             $M_C = a_2 ql^2$  (或  $a_2 Pl$ )                       $R_B = \beta_2 ql$  (或  $\beta_2 P$ )  
 跨内最大弯矩: AB 跨  $M_{1\max} = a_3 ql^2$  (或  $a_3 Pl$ )                       $R_C = \beta_3 ql$  (或  $\beta_3 P$ )  
                   BC 跨  $M_{1\max} = a_4 ql^2$  (或  $a_4 Pl$ )                       $R_D = \beta_4 ql$  (或  $\beta_4 P$ )

最大挠度: AB 跨  $v_{1\max} = \gamma_1 \frac{ql^4}{EI}$  (或  $\gamma_1 \frac{Pl^3}{EI}$ )  
                   BC 跨  $v_{1\max} = \gamma_2 \frac{ql^4}{EI}$  (或  $\gamma_2 \frac{Pl^3}{EI}$ )

序号	受力简图	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
1		-0.100	-0.100	0.080	0.025	0.400	1.100	1.100	0.400	-0.0068	-0.0005
2		-0.050	-0.050	—	0.075	-0.050	0.550	0.550	-0.050	—	-0.0068
3		-0.050	-0.050	0.101	—	0.450	0.550	0.550	0.450	-0.0099	—

(续)

序号	受力简图	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
4		-0.117	-0.033	—	—	0.383	1.200	0.450	-0.033	—	—
5		-0.067	0.017	—	—	0.433	0.650	0.100	0.017	-0.0088	—
6		-0.150	-0.150	0.175	0.100	0.350	1.150	1.150	0.350	-0.0115	-0.0021
7		-0.075	-0.075	—	0.175	-0.075	0.575	0.575	-0.075	—	-0.0115
8		-0.075	-0.075	0.213	—	0.425	0.575	0.575	0.425	-0.0162	—
9		0.175	-0.050	—	—	0.325	1.300	0.425	-0.050	—	—
10		-0.100	0.025	—	—	0.400	0.725	-0.150	0.025	-0.0146	—

注:1. 简图中每跨长均为  $l$ 。

2. 弯矩和挠度正负规定见表 4-1-19No3, 支反力向上为正, 向下为负。

表 4-1-26 曲杆平面弯曲时的应力与位移计算式(线弹性范围)

横截面上的正应力	强度条件	任一截面处的广义位移	刚度条件
<p>弯曲正应力: <math>\sigma_w = \frac{My}{Sp}</math></p> <p>拉伸(或压缩)正应力: <math>\sigma_t = \frac{N}{A}</math></p> <p>总正应力: <math>\sigma = \sigma_w + \sigma_t</math></p>	$\sigma_{tmax} \leq [\sigma_t]$ $\sigma_{cmax} \leq [\sigma_c]$	$\Delta = \int \left( \frac{MM^*}{ESR_0} + \frac{MN^* + NM^*}{EAR_0} + \frac{NN^*}{EA} + k \frac{QQ^*}{GA} \right) ds$ $k = \begin{cases} 6/5 & (\text{矩形截面}) \\ 10/9 & (\text{圆形截面}) \end{cases}$	$\Delta_{max} \leq [\Delta]$

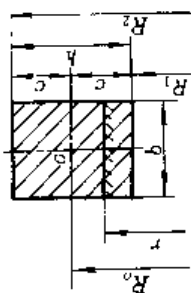
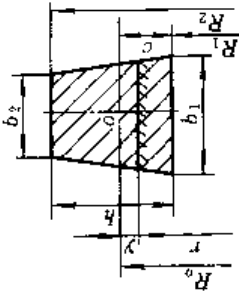
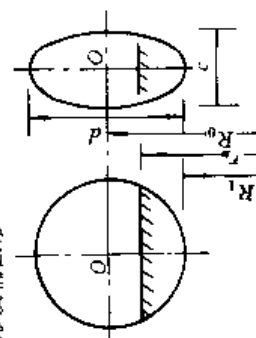
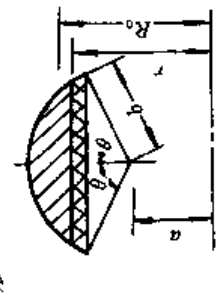
符号及正负规定:  $M$ —弯矩, 使梁曲率增大为正;  $N$ —轴力, 拉为正;  $Q$ —切力, 对截面一侧任一点顺时针转为正;  $M^*$ 、 $N^*$ 、 $Q^*$  依次为所求广义位移处所加相应的单位广义力引起的弯矩、轴力和切力, 正负规定与  $M$ 、 $N$ 、 $Q$  相同。  $y$ —所求应力点至中性轴垂直距离;  $p = r + y$ —所求应力点  $y$  层处的曲率半径;  $r = A / \int \frac{dA}{A\rho}$ —中性层的曲率半径;  $R_0$ —形心层的曲率半径;  $S = A(R_0 - r)$ —横截面对中性轴的静矩;  $A$ —横截面面积;  $E$ 、 $G$ —材料的弹性模量和切变模量;  $[\sigma_t]$ 、 $[\sigma_c]$ —材料的许用拉应力和许用压应力。

注:1. 若为小曲率曲杆 ( $R_0/h > 5$ ), 应力和位移可按直杆弯曲公式计算。

2. 与切力  $Q$  对应的切应力一般很小, 可略去不计。

3. 常见曲杆横截面的  $A$ 、 $r$  和  $R_0$  计算式见表 4-1-27。

表 4.1.27 常用曲杆的  $A$ 、 $r$  和  $R_0$  的计算式

序号	横截面形状	面积 $A$	中性层曲率半径 $r$	形心层曲率半径 $R_0$
1		$bh$	$\frac{h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$	$R_1 + \frac{h}{2}$
2		$\frac{1}{2}(b_1 + b_2)h$ 对等腰三角形 ( $b_1 = b_2; b_2 = 0$ ) $\frac{1}{2}bh$	$\frac{\frac{1}{2}(b_1 + b_2)h}{b_1 R_2 - b_2 R_1 \ln \frac{R_2}{R_1}}$ $\frac{h}{2 \left( \frac{R_2}{h} \ln \frac{R_2}{R_1} - 1 \right)}$	$R_1 + \frac{(b_1 + 2b_2)h}{3(b_1 - b_2)}$ $R_1 + \frac{h}{3}$
3		$\frac{\pi d^2}{4}$ (圆形) $\frac{\pi cd}{4}$ (椭圆形)	$\frac{d^2}{8R_0 \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{d}{2R_0} \right)^2} \right]}$	$R_1 + \frac{d}{2}$
4		$b^2\theta - \frac{1}{2}b^2\sin 2\theta$	若 $a > b$ : $\frac{A}{2a\theta - 2b\sin\theta - \pi \sqrt{a^2 - b^2} + 2 \sqrt{a^2 - b^2} \sin^{-1} \left( \frac{b + a \cos\theta}{a + b \cos\theta} \right)}$ 若 $a < b$ : $\frac{A}{2a\theta - 2b\sin\theta + 2 \sqrt{b^2 - a^2} \ln \left[ \frac{b + a \cos\theta + \sqrt{b^2 - a^2} \sin\theta}{a + b \cos\theta} \right]}$	$a + \frac{4b \sin^3 \theta}{3(2\theta - \sin 2\theta)}$

(续)

序号	横截面形状	面积 $A$	中性层曲率半径 $r$	形心层曲率半径 $R_0$
5		$b^2 \theta - \frac{b^2}{2} \sin 2\theta$	$\frac{A}{2a\theta - 2b\sin\theta - \sqrt{a^2 - b^2} \left\{ \pi + 2\sin^{-1} \left( \frac{b \cdot \arccos\theta}{a - b\cos\theta} \right) \right\}}$	$a \frac{4b\sin^3\theta}{3(2\theta - \sin 2\theta)}$
6		$\frac{1}{2} \pi b h$	$\frac{A}{2b + \frac{\pi b}{h} (R_2 \cdot \sqrt{R_2^2 - h^2}) - \frac{2b}{h} \sqrt{R_2^2 - h^2} \sin^{-1} \left( \frac{h}{R_2} \right)}$	$R_2 - \frac{4h}{3\pi}$
7		$b_1 h_1 + b_2 h_2$	$\frac{b_1 h_1 - b_2 h_2}{b_1 \ln \frac{a}{R_1} + b_2 \ln \frac{R_2}{a}}$	$R_2 - \frac{\frac{1}{2} b_1 h_1 - b_2 h_2 \left( \frac{h_2 + h_1}{2} \right)}{A}$
8		$b_1 h_1 + b_2 h_2 + b_3 h_3$	$\frac{b_1 h_1 - b_2 h_2 - b_3 h_3}{b_1 \ln \frac{a}{R_1} + b_2 \ln \frac{c}{a} + b_3 \ln \frac{R_2}{c}}$	$R_1 + \frac{\frac{1}{2} b_1 h_1^2 - b_2 h_2 \left( \frac{h_2 + h_1}{2} \right) - b_3 h_3 \left( \frac{h_3}{2}   h_1 - h_2   \right)}{A}$
		$\text{当 } b_3 = b_1, \quad h_3 = h_1, \quad 2b_1 h_1 + b_2 h_2$	$\frac{2b_1 h_1 + b_2 h_2}{b_1 \left( \ln \frac{a}{R_1} + \ln \frac{R_2}{c} \right) - b_2 \ln \frac{c}{a}}$	$R_1 + h_1 + \frac{h_2}{2}$

注: 对其他由  $n$  个图形组成的组合截面,  $A = \sum_{i=1}^n A_i, r = \frac{A}{\sum_{i=1}^n A_i}, R_0 = R_1 + \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_{ic}}{\sum_{i=1}^n A_i} (y_{ic} \text{ 为第 } i \text{ 个图形的形心到曲杆内侧底边的距离})$

### 6 杆系结构的内力、应力和位移计算

表 4.1-28 在载荷作用下,杆结构横截面的位移计算式(线弹性范围)

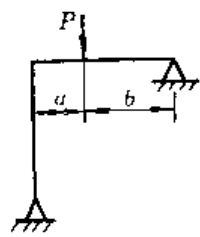
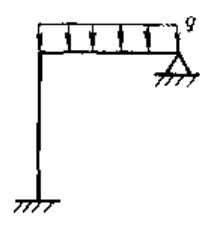
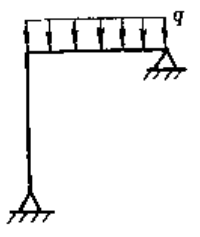
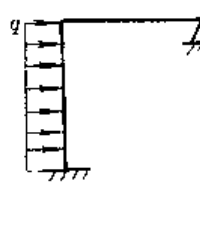
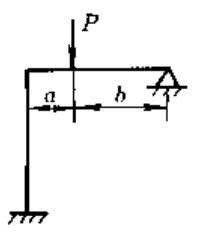
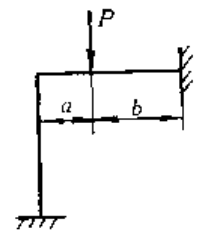
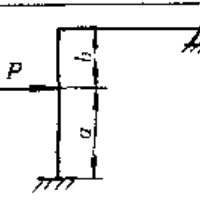
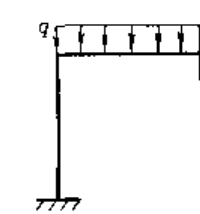
结构的类型	梁与刚架	桁架	组合构架
位移计算式	$\Delta_i = \sum \int_l \frac{MM^0}{EI} dx$	$\Delta_i = \sum \frac{NN^0}{EA}$	$\Delta_i = \sum \int_l \frac{MM^0}{EI} dx + \sum \frac{NN^0}{EA}$

注:1.  $\Delta_i$ —广义位移; $M, N$ —载荷引起的弯矩和轴力; $M^0, N^0$ —所求广义位移处作用单位广义力引起的弯矩和轴力。积分沿各杆段进行,  $\sum$  为对各杆段积分求和。

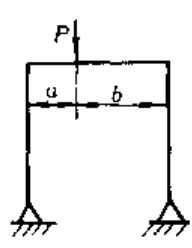
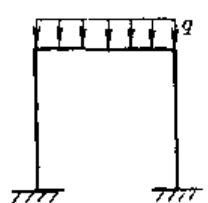
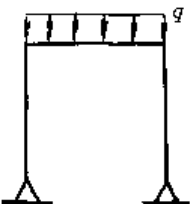
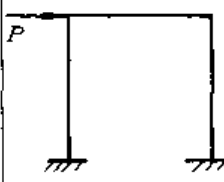
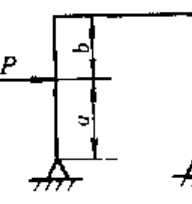
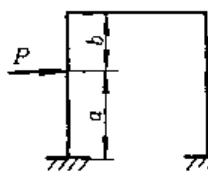
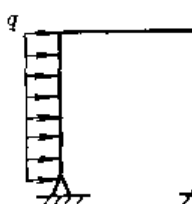
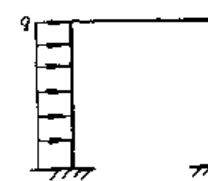
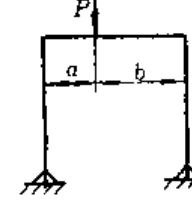
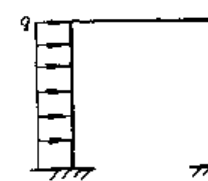
2. 对有扭矩的圆截面杆段,计算式中还应加  $\sum \int \frac{TT^0}{GI_p} dx$  项,  $T$  为载荷引起的扭矩; $T^0$  为单位广义力所引起的扭矩。

3.  $E, G$ —材料的弹性模量和切变模量; $I, A, J_p$ —截面的惯性矩、面积和极惯性矩。

表 4.1-29 简单超静定刚架的弯矩计算公式

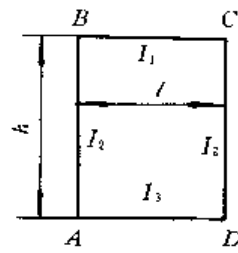
序号	$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l}, N = k + 1$	序号	$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l}, N = 3k + 4$
1	 $\beta = \frac{b}{l}, M_B = -\frac{Pa\beta(1+\beta)}{2N}$ $M_P = (Pa + M_B)\beta$	5	 $M_A = -\frac{M_B}{2}$ $M_B = -\frac{ql^2}{2N}$
2	 $M_B = -\frac{ql^2}{8N}$	6	 $M_A = -\frac{qh^2(k+2)}{4N}$ $M_B = -\frac{qh^2k}{4N}$
3	 $\beta = \frac{b}{l}, M_A = \frac{Pa\beta(1+\beta)}{N}$ $M_B = -2M_A$ $M_P = (Pa + M_B)\beta$	7	 $\beta = b/l, M_A = \frac{Pab\beta}{2lN}$ $M_B = -2M_A$ $M_C = -\frac{Pab}{l} \times \left[ \frac{(2-\beta)k + 2(1-\beta)}{2N} \right]$ $M_P = \frac{Pab}{l} + \beta M_B + (1-\beta)M_C$
4	 $M_A = -\frac{Pab}{h} \cdot \frac{3\beta k + 2(1+\beta)}{N}$ $M_B = -\frac{Pab}{h} \cdot \frac{3(1-\beta)k}{N}$ $M_P = \frac{Pab}{h} + \beta M_A + (1-\beta)M_B$ $\beta = b/h$	8	 $M_A = -\frac{M_B}{2}$ $M_B = -\frac{ql^2}{12N}$ $M_C = -\frac{ql^2(3k+2)}{24N}$

(续)

序号	$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l}, N = 2k + 3$	序号	$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l}, N_1 = k + 2, N_2 = 6k + 1, \beta = \frac{b}{l}$
9	 $M_B = M_C = -\frac{Pab}{l} \cdot \frac{3}{2N}$ $M_P = \frac{Pab}{l} \pm M_B$	14	 $M_A = M_D = \frac{ql^2}{12N_1}$ $M_B = M_C = -\frac{ql^2}{6N_1}$ $M_{max} = \frac{ql^2}{8} + M_B = \frac{(2+3k)}{24N_1} ql^2$
10	 $M_B = M_C = -\frac{ql^2}{4N}$ $M_{max} = \frac{ql^2}{8} \pm M_B$	15	 $M_A = -\frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k+1}{N_2}$ $M_B = \frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k}{N_2}$ $M_C = -M_B$ $M_D = -M_A$
11	 $\beta = \frac{b}{h}$ $M_B = \frac{Pa}{2} \left[ -\frac{(2-\beta)\beta k}{N} + 1 \right]$ $M_C = \frac{Pa}{2} \left[ -\frac{(2-\beta)\beta k}{N} - 1 \right]$ $M_P = (1-\beta)(Pb - M_B)$	16	 $\left. \begin{aligned} M_A \\ M_D \end{aligned} \right\} = -X_1 \mp \left( \frac{Pa}{2} - X_3 \right)$ $\left. \begin{aligned} M_B \\ M_C \end{aligned} \right\} = -X_2 \pm X_3$ $X_1 = \frac{Pab}{h} \cdot \frac{1+\beta+\beta k}{2N_1}$ $X_2 = \frac{Pab}{h} \cdot \frac{(1-\beta)k}{2N_1}$ $X_3 = \frac{3Pa(1-\beta)k}{2N_2}$
12	 $M_B = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k}{2N} + 1 \right)$ $M_C = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k}{2N} - 1 \right)$	17	 $M_A = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k+3}{6N_1} - \frac{4k+1}{N_2} \right)$ $M_B = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k}{6N_1} + \frac{2k}{N_2} \right)$ $M_C = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k}{6N_1} - \frac{2k}{N_2} \right)$ $M_D = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k+3}{6N_1} + \frac{4k+1}{N_2} \right)$
$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l}, N_1 = k + 2, N_2 = 6k + 1, \beta = \frac{b}{l}$		$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l}, N_1 = k + 2, N_2 = 6k + 1, \beta = \frac{b}{l}$	
13	 $M_A = \frac{Pab}{l} \left( \frac{1}{2N_1} - \frac{2\beta-1}{2N_2} \right)$ $M_B = -\frac{Pab}{l} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{2\beta-1}{2N_2} \right)$ $M_C = -\frac{Pab}{l} \left( \frac{1}{N_1} - \frac{2\beta-1}{2N_2} \right)$ $M_D = \frac{Pab}{l} \left( \frac{1}{2N_1} + \frac{2\beta-1}{2N_2} \right)$	17	 $M_A = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k+3}{6N_1} - \frac{4k+1}{N_2} \right)$ $M_B = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k}{6N_1} + \frac{2k}{N_2} \right)$ $M_C = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k}{6N_1} - \frac{2k}{N_2} \right)$ $M_D = \frac{qh^2}{4} \left( -\frac{k+3}{6N_1} + \frac{4k+1}{N_2} \right)$



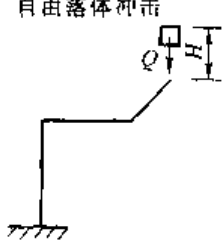
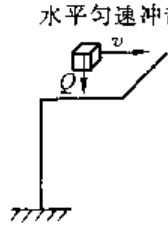
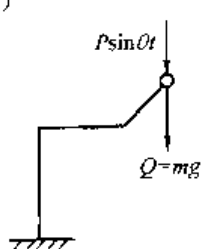
(续)



序号	$k = \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{h}{l} \cdot m = \frac{I_1}{I_3}, \alpha = \frac{r}{l}, \nu = (2 \cdot k) + \frac{m}{k} (3 + 2k), \mu = 1 + 6k + m$	
18		$\left. \begin{aligned} M_A \\ M_D \end{aligned} \right\} = \frac{Pl}{2} \alpha (1 - \alpha) \left\{ \frac{1}{\nu} \mp \frac{1 - 2\alpha}{\mu} \right\}$ $\left. \begin{aligned} M_B \\ M_C \end{aligned} \right\} = \frac{Pl}{2} \alpha (1 - \alpha) \left\{ -\frac{2k + 3m}{k\nu} \mp \frac{1 - 2\alpha}{\mu} \right\}$
19		$\left. \begin{aligned} M_A \\ M_D \end{aligned} \right\} = \frac{Pl}{2} \alpha (1 - \alpha) m \left\{ \frac{3 + 2k}{k\nu} \pm \frac{1 - 2\alpha}{\mu} \right\}$ $\left. \begin{aligned} M_B \\ M_C \end{aligned} \right\} = -\frac{Pl}{2} \alpha (1 - \alpha) m \left\{ \frac{1}{\nu} \mp \frac{1 - 2\alpha}{\mu} \right\}$
$k = \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{h}{l} \cdot m = \frac{I_1}{I_3}, \nu = (2 - k) + \frac{m}{k} (3 + 2k), \mu = 1 + 6k + m$		
20		$\eta = \frac{y}{h}, \left. \begin{aligned} M_A \\ M_D \end{aligned} \right\} = \frac{Ph}{2} \eta \left\{ \frac{1}{\nu} \left[ (1 + k)\eta - (2 + k) \right] \mp \frac{1 + 3k(2 - \eta)}{\mu} \right\}$ $\left. \begin{aligned} M_B \\ M_C \end{aligned} \right\} = \frac{Ph}{2} \eta \left\{ \frac{1 - \eta}{\nu} \left[ (k + m)\eta + m \right] \pm \frac{3k\eta + m}{\mu} \right\}$
21		$\left. \begin{aligned} M_A \\ M_D \end{aligned} \right\} = \frac{qh^2}{4} \left\{ \frac{3 - k}{6\nu} \mp \frac{1 - 4k}{\mu} \right\}$ $\left. \begin{aligned} M_B \\ M_C \end{aligned} \right\} = \frac{qh^2}{4} \left\{ -\frac{k + 3m}{6\nu} \pm \frac{2k - m}{\mu} \right\}$
22		<p>(1) 载荷在构件 BC 上</p> $M_A = M_D = \frac{ql^2}{12} \cdot \frac{1}{\nu} \quad M_B = M_C = -\frac{ql^2}{12} \cdot \frac{2k + 3m}{k\nu}$ <p>(2) 载荷在构件 AD 上</p> $M_A = M_D = \frac{ql^2}{12} \cdot m \cdot \frac{3 + 2k}{k\nu} \quad M_B = M_C = -\frac{ql^2}{12} \cdot \frac{m}{\nu}$
23		$I_1 = I_3$ $M_A = M_B = M_C = M_D = -\frac{q}{12} \cdot \frac{l^2 - kh^2}{k + 1}$

注:引起刚架内侧拉伸的是正弯矩。

表 4.1-30 杆结构的冲击和振动应力及位移的计算式

类型	冲击或振动动荷系数 $K_d$	动应力 $\sigma_d$	动位移 $\Delta_d$
自由落体冲击 	$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\Delta_{st}^*}}$	$\sigma_d = K_d \sigma_{st}$	$\Delta_d = K_d \Delta_{st}$
水平匀速冲击 	$K_d = \sqrt{\frac{v^2}{g \Delta_{st}^*}}$		
单自由度小阻尼强迫振动(简谐载荷) 	$K_d = 1 + \beta \frac{\Delta_p}{\Delta_{st}^*}$ $\beta = \frac{1}{\sqrt{\left[ \left( 1 - \frac{\theta^2}{\omega^2} \right)^2 + 4 \left( \frac{n}{\omega} \right)^2 \left( \frac{\theta}{\omega} \right)^2 \right]}}$	$\sigma_{dmax} = K_d \sigma_{st}$ $\sigma_{dmin} = \left( 1 - \beta \frac{\Delta_p}{\Delta_{st}^*} \right) \sigma_{st}$	$\Delta_{dmax} = K_d \Delta_{st}$ $\Delta_{dmin} = \left( 1 - \beta \frac{\Delta_p}{\Delta_{st}^*} \right) \Delta_{st}$

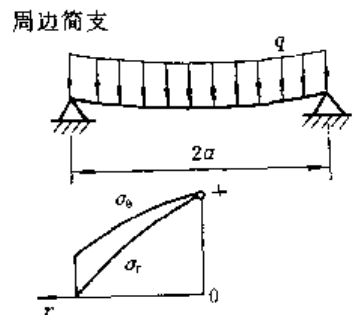
符号含义： $\Delta_{st}^*$ 、 $\Delta_{st}$ —在冲击点(或集中质量  $m$  处)沿冲击(或振动)方向，在静载  $Q$  作用下，于该处及所求点所产生的静位移； $\Delta_p$ —在最大干扰力  $P$  静载作用下，在集中质量  $m$  处沿振动方向产生的位移； $\sigma_{st}$ —在冲击点(或集中质量  $m$  处)静载  $Q$  作用下，于所求点所产生的静应力； $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$  结构的固有频率； $k$ —结构的刚度(在冲击点或集中质量  $m$  处，沿冲击或振动方向产生单位位移所需的力)； $\theta$ —简谐载荷的圆频率； $n$ —阻尼系数

注：1. 表中计算式适用于单杆、折杆、刚架和桁架等各种杆结构。

2. 表中  $K_d$  的计算略去了杆结构的质量。

## 7 薄板

表 4.1-31 等厚实心圆板的应力和位移( $\nu=0.3$ )

序号	载荷,约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式
1	(1)在整个板面作用均布载荷 $q$ 周边简支 	$\sigma_r = \mp 1.24(1-k^2)m^2q$ $\sigma_\theta = \mp 1.24(1-0.576k^2)m^2q$ $\sigma_{max} = (\sigma_r)_{k=0} = (\sigma_\theta)_{k=0} = \mp 1.24m^2q$ $w = 0.171(1-k^2)(4.08-k^2)m^4 \frac{qt}{E}$ $w_{max} = (w)_{k=0} = 0.696 \frac{qt}{E} m^4$

(续)

序号	载荷,约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式																																	
2	<p>周边固定</p>	$\sigma_r = \mp (0.488 - 1.24k^2)m^2q$ $\sigma_\theta = \mp (0.488 - 0.713k^2)m^2q$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=1} = \pm 0.750m^2q$ $w = 0.171(1-k^2)^2m^4 \frac{qt}{E}$ $w_{\max} = (w)_{k=0} = 0.171m^4 \frac{qt}{E}$																																	
(2)在半径为b的同心圆域内作用均布载荷q																																			
3	<p>周边简支</p>	<p>当 <math>0 \leq k \leq K</math>:</p> $\sigma_r = \mp (1.5K^2 - 0.263K^4 - 1.95K^2 \ln K - 1.24k^2)m^2q$ $\sigma_\theta = \sigma_r + 0.525m^2qk^2$ $w = \left[ 0.171k^4 - (1.05 - 0.184K^2)k^2K^2 + \left( 1.37 \frac{k^2}{K^2} + 0.683 \right) K^4 \ln K + 1.73K^2 - 1.04K^4 \right] m^4qt/E$ <p>当 <math>K \leq k \leq 1</math>:</p> $\sigma_r = \mp [0.263(1/k^2 - 1)K^4 - 1.95K^2 \ln k]m^2q$ $\sigma_\theta = \mp [-1.5K^2 - 0.263(1/k^2 + 1)K^4 - 1.95K^2 \ln k]m^2q$ $w = \left[ 0.263(1-k^2)(6.6/K^2 - 0.7) + 0.683 \left( 1 + \frac{2k^2}{K^2} \right) \ln k \right] \frac{K^4 m^4 qt}{E}$ <p>在中心(<math>k=0</math>):</p> $\sigma_r = \sigma_\theta = \mp \alpha m^2q$ $(\alpha = 1.5K^2 - 0.263K^4 - 1.95K^2 \ln K)$ $w - w_{\max} = \beta m^4 \frac{qt}{E}$ $(\beta = 1.73K^2 - 1.04K^4 - 0.683K^4 \ln K)$ <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>K</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.060</td> <td>0.185</td> <td>0.344</td> <td>0.519</td> <td>0.697</td> <td>0.865</td> <td>1.013</td> <td>1.137</td> <td>1.209</td> <td>1.238</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.017</td> <td>0.066</td> <td>0.141</td> <td>0.235</td> <td>0.339</td> <td>0.444</td> <td>0.542</td> <td>0.622</td> <td>0.676</td> <td>0.696</td> </tr> </table>	K	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	0.060	0.185	0.344	0.519	0.697	0.865	1.013	1.137	1.209	1.238	$\beta$	0.017	0.066	0.141	0.235	0.339	0.444	0.542	0.622	0.676	0.696
K	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																									
$\alpha$	0.060	0.185	0.344	0.519	0.697	0.865	1.013	1.137	1.209	1.238																									
$\beta$	0.017	0.066	0.141	0.235	0.339	0.444	0.542	0.622	0.676	0.696																									
4	<p>周边固定</p>	<p>当 <math>0 \leq k \leq K</math>:</p> $\sigma_r = \mp [0.488(K^4 - 4K^2 \ln K) - 1.24k^2]m^2q$ $\sigma_\theta = \mp [0.488(K^4 - 4K^2 \ln K) - 0.713k^2]m^2q$ $w = \left[ 0.171k^4 - 0.341k^2K^4 + 0.683K^4 \left( 1 + \frac{2k^2}{K^2} \right) \ln K + 0.683K^2 - 0.512K^4 \right] m^4 \frac{qt}{E}$ <p>当 <math>K \leq k \leq 1</math>:</p> $\sigma_r = \mp \left[ 0.488(K^2 - 4 \ln k) + 0.263 \frac{K^2}{k^2} - 1.5 \right] K^2 m^2q$ $\sigma_\theta = \mp \left[ 0.488(K^2 - 4 \ln k) - 0.263 \frac{K^2}{k^2} - 0.45 \right] K^2 m^2q$ $w = 0.683K^4 \left[ \frac{(1-k^2)}{K^2} - 0.5k^2 + \left( 1 + \frac{2k^2}{K^2} \right) \ln k + 0.5 \right] \frac{m^4 qt}{E}$ <p>在中心(<math>k=0</math>); 当 <math>k &lt; 0.569</math>:</p> $\sigma_r = \sigma_\theta = \sigma_{\max} = \mp \alpha m^2q$ $(\alpha = 0.488(K^2 - 4 \ln K)K^2)$ <p>当 <math>k &gt; 0.569</math>:</p> $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=1} = \mp \alpha m^2q$ $\alpha = 1.5K^2 - 0.75K^4$ $w - w_{\max} = \beta m^4 \frac{qt}{E}$ $(\beta = (0.683 - 0.512K^2 + 0.683K^2 \ln K)K^2)$ <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>K</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.045</td> <td>0.126</td> <td>0.215</td> <td>0.298</td> <td>0.368</td> <td>0.443</td> <td>0.555</td> <td>0.653</td> <td>0.723</td> <td>0.750</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.017</td> <td>0.025</td> <td>0.051</td> <td>0.080</td> <td>0.109</td> <td>0.134</td> <td>0.153</td> <td>0.165</td> <td>0.170</td> <td>0.171</td> </tr> </table>	K	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	0.045	0.126	0.215	0.298	0.368	0.443	0.555	0.653	0.723	0.750	$\beta$	0.017	0.025	0.051	0.080	0.109	0.134	0.153	0.165	0.170	0.171
K	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																									
$\alpha$	0.045	0.126	0.215	0.298	0.368	0.443	0.555	0.653	0.723	0.750																									
$\beta$	0.017	0.025	0.051	0.080	0.109	0.134	0.153	0.165	0.170	0.171																									

(续)

序号	载荷、约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式
(3)在板的中心作用集中力 $P$		
5	<p>周边简支</p>	$\sigma_r = \mp (0.621 \ln 1/k) \frac{P}{r^2}$ $\sigma_\theta = \mp (0.334 - 0.621 \ln k) \frac{P}{r^2}$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=0} - (\sigma_\theta)_{r=c} = (1.153 - 0.631 \ln m) \frac{P}{t^2}$ $\tau = [0.551(1-k^2) - 0.434k^2 \ln k] m^2 \frac{P}{Et}$ $\tau'_{\max} = (\tau)_{k=0} = 0.551 m' \frac{P}{Et}$
6	<p>周边固定</p>	$\sigma_r = \mp (0.621 \ln 1/k - 0.477) \frac{P}{r^2}$ $\sigma_\theta = \mp (0.621 \ln 1/k - 0.143) \frac{P}{r^2}$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=0} - (\sigma_\theta)_{r=c} = (0.631 \ln m - 0.676) \frac{P}{t^2}$ $(\sigma_r)_{r=c} = +0.477 \frac{P}{t^2}$ $\tau = 0.217 [1 - (1 - 2 \ln k) k^2] m^2 \frac{P}{Et}$ $\tau'_{\max} = (\tau)_{k=0} = 0.217 m^2 \frac{P}{Et}$
说明	$\sigma_r, \sigma_\theta$ —板上、下表面处的径向与周向弯曲应力,式前的“+”、“-”号中,上面的指上表面,下面的指下表面; $\tau$ —挠度,向下为正; $r$ —所求点半径; $k = \frac{r}{a}$ ; $K = \frac{b}{a}$ ; $m = \frac{a}{t}$ ; $t$ —板厚	

表 4.1-32 等厚圆环板的应力与位移 ( $\nu=0.3$ )

序号	载荷、约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式																																				
(1)在整个板面作用均布载荷																																						
$\sigma_r = \pm [1.24k^2 + 1.95(A - \ln k)C - 0.263(2C + BD/k^2)] m^2 q$ $\sigma_\theta = \pm [0.713k^2 + 1.95(A - \ln k)C + 0.263(2C - BD/k^2)] m^2 q$ <p>对内边自由,外边简支;内边自由,外边固定;内边可动固定,外边简支;内边可动固定,外边固定等情况:</p> $w = 0.171 [1 - k^4 + 8(A+1)(1 - k^2)K^2 - 4(B - 2K^2k^2) \ln k] m^4 \frac{qt}{E}$ <p>对内边简支、外边自由和内边固定、外边自由的情况:</p> $w = 0.171 [K^2 - k^2 + 8(A+1 - \ln k)] (k^2 - K^2) - 4(B + 2K^2) \ln k / K] \frac{m^4 qt}{E}$																																						
1	<p>内边自由,外边简支</p>	$A = \frac{K^2}{K^2 - 1} \ln K - 0.365 - 0.635/K^2 \quad B = 7.43 \frac{K^4}{K^2 - 1} \ln K - 4.71 K^2$ $C = K^2, \quad D = 1 \quad \sigma_{\max} - (\sigma_\theta)_{k=K} = \mp am'q \quad w_{\max} = (\tau)_{k=K} = \beta m^4 \frac{q}{E} t$ <table border="1"> <tr> <td><math>K</math></td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>2.475</td> <td>2.379</td> <td>2.192</td> <td>1.964</td> <td>1.710</td> <td>1.443</td> <td>1.165</td> <td>0.881</td> <td>0.592</td> <td>0.298</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.696</td> <td>0.750</td> <td>0.813</td> <td>0.831</td> <td>0.787</td> <td>0.682</td> <td>0.530</td> <td>0.354</td> <td>0.184</td> <td>0.053</td> <td>0</td> </tr> </table>	$K$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	2.475	2.379	2.192	1.964	1.710	1.443	1.165	0.881	0.592	0.298	0	$\beta$	0.696	0.750	0.813	0.831	0.787	0.682	0.530	0.354	0.184	0.053	0
$K$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	2.475	2.379	2.192	1.964	1.710	1.443	1.165	0.881	0.592	0.298	0																											
$\beta$	0.696	0.750	0.813	0.831	0.787	0.682	0.530	0.354	0.184	0.053	0																											

(续)

序号	载荷、约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式																																				
2	<p>内边自由,外边固定</p>	$A = -\frac{1}{2.8 + 5.2K^2} (0.7(2 + 1/K^2) + (1.9 - 5.2 \ln K)K^2)$ $B = \frac{-K^2}{0.7 + 1.3K^2} [1.3(1 + 4K^2 \ln K) - 0.7K^2]$ $C = K^2, D = 1$ <p>当 <math>k &lt; 0.168</math>, <math>\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=K} = \mp am^2q</math>            当 <math>k &gt; 0.168</math>, <math>\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=1} = \pm am^2q</math></p> $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^4 \frac{q}{E} t$ <table border="1"> <tr> <td>K</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td><td>0.975</td><td>0.869</td><td>0.730</td><td>0.681</td><td>0.596</td><td>0.480</td><td>0.348</td><td>0.217</td><td>0.105</td><td>0.028</td><td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td><td>0.171</td><td>0.181</td><td>0.175</td><td>0.144</td><td>0.100</td><td>0.058</td><td>0.0130</td><td>0.009</td><td>0.002</td><td>0.001</td><td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	0.975	0.869	0.730	0.681	0.596	0.480	0.348	0.217	0.105	0.028	0	$\beta$	0.171	0.181	0.175	0.144	0.100	0.058	0.0130	0.009	0.002	0.001	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	0.975	0.869	0.730	0.681	0.596	0.480	0.348	0.217	0.105	0.028	0																											
$\beta$	0.171	0.181	0.175	0.144	0.100	0.058	0.0130	0.009	0.002	0.001	0																											
3	<p>内边可动固定,外边简支</p>	$A = -\frac{1}{5.2 + 2.8K^2} (3.31/K^2 + 0.7[(3 - 4 \ln K)K^2 - 2])$ $B = \frac{K^2}{1.3 + 0.7K^2} [3.3 - (5.3 - 5.2 \ln K)K^2]$ $C = K^2, D = 1$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=K} = \mp am^2q$ $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^4 \frac{q}{E} t$ <table border="1"> <tr> <td>K</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td><td>1.904</td><td>1.802</td><td>1.585</td><td>1.311</td><td>1.017</td><td>0.733</td><td>0.481</td><td>0.282</td><td>0.122</td><td>0.030</td><td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td><td>0.696</td><td>0.628</td><td>0.493</td><td>0.343</td><td>0.211</td><td>0.113</td><td>0.050</td><td>0.017</td><td>0.003</td><td>0.0002</td><td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	1.904	1.802	1.585	1.311	1.017	0.733	0.481	0.282	0.122	0.030	0	$\beta$	0.696	0.628	0.493	0.343	0.211	0.113	0.050	0.017	0.003	0.0002	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	1.904	1.802	1.585	1.311	1.017	0.733	0.481	0.282	0.122	0.030	0																											
$\beta$	0.696	0.628	0.493	0.343	0.211	0.113	0.050	0.017	0.003	0.0002	0																											
4	<p>内边可动固定,外边固定</p>	$A = -0.25(3 + 1/K^2) - \frac{K^2}{1 - K^2} \ln K$ $B = \left(1 + \frac{4K^2}{1 - K^2} \ln K\right) K^2$ $C = K^2, D = 1$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=1} = \pm am^2q$ $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^4 \frac{q}{E} t$ <table border="1"> <tr> <td>K</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td><td>0.750</td><td>0.728</td><td>0.668</td><td>0.580</td><td>0.474</td><td>0.361</td><td>0.250</td><td>0.151</td><td>0.072</td><td>0.017</td><td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td><td>0.171</td><td>0.150</td><td>0.112</td><td>0.075</td><td>0.044</td><td>0.023</td><td>0.010</td><td>0.003</td><td>0.0007</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	0.750	0.728	0.668	0.580	0.474	0.361	0.250	0.151	0.072	0.017	0	$\beta$	0.171	0.150	0.112	0.075	0.044	0.023	0.010	0.003	0.0007	0	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	0.750	0.728	0.668	0.580	0.474	0.361	0.250	0.151	0.072	0.017	0																											
$\beta$	0.171	0.150	0.112	0.075	0.044	0.023	0.010	0.003	0.0007	0	0																											

(续)

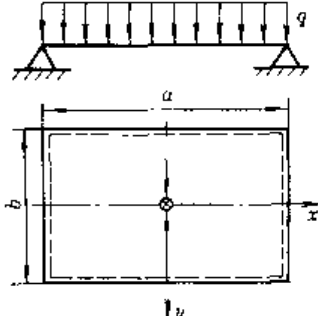
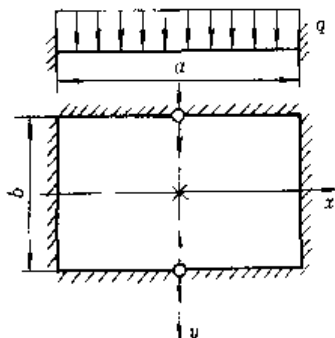
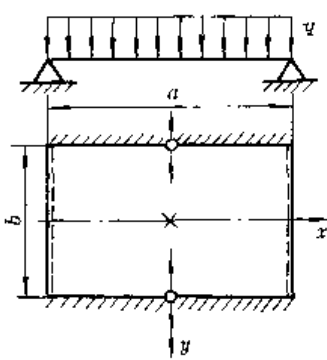
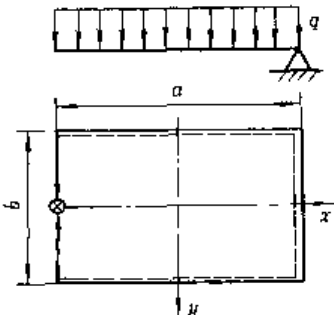
序号	载荷,约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式																																				
5	<p>内边简支,外边自由</p>	$A = \frac{-K^2}{1-K^2} \ln K - 0.365 - 0.635K^2$ $B = 4.71K^2 + 7.43 \frac{K^2}{1-K^2} \ln K$ $C = 1, D = 1$ $\sigma_{\max} = (\sigma_{\theta})_{k=K} = \pm am^2 q$ $w_{\max} = (w)_{k=1} = \beta m^2 \frac{q}{E} t$ <table border="1"> <tr> <td>K</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td> </tr> <tr> <td>a</td><td>—</td><td>7.641</td><td>5.092</td><td>3.688</td><td>2.745</td><td>2.048</td><td>1.499</td><td>1.045</td><td>0.656</td><td>0.312</td><td>0</td> </tr> <tr> <td>β</td><td>1.037</td><td>1.217</td><td>1.309</td><td>1.265</td><td>1.117</td><td>0.902</td><td>0.656</td><td>0.412</td><td>0.202</td><td>0.055</td><td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	a	—	7.641	5.092	3.688	2.745	2.048	1.499	1.045	0.656	0.312	0	β	1.037	1.217	1.309	1.265	1.117	0.902	0.656	0.412	0.202	0.055	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
a	—	7.641	5.092	3.688	2.745	2.048	1.499	1.045	0.656	0.312	0																											
β	1.037	1.217	1.309	1.265	1.117	0.902	0.656	0.412	0.202	0.055	0																											
6	<p>内边固定,外边自由</p>	$A = \frac{1}{5.2 + 2.8K^2} [1.9 + 0.7(2 + K^2 - 4 \ln K) K^2]$ $B = \frac{K^2}{1.3 + 0.7K^2} [0.7 + 1.3(K^2 - 4 \ln K)]$ $C = 1, D = -1$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=K} = \pm am^2 q$ $w_{\max} = (w)_{k=1} = \beta m^2 \frac{q}{E} t$ <table border="1"> <tr> <td>K</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td> </tr> <tr> <td>a</td><td>—</td><td>5.787</td><td>3.680</td><td>2.462</td><td>1.633</td><td>1.041</td><td>0.618</td><td>0.324</td><td>0.135</td><td>0.032</td><td>0</td> </tr> <tr> <td>β</td><td>1.037</td><td>0.827</td><td>0.560</td><td>0.347</td><td>0.193</td><td>0.094</td><td>0.038</td><td>0.012</td><td>0.002</td><td>0.0001</td><td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	a	—	5.787	3.680	2.462	1.633	1.041	0.618	0.324	0.135	0.032	0	β	1.037	0.827	0.560	0.347	0.193	0.094	0.038	0.012	0.002	0.0001	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
a	—	5.787	3.680	2.462	1.633	1.041	0.618	0.324	0.135	0.032	0																											
β	1.037	0.827	0.560	0.347	0.193	0.094	0.038	0.012	0.002	0.0001	0																											
	<p>(2)在内周边上作用均布载荷,其合力为P</p>	$\sigma_r = \mp [0.621(A - \ln k) - 0.167(1 - B/k^2)] \frac{P}{t^2}$ $\sigma_{\theta} = \mp [0.621(A - \ln k) + 0.167(1 - B/k^2)] \frac{P}{t^2}$ $w = 0.434[(1 + A)(1 - k^2) + (B + k^2) \ln k] m^2 \frac{P}{Et}$																																				
7	<p>内边自由,外边简支</p>	$A = 0.269 - \frac{K^2}{1-K^2} \ln K$ $B = 3.71 \frac{K^2}{1-K^2} \ln K$ $\sigma_{\max} = (\sigma_{\theta})_{k=K} = \mp a \frac{P}{t^2}$ $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^2 \frac{P}{Et}$ <table border="1"> <tr> <td>K</td><td>0</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.9</td><td>1.0</td> </tr> <tr> <td>a</td><td>—</td><td>3.222</td><td>2.415</td><td>1.977</td><td>1.688</td><td>1.482</td><td>1.325</td><td>1.202</td><td>1.104</td><td>1.023</td><td>0.955</td> </tr> <tr> <td>β</td><td>0.550</td><td>0.632</td><td>0.704</td><td>0.733</td><td>0.721</td><td>0.672</td><td>0.590</td><td>0.478</td><td>0.341</td><td>0.181</td><td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	a	—	3.222	2.415	1.977	1.688	1.482	1.325	1.202	1.104	1.023	0.955	β	0.550	0.632	0.704	0.733	0.721	0.672	0.590	0.478	0.341	0.181	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
a	—	3.222	2.415	1.977	1.688	1.482	1.325	1.202	1.104	1.023	0.955																											
β	0.550	0.632	0.704	0.733	0.721	0.672	0.590	0.478	0.341	0.181	0																											

(续)

序号	载荷,约束条件及下表面的应力分布	应力与位移计算式																																				
8	<p>内边自由,外边固定</p>	$A = \frac{1}{0.538 + K^2} [K^2 \ln K - 0.269(1 - K^2)]$ $B = \frac{2K^2}{0.538 - K^2} (\ln K + 0.769)$ <p>当 <math>K &lt; 0.385</math>, <math>\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=K} = \mp \alpha \frac{P}{t^2}</math></p> <p>当 <math>K &gt; 0.385</math>, <math>\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=1} = \pm \alpha \frac{P}{t^2}</math></p> $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^2 \frac{P}{Et}$ <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>—</td> <td>2.203</td> <td>1.305</td> <td>0.797</td> <td>0.510</td> <td>0.454</td> <td>0.379</td> <td>0.290</td> <td>0.194</td> <td>0.097</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.217</td> <td>0.247</td> <td>0.238</td> <td>0.191</td> <td>0.123</td> <td>0.081</td> <td>0.042</td> <td>0.017</td> <td>0.005</td> <td>0.001</td> <td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	—	2.203	1.305	0.797	0.510	0.454	0.379	0.290	0.194	0.097	0	$\beta$	0.217	0.247	0.238	0.191	0.123	0.081	0.042	0.017	0.005	0.001	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	—	2.203	1.305	0.797	0.510	0.454	0.379	0.290	0.194	0.097	0																											
$\beta$	0.217	0.247	0.238	0.191	0.123	0.081	0.042	0.017	0.005	0.001	0																											
9	<p>内边可动固定,外边简支</p>	$A = \frac{1}{3.71 + 2K^2} [1 - (1 - 2 \ln K) K^2]$ $B = \frac{2K^2}{1.3 + 0.7K^2} (1 - 1.3 \ln K)$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=K} = \mp \alpha \frac{P}{t^2}$ $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^2 \frac{P}{Et}$ <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>—</td> <td>2.440</td> <td>1.746</td> <td>1.320</td> <td>1.004</td> <td>0.753</td> <td>0.546</td> <td>0.373</td> <td>0.227</td> <td>0.104</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.551</td> <td>0.468</td> <td>0.332</td> <td>0.241</td> <td>0.153</td> <td>0.088</td> <td>0.044</td> <td>0.018</td> <td>0.005</td> <td>0.0006</td> <td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	—	2.440	1.746	1.320	1.004	0.753	0.546	0.373	0.227	0.104	0	$\beta$	0.551	0.468	0.332	0.241	0.153	0.088	0.044	0.018	0.005	0.0006	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	—	2.440	1.746	1.320	1.004	0.753	0.546	0.373	0.227	0.104	0																											
$\beta$	0.551	0.468	0.332	0.241	0.153	0.088	0.044	0.018	0.005	0.0006	0																											
10	<p>内边可动固定,外边固定</p>	$A = \frac{-K^2}{1 - K^2} \ln K - 0.5, B = \frac{-2K^2}{1 - K^2} \ln K$ $\sigma_{\max} = (\sigma_r)_{k=K} = \mp \alpha \frac{P}{t^2}$ $w_{\max} = (w)_{k=K} = \beta m^2 \frac{P}{Et}$ <table border="1"> <tr> <td>K</td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>—</td> <td>1.744</td> <td>1.123</td> <td>0.786</td> <td>0.564</td> <td>0.405</td> <td>0.285</td> <td>0.190</td> <td>0.114</td> <td>0.052</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.217</td> <td>0.169</td> <td>0.115</td> <td>0.073</td> <td>0.044</td> <td>0.024</td> <td>0.011</td> <td>0.005</td> <td>0.0007</td> <td>0.0002</td> <td>0</td> </tr> </table>	K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$\alpha$	—	1.744	1.123	0.786	0.564	0.405	0.285	0.190	0.114	0.052	0	$\beta$	0.217	0.169	0.115	0.073	0.044	0.024	0.011	0.005	0.0007	0.0002	0
K	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																											
$\alpha$	—	1.744	1.123	0.786	0.564	0.405	0.285	0.190	0.114	0.052	0																											
$\beta$	0.217	0.169	0.115	0.073	0.044	0.024	0.011	0.005	0.0007	0.0002	0																											

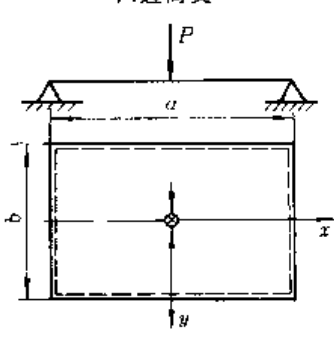
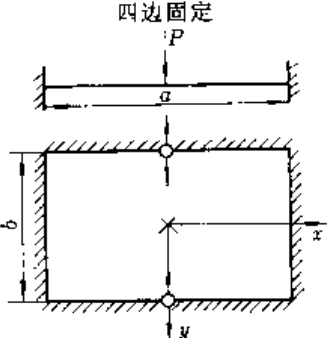
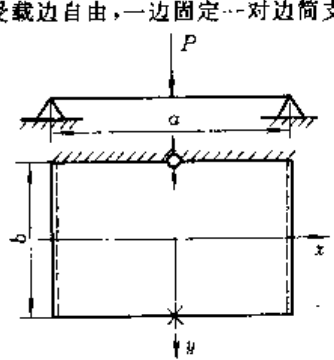

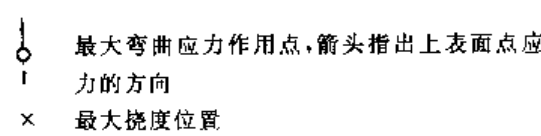
注:符号表示与表 4.1-31 同。

表 4.1-33 等厚矩形板的应力与位移 ( $\nu=0.3$ )

序号	约束条件, $\sigma_{\max}, w_{\max}$ 位置	$\alpha, \beta$ 系数值																								
(1) 在整个板面上作用均布荷载 $q$																										
$\sigma_{\max} = \alpha \left( \frac{b}{t} \right)^2 q, \quad w_{\max} = \beta \left( \frac{b}{t} \right)^4 \frac{q}{E} t$																										
1	<p style="text-align: center;">四边简支</p> 	<table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1.0</td> <td>1.1</td> <td>1.2</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> <td>1.5</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.2874</td> <td>0.3318</td> <td>0.3756</td> <td>0.4158</td> <td>0.4518</td> <td>0.4872</td> <td>0.5172</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.0443</td> <td>0.0530</td> <td>0.0616</td> <td>0.0697</td> <td>0.0770</td> <td>0.0843</td> <td>0.0906</td> </tr> </table>	$a/b$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	$\alpha$	0.2874	0.3318	0.3756	0.4158	0.4518	0.4872	0.5172	$\beta$	0.0443	0.0530	0.0616	0.0697	0.0770	0.0843	0.0906
		$a/b$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6																	
$\alpha$	0.2874	0.3318	0.3756	0.4158	0.4518	0.4872	0.5172																			
$\beta$	0.0443	0.0530	0.0616	0.0697	0.0770	0.0843	0.0906																			
<table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1.7</td> <td>1.8</td> <td>1.9</td> <td>2.0</td> <td>3.0</td> <td>4.0</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.5448</td> <td>0.5688</td> <td>0.5910</td> <td>0.6102</td> <td>0.7134</td> <td>0.7410</td> <td>0.7500</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.0964</td> <td>0.1017</td> <td>0.1064</td> <td>0.1106</td> <td>0.1336</td> <td>0.1400</td> <td>0.1422</td> </tr> </table>	$a/b$	1.7	1.8	1.9	2.0	3.0	4.0	$\infty$	$\alpha$	0.5448	0.5688	0.5910	0.6102	0.7134	0.7410	0.7500	$\beta$	0.0964	0.1017	0.1064	0.1106	0.1336	0.1400	0.1422		
$a/b$	1.7	1.8	1.9	2.0	3.0	4.0	$\infty$																			
$\alpha$	0.5448	0.5688	0.5910	0.6102	0.7134	0.7410	0.7500																			
$\beta$	0.0964	0.1017	0.1064	0.1106	0.1336	0.1400	0.1422																			
2	<p style="text-align: center;">四边固定</p> 	<table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1.0</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.8</td> <td>2.0</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.3078</td> <td>0.3834</td> <td>0.4356</td> <td>0.4680</td> <td>0.4872</td> <td>0.4974</td> <td>0.5000</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.0138</td> <td>0.0188</td> <td>0.0226</td> <td>0.0251</td> <td>0.0267</td> <td>0.0277</td> <td>0.0284</td> </tr> </table>	$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$	$\alpha$	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000	$\beta$	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284
		$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$																	
$\alpha$	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.5000																			
$\beta$	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284																			
3	<p style="text-align: center;">一对边简支, 另一对边固定</p> 	<table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>0</td> <td>0.5</td> <td>1/1.8</td> <td>1/1.6</td> <td>1/1.4</td> <td>1/1.2</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.750</td> <td>0.7146</td> <td>0.6912</td> <td>0.6540</td> <td>0.5988</td> <td>0.5208</td> <td>0.4182</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.1422</td> <td>0.0922</td> <td>0.0800</td> <td>0.0658</td> <td>0.0502</td> <td>0.0349</td> <td>0.0210</td> </tr> </table>	$a/b$	0	0.5	1/1.8	1/1.6	1/1.4	1/1.2	1.0	$\alpha$	0.750	0.7146	0.6912	0.6540	0.5988	0.5208	0.4182	$\beta$	0.1422	0.0922	0.0800	0.0658	0.0502	0.0349	0.0210
		$a/b$	0	0.5	1/1.8	1/1.6	1/1.4	1/1.2	1.0																	
$\alpha$	0.750	0.7146	0.6912	0.6540	0.5988	0.5208	0.4182																			
$\beta$	0.1422	0.0922	0.0800	0.0658	0.0502	0.0349	0.0210																			
<table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.8</td> <td>2.0</td> <td><math>\infty</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.4626</td> <td>0.4860</td> <td>0.4968</td> <td>0.4971</td> <td>0.4973</td> <td>0.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.0243</td> <td>0.0262</td> <td>0.0273</td> <td>0.0280</td> <td>0.0283</td> <td>0.0285</td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">当 <math>a/b &lt; 1</math>: <math>\sigma_{\max} = \alpha \left( \frac{a}{t} \right)^2 q, \quad w_{\max} = \beta \left( \frac{a}{t} \right)^4 \frac{q}{E} t</math></p>	$a/b$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$		$\alpha$	0.4626	0.4860	0.4968	0.4971	0.4973	0.5000		$\beta$	0.0243	0.0262	0.0273	0.0280	0.0283	0.0285			
$a/b$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$																				
$\alpha$	0.4626	0.4860	0.4968	0.4971	0.4973	0.5000																				
$\beta$	0.0243	0.0262	0.0273	0.0280	0.0283	0.0285																				
4	<p style="text-align: center;">三边简支, 一边自由</p> 	<table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1/2</td> <td>2/3</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>3.0</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.36</td> <td>0.50</td> <td>0.67</td> <td>0.768</td> <td>0.79</td> <td>0.798</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.080</td> <td>0.106</td> <td>0.140</td> <td>0.160</td> <td>0.165</td> <td>0.166</td> <td>0.167</td> </tr> </table>	$a/b$	1/2	2/3	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	$\alpha$	0.36	0.50	0.67	0.768	0.79	0.798	0.80	$\beta$	0.080	0.106	0.140	0.160	0.165	0.166	0.167
		$a/b$	1/2	2/3	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0																	
$\alpha$	0.36	0.50	0.67	0.768	0.79	0.798	0.80																			
$\beta$	0.080	0.106	0.140	0.160	0.165	0.166	0.167																			

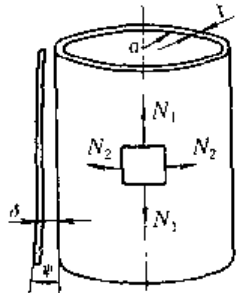
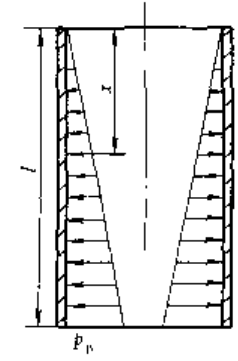
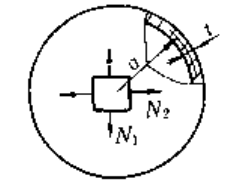
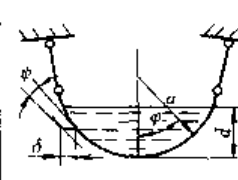


(续)

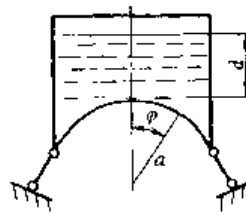
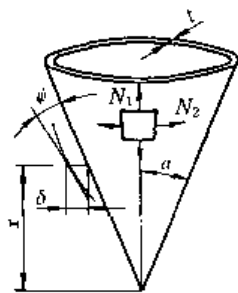
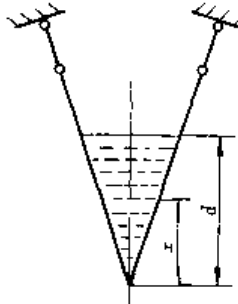
序号	约束条件, $\sigma_{max}, w_{max}$ 位置	$\alpha, \beta$ 系数值																								
(2) 在板的中心作用集中力 $P$																										
$\sigma_{max} = \alpha \frac{P}{t^2} \quad w_{max} = \beta \left( \frac{b}{t} \right)^2 \frac{P}{Et}$																										
5	<p style="text-align: center;">四边简支</p> 	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1.0</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.8</td> <td>2.0</td> <td>3.0</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.1267</td> <td>0.1478</td> <td>0.1621</td> <td>0.1714</td> <td>0.1769</td> <td>0.1803</td> <td>0.1845</td> <td>0.1851</td> </tr> </table> <p>载荷作用点附近的应力分布大致与半径为 <math>0.64b</math>、中心受集中力的简支圆板相同</p>	$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	$\infty$	$\beta$	0.1267	0.1478	0.1621	0.1714	0.1769	0.1803	0.1845	0.1851						
$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	$\infty$																		
$\beta$	0.1267	0.1478	0.1621	0.1714	0.1769	0.1803	0.1845	0.1851																		
6	<p style="text-align: center;">四边固定</p> 	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1.0</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.8</td> <td>2.0</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.7542</td> <td>0.8940</td> <td>0.9624</td> <td>0.9906</td> <td>1.0000</td> <td>1.004</td> <td>1.008</td> </tr> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.06115</td> <td>0.07065</td> <td>0.07545</td> <td>0.07775</td> <td>0.07862</td> <td>0.07884</td> <td>0.07917</td> </tr> </table>	$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$	$\alpha$	0.7542	0.8940	0.9624	0.9906	1.0000	1.004	1.008	$\beta$	0.06115	0.07065	0.07545	0.07775	0.07862	0.07884	0.07917
$a/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$\infty$																			
$\alpha$	0.7542	0.8940	0.9624	0.9906	1.0000	1.004	1.008																			
$\beta$	0.06115	0.07065	0.07545	0.07775	0.07862	0.07884	0.07917																			
(3) 集中载荷作用在自由边中点																										
$\sigma_{max} = \alpha \frac{P}{t^2} \quad w_{max} = \beta \left( \frac{b}{t} \right)^2 \frac{P}{Et}$																										
7	<p style="text-align: center;">受载边自由, 一边固定--对边简支</p> 	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>0.25</td> <td>0.5</td> <td>0.667</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>3.0</td> <td>4.0</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math></td> <td>0.0002</td> <td>0.0702</td> <td>0.2730</td> <td>0.9780</td> <td>2.196</td> <td>2.616</td> <td>2.988</td> <td>3.042</td> <td>3.054</td> </tr> </table> <p>当 <math>a \gg b</math> <math>\beta = 1.835</math></p>	$a/b$	0.25	0.5	0.667	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	$\infty$	$\alpha$	0.0002	0.0702	0.2730	0.9780	2.196	2.616	2.988	3.042	3.054				
$a/b$	0.25	0.5	0.667	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	$\infty$																	
$\alpha$	0.0002	0.0702	0.2730	0.9780	2.196	2.616	2.988	3.042	3.054																	
说明	<p><math>\sigma_{max}</math>—最大弯曲正应力; <math>w_{max}</math>—最大挠度; <math>t</math>—板厚</p> <p>截面图      平面图</p> 	 <p>最大弯曲应力作用点, 箭头指出上表面点应力的方向</p> <p>× 最大挠度位置</p>																								

8 薄壳

表 4.1-34 旋转面薄壳的内力与位移(无矩理论)

序号	壳体类型、载荷及边界条件	内 力	位 移
1	圆柱壳、均匀内压 $p$ 	$N_1 = \begin{cases} \frac{pa}{2} & (\text{两端封闭}) \\ 0 & (\text{两端开口}) \\ \nu pa & (\text{平面应变}) \end{cases}$ $N_2 = pa$	$\delta = \begin{cases} \frac{pa^2}{Et} \left( 1 - \frac{\nu}{2} \right) & (\text{两端封闭}) \\ \frac{pa^2}{Et} & (\text{两端开口}) \\ \frac{pa^2}{Et} (1 - \nu^2) & (\text{平面应变}) \end{cases}$ $\psi = 0$
2	两端开口圆柱壳, 线性变化内压 $p_0 \frac{x}{l}$ 	$N_1 = 0$ $N_2 = \frac{p_0 a x}{l}$	$\delta = \frac{p_0 a^2 x}{Et}$ $\psi = \frac{p_0 a^2}{Et}$
3	球壳,均匀内压 $p$ 或外压( $p$ 取负值) 	$N_1 = N_2 = \frac{pa}{2}$	$\delta = \frac{pa^2(1-\nu)\sin\varphi}{2Et}$ $\psi = 0$
4	球壳,装有深 $d$ , 密度为 $\rho$ 的液体或松散物料,壳体密度 $\rho_0$ ,边界切向支承 	$\cos\varphi \geq 1 - d/a:$ $N_1 = \frac{ga^2}{6} \left[ \rho \left( 3 \frac{d}{a} - 1 + \frac{2\cos^2\varphi}{1+\cos\varphi} \right) + 6\rho_0 \frac{t}{a} \left( \frac{1}{1+\cos\varphi} \right) \right]$ $N_2 = \frac{ga^2}{6} \left\{ \rho \left[ 3 \frac{d}{a} - 5 + \frac{(3+2\cos\varphi)2\cos\varphi}{(1+\cos\varphi)} \right] + 6\rho_0 \frac{t}{a} \left( \cos\varphi - \frac{1}{1-\cos\varphi} \right) \right\}$ $\cos\varphi < 1 - d/a:$ $N_1 = \frac{P}{2\pi a \sin^2\varphi} + \frac{\rho_0 g a t}{1 + \cos\varphi}$ $N_2 = \frac{-P}{2\pi a \sin^2\varphi} + \rho_0 g a \left( \cos\varphi - \frac{1}{1 + \cos\varphi} \right) t$ ( $P$ 为物料重)	$\cos\varphi \geq 1 - d/a:$ $\delta = \frac{ga^3}{6Et} \sin\varphi \left\{ \rho \left[ 3(1-\nu) \frac{d}{a} - 5 + \nu + 2\cos\varphi \times \frac{3+(2-\nu)\cos\varphi}{1+\cos\varphi} \right] - 6 \frac{t}{a} \rho_0 \left( \frac{1+\nu}{1+\cos\varphi} - \cos\varphi \right) \right\}$ $\psi = -\frac{ga^2}{Et} \sin\varphi \left[ \rho + \frac{t}{a} \rho_0 (2+\nu) \right]$ $\cos\varphi > 1 - d/a:$ $\delta = \frac{-(1+\nu)P}{2\pi E t \sin\varphi} - \frac{\rho_0 a^2 g}{E} \sin\varphi \left( \frac{1+\nu}{1+\cos\varphi} - \cos\varphi \right)$ $\psi = -\frac{\rho_0 g a}{E} (2+\nu) \sin\varphi$

(续)

序号	壳体类型、载荷及边界条件	内 力	位 移
5	<p>同 4</p> 	$N_1 = -\frac{ga^2}{6} \left[ \rho \left( -1 + 3 \frac{d}{a} - \frac{2\cos^2\varphi}{1+\cos\varphi} \right) + 6\rho_0 \frac{t}{a} \times \left( \frac{1}{1+\cos\varphi} \right) \right]$ $N_2 = -\frac{ga^2}{6} \left[ \rho \left( -1 + 3 \frac{d}{a} - \frac{4\cos^2\varphi - 6}{1+\cos\varphi} \right) + 6\rho_0 \frac{t}{a} \left( \cos\varphi - \frac{1}{1+\cos\varphi} \right) \right]$	$\delta = -\frac{ga^4}{6Et} \sin\varphi \left\{ \rho \left[ 3 \left( 1 + \frac{d}{a} \right) (1-\nu) - 6\cos\varphi - \frac{2(1+\nu)}{\sin^2\varphi} (\cos^3\varphi - 1) \right] - 6\rho_0 \frac{t}{a} \left( \frac{1+\nu}{1+\cos\varphi} - \cos\varphi \right) \right\}$ $\psi = \frac{ga^2}{Et} \sin\varphi \left[ \rho + \rho_0 \frac{t}{a} (2+\nu) \right]$
6	<p>圆锥壳, 均匀内压 <math>p</math> 或外压 (<math>p</math> 取负值), 边界切向支撑</p> 	$N_1 = \frac{prt \tan\alpha}{2\cos\alpha}$ $N_2 = \frac{prt \tan\alpha}{\cos\alpha}$	$\delta = \frac{pr^2 \tan^2\alpha}{E t \cos\alpha} \left( 1 - \frac{\nu}{2} \right)$ $\psi = \frac{3pr \tan^2\alpha}{2E t \cos\alpha}$
7	<p>圆锥壳, 装有深 <math>d</math>, 密度为 <math>\rho</math> 的液体或松散物料, 壳体密度为 <math>\rho_0</math>, 边界切向支承</p> 	<p><math>x \leq d</math>:</p> $N_1 = \frac{gx}{2\cos^2\alpha} \left[ \rho \sin\alpha \left( d - \frac{2x}{3} \right) - \rho_0 t \right]$ $N_2 = gxt \tan^2\alpha \left[ \rho \frac{(d-x)}{\sin\alpha} - \rho_0 t \right]$ <p><math>x &gt; d</math>:</p> $N_1 = \frac{g}{\cos^2\alpha} \left( \frac{\rho d^2 \sin\alpha}{6x} + \frac{\rho_0 xt}{2} \right)$ $N_2 = \rho_0 gxt \tan^2\alpha$	<p><math>x \leq d</math>:</p> $\delta = \frac{gx^2 \tan^2\alpha}{E \cos\alpha} \left\{ \frac{\rho}{t} \left[ d \left( 1 - \frac{\nu}{2} \right) - x \left( 1 - \frac{\nu}{3} \right) \right] + \rho_0 \left( \sin\alpha - \frac{\nu}{2\sin\alpha} \right) \right\}$ $\psi = \frac{gxs \sin\alpha}{E \cos^3\alpha} \left\{ \frac{\rho}{6t} \sin\alpha (9d - 16x) + 2\rho_0 \times \left[ \sin^2\alpha \left( 1 + \frac{\nu}{2} \right) - \frac{1}{4} (1+2\nu) \right] \right\}$ <p><math>x &gt; d</math>:</p> $\delta = \frac{gt \tan^2\alpha}{E \cos\alpha} \left[ -\frac{\rho d^3}{6t} + \rho_0 x^2 \left( \sin\alpha - \frac{\nu}{2\sin\alpha} \right) \right]$ $\psi = \frac{gt \tan\alpha}{E \cos^2\alpha} \left\{ -\frac{\rho d^3}{6tx} \sin\alpha + 2\rho_0 x \left[ \sin^2\alpha \times \left( 1 + \frac{\nu}{2} \right) - \frac{1}{4} (1+2\nu) \right] \right\}$

注: 1.  $\delta$ —沿平行圆径向位移;  $\psi$ —经线切向转角; 各位移、内力按图示方向为正;  $g$ —重力加速度。

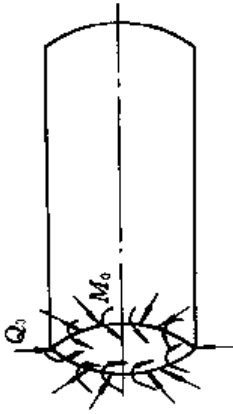
2. 经向正应力  $\sigma_1 = \frac{N_1}{t}$ ; 环向正应力  $\sigma_2 = \frac{N_2}{t}$ 。

表 4.1-35 旋转面薄壳的内力与位移(有矩理论解)

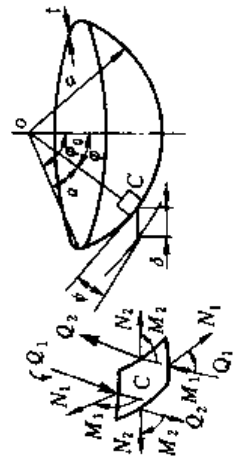
序号	载 荷	位 移 与 内 力	特 定 截 面 的 位 移 与 内 力
(1) 圆柱壳		$\lambda = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{a^2 t^2} \right]^{1/2}$ $D = \frac{E t^3}{12(1-\nu^2)}$ $y_1 = \cosh \lambda x \cos \lambda x$ $y_2 = \frac{1}{2} (\cosh \lambda x \sin \lambda x + \sinh \lambda x \cos \lambda x)$ $y_3 = \frac{1}{2} \sinh \lambda x \sin \lambda x$ $y_4 = \frac{1}{4} (\cosh \lambda x \sin \lambda x - \sinh \lambda x \cos \lambda x)$ $c_1 = y_1(\lambda l)$ $c_2 = y_2(\lambda l)$ $c_3 = y_3(\lambda l)$ $c_4 = y_4(\lambda l)$	$\eta_1 = e^{-\lambda x} (\sin \lambda x - \cos \lambda x)$ $\eta_2 = e^{-\lambda x} \sin \lambda x$ $\eta_3 = e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \sin \lambda x)$ $\eta_4 = e^{-\lambda x} \cos \lambda x$ $c_{11} = \sinh^2 \lambda l - \sin^2 \lambda l$ $c_{12} = \cosh \lambda l \sinh \lambda l - \cos \lambda l \sin \lambda l$ $c_{13} = \cosh \lambda l \sin \lambda l - \cos \lambda l \sinh \lambda l$ $c_{14} = \sinh^2 \lambda l + \sin^2 \lambda l$
在中截面沿圆筒轴向均匀分布载荷 q (两端自由)		<p>对于长壳 <math>\left( \frac{\lambda l_1}{\lambda l_2} \gg 3 \right)</math> 的近似解</p> $\delta = -\frac{q}{8\lambda^3 D} \eta_1, \psi = \frac{q}{4\lambda^2 D} \eta_2$ $N_1 = 0, N_2 = -\frac{E t}{8a\lambda^3 D} q \eta_1$ $M_1 = -\frac{q}{4\lambda} \eta_3, M_2 = \nu M_1$ $Q_1 = \frac{q}{2} \eta_4, Q_2 = 0$	$x = 0:$ $\delta = \delta_{max} = -\frac{q}{8\lambda^3 D}, \psi = 0$ $N_2 = N_{2max} = -\frac{E t}{8a\lambda^3 D} q$ $M_1 = M_{1max} = -\frac{q}{4\lambda}$ $Q_1 = Q_{1max} = \frac{q}{2} \quad (x=0 \text{ 偏右截面})$

$\eta_1 \sim \eta_4, y_1 \sim y_4, c_1 \sim c_4, c_{11} \sim c_{14}$  的数值查表 4.1-36

(续)

序号	级 荷	位移与内力	特定截面的位移与内力
2	<p>沿左端周边均匀分布径向力 <math>Q_0</math> 和弯矩 <math>M_0</math> (右端自由)</p> 	<p>精确解:</p> $\delta = \delta_A y_1 + \frac{\psi_A}{\lambda} y_2 - \frac{Q_0}{D\lambda^3} y_4 - \frac{M_0}{D\lambda^2} y_5$ $\psi = \psi_A y_1 - 4\delta_A \lambda y_4 - \frac{Q_0}{D\lambda^2} y_4 - \frac{M_0}{D\lambda} y_5$ $N_1 = 0, N_2 = \frac{E_t \delta}{a}$ $M_1 = 4D\lambda^2 \delta_A y_4 + 4D\lambda \psi_A y_4 + \frac{Q_0}{\lambda} y_2 + M_0 y_1, M_2 = \nu M_1$ $Q_1 = 4D\lambda^3 \delta_A y_2 + 4D\lambda^2 \psi_A y_3 - Q_0 y_1 - 4\lambda M_0 y_1, Q_2 = 0$ <p>对于长壳 (<math>\lambda \geq 3</math>) 的近似解:</p> $\delta = \frac{-Q_0}{2\lambda^3 D} \eta_1 - \frac{M_0}{2\lambda^2 D} \eta_1 + \psi = \frac{Q_0}{2\lambda^2 D} \eta_1 + \frac{M_0}{\lambda D} \eta_1$ $N_1 = 0, N_2 = \frac{E_t \delta}{a}$ $M_1 = \frac{Q_0}{\lambda} \eta_2 + M_0 \eta_1, M_2 = \nu M_1$ $Q_1 = Q_0 \eta_3, Q_2 = 0$	<p>精确解:</p> $x = 0, \delta_A = \delta_{max} = \frac{-Q_0 c_{14}}{2D\lambda^3 c_{11}} - \frac{M_0 c_{12}}{2D\lambda^2 c_{11}}$ $\psi_A = \psi_{max} = \frac{Q_0 c_{14}}{2D\lambda^2 c_{11}} + \frac{M_0 c_{12}}{\lambda D c_{11}}$ $x = 1, \delta_B = \frac{Q_0}{2D\lambda^3} \frac{4c_4}{c_{11}} + \frac{M_0}{D\lambda^2} \frac{2c_5}{c_{11}}$ $\psi_B = \frac{Q_0}{2D\lambda^2} \frac{4c_3}{c_{11}} + \frac{M_0}{D\lambda^2} \frac{2c_2}{c_{11}}$ <p>对于长壳 (<math>\lambda \geq 3</math>) 的近似解:</p> $x = 0, \delta_A = \delta_{max} = \frac{-Q_0}{2\lambda^3 D} - \frac{M_0}{2D\lambda^2}$ $\psi_A = \psi_{max} = \frac{Q_0}{2\lambda^2 D} + \frac{M_0}{\lambda D}$ $N_{2A} = N_{2max} = \frac{-E_t}{2\lambda^3 D} Q_0 - \frac{E_t M_0 c_{14}}{2a D \lambda^2 c_{11}}$ $M_{1A} = M_{1max} = M_0, M_{2A} = M_{2max} = \nu M_0$ $Q_{1A} = Q_{1max} = Q_0$

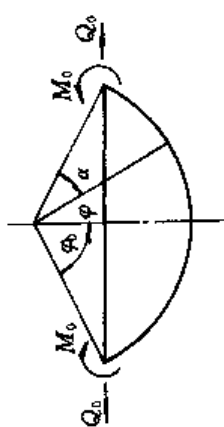
(2) 球壳



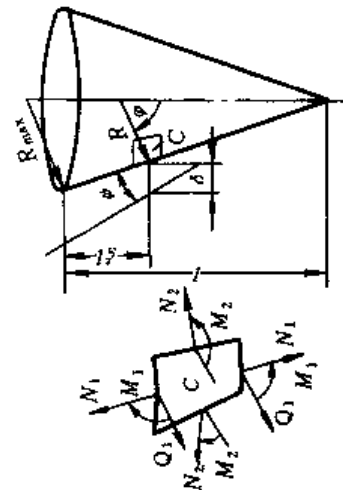
$$m = \left[ \frac{3(1-\nu^2)a^2}{r^2} \right]^{1/2}, D = \frac{E t^3}{12(1-\nu^2)}$$

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$  与圆柱壳同, 但要以  $ma$  代替  $\lambda x$

(续)

序号	载 荷	位 移 与 内 力	特 定 截 面 的 位 移 与 内 力
3	<p>沿边缘均匀分布径向力 <math>Q_0</math> 和弯矩 <math>M_0</math></p> 	<p>近似解</p> $\delta = a Q_0 \sin \varphi \sin \varphi_0 (2m\eta_4 - \nu\eta_3 \cos \varphi) \frac{1}{Et} - \frac{2mM_0 \sin \varphi (m\eta_3 + \nu\eta_2 \cos \varphi)}{Et}$ $\psi = \frac{2m^3}{Et} Q_0 \eta_1 \sin \varphi_0 - \frac{4m^3 M_0}{Et a} \eta_4$ $N_1 = \cos \varphi \left( \eta_3 Q_0 \sin \varphi_0 + \frac{2mM_0}{a} \eta_2 \right)$ $N_2 = 2Q_0 m \eta_4 \sin \varphi_0 - \frac{2m^2 M_0}{a} \eta_3$ $M_1 = -\frac{a Q_0}{m} \eta_2 \sin \varphi_0 + \eta_1 M_0, M_2 = \nu M_1$ $Q_1 = Q_0 \eta_3 \sin \varphi_0 + 2M_0 \frac{m}{a} \eta_2, Q_2 = 0$	<p>在 <math>\alpha=0</math> 处:</p> $\delta = \frac{a Q_0 \sin \varphi_0}{Et} (2m \sin \varphi_0 - \nu \cos \varphi_0) - \frac{2m^2 M_0}{Et} \sin \varphi_0$ $\psi = \frac{2m^3 Q_0}{Et} \sin \varphi_0 - \frac{4m^3 M_0}{Et a}$ $N_1 = Q_0 \cos \varphi_0$ $N_2 = 2Q_0 m \sin \varphi_0 - \frac{2m^2 M_0}{a}$ $Q_1 = Q_0 \sin \varphi_0, Q_2 = 0$ $M_1 = M_0, M_2 = \nu M_1$

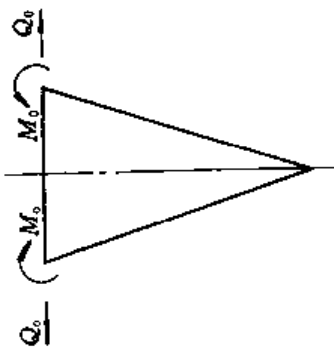
(3) 圆锥壳



$$k = \frac{\sqrt{3(1-\nu^2)}}{\sqrt{R_{max} \sin \varphi}}, D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$$

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$  与圆柱壳同, 但要以  $k\delta$  代替  $\lambda x$

(续)

序号	载荷	位移与内力	特定截面的位移与内力
4	沿边缘均匀分布径向力 $Q_0$ 和弯矩 $M_0$ 	近似解 $\delta = \frac{l^3 Q_0}{2Dk^3 \sin \varphi} \left( \eta_4 - \frac{\nu \cos \varphi}{2Rk \sin \varphi} \eta_3 \right) - \frac{l^2 M_0}{2Dk^2 \sin \varphi} \left( \eta_3 + \frac{\nu \cos \varphi}{Rk \sin^2 \varphi} \eta_2 \right)$ $\psi = \frac{l^2 Q_0}{2Dk^2 \sin \varphi} \eta_1 - \frac{M_0}{Dk \sin \varphi} \eta_4$ $N_1 = -Q_0 \eta_3 \cos \varphi - \frac{2k M_0}{l} \eta_2 \cos \varphi$ $N_2 = -\frac{2k Q_0 R \sin^2 \varphi}{l} \eta_4 + \frac{2 M_0 R k^2 \sin^4 \varphi}{l^2} \eta_3$ $M_1 = \frac{l}{k} Q_0 \eta_2 - M_0 \eta_1$ $M_2 = \frac{l^2 Q_0 \cos \varphi}{2Rk^2 \sin \varphi} \eta_1 - \frac{l \cos \varphi}{Rk \sin \varphi} M_0 \eta_1 + \nu M_1$ $Q_1 = -Q_0 \eta_3 \sin \varphi - \frac{2k \sin \varphi}{l} M_1 \eta_2, Q_2 = 0$	$\xi=0$ $\delta = \frac{l^3 Q_0}{2Dk^3 \sin \varphi} \left( 1 - \frac{\nu \cos \varphi}{2Rk \sin \varphi} \right) - \frac{l^2}{2Dk^2 \sin \varphi} M_0$ $\psi = \frac{l^2 Q_0}{2Dk^2 \sin \varphi} - \frac{M_0}{Dk \sin \varphi}$

注:1.  $\delta, \psi$  同表 4.1-34, 各位移、内力按图示方向为正;  $t$ —壳厚。

2. 壳外、里面径向正应力  $\sigma_1 = N_1/t \pm 6M_1/t^2$ , 环向正应力  $\sigma_2 = N_2/t \pm 6M_2/t^2$ 。

表 4.1-36 函数  $\eta_1 \sim \eta_4, \gamma_1 \sim \gamma_4$  和  $\epsilon_{11} \sim \epsilon_{44}$  的数值

$\lambda t$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$\epsilon_{11}$	$\epsilon_{12}$	$\epsilon_{13}$	$\epsilon_{44}$
0.00	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.99998	0.10000	0.00500	0.00017	0.00007	0.20000	0.00133	0.02000
0.20	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.99973	0.19990	0.02000	0.00153	0.00107	0.40009	0.01067	0.08001
0.30	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.99865	0.29992	0.04500	0.00450	0.00540	0.60065	0.03601	0.18006
0.40	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.99573	0.39956	0.07998	0.01067	0.01707	0.80273	0.08538	0.32036
0.50	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.98958	0.49896	0.12491	0.02083	0.04169	1.00834	0.16687	0.50139
0.60	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.97841	0.59741	0.17974	0.03598	0.08651	1.22075	0.28871	0.72415
0.70	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.96001	0.69440	0.24435	0.05710	0.16943	1.44488	0.45943	0.99047
0.80	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.93180	0.78908	0.31854	0.08517	0.27413	1.68757	0.68800	1.30333
0.90	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.89082	0.88033	0.40205	0.12112	0.44014	1.95801	0.98416	1.66734
1.00	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.83373	0.96671	0.49445	0.16587	0.67302	2.26808	1.35878	2.08917
1.10	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.75683	1.04642	0.59517	0.22029	0.98970	2.63280	1.82430	2.57820
1.20	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.65611	1.11728	0.70344	0.28516	1.40978	3.07085	2.39538	3.14717
1.30	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.52722	1.17670	0.81825	0.36119	1.95606	3.60512	3.08962	3.81295
1.40	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.36558	1.22164	0.93830	0.44898	2.65525	4.26345	3.92847	4.59748

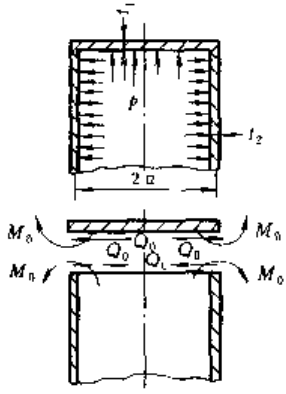
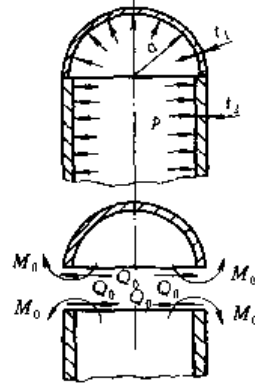
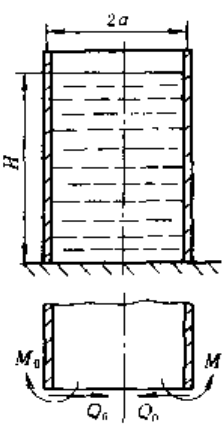
(续)

$\lambda r$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$	$\eta_5$	$\eta_6$	$\eta_7$	$\eta_8$	$\eta_9$	$\eta_{10}$	$\eta_{11}$	$\eta_{12}$	$\eta_{13}$	$\eta_{14}$
1.50	0.2384	0.2226	-0.2063	0.16640	1.24857	1.06197	0.54897	3.53884	5.07950	4.93838	5.52883			
1.60	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.07526	1.25350	1.18728	0.66143	4.64418	6.09376	6.15213	6.64247			
1.70	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.36441	1.23193	1.31179	0.78640	6.01597	7.35491	7.61045	7.98277			
1.80	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.70602	1.17887	1.43261	0.92267	7.70801	8.92147	9.36399	9.60477			
1.90	0.0932	0.1415	-0.1899	-1.10492	1.08882	1.54633	1.07269	9.78541	10.86378	11.47563	11.57637			
2.00	0.0667	0.1231	-0.1794	-1.56563	0.95582	1.64895	1.23257	12.32730	13.26656	14.02336	13.98094			
2.10	0.0439	0.1057	-0.1675	-2.09224	0.77350	1.73585	1.40196	15.43020	16.23205	17.10362	16.92046			
2.20	0.0244	0.0896	-0.1548	-2.68822	0.53506	1.80178	1.57904	19.21212	19.83385	20.83545	20.51946			
2.30	0.0080	0.0748	-0.1416	-3.35618	0.23345	1.84076	1.76142	23.81752	24.37172	25.36541	24.92967			
2.40	-0.0056	0.0613	-0.1282	-4.09766	-0.13862	1.84612	1.94607	29.42341	29.87747	30.87363	30.33592			
2.50	-0.0166	0.0491	-0.1149	-4.91284	-0.58854	1.81044	2.12927	36.24681	36.62215	37.58107	36.96315			
2.60	-0.0254	0.0383	-0.1019	-5.80928	-1.12360	1.72557	2.30652	44.55370	44.87496	45.75841	45.08519			
2.70	-0.0320	0.0287	-0.0895	-6.75655	-1.75989	1.58264	2.47245	54.67008	54.96410	55.73686	55.03539			
2.80	-0.0369	0.0204	-0.0777	-7.77591	-2.47702	1.37210	2.62079	66.99532	67.29005	67.92132	67.21975			
2.90	-0.0403	0.0132	-0.0666	-8.84988	-3.30790	1.08375	2.74428	82.01842	82.34184	82.80645	82.13290			
3.00	-0.04226	0.00703	-0.05632	-9.96691	-4.24844	0.70686	2.83459	100.3379	100.7169	100.9963	100.3778			
3.20	-0.04307	-0.00238	-0.03831	-12.26569	-6.47111	-0.35742	2.87694	149.9583	150.5191	150.4026	149.9651			
3.40	-0.04079	-0.00853	-0.02374	-14.50075	-9.15064	-1.91213	2.65892	223.8988	224.7086	224.2145	224.0274			
3.60	-0.03659	-0.01209	-0.01241	-16.42214	-12.25071	-4.04584	2.07346	334.1621	335.2544	334.4607	334.5538			
3.80	-0.03138	-0.01369	-0.00401	-17.68744	-15.67599	-6.83427	0.99688	498.6748	500.0329	499.0649	499.4235			
4.00	-0.02583	-0.01386	0.00189	-17.84985	-19.25241	-10.32554	-0.70726	744.1669	745.7342	744.7448	745.3124			
4.20	-0.02042	-0.01307	0.00572	-16.35052	-22.70540	-14.52728	-3.18111	1110.507	1112.194	1111.340	1112.027			
4.40	-0.01546	-0.01168	0.00791	-12.51815	-25.63731	-19.37428	-6.56147	1657.156	1658.854	1658.269	1658.967			
4.60	-0.01112	-0.00999	0.00886	-5.57927	-27.50574	-24.71167	-10.96380	2472.795	2474.394	2474.171	2474.770			
4.80	-0.00748	-0.00820	0.00892	5.31636	-27.60531	-30.25904	-16.46049	3689.703	3691.109	3691.283	3691.688			
5.00	-0.00455	-0.00646	0.00837	21.05056	-25.05654	-35.57763	-23.05259	5505.198	5506.345	5506.889	5507.037			
5.20	-0.00229	-0.00487	0.00746	42.46583	-18.80605	-40.03523	-30.63465	8213.627	8214.493	8215.321	8215.188			
5.40	-0.00063	-0.00349	0.00636	70.26397	-7.64407	-42.77288	-38.95259	12254.10	12254.71	12255.69	12255.30			
5.60	0.00053	-0.00232	0.00520	104.8682	9.75428	-42.67721	-47.55552	18281.71	18282.12	18283.10	18282.51			
5.80	0.00127	-0.00141	0.00409	146.2447	34.75818	-38.36412	-55.74292	27273.74	27274.04	27274.86	27274.17			
6.00	0.00169	-0.00069	0.00307	193.6814	68.55825	-28.18089	-62.51036	40688.12	40688.43	40688.97	40688.28			

注:对球壳以  $ma$  代替  $\lambda r$ ; 对圆锥壳以  $4r$  代替  $\lambda r$ .



表 4.1-37 组合壳体连接处的弯曲内力及壳体应力

壳体与载荷	连接处的弯曲内力及壳体应力
<p>(1) 受内压 <math>p</math> 或外压 <math>-p</math> 的具有平底的长圆柱壳 (<math>\lambda &gt; 3</math>)</p> 	$M_0 = \frac{\frac{pa^3\lambda^2 D_2}{4D_1(1-\nu)} + \frac{2pa^2\lambda^2 t_1 D_2}{t_2 \left(1 - \frac{\nu}{2}\right) [Et_1 + 2aD_2\lambda^3(1-\nu)]}{2\lambda + \frac{2a\lambda^2 D_2}{D_1(1+\nu)} - \frac{\lambda Et_1}{Et_1 + 2D_2\lambda^3 a(1-\nu)}}$ $Q_0 = M_0 \left[ 2\lambda + \frac{2a\lambda^2 D_2}{D_1(1+\nu)} \right] - \frac{pa^3\lambda^2 D_2}{4D_1(1+\nu)}$ $D_1 = \frac{Et_1^3}{12(1-\nu^2)}, \quad D_2 = \frac{Et_2^3}{12(1-\nu^2)}$ $\lambda = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{a^2 t_2^2} \right]^{\frac{1}{4}}$ <p>柱壳的应力按表 4.1-34No1 及表 4.1-35No2 相应内力所引起的应力叠加求得 底板的应力由 <math>p</math>、<math>M_0</math> 产生的弯曲应力和 <math>Q_0</math> 产生的薄膜应力叠加</p>
<p>(2) 受均匀内压 <math>p</math> (或外压 <math>-p</math>) 具有半球形壳底的长圆柱壳 (<math>\lambda \geq 3</math>)</p> 	$M_0 = \frac{pat_1}{4\sqrt{3}(1-\nu)} \times \frac{[c(2-\nu) - (1-\nu)](1-c^2)}{(1-c^2)^2 - 2(1+c^{2.5})(1+c^{1.5})}$ $Q_0 = 2M_0\lambda_1 \left( \frac{c^{2.5}+1}{c^2-1} \right)$ $c = \frac{t_1}{t_2}, \quad \lambda_1 = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{a^2 t_1^2} \right]^{\frac{1}{4}}$ <p>当 <math>c=1</math>, <math>M_0=0</math>, <math>Q_0 = \frac{p}{8\lambda_1}</math></p> <p>当 <math>c = \frac{1-\nu}{2-\nu}</math>, <math>M_0=0</math>, <math>Q_0=0</math></p> <p>圆柱壳的应力按表 4.1-34No1 及表 4.1-35No2 相应内力引起的应力叠加求得 球壳的应力, 按表 4.1-34No3 及表 4.1-35No3 相应内力引起的应力叠加求得</p>
<p>(3) 装有密度为 <math>\rho</math> 液体的平底长圆柱壳 (<math>\lambda H \geq 3</math>), 底面固定</p> 	$M_0 = \frac{-\rho g a t H}{\sqrt{12}(1-\nu^2)} \left( 1 - \frac{1}{\lambda H} \right)$ $Q_0 = \frac{\rho g a t}{\sqrt{12}(1-\nu^2)} (2\lambda H - 1)$ $\lambda = \left[ \frac{3(1-\nu^2)}{a^2 t^2} \right]^{\frac{1}{4}}$ <p>圆柱壳的应力按表 4.1-34No2 及表 4.1-35No2 相应内力所引起的应力叠加求得</p>

9 厚壳

表 4.1-38 在均匀内、外压单独作用下,厚壁圆筒的应力计算式

应力分量	端部条件	内压作用	外压作用
径向应力 $\sigma_r$	任意	$\frac{\sigma_r}{p_i} = -\frac{(K^2/k^2-1)}{K^2-1}$	$\frac{\sigma_r}{p_o} = -\frac{(K^2-K^2/k^2)}{K^2-1}$
周向应力 $\sigma_\theta$	任意	$\frac{\sigma_\theta}{p_i} = \frac{K^2/k^2+1}{K^2-1}$	$\frac{\sigma_\theta}{p_o} = \frac{(K^2-K^2/k^2)}{K^2-1}$
轴向应力 $\sigma_z$ 和径向位移 $u$	两端封闭	$\frac{\sigma_z}{p_i} = \frac{1}{K^2-1}$ $\frac{u}{R_i} = \frac{[(1-2\nu)k+(1+\nu)K^2/k]}{E(K^2-1)} p_i$	$\frac{\sigma_z}{p_o} = -\frac{K^2}{K^2-1}$ $\frac{u}{R_i} = \frac{-K^2}{E(K^2-1)} [(1-2\nu)k+(1+\nu)/k] p_o$
	平面应变	$\frac{\sigma_z}{p_i} = \frac{2\nu}{K^2-1}$ $\frac{u}{R_i} = \frac{(1+\nu)}{E(K^2-1)} [(1-2\nu)k+K^2/k] p_i$	$\frac{\sigma_z}{p_o} = -\frac{2\nu K^2}{K^2-1}$ $\frac{u}{R_i} = \frac{-(1+\nu)K^2}{E(K^2-1)} [(1-2\nu)k+1/k] p_o$
	两端开口	$\frac{\sigma_z}{p_i} = 0$ $\frac{u}{R_i} = \frac{1}{E(K^2-1)} [(1-\nu)k+(1+\nu)K^2/k] p_i$	$\frac{\sigma_z}{p_o} = 0$ $\frac{u}{R_i} = \frac{-K^2}{E(K^2-1)} [(1-\nu)k+(1+\nu)/k] p_o$
	广义平面应变 ( $\epsilon_z = \epsilon_0 = \text{常数}$ )	$\frac{\sigma_z}{p_i} = \frac{2\nu}{K^2-1} + \frac{E\epsilon_0}{p_i}$ $\frac{u}{R_i} = \frac{1}{E(K^2-1)} [(1-\nu)k+(1+\nu)K^2/k] p_i - \frac{\nu\sigma_z}{E} k$	$\frac{\sigma_z}{p_o} = -\frac{2\nu K^2}{K^2-1} + \frac{E\epsilon_0}{p_o}$ $\frac{u}{R_i} = \frac{-K^2}{E(K^2-1)} [(1-\nu)k+(1+\nu)/k] p_o - \frac{\nu\sigma_z}{E} k$
说明	$p_i$ —内压; $p_o$ —外压; $K = \frac{R_o}{R_i}$ ; $k = \frac{r}{R_i}$ ; $r$ —所求点半径; $R_i$ —内半径; $R_o$ —外半径; $E, \nu$ —材料的弹性模量和泊松比; $\epsilon_0$ —由轴向的合力条件 $\int_A \sigma_z dA = T$ (给定) 确定 ( $A$ 为横截面面积)		

表 4.1-39 双层组合圆筒的界面压力  $p_i$

内外筒的厚薄程度	引起界面压力的原因	界面压力 $p_i$
内外筒均为厚壁	过盈配合	$p_{i0} = \frac{E_i \delta}{AR_i}$
	均匀内压 $p_i$	$p_i = \frac{p_i}{A} \left( \frac{2}{K_i^2-1} \right)$
内筒薄壁外筒厚壁	过盈配合	$p_{i0} = \frac{E_i s_i \delta}{B R_i^2}$
	均匀内压 $p_i$	$p_{ji} = \frac{1}{B} p_i$
内、外筒均为薄壁	过盈配合	$p_{i0} = \frac{E_i s_i \delta}{C R_i^2}$
	均匀内压 $p_i$	$p_{ji} = \frac{1}{C} p_i$
说明	$A = \frac{K_i^2+1}{K_i^2-1} + \frac{E_i}{E_o} \left( \frac{K_o^2+1}{K_o^2-1} \right) + \frac{E_i}{E_o} \nu_o - \nu_i$ ; $B = 1 + \frac{E_i s_i}{E_o R_i} \left[ \frac{K_o^2+1}{K_o^2-1} + \nu_o \right]$ ; $C = \frac{E_o s_o + E_i s_i}{E_o s_o}$ ; $K_o = \frac{R_o}{R_i}$ ; $K_i = \frac{R_i}{R_i}$ ; $R_i$ —内筒内半径; $R_i$ —界面半径; $R_o$ —外筒外半径; $s_i, s_o$ —内外筒壁厚; $E_i, E_o$ —内、外筒材料的弹性模量; $\nu_i, \nu_o$ —内、外筒材料的泊松比; $\delta$ —内、外筒界面半径的过盈量	

表 4.1-40 厚壁球壳的应力和位移计算式

载 荷	应 力 计 算 式	径 向 位 移 计 算 式
均匀内压 $p_i$	$\frac{\sigma_r}{p_i} = -\frac{1}{K^3-1}(1/k'^3-1)$ $\frac{\sigma_\theta}{p_i} = \frac{1}{K^3-1}(1/2k'^3+1)$	$\frac{u}{R_o} = \frac{k' p_i}{E(K^3-1)} \left[ (1-2\nu) + \frac{(1+\nu)}{2k'^3} \right]$
均匀外压 $p_o$	$\frac{\sigma_r}{p_o} = -\frac{K^3}{K^3-1} \left( 1 - \frac{1}{k^3} \right)$ $\frac{\sigma_\theta}{p_o} = -\frac{K^3}{K^3-1} \left( 1 + \frac{1}{2k^3} \right)$	$\frac{u}{R_o} = -\frac{k K^3 p_o}{E(K^3-1)} \left[ (1-2\nu) + \frac{(1+\nu)}{2k^3} \right]$
说 明	$R_i, R_o$ —球壳内、外半径; $r$ —任一点半径; $K = \frac{R_o}{R_i}$ ; $k = \frac{r}{R_i}$ ; $k' = \frac{r}{R_o}$ ; $E$ —弹性模量; $\nu$ —泊松比	

表 4.1-41 在均匀内压作用下,厚壁圆筒和球壳的强度设计公式

壳体	导出条件	许用压力 $(p)$	许用外、内径比 $(K)$	计算壁厚 $s$ (不包括附加量)	适用范围
厚壁圆筒	第一强度理论	$\frac{K^2-1}{K^2+1} \varphi[\sigma]$	$\sqrt{\frac{\varphi[\sigma]+p}{\varphi[\sigma]-p}}$	$\left( \sqrt{\frac{\varphi[\sigma]+p}{\varphi[\sigma]-p}} - 1 \right) R_i$	脆性材料
	第三强度理论	$\frac{K^2-1}{2K^2} \varphi[\sigma]$	$\sqrt{\frac{\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-2p}}$	$\left( \sqrt{\frac{\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-2p}} - 1 \right) R_i$	屈服比较高的高强钢
	第四强度理论	$\frac{K^2-1}{\sqrt{3} K^2} \varphi[\sigma]$	$\sqrt{\frac{\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-\sqrt{3} p}}$	$\left( \sqrt{\frac{\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-\sqrt{3} p}} - 1 \right) R_i$	一般塑性材料
	中径公式 (按薄壁容器)	$\frac{2(K-1)}{K-1} \varphi[\sigma]$	$\frac{2\varphi[\sigma]+p}{2\varphi[\sigma]-p}$	$\frac{2p}{2\varphi[\sigma]-p} R_i$	各种材料
厚壁球壳	第一强度理论	$\frac{2(K^3-1)}{K^3+2} \varphi[\sigma]$	$\sqrt[3]{\frac{p+\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-0.5p}}$	$\left( \sqrt[3]{\frac{p+\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-0.5p}} - 1 \right) R_i$	脆性材料
	第二、第四强度理论	$\frac{2(K^3-1)}{3K^3} \varphi[\sigma]$	$\sqrt[3]{\frac{\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-1.5p}}$	$\left( \sqrt[3]{\frac{\varphi[\sigma]}{\varphi[\sigma]-1.5p}} - 1 \right) R_i$	塑性材料
	按薄壁球壳的中径公式	$\frac{4(K-1)}{(K+1)} \varphi[\sigma]$	$\frac{4\varphi[\sigma]+p}{4\varphi[\sigma]-p}$	$\frac{2p R_i}{4\varphi[\sigma]-p}$	各种材料
说明	$R_i, R_o$ —壳体内外半径; $K = R_o/R_i$ ; $p$ —内压; $[\sigma]$ —材料的设计温度下的许用应力; $\varphi$ —焊缝系数, 查有关设计规范				

## 10 旋转圆筒和旋转圆盘

表 4.1-42 旋转长圆筒, 圆轴的应力和位移计算公式

筒体 计算量	空 心		实 心	
周向应力 $\sigma_\theta$	$\frac{\sigma_\theta}{q} = 1 + \frac{1}{K^2} \left( 1 + \frac{1}{k'^2} \right) - Hk'^2$		$\frac{\sigma_\theta}{q} = 1 - Hk'^2$	

(续)

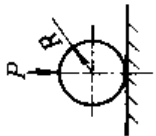
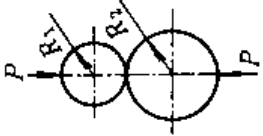

筒体 计算量	空 心	实 心
周向应力 $\sigma_\theta$	在内壁 ( $k' = \frac{1}{K}$ ) 有最大值 $\left(\frac{\sigma_\theta}{q}\right)_{\max} = 2 + \frac{1}{K^2}(1-H)$ $K \rightarrow \infty \left(\frac{\sigma_\theta}{q}\right)_{\max} = 2$ $K \rightarrow 1 \left(\frac{\sigma_\theta}{q}\right)_{\max} \stackrel{\nu=0.3}{=} 2.33$	在 $k'=0$ 处有最大值 $\left(\frac{\sigma_\theta}{q}\right)_{\max} = 1$
径向应力 $\sigma_r$	$\frac{\sigma_r}{q} = 1 + \frac{1}{K^2} \left(1 - \frac{1}{k'^2}\right) - k'^2$ 在 $k' = \sqrt{\frac{1}{K}}$ 处有最大值 $\left(\frac{\sigma_r}{q}\right)_{\max} = \left(1 - \frac{1}{K}\right)^2$	$\frac{\sigma_r}{q} = 1 - k'^2$ 在 $k'=0$ 处有最大值 $\left(\frac{\sigma_r}{q}\right)_{\max} = 1$
轴向应力 $\sigma_z$	$\frac{\sigma_z}{q} = \begin{cases} \frac{2\nu}{3-2\nu} \left[1 + \frac{1}{K^2} - 2k'^2\right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{两端} \\ \text{无轴力} \end{array} \right\} \\ 2\nu \left[1 + \frac{1}{K^2} - \frac{2}{3-2\nu} k'^2\right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{平面} \\ \text{应变} \end{array} \right\} \end{cases}$ 在 $k'=1/K$ 处, $\sigma_z/q$ 最大	$\frac{\sigma_z}{q} = \begin{cases} \frac{2\nu}{3-2\nu} [1 - 2k'^2] & \left\{ \begin{array}{l} \text{两端} \\ \text{无轴力} \end{array} \right\} \\ 2\nu \left[1 - \frac{2}{3-2\nu} k'^2\right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{平面} \\ \text{应变} \end{array} \right\} \end{cases}$
径向位移 $u$	$\frac{u}{R_0} = \begin{cases} (1+\nu) \frac{q}{E} k' \left[ \frac{(3-5\nu)}{(1-\nu)(3-2\nu)} \left(\frac{1}{K^2} + 1\right) \right. \\ \left. + \frac{1}{K^2 k'^2} - \frac{(1-2\nu)}{(3-2\nu)} k'^2 \right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{两端无} \\ \text{轴 力} \end{array} \right\} \\ (1+\nu) \frac{q}{E} k' \left[ (1-2\nu) \left(\frac{1}{K^2} + 1\right) + \frac{1}{K^2 k'^2} \right. \\ \left. - \frac{(1-2\nu)}{(3-2\nu)} k'^2 \right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{平面} \\ \text{应变} \end{array} \right\} \end{cases}$	$\frac{u}{R_0} = \begin{cases} \frac{(1+\nu)}{3-2\nu} \frac{q}{E} k' \\ \left[ \frac{3-5\nu}{1+\nu} - (1-2\nu) k'^2 \right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{两端无} \\ \text{轴 力} \end{array} \right\} \\ (1+\nu)(1-2\nu) \frac{q}{E} k' \\ \left[ 1 - \frac{1}{(3-2\nu)} k'^2 \right] & \left\{ \begin{array}{l} \text{平面} \\ \text{应变} \end{array} \right\} \end{cases}$
说 明	$K = \frac{R_0}{R_i}; k' = \frac{r}{R_0}; R_i, R_0$ —筒体内、外半径; $r$ —所求点半径; $q = \frac{3-2\nu}{8(1-\nu)} \rho \omega^2 R_0^2$ ; $H = \frac{1+2\nu}{3-2\nu} \stackrel{\nu=0.3}{=} 0.667$ ; $\omega$ —角速度; $\rho, \nu$ —材料的密度和泊松比。	

表 4.1-43 等厚旋转圆盘的应力和位移计算式

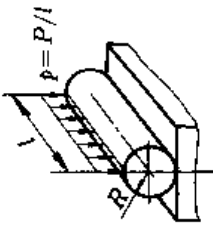
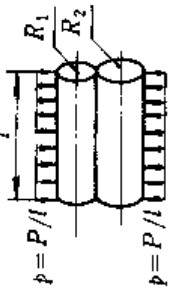
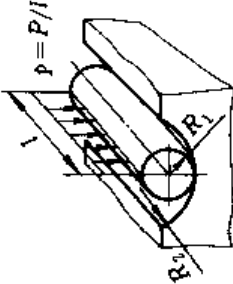
载 荷	径向应力 $\sigma_r$ 、环向应力 $\sigma_\theta$ 和径向位移 $u$ 的计算式	
	空心圆盘	实心圆盘
匀速 $\omega$ 转动	$\frac{\sigma_r}{q} = \left[ 1 + \frac{1}{K^2} \left( 1 - \frac{1}{k'^2} \right) - k'^2 \right]$ $\frac{\sigma_\theta}{q} = \left[ 1 + \frac{1}{K^2} \left( 1 + \frac{1}{k'^2} \right) - \frac{(1+3\nu)}{(3+\nu)} k'^2 \right]$ $\frac{u}{r} = \frac{q}{E} \left[ (1-\nu) \frac{(K^2+1)}{K^2} + (1+\nu) \frac{1}{K^2 k'^2} - \frac{(1-\nu^2)}{(3+\nu)} k'^2 \right] k'$	$\frac{\sigma_r}{q} = (1-k'^2)$ $\frac{\sigma_\theta}{q} = \left( 1 - \frac{1+3\nu}{3+\nu} k'^2 \right)$ $\frac{u}{r} = \frac{q}{E} \left[ (1-\nu) - \frac{(1-\nu^2)}{(3+\nu)} k'^2 \right] k'$
说 明	$K = \frac{R_0}{R_i}; k = \frac{r}{R_i}; k' = \frac{r}{R_0}; R_i, R_0$ —内、外半径; $r$ —所求点半径; $q = \frac{(3+\nu)\rho\omega^2 R_0^2}{8}$ ; $\nu$ —材料的泊松比; $\rho$ —材料的密度; $\sigma_r, \sigma_\theta$ —径向与周向应力; $u$ —径向位移。	

11 接触应力

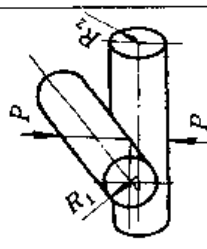
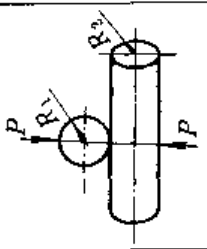
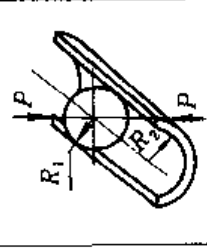
表 4.1-44 弹性体接触面尺寸、接触应力和相对位移的计算式

序号	接触类型	椭圆方程系数		接触面尺寸	最大应力 $\sigma_{\max}$	接触相对位移 $\delta$
		A	B			
1	球与平面 	$\frac{1}{2R}$	$\frac{1}{2R}$	$a=b=0.909 \sqrt{PR \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $a=b=1.109 \sqrt{\frac{PR}{E}}$	$0.578 \sqrt[3]{\frac{P}{R^2 \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $0.388 \sqrt[3]{\frac{PE^2}{R^2}}$ $\tau_{\max} = \frac{1}{3} \sigma_{\max}$ $\sigma_{f_{\max}} = 0.133 \sigma_{\max}$	$0.826 \sqrt[3]{\frac{P^2}{R} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $1.231 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \frac{1}{R}}$
2	球与球 	$\frac{R_1+R_2}{2R_1R_2}$	$\frac{R_2-R_1}{2R_1R_2}$	$a=b=0.909 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{R_1+R_2} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $a=b=1.109 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E R_1+R_2}}$	$0.578 \sqrt[3]{\frac{P \left( \frac{R_1+R_2}{R_1R_2} \right)^2}{\left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $0.388 \sqrt[3]{\frac{PE^2 \left( \frac{R_1+R_2}{R_1R_2} \right)^2}{R_1R_2}}$ $\tau_{\max} = \frac{1}{3} \sigma_{\max}$ $\sigma_{f_{\max}} = 0.133 \sigma_{\max}$	$0.826 \sqrt[3]{\frac{P^2 R_1+R_2}{R_1R_2} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $1.231 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \frac{R_1+R_2}{R_1R_2}}$
3	球与凹形球面 	$\frac{R_2-R_1}{2R_1R_2}$	$\frac{R_2-R_1}{2R_1R_2}$	$a=b=0.909 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{R_2-R_1} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $a=b=1.109 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E R_2-R_1}}$	$0.578 \sqrt[3]{\frac{P \left( \frac{R_2-R_1}{R_1R_2} \right)^2}{\left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $0.388 \sqrt[3]{\frac{PE^2 \left( \frac{R_2-R_1}{R_1R_2} \right)^2}{R_1R_2}}$ $\tau_{\max} = \frac{1}{3} \sigma_{\max}$ $\sigma_{f_{\max}} = 0.133 \sigma_{\max}$	$0.826 \sqrt[3]{\frac{P^2 R_2-R_1}{R_1R_2} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ 若 $E_1=E_2=E, \nu_1=\nu_2=0.3$ , 则 $1.231 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \frac{R_2-R_1}{R_1R_2}}$

(续)

序号	接触类型	椭圆方程系数		接触面尺寸	最大应力 $\sigma_{max}$	接触相对位移 $\delta$
		A	B			
4	 <p>圆柱与平面</p>	—	$\frac{1}{2R}$	$b = 1.131 \sqrt{\frac{PR}{l} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $b = 1.526 \sqrt{\frac{PR}{lE}}$	$0.564 \sqrt{\frac{P}{lR} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $0.418 \sqrt{\frac{PE}{Rl}}$	<p>圆柱体两个受压边界之间直径减小量</p> <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $\Delta D = 1.159 \frac{P}{lE} \left( 0.41 + \ln \frac{4R}{b} \right)$
5	 <p>圆柱与圆柱</p>	—	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	$b = 1.128 \sqrt{\frac{P}{l} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $b = 1.522 \sqrt{\frac{P}{lE} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$	$0.564 \sqrt{\frac{P}{l} \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $0.418 \sqrt{\frac{PE}{l} \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}$	<p>两个圆柱中心距减小量</p> $\frac{2P}{\pi l} \left[ \frac{1-\nu_1^2}{E_1} \left( \ln \frac{2R_1}{b} + 0.407 \right) + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \left( \ln \frac{2R_2}{b} + 0.407 \right) \right]$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $0.580 \frac{P}{lE} \left( \ln \frac{4R_1 R_2}{b^2} + 0.814 \right)$
6	 <p>圆柱与凹形圆柱</p>	—	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$	$b = 1.128 \sqrt{\frac{P}{l} \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $b = 1.522 \sqrt{\frac{P}{lE} \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}}$	$0.564 \sqrt{\frac{P}{l} \frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2} \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $0.418 \sqrt{\frac{PE}{l} \frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2}}$	<p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3</math>, 则</p> $1.82 \frac{P}{lE} (1 - \ln b)$

(续)

序号	接触类型	椭圆方程系数		接触面尺寸	最大应力 $\sigma_{max}$	接触相对位移 $\delta$
		A	B			
7	正交圆柱 	$\frac{1}{2R_2}$	$\frac{1}{2R_1}$	$a = 1.145n_1 \sqrt[3]{P \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}$ $b = 1.145n_2 \sqrt[3]{P \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $a = 1.397n_1 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E R_1 + R_2}}$ $b = 1.397n_2 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E R_1 + R_2}}$	$0.365n_3 \sqrt[3]{\frac{P \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)^2}{\left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $0.245n_3 \sqrt[3]{PE^2 \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)^2}$	$0.655n_4 \sqrt[3]{P^2 \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $0.977n_4 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}$
8	球与圆柱 	$\frac{1}{2R_1}$	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	$a = 1.145n_1 \sqrt[3]{P \frac{R_1 R_2}{R_1 + 2R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}$ $b = 1.145n_2 \sqrt[3]{P \frac{R_1 R_2}{R_1 + 2R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $a = 1.397n_1 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E R_1 + 2R_2}}$ $b = 1.397n_2 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E R_1 + 2R_2}}$	$0.365n_3 \sqrt[3]{\frac{P \left( \frac{R_1 + 2R_2}{R_1 R_2} \right)^2}{\left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $0.245n_3 \sqrt[3]{PE^2 \left( \frac{R_1 + 2R_2}{R_1 R_2} \right)^2}$	$0.655n_4 \sqrt[3]{P^2 \frac{R_1 + 2R_2}{R_1 R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $0.977n_4 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \frac{R_1 + 2R_2}{R_1 R_2}}$
9	球与圆柱形凹面 	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$	$\frac{1}{2R_1}$	$a = 1.145n_1 \sqrt[3]{P \frac{R_1 R_2}{2R_2 - R_1} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}$ $b = 1.145n_2 \sqrt[3]{P \frac{R_1 R_2}{2R_2 - R_1} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $a = 1.397n_1 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E 2R_2 - R_1}}$ $b = 1.397n_2 \sqrt[3]{\frac{P R_1 R_2}{E 2R_2 - R_1}}$	$0.365n_3 \sqrt[3]{\frac{P \left( \frac{2R_2 - R_1}{R_1 R_2} \right)^2}{\left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $0.245n_3 \sqrt[3]{PE^2 \left( \frac{2R_2 - R_1}{R_1 R_2} \right)^2}$	$0.655n_4 \sqrt[3]{P^2 \frac{2R_2 - R_1}{R_1 R_2} \left( \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ 若 $E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = 0.3$ , 则 $0.977n_4 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \frac{2R_2 - R_1}{R_1 R_2}}$

(续)

序号	接触类型	椭圆方程系数		接触面尺寸	最大应力 $\sigma_{max}$	接触相对位移 $\delta$
		A	B			
10	球与圆弧形凹面	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$		$a = 1.145n_1 \sqrt{\frac{P \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}{2 \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{R_3}}}$ $b = 1.145n_2 \sqrt{\frac{P \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}{2 \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{R_3}}}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = \nu = 0.3</math>, 则</p> $a = 1.397n_1 \sqrt{\frac{P/E}{2/R_1 - 1/R_2 + 1/R_3}}$ $b = 1.397n_2 \sqrt{\frac{P/E}{2/R_1 - 1/R_2 + 1/R_3}}$	$0.655n_4 \sqrt[3]{P^2 \left( \frac{2}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \times \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = \nu = 0.3</math>, 则</p> $0.977n_4 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \left( \frac{2}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)}$	
11	滚柱与圆弧形凹面	$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \quad \frac{1}{2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right)$		$a = 1.145n_1 \sqrt{\frac{P \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 - 1/R_4}}$ $b = 1.145n_2 \sqrt{\frac{P \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 - 1/R_4}}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = \nu = 0.3</math>, 则</p> $a = 1.397n_1 \sqrt{\frac{P/E}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 - 1/R_4}}$ $b = 1.397n_2 \sqrt{\frac{P/E}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 - 1/R_4}}$	$0.655n_4 \sqrt[3]{P^2 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \times \left( \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)^2}$ <p>若 <math>E_1 = E_2 = E, \nu_1 = \nu_2 = \nu = 0.3</math>, 则</p> $0.977n_4 \sqrt[3]{\left( \frac{P}{E} \right)^2 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right)}$	

注: 1. a, b—椭圆接触面长、短半轴;  $\tau_{max}$ —最大切应力;  $\sigma_{max}$ —最大拉应力;  $n_1, n_2, n_3, n_4$ —系数, 见表 4.1-45

2. 接触问题的强度条件为  $\sigma_{max} \leq [\sigma_H]$  (许用接触应力)。对 Q235,  $[\sigma_H] = 330 \text{ MPa}$ , 对 45 钢,  $[\sigma_H] = 430 \sim 470 \text{ MPa}$ , 对铁轨钢,  $[\sigma_H] = 800 \sim 1000 \text{ MPa}$ 。



表 4.1-45 系数  $n_1, n_2, n_3$  和  $n_4$  的数值

A/B	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	A/B	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
1.0000	1.0000	1.0000	1.00000	1.0000	0.1603	1.979	0.5938	0.8504	0.8451
0.9623	1.013	0.9873	0.9999	0.9999	0.1462	2.053	0.5808	0.8386	0.8320
0.9240	1.027	0.9742	0.9997	0.9997	0.1317	2.141	0.5665	0.8246	0.8168
0.8852	1.042	0.9606	0.9992	0.9992	0.1166	2.248	0.5505	0.8082	0.7990
0.8459	1.058	0.9465	0.9985	0.9985	0.1010	2.381	0.5325	0.7887	0.7775
0.8059	1.076	0.9318	0.9974	0.9974	0.09287	2.463	0.5224	0.7774	0.7650
0.7652	1.095	0.9165	0.9960	0.9960	0.08456	2.557	0.5114	0.7647	0.7509
0.7238	1.117	0.9005	0.9942	0.9942	0.07600	2.669	0.4993	0.7504	0.7349
0.6816	1.141	0.8837	0.9919	0.9919	0.06715	2.805	0.4858	0.7338	0.7163
0.6384	1.168	0.8660	0.9890	0.9889	0.05797	2.975	0.4704	0.7144	0.6943
0.5942	1.198	0.8472	0.9853	0.9852	0.04838	3.199	0.4524	0.6909	0.6675
0.5489	1.233	0.8271	0.9805	0.9804	0.04639	3.253	0.4484	0.6856	0.6613
0.5022	1.274	0.8056	0.9746	0.9744	0.04439	3.311	0.4442	0.6799	0.6549
0.4540	1.322	0.7822	0.9669	0.9667	0.04237	3.373	0.4398	0.6740	0.6481
0.4040	1.381	0.7565	0.9571	0.9566	0.04032	3.441	0.4352	0.6678	0.6409
0.3518	1.456	0.7278	0.9440	0.9432	0.03823	3.514	0.4304	0.6612	0.6333
0.3410	1.473	0.7216	0.9409	0.9400	0.03613	3.594	0.4253	0.6542	0.6251
0.3301	1.491	0.7152	0.9376	0.9366	0.03400	3.683	0.4199	0.6467	0.6164
0.3191	1.511	0.7086	0.9340	0.9329	0.03183	3.781	0.4142	0.6387	0.6071
0.3080	1.532	0.7019	0.9302	0.9290	0.02962	3.890	0.4080	0.6300	0.5970
0.2967	1.554	0.6949	0.9262	0.9248	0.02737	4.014	0.4014	0.6206	0.5860
0.2853	1.578	0.6876	0.9219	0.9203	0.02508	4.156	0.3942	0.6104	0.5741
0.2738	1.603	0.6801	0.9172	0.9155	0.02273	4.320	0.3864	0.5990	0.5608
0.2620	1.631	0.6723	0.9121	0.9102	0.02033	4.515	0.3777	0.5864	0.5460
0.2501	1.660	0.6642	0.9067	0.9045	0.01787	4.750	0.3680	0.5721	0.5292
0.2380	1.693	0.6557	0.9008	0.8983	0.01533	5.046	0.3568	0.5555	0.5096
0.2257	1.729	0.6468	0.8944	0.8916	0.01269	5.432	0.3436	0.5358	0.4864
0.2132	1.768	0.6374	0.8873	0.8841	0.00993	5.976	0.3273	0.5112	0.4574
0.2004	1.812	0.6276	0.8766	0.8759	0.00702	6.837	0.3058	0.4783	0.4186
0.1873	1.861	0.6171	0.8710	0.8668	0.00385	8.609	0.2722	0.4267	0.3579
0.1739	1.916	0.6059	0.8614	0.8566					

12 构件的稳定性

表 4.1-46 中心压杆的临界载荷计算式

临界载荷计算式	适用范围
欧拉公式 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A = \eta \frac{EI}{l^2}$	线弹性 $\lambda \geq \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}}$
抛物线经验公式 $P_{cr} = (a - b\lambda^2)A$	超过比例极限 $\lambda \leq \lambda_k = \pi \sqrt{\frac{E}{0.57\sigma_s}}$
直线经验公式 $P_{cr} = (c - d\lambda)A$	$\lambda_1 \geq \lambda \geq \lambda_2 = \frac{C - \sigma_s}{d}$

说明  $E$ —材料的弹性模量;  $I$ —横截面的形心主惯性矩;  $A$ —横截面面积;  $l$ —压杆的计算长度;  $\lambda = \mu l / \sqrt{I/A}$ —压杆的柔度;  $\mu$ —长度系数;  $\eta = \frac{\pi^2}{\mu^2}$ —稳定系数; 某些受载压杆的  $\mu, \eta$  值见表 4.1-47~表 4.1-51;  $a, b, c, d$ —与材料强度性能有关的系数, 见表 4.1-52

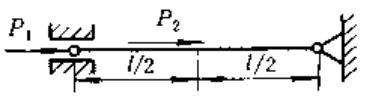
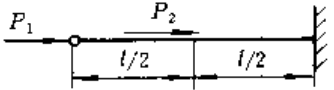
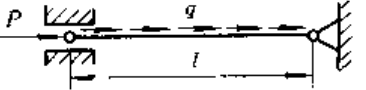
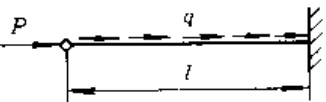
表 4.1-47 中心受压等截面直杆的长度系数  $\mu$  及稳定系数  $\eta$  值

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2} = \eta \frac{EI}{l^2}; (ql)_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2} = \eta \frac{EI}{l^2}$$

序号	1	2	3	4	5	6	7
载荷与支座							
	$\mu$	0.5	0.699		1	2	
	$\eta$	39.48	20.20		9.87	2.467	
序号	8	9	10	11	12	13	
载荷与支座							
	$\mu$	0.366	0.434	0.577	0.723	0.725	1.122
	$\eta$	73.68	52.40	29.64	18.78	18.78	7.84
支座简图含义		不允许转动与位移					
		不允许转动与侧向位移, 轴向位移自由					
		不允许转动, 侧向与轴向位移自由					
		不允许位移, 转动自由					
		转动与位移均自由					

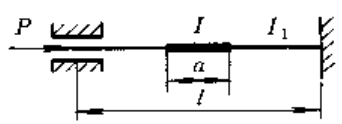
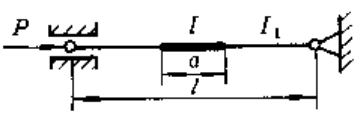
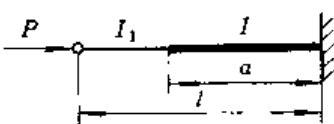
- 注: 1. 考虑到实际固定端不可能对位移完全限制, 可将表中序号 1、2、5 及 6 的  $\mu$  值适当加大, 分别取为 0.65、0.8、1.2 及 2.1。
2. 考虑到桁架中有结点的腹杆, 其两端非理想铰支, 可适当减小  $\mu$  值, 取  $\mu=0.8$  (在桁架平面内) 和  $\mu=0.9$  (在侧平面内)。
3. 压杆等两端如为滑动轴承支座, 依轴套长  $l$  与内直径  $d$  的比值可取  $\mu$  值为:
- 当两端轴承均有  $l/d \leq 1.5$  时,  $\mu=1.0$
  - 当两端轴承均有  $1.5 < l/d < 3$  时,  $\mu=0.75$
  - 当两端轴承均有  $l/d \geq 3$  时,  $\mu=0.50$
  - 当一端轴承  $l/d \geq 3$ , 另一端轴承  $1.5 < l/d < 3$ ,  $\mu=0.60$

表 4.1-48 受两种中心载荷的等截面压杆的稳定系数

序号	支座与载荷类型	稳定系数										
1	 $P_{cr} = (P_1 + P_2)_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>P_2/P_1</math></td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><math>\eta</math></td> <td>11.9</td> <td>13.0</td> <td>14.7</td> </tr> </table>	$P_2/P_1$	0.5	1	2	$\eta$	11.9	13.0	14.7		
$P_2/P_1$	0.5	1	2									
$\eta$	11.9	13.0	14.7									
2	 $P_{cr} = (P_1 - P_2)_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>P_2/P_1</math></td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><math>\eta</math></td> <td>3.38</td> <td>4.14</td> <td>5.27</td> </tr> </table>	$P_2/P_1$	0.5	1	2	$\eta$	3.38	4.14	5.27		
$P_2/P_1$	0.5	1	2									
$\eta$	3.38	4.14	5.27									
3	 $P_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>ql/\frac{\pi^2 EI}{l^2}</math></td> <td>1/4</td> <td>1/2</td> <td>3/4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><math>\eta</math></td> <td>8.62</td> <td>7.40</td> <td>6.08</td> <td>4.77</td> </tr> </table> $\eta \approx \left( 1 - 0.5ql/\frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \pi^2$ <p>若 <math>P=0, (ql)_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}</math>, 其中 <math>\eta=18.8</math></p>	$ql/\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	1/4	1/2	3/4	1	$\eta$	8.62	7.40	6.08	4.77
$ql/\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	1/4	1/2	3/4	1								
$\eta$	8.62	7.40	6.08	4.77								
4	 $P_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>ql/\frac{\pi^2 EI}{4l^2}</math></td> <td>1/4</td> <td>1/2</td> <td>3/4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><math>\eta</math></td> <td>2.28</td> <td>2.08</td> <td>1.91</td> <td>1.72</td> </tr> </table> $\eta \approx \left( 1 - 0.3ql/\frac{\pi^2 EI}{4l^2} \right) \frac{\pi^2}{4}$ <p>若 <math>P=0, (ql)_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}</math>, 其中 <math>\eta=7.84</math></p>	$ql/\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$	1/4	1/2	3/4	1	$\eta$	2.28	2.08	1.91	1.72
$ql/\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$	1/4	1/2	3/4	1								
$\eta$	2.28	2.08	1.91	1.72								

注:支座的图示意义同表 4.1-47。

表 4.1-49 中心受压变截面直杆的稳定系数  $\eta$

序号	支座与载荷类型	稳定系数 $\eta$																											
1	 $P_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>a/l</math></td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td><math>I_1/I</math></td> <td>0.4</td> <td>24.9</td> <td>26.3</td> <td>27.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.6</td> <td>30.6</td> <td>31.1</td> <td>32.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.8</td> <td>35.3</td> <td>35.4</td> <td>36.4</td> </tr> </table>	$a/l$	0.4	0.6	0.8	$I_1/I$	0.4	24.9	26.3	27.5		0.6	30.6	31.1	32.5		0.8	35.3	35.4	36.4								
$a/l$	0.4	0.6	0.8																										
$I_1/I$	0.4	24.9	26.3	27.5																									
	0.6	30.6	31.1	32.5																									
	0.8	35.3	35.4	36.4																									
2	 $P_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>a/l</math></td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td><math>I_1/I</math></td> <td>0.4</td> <td>6.68</td> <td>8.51</td> <td>9.67</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.6</td> <td>8.19</td> <td>9.24</td> <td>9.78</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.8</td> <td>9.18</td> <td>9.63</td> <td>9.84</td> </tr> </table>	$a/l$	0.4	0.6	0.8	$I_1/I$	0.4	6.68	8.51	9.67		0.6	8.19	9.24	9.78		0.8	9.18	9.63	9.84								
$a/l$	0.4	0.6	0.8																										
$I_1/I$	0.4	6.68	8.51	9.67																									
	0.6	8.19	9.24	9.78																									
	0.8	9.18	9.63	9.84																									
3	 $P_{cr} = \eta \frac{EI}{l^2}$	<table border="1"> <tr> <td><math>a/l</math></td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td><math>I_1/I</math></td> <td>1/3</td> <td>1.50</td> <td>1.76</td> <td>2.03</td> <td>2.26</td> <td>2.40</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1/2</td> <td>1.88</td> <td>2.07</td> <td>2.24</td> <td>2.36</td> <td>2.44</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2/3</td> <td>2.14</td> <td>2.26</td> <td>2.35</td> <td>2.42</td> <td>2.45</td> </tr> </table>	$a/l$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	$I_1/I$	1/3	1.50	1.76	2.03	2.26	2.40		1/2	1.88	2.07	2.24	2.36	2.44		2/3	2.14	2.26	2.35	2.42	2.45
$a/l$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8																								
$I_1/I$	1/3	1.50	1.76	2.03	2.26	2.40																							
	1/2	1.88	2.07	2.24	2.36	2.44																							
	2/3	2.14	2.26	2.35	2.42	2.45																							

注:支座的图示意义同表 4.1-47。

表 4.1-50 具有中间支承中心受压等截面直杆的长度系数  $\mu$  与稳定系数  $\eta$

序号	支座与载荷类型	$a/l$ $\mu$ 与 $\eta$	$a/l$										
			0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1		$\mu$	0.500	0.463	0.426	0.391	0.362	0.350	0.362	0.391	0.426	0.463	0.500
		$\eta$	39.5	46.1	54.5	64.6	75.2	80.8	75.2	64.6	54.5	46.1	39.5
2		$\mu$	0.699	0.646	0.593	0.539	0.487	0.439	0.410	0.412	0.436	0.467	0.500
		$\eta$	20.2	23.6	28.1	34.0	41.7	51.1	58.8	58.2	52.0	45.3	39.5
3		$\mu$	0.699	0.652	0.604	0.558	0.518	0.500	0.518	0.558	0.604	0.652	0.699
		$\eta$	20.2	23.2	27.1	31.8	36.8	39.5	36.8	31.8	27.1	23.2	20.2
4		$\mu$	1.00	0.925	0.850	0.776	0.704	0.636	0.575	0.530	0.507	0.501	0.500
		$\eta$	9.87	11.5	13.7	16.4	19.9	24.4	29.8	35.1	38.4	39.4	39.5
5		$\mu$	1.00	0.933	0.868	0.804	0.746	0.699	0.672	0.668	0.679	0.693	0.699
		$\eta$	9.87	11.3	13.1	15.3	17.7	20.2	21.9	22.1	21.4	20.6	20.2
6		$\mu$	2.00	1.85	1.70	1.55	1.40	1.26	1.11	0.975	0.852	0.757	0.699
		$\eta$	2.47	2.88	3.41	4.11	5.02	6.26	7.99	10.4	13.6	17.2	20.2
7		$\mu$	2.00	1.87	1.73	1.60	1.47	1.35	1.23	1.13	1.06	1.01	1.00
		$\eta$	2.47	2.83	3.28	3.85	4.55	5.44	6.51	7.73	8.87	9.64	9.87

注：中间支座仅限制压杆在该处的侧向位移，其余支座图示的意义同表 4.1-47。

表 4.1-51 具有弹性支座中心压杆的临界载荷  $P_{cr}$  和稳定系数  $\eta$

序号	1	2	3
支座类型	<p>一端铰支，一端不能移动，但能弹性转动</p>	<p>一端自由，一端不能移动，但能弹性转动</p>	<p>一端固定，一端弹性侧移</p>

(续)

序号	1	2	3
稳定方程	$\tan nl = \frac{nl}{1 + \frac{EI}{\beta_1 l}(nl)^2}$	$\tan nl = \frac{\beta_1 l}{EI}$	$\tan nl = nl - \frac{EI(nl)^3}{\beta_2 l^3}$
临界稳定载荷系数	$P_{cr} = (nl)^2 \frac{EI}{l^2} = \eta \frac{EI}{l^2}$ (稳定系数 $\eta = (nl)^2$ 中的 $nl$ 为由稳定方程解得的 $nl$ 最小正根)		
说明	$E$ —材料的弹性模量; $I$ —压杆横截面的惯性矩; $\beta_1$ —抗转动弹簧刚度; $\beta_2$ —抗侧移弹簧刚度		

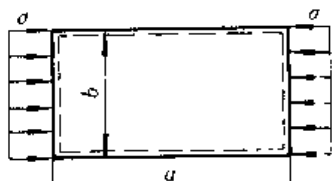
表 4.1-52 临界载荷经验公式中的系数  $a, b, c$  及  $d$  的取值

材料	$\sigma_s$ /MPa	$\sigma_b$ /MPa	$a$ /MPa	$b$ /MPa	$c$ /MPa	$d$ /MPa	$\lambda$ 适用范围
Q235A	235.2	372.4	235.2	$0.668 \times 10^{-2}$	304	1.12	0~123(抛物线公式) 61~100(直线公式)
Q275	274.4	490.0	274.4	$0.855 \times 10^{-2}$	—	—	0~96(抛物线公式)
16Mn	343.0	509.6	343.0	$1.418 \times 10^{-2}$	—	—	0~102(抛物线公式)
优质钢	304	$\geq 471$	—	—	460	2.57	60~100(直线公式)
硅钢	353	$\geq 510$	—	—	578	3.74	—
铬钼钢	—	—	—	—	981	5.30	$\geq 55$ (直线公式)
硬铝	—	—	—	—	373	2.14	$\geq 50$
铸铁	—	392	392	$1.891 \times 10^{-2}$	331.9	1.45	0~102(抛物线公式)
松木	—	—	—	—	39.2	0.199	$\geq 59$

表 4.1-53 中心压杆的稳定性条件

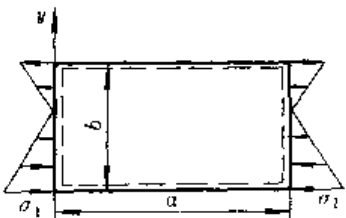
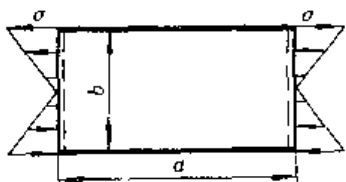
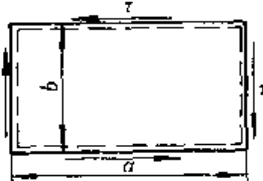
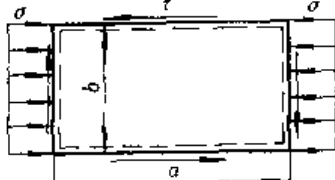
压杆类型	$n_w$	压杆类型	$n_w$
结构中的压杆和柱子	钢 1.8~3.0	机床走刀丝杆	2.5~4
	铸铁 5~5.5	水平长丝杆及精密丝杆	$>4$
	木材 2.8~3.2	磨床等油缸中的活塞杆	4~6
矿山设备中的压杆	4~8	起重螺旋	3.5~5
空压机及内燃机的连杆	3~8	拖拉机转向纵、横推杆	$>5$
发动机的挺杆	低速 4~6		
	高速 2~5		

表 4.1-54 平板的临界载荷(线弹性范围)

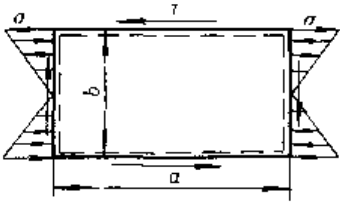
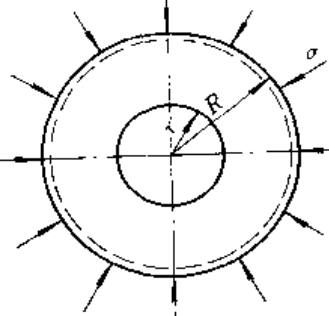
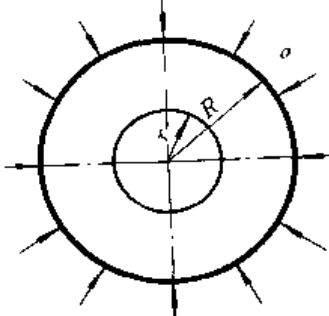
序号	载荷与支座	临界载荷																																																												
1	面内单向均匀受压, 四边简支 	$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left( \frac{t}{b} \right)^2$ <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>0.2</th> <th>0.3</th> <th>0.4</th> <th>0.5</th> <th>0.6</th> <th>0.7</th> <th>0.8</th> <th>0.9</th> <th>1.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>k</math></td> <td>27</td> <td>13.2</td> <td>8.41</td> <td>6.25</td> <td>5.14</td> <td>4.53</td> <td>4.20</td> <td>4.04</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>1.1</th> <th>1.2</th> <th>1.3</th> <th>1.4</th> <th>1.5</th> <th>1.6</th> <th>1.7</th> <th>1.8</th> <th>2.0</th> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>4.04</td> <td>4.13</td> <td>4.28</td> <td>4.47</td> <td>4.34</td> <td>4.20</td> <td>4.11</td> <td>4.04</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <th><math>a/b</math></th> <th>2.2</th> <th>2.4</th> <th>2.6</th> <th>2.8</th> <th>3.0</th> <th>3.5</th> <th>4.0~∞</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>4.04</td> <td>4.13</td> <td>4.08</td> <td>4.02</td> <td>4.00</td> <td>4.07</td> <td>4.0</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	$a/b$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	$k$	27	13.2	8.41	6.25	5.14	4.53	4.20	4.04	4.00	$a/b$	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	$k$	4.04	4.13	4.28	4.47	4.34	4.20	4.11	4.04	4.00	$a/b$	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.5	4.0~∞			$k$	4.04	4.13	4.08	4.02	4.00	4.07	4.0		
		$a/b$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																																																			
$k$	27	13.2	8.41	6.25	5.14	4.53	4.20	4.04	4.00																																																					
$a/b$	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0																																																					
$k$	4.04	4.13	4.28	4.47	4.34	4.20	4.11	4.04	4.00																																																					
$a/b$	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.5	4.0~∞																																																							
$k$	4.04	4.13	4.08	4.02	4.00	4.07	4.0																																																							
		$k = \left( \frac{\beta}{m} + \frac{m}{\beta} \right)^2, \beta = a/b, m \text{ 为沿 } a \text{ 向的半波数}$ <p> <math>\beta \leq \sqrt{2} \quad m=1 \quad \sqrt{6} \leq \beta \leq \sqrt{12} \quad m=3</math>  <math>\sqrt{2} \leq \beta \leq \sqrt{6} \quad m=2 \quad \sqrt{12} \leq \beta \leq \sqrt{20} \quad m=4</math> </p>																																																												



(续)

序号	载荷与支座	临界载荷																																																																		
6	<p>面内弯压组合作用, 四边简支</p>  <p><math>\sigma_x = \sigma_1(1 - \varphi y/b)</math>  <math>\varphi = 2</math> 纯弯  <math>\varphi = 0</math> 纯压</p>	$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} (t/b)^2$ <table border="1"> <tr> <td><math>a/b \backslash \varphi</math></td> <td>0.40</td> <td>0.50</td> <td>0.60</td> <td>0.667</td> <td>0.75</td> <td>0.80</td> <td>0.90</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>29.1</td> <td>25.6</td> <td>24.1</td> <td>23.9</td> <td>24.1</td> <td>24.4</td> <td>25.6</td> <td>25.6</td> <td>24.1</td> <td>23.9</td> </tr> <tr> <td>4/3</td> <td>18.7</td> <td>-</td> <td>12.9</td> <td>-</td> <td>11.5</td> <td>11.2</td> <td>-</td> <td>11.0</td> <td>11.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>15.1</td> <td>-</td> <td>9.7</td> <td>-</td> <td>8.4</td> <td>8.1</td> <td>-</td> <td>7.8</td> <td>8.4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4/5</td> <td>13.3</td> <td>-</td> <td>8.3</td> <td>-</td> <td>7.1</td> <td>6.9</td> <td>-</td> <td>6.6</td> <td>7.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2/3</td> <td>10.8</td> <td></td> <td>7.1</td> <td>-</td> <td>6.1</td> <td>6.0</td> <td>-</td> <td>5.8</td> <td>6.1</td> <td></td> </tr> </table> <p><math>\varphi = 2</math>, 近似式 <math>a/b \leq \frac{2}{3}</math> <math>k \approx 15.87 + 1.87/\beta^2 + 8.6\beta^2</math>  <math>a/b &gt; \frac{2}{3}</math> <math>k \approx 23.9</math> (<math>\beta = a/b</math>)</p>	$a/b \backslash \varphi$	0.40	0.50	0.60	0.667	0.75	0.80	0.90	1.0	1.5	$\infty$	2	29.1	25.6	24.1	23.9	24.1	24.4	25.6	25.6	24.1	23.9	4/3	18.7	-	12.9	-	11.5	11.2	-	11.0	11.5		1	15.1	-	9.7	-	8.4	8.1	-	7.8	8.4		4/5	13.3	-	8.3	-	7.1	6.9	-	6.6	7.1		2/3	10.8		7.1	-	6.1	6.0	-	5.8	6.1	
$a/b \backslash \varphi$	0.40	0.50	0.60	0.667	0.75	0.80	0.90	1.0	1.5	$\infty$																																																										
2	29.1	25.6	24.1	23.9	24.1	24.4	25.6	25.6	24.1	23.9																																																										
4/3	18.7	-	12.9	-	11.5	11.2	-	11.0	11.5																																																											
1	15.1	-	9.7	-	8.4	8.1	-	7.8	8.4																																																											
4/5	13.3	-	8.3	-	7.1	6.9	-	6.6	7.1																																																											
2/3	10.8		7.1	-	6.1	6.0	-	5.8	6.1																																																											
7	<p>面内弯曲作用, 受载边简支, 非受载边固定</p> 	$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2$ <table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>47.3</td> <td>40.7</td> <td>39.7</td> <td>41.8</td> <td>43.0</td> <td>40.7</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> </tr> </table> <p><math>a/b \geq 1</math> <math>k \approx 39.7</math></p>	$a/b$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	2.0	$k$	47.3	40.7	39.7	41.8	43.0	40.7	39.7	39.7	39.7																																														
$a/b$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.5	2.0																																																											
$k$	47.3	40.7	39.7	41.8	43.0	40.7	39.7	39.7	39.7																																																											
8	<p>面内受均匀剪切作用, 四边简支</p> 	$\tau_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} (t/b)^2$ <p><math>\beta = a/b \leq 1</math> <math>k \approx 4.0 + 5.34/\beta^2</math>  <math>\beta = a/b \geq 1</math> <math>k \approx 5.34 - 4.00/\beta^2</math>                      精确解</p> <table border="1"> <tr> <td><math>a/b</math></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td><math>\infty</math></td> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>9.35</td> <td>6.48</td> <td>6.04</td> <td>5.35</td> </tr> </table>	$a/b$	1	2	3	$\infty$	$k$	9.35	6.48	6.04	5.35																																																								
$a/b$	1	2	3	$\infty$																																																																
$k$	9.35	6.48	6.04	5.35																																																																
9	<p>面内压缩, 剪切组合作用, 四边简支</p> 	<p>交叉影响公式</p> $\left(\frac{\sigma_c}{\sigma_c^*}\right)^2 + \left(\frac{\tau_c}{\tau_c^*}\right)^2 = 1$ <p>式中 <math>\sigma_c, \tau_c</math> 为压、剪组合作用时的临界应力, <math>\sigma_c^*, \tau_c^*</math> 分别为仅有压缩或剪切作用时的临界应力, 由本表序号 1 和 8 查得</p>																																																																		

(续)

序号	载荷与支座	临界载荷																						
10	<p>面内弯曲, 剪切组合作用, 四边简支</p> 	<p>交叉影响公式</p> $\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{1cr}^*}\right)^2 + \left(\frac{\tau_r}{\tau_{cr}^*}\right)^2 = 1$ <p>式中 <math>\sigma_1, \tau_r</math> 为弯剪组合作用时的临界应力; <math>\sigma_{1cr}^*, \tau_{cr}^*</math> 分别为仅有弯曲或剪切作用时的临界应力, 由本表序号 6 和 8 查得</p>																						
11	<p>面内径向压缩, 外周边简支内周边自由</p> 	$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} (t/R)^2$ <table border="1" data-bbox="600 981 1445 1099"> <tr> <td><math>r/R</math></td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>0.426</td> <td>0.402</td> <td>0.365</td> <td>0.328</td> <td>0.280</td> <td>0.256</td> <td>0.231</td> <td>0.219</td> <td>0.207</td> <td>0.195</td> </tr> </table>	$r/R$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	$k$	0.426	0.402	0.365	0.328	0.280	0.256	0.231	0.219	0.207	0.195
$r/R$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9														
$k$	0.426	0.402	0.365	0.328	0.280	0.256	0.231	0.219	0.207	0.195														
12	<p>面内径向压缩, 外周边固定, 内周边自由</p> 	$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} (t/R)^2$ <table border="1" data-bbox="590 1507 1458 1626"> <tr> <td><math>r/R</math></td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td><math>k</math></td> <td>1.48</td> <td>1.42</td> <td>1.35</td> <td>1.47</td> <td>1.80</td> <td>2.52</td> </tr> </table>	$r/R$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	$k$	1.48	1.42	1.35	1.47	1.80	2.52								
$r/R$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5																		
$k$	1.48	1.42	1.35	1.47	1.80	2.52																		

表中  $t$ —板厚

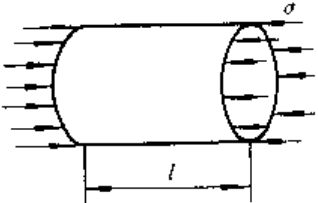
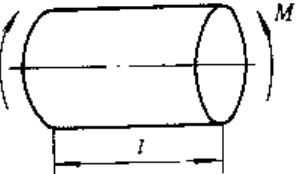
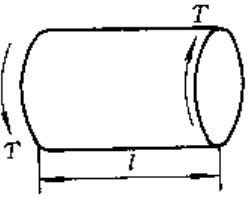


自由边  
简支边  
固定边

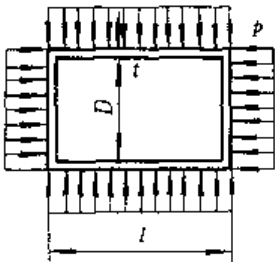
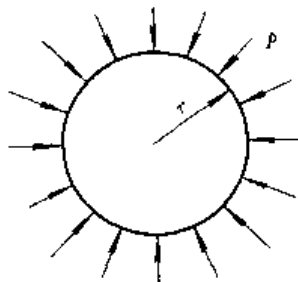
注: 本表也适用于薄壁杆件局部稳定临界载荷计算, 通常将所计算的壁板部分与相邻壁板的边缘简化为简支边。



表 4.1-55 圆柱壳与球壳的临界载荷(线弹性)

序号	载荷与壳体	临界载荷
1	<p>轴向均匀受压的圆柱壳</p>  <p><math>D</math>: 平均直径  <math>R</math>: 平均半径  <math>t</math>: 厚度 (下同)</p>	<p>短壳: <math>\left[ z = \left( \frac{l}{R} \right)^2 (R/t) \sqrt{1-\nu^2} &lt; 2.85 \right]</math></p> $\sigma_{cr} = k_c \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)(l/t)^2}$ $k_c = \begin{cases} \frac{1-12z^2}{\pi^4} & \text{(两端简支)} \\ \frac{4+3z^2}{\pi^4} & \text{(两端固定)} \end{cases}$ <p>中长壳: (<math>z &gt; 2.85</math>)</p> <p>经典理论解 (理想圆柱壳) <math>\sigma_{cr} = \frac{1}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{Et}{R}</math> (两端简支或固定)</p> <p>实测值 (有缺陷圆柱壳) <math>\sigma_{cr} = \left( \frac{1}{5} \sim \frac{1}{3} \right) \sigma_{cr}</math></p> <p>对精度较差的柱壳可取 <math>\sigma_{cr} = \frac{1}{5} \sigma_{cr}</math></p> <p>对精度较高的柱壳可取 <math>\sigma_{cr} = \left( \frac{1}{4} \sim \frac{1}{3} \right) \sigma_{cr}</math></p> <p>长壳: (<math>z</math> 很大的细长壳)</p> $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ $\lambda = \frac{\sqrt{2} \mu l}{R} > \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_s}}$ <p><math>\mu</math> 为长度系数, 见表 4.1-47</p>
2	<p>纵向对称面内受弯矩作用圆柱壳</p> 	<p>中长壳: <math>M_{cr} = \frac{\pi ERt^2}{\sqrt{3(1-\nu^2)}}</math></p> <p>实测值 <math>M_{cr} = (0.4 \sim 0.7) M_{cr}</math></p>
3	<p>两端受扭圆柱壳</p>  $\tau = \frac{T}{2\pi R^2 t}$	$\tau_{cr} = k_s \left( \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)(l/t)^2} \right)^{\nu=0.3} \frac{0.904k_s E}{(l/t)^2}$ <p>短壳: <math>z = (l/R)^2 (R/t) \sqrt{1-\nu^2} &lt; 50</math></p> $k_s = \begin{cases} 5.35 + 0.213z & \text{(两端简支)} \\ 8.98 + 0.101z & \text{(两端固定)} \end{cases}$ <p>中长壳: <math>100 \leq z \leq 19.2(1-\nu^2)(D/t)^2 \frac{\nu=0.3}{17.5(D/t)^2}</math></p> <p><math>k_s = 0.85z^{0.75}</math> (<math>\nu = 0.3</math>, 无论何边界)</p> <p>考虑初始缺陷影响, 建议取 <math>k_s</math> 比上式低 15%</p> <p>长壳: <math>k_s = \frac{0.416z}{(D/t)^{0.5}}</math></p>

(续)

序号	载荷与壳体	临界载荷																						
4	<p>静水外压,非加劲圆柱壳及环向加劲圆柱壳在环肋之间的屈曲</p>  <p><math>l</math> 为柱壳两相邻环肋之间或一端部与相邻环肋间的距离,若两端为半球状头壳,当柱壳段发生屈曲,头部仍保持稳定,则可当作较长的柱壳,每端各加长 <math>\frac{\pi D}{2n}</math></p>	<p>一般通用式:</p> $p_{cr} = \frac{2E(t/D)}{n^2 + (\lambda^2/2) - 1} \left\{ \frac{(t/D)^2}{3(1-\nu^2)} [(n^2 + \lambda^2)^2 - 2n^2 + 1] - \frac{\lambda^4}{(n^2 + \lambda^2)^2} \right\}$ <p><math>n</math>: 环向出现压陷时的瓣数(使 <math>p_{cr}</math> 最小的正整数)</p> $\lambda = \frac{\pi D}{2l}$ <p>简化式:</p> <p>当 <math>\frac{2}{[12(1-\nu^2)]^{0.25} \sqrt{D/t}} &lt; l/D \leq \frac{10}{[12(1-\nu^2)]^{0.25} \sqrt{D/t}}</math></p> $\left\{ \nu = 0.3, \frac{1.1}{\sqrt{D/t}} < l/D \leq 5.5 \sqrt{D/t} \right\}$ $p_{cr} = \frac{2.42E}{(1-\nu^2)^{0.75}} \left[ \frac{(t/D)^{2.5}}{l/D - 0.45(t/D)^{0.5}} \right]$ $\nu = 0.3 \quad \frac{2.6E(t/D)^{2.6}}{l/D - 0.45(t/D)^{0.5}}$ <p>当 <math>\frac{10}{[12(1-\nu^2)]^{0.25} \sqrt{D/t}} &lt; l/D \leq \frac{\sqrt{D/t}}{[12(1-\nu^2)]^{0.25}}</math></p> $\left\{ \nu = 0.3, \frac{5.5}{\sqrt{D/t}} < l/D \leq 0.55 \sqrt{D/t} \right\}$ $p_{cr} = \frac{2.42E}{(1-\nu^2)^{0.75}} \frac{\nu = 0.3 \quad 2.60E}{l/D(D/t)^{2.5}}$ <p>当 <math>\frac{A_1/t}{[12(1-\nu^2)]^{0.25}} &lt; l/D \leq \frac{4 \sqrt{D/t}}{[12(1-\nu^2)]^{0.25}}</math></p> $\left\{ \nu = 0.3, 0.55 \sqrt{D/t} < l/D \leq 2.2 \sqrt{D/t} \right\}$ $p_{cr} = \frac{2E(t/D)}{3 - \lambda^2/2} \left\{ \frac{(t/D)^2}{3(1-\nu^2)} [(4 - \lambda^2)^2 - 7] + \frac{\lambda^4}{(4 + \lambda^2)^2} \right\}$ <p>当 <math>l/D &gt; \frac{4 \sqrt{D/t}}{[12(1-\nu^2)]^{0.25}} (\nu = 0.3, l/D &gt; 2.2 \sqrt{D/t})</math></p> $p_{cr} = \frac{2E(t/D)^3}{(1-\nu^2)} \frac{\nu = 0.3}{2.2E(t/D)^3}$																						
5	<p>径向均匀外压球壳</p> 	<p>经典理论解</p> $p_{cr} = \frac{2Et^2}{r^2 \sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{\nu = 0.3}{1.2E} \left( \frac{t}{r} \right)^2$ <p>实测值</p> $p_{cr} = \left( \frac{1}{4} \sim \frac{2}{3} \right) p_{cr}$ <p>经典解也适用于碟形和椭圆形封头。但式中的 <math>r</math> 应为碟形封头球面部分的内半径;用于椭圆形封头,式中 <math>r</math> 应取下表中的当量半径 <math>r_0</math></p> <table border="1" data-bbox="726 1780 1452 2027"> <tr> <td>长短半轴比 <math>a/b</math></td> <td>3.0</td> <td>2.8</td> <td>2.6</td> <td>2.4</td> <td>2.2</td> <td>2.0</td> <td>1.8</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>当量半径与容器外直径比 <math>r_0/D</math></td> <td>1.36</td> <td>1.27</td> <td>1.18</td> <td>1.08</td> <td>0.99</td> <td>0.90</td> <td>0.81</td> <td>0.73</td> <td>0.65</td> <td>0.57</td> </tr> </table>	长短半轴比 $a/b$	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	当量半径与容器外直径比 $r_0/D$	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57
长短半轴比 $a/b$	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2														
当量半径与容器外直径比 $r_0/D$	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57														

## 第 2 章 实验应力分析常用公式和技术数据

### 1 电阻应变测量

#### 1.1 电阻应变计类型、特点和选择

表 4.2-1 电阻应变计型号组成的表示方法

表示方法	电阻应变计型号依次由左至右共七项(某些情况后两项可省略)用汉语拼音字母或数字组成							
	项次	表示内容	字母或数字表示的含义规定					
	第一项	应变计类别	S 丝绕式, D—短接式, B—箔式, A—半导体式, T—特种用途					
	第二项	基底材料种类	Z—纸基, H—环氧类, F—酚醛类, J—聚酯类, X—缩醛类, A—聚酰亚胺, B—玻璃纤维布浸胶, L—临时基底, Q—纸浸胶, P—金属薄片, E—聚乙烯醇缩丁醛, Y—有机硅树脂					
	第三项	标称电阻值/ $\Omega$	60, (90), 120, (150), 200, (250), 350, 500, (650), 1000 (带括号规格不推荐采用)					
	第四项	应变计栅长/mm	02, 03, 05, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20, 40, 60, 100, 150, 200 (02, 03, 05 分别表示 0.2、0.3 和 0.5mm)					
型号中各项的内容及字母或数字表示含义的规定	第五项	敏感栅结构 (只列出常用的, 其他结构由制造单位规定)	代表字母	结构形状	说 明	代表字母	结构形状	说 明
			AA	—	单轴	EA	X	二轴四栅 45°
			BA	└	二轴 90°	EB	└┘	二轴四栅 90°
			BB	├	二轴 90°	FB		平行轴二栅
			BC	+	二轴 90°重迭	FC		平行轴三栅
			CA	/	三轴 45°	FD		平行轴四栅
			CB	✳	三轴 45°重迭	GB	— —	同轴二栅
			CC	△	二轴 60°	GC	— — —	同轴三栅
			CD	Y	三轴 120°	GD	— — — —	同轴四栅
			DA	△	四轴 60°/90°	HA	<	二轴二栅 45°
			DB	<<	四轴 45°/90°	HB	<<<	二轴四栅 45°

(续)

表示方法	电阻应变计型号依次由左至右共七项(某些情况后两项可省略)用汉语拼音字母或数字组成							
型号中各项的内容及字母或数字表示含义的规定	项次	表示内容	字母或数字表示的含义规定					
	第五项	敏感栅结构 (只列出常用的,其他结构由制造单位规定)	代表字母	结构形状	说明	代表字母	结构形状	说明
			HC		二轴六栅 45°	KA		圆膜栅
			HD		二轴八栅 45°			
	JA		螺旋栅					
第六项	极限工作温度 /°C	用数字表示(常温应变计可省略此项)低温应变计(-30°C 以下至 -270°C),常温应变计(-30~60°C),中温应变计(60~350°C),高温应变计(350°C 以上)						
第七项	可温度自补偿材料的线胀系数 (×10 <sup>-6</sup> /°C)	用带括号数字表示温度自补偿应变计适用试件材料的线胀系数(对非温度自补偿应变计此项省略),常用材料如下: 9—钛,11—钢,16—不锈钢,23—铝,27—镁,65—塑料						

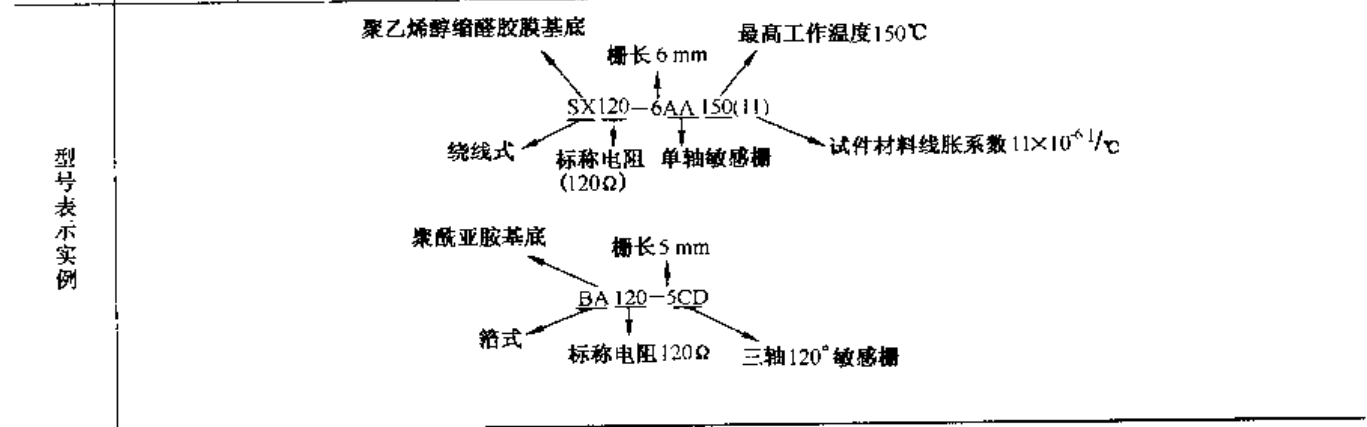


表 4.2-2 电阻应变计类型、规格的特点与选择

项目	特点与选择
类别	<p>箔式—敏感栅表面积大,易传递试件表面变形,易粘贴在表面为平面或曲面的试件上;横向灵敏度、蠕变和机械滞后均小,输出信号大,散热能力强,有较高测量精度,易制成各种应变花和极小的尺寸(栅长≤2mm),价格低,广泛用于多种应变测量</p> <p>丝绕式—横向效应大,难于制成极小尺寸,一般用于中、高温和特殊场合的应变测量。为减小横向效应,可采用短接式,但疲劳寿命低</p> <p>半导体式—灵敏系数比一般金属应变计高数十甚至百倍;横向灵敏度、蠕变和机械滞后均小,频率响应高(响应时间 10<sup>-11</sup>s 量级),既可测静态也可测高频动应变。易制成超小型应变计。但灵敏系数随温度变化大,且应变和电阻变化间的非线性也比较大,应变极限也小。宜用于小应变及瞬态应变测量,不宜作温度变化大、精度要求高的应变测量</p> <p>特殊型—对于不便用加热固化应变计的高温 and 大型构件,宜采用焊接式或陶瓷喷涂型应变计;在高、低温测量和传感器中宜使用温度自补偿应变计;在水中或潮湿环境中的测量,选用防水型应变计;大变形的测量(应变&gt;2%),采用大应变量应变计;测量疲劳寿命采用 S/N 疲劳寿命应变计;测量裂纹扩展采用裂纹扩展应变计</p>

(续)

项目	特点与选择
应变计尺寸	测试部位应力梯度大或可贴面积小的试件要选用小栅长应变计;材质不均匀表面粗糙的试件(如铸铝、铸镁合金、混凝土等),小应变不足以反映宏观变形,应选栅长大的应变计;动态应变测量,应变计栅长应为振动波波长 $\lambda$ 的 $\frac{1}{10}$ $\sim \frac{1}{20}$ ( $\lambda = \text{声波传播速度(m/s)} / \text{振动频率}$ )
标称电阻	一般应变测量采用标称电阻为120 $\Omega$ ,为提高信噪比(当电路中有电阻变化的随机源时),或提高灵敏度(如传感器中的应变计)应选用电阻值大(如 $>350\Omega$ )的应变计
敏感栅的结构	对已知应力方向的单向应力状态,选用单轴应变计;已知两主应力方向的平面应力状态,选用二轴应变计;对两主应力方向未知的平面应力状态,选用三轴或四轴应变计

表 4.2-3 国产常用粘结剂的特点和适用范围

类型	牌号	最低限度固化条件	使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	特点	适用范围
氨基丙烯酸酯	CK501 501 502 (502胶 T 1型) B704	指压、室温固化	-60~60 粘贴 70 $^{\circ}\text{C}$ 烘 2h 可提高粘 结力 常温	无需加压、加温处理,室温短时即固化;对多种金属、玻璃、塑料(聚乙烯等除外)有很强粘贴作用;浸醇、苯、汽油中强度基本不变。不耐酸、碱,耐湿性差,溶于内酯	广泛用于一般测量的各类应变计
	J06-2	压力 0.2 ~ 0.3MPa, 150 $^{\circ}\text{C}$ 3h	-196~250	通用性好,粘接力强,抗湿性和绝缘性好,固化时收缩量小,不致产生残余应变	SB、SP 等系列应变计
环氧类	J37	指压 80 $^{\circ}\text{C}$ , 6h	-150~150		测量
	H610	压力 0.1 ~ 0.3MPa, 135 $^{\circ}\text{C}$ 2h; 165 $^{\circ}\text{C}$ 2h	短期-269~370 长期-269~288		适用于 BH 系列应变计,高精度传感器和应变测量,也可用于 BE、BA 等系列应变计
	NE 13	压力 0.05MPa, 160 $^{\circ}\text{C}$ 2h	-30~80		制传感器或测量
	AST-1	压力 0.05 ~ 0.1MPa, 70 $^{\circ}\text{C}$ 1h, 140 $^{\circ}\text{C}$ 2h, 190 $^{\circ}\text{C}$ 3h	-100~200		SX、BF、BX、BH 等系列应变计
AST-2	后固化处理 190 $^{\circ}\text{C}$ 2h		BA、BF、BX、BH 等系列应变计		
酚醛树脂类	G1720	压力 0.05 ~ 0.1MPa, 70 $^{\circ}\text{C}$ 1h, 140 $^{\circ}\text{C}$ 1h, 185 $^{\circ}\text{C}$ 2h	-60~80 特殊-196~ 150	用于中低温测量 BXC、BQC、BBC 系列应变计	
	J5F-4	压力 0.1 ~ 0.2MPa, 60 $^{\circ}\text{C}$ 1/ 2h, 100 $^{\circ}\text{C}$ 1/2h, 140 $^{\circ}\text{C}$ 2h	-100~80	耐强碱	
	J5F-2	压力 0.01 ~ 0.2MPa, 80 $^{\circ}\text{C}$ 1/ 2h, 160 $^{\circ}\text{C}$ 1h	-30~100	耐强酸	

(续)


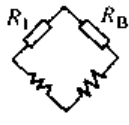
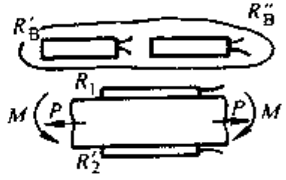
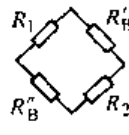
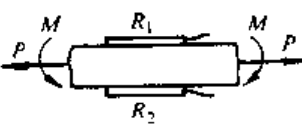
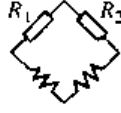
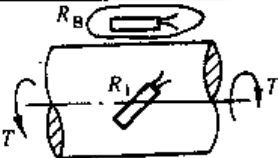

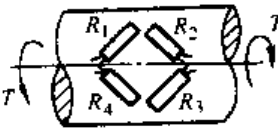

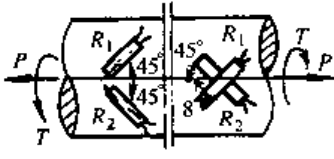

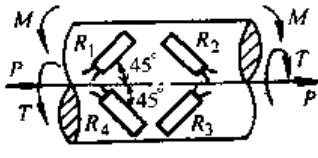

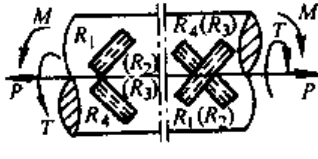
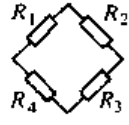
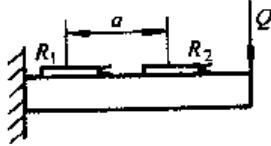

类型	牌号	最低限度固化条件	使用温度/°C	特 点	适用范围
酚醛树脂类	KY-5	压力 0.05 ~ 0.1MPa, 70°C1h, 100°C1h, 160°C2h	-40~80 特殊 -196~180	需加热才能聚合,且有水生成。为避免形成水泡,要给应变计适当压力,使用不太方便。对酚醛树脂为基底的应变计较为有利	对聚酰亚胺基底粘接力强,主要用于传感器
	CK-4 CK-5	压力 0.05 ~ 0.1MPa, 160°C4h 后固化 180°C2h, 70°C1h, 100°C1h, 160°C1h 后固化 180°C2h	短期 -190~180 长期 -190~160		适于 BA 系列应变计,高精度传感器
	JFH-1	压力 0.2MPa, 100°C1h, 150°C2h, 250°C4h	-30~250		适于 BB, DB 系列应变计
聚酰亚胺	30-14	压力 0.1 ~ 0.3MPa, 200°C1h, 280°C2h	-60~250 短期可到 300	耐中、低温,抗辐射,电绝缘性好,并有良好的耐水、酸、溶剂等,应变极限高(20%)	
聚树脂脂	KY-3	压力 0.03 ~ 0.05MPa 室温 24h	-50~150	粘接力好,耐水、油、稀酸,使用前配制	
聚胺脂	PPS	使其快干可加温固化 压力 0.05MPa, 80°C2h	-30~60	具有良好防水、防潮、防霉及电绝缘性优良,室温下自干	适用于水下应变剂粘贴及其他应变计防护剂
有机硅	F18-2 B19	压力 0.05 ~ 0.2MPa, 180°C1h 卸压后 300°C3h, 480°C2h	450	溶剂中含苯、甲苯,有毒性	适用于玻璃纤维布基底的应变计(如 SB 系列等)不能在核辐射环境中应用

1.2 静态应变测量计算公式

表 4.2-4 几种杆件受载方式下,所测应力和载荷的计算公式

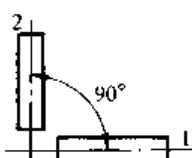
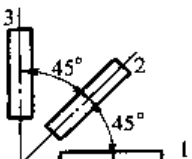
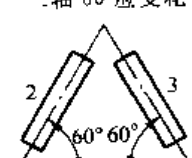
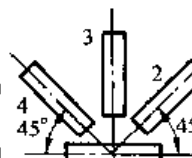
载荷形式	载荷及布片图	接桥图	$\epsilon'/\epsilon$	所测应力及载荷计算公式
轴向拉伸或压缩			1	$\sigma = E\epsilon'$ $P = EA\epsilon'$
			$1 + \mu$	$\sigma = \frac{E\epsilon'}{1 + \mu}$ $P = \frac{EA\epsilon'}{1 + \mu}$
			$2(1 + \mu)$	$\sigma = \frac{E\epsilon'}{2(1 + \mu)}$ $P = \frac{EA\epsilon'}{2(1 + \mu)}$

(续)

载荷形式	载荷及布片图	接桥图	$\epsilon'/\epsilon$	所测应力及载荷计算公式
平面弯曲			1	$\sigma = E\epsilon'$ $M = EWe\epsilon'$
拉(压)弯组合			2	$\sigma = \frac{E\epsilon'}{2}$ $P = \frac{EA\epsilon'}{2}$
			2	$\sigma = \frac{E\epsilon'}{2}$ $M = \frac{EWe'}{2}$
扭转			1	$\tau = \frac{E\epsilon'}{1+\mu}$ $T = \frac{EW_n\epsilon'}{1+\mu}$
			4	$\tau = \frac{E\epsilon'}{4(1+\mu)}$ $T = \frac{EW_n\epsilon'}{4(1+\mu)}$
拉(压)扭组合			2	$\tau = \frac{E\epsilon'}{2(1+\mu)}$ $T = \frac{EW_n\epsilon'}{2(1+\mu)}$
拉(压)弯扭组合 (弯矩沿轴向无梯度)			4	$\tau = \frac{E\epsilon'}{4(1+\mu)}$ $T = \frac{EW_n\epsilon'}{4(1+\mu)}$
拉(压)弯扭组合 (弯矩沿轴向有梯度)			4	$\tau = \frac{E\epsilon'}{4(1+\mu)}$ $T = \frac{EW_n\epsilon'}{4(1+\mu)}$
剪切			1	$Q = \frac{EWe'}{a}$

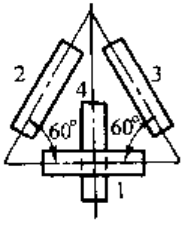
注:1.  $\epsilon'$ —仪器测得指示应变,  $\epsilon$ —试件实际应变,  $A$ —杆件横截面面积,  $W, W_n$ —杆件横截面的抗弯、抗扭截面系数。  
2. 倾斜布片均为  $45^\circ$  倾角。括号内电阻片粘贴于杆后面。

表 4.2-5 常用应变花求主应变、主应力及主方向角的计算公式

序号	应变花类型	主应变 $\epsilon_{max}, \epsilon_{min}$	主应力 $\sigma_{max}, \sigma_{min}$	主方向角 $\varphi$	应用场合
1	二轴应变花 	$\epsilon_1, \epsilon_2$ 代数值大者为 $\epsilon_{max}$ , 小者为 $\epsilon_{min}$	$\sigma_{max} = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_{max} + 2\epsilon_{min})$ $\sigma_{min} = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_{min} + 2\epsilon_{max})$	$\varphi = 0$	两主应变方向已知
2	二轴 45°应变花 	$\epsilon_{max/min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2} \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2}$	$\sigma_{max/min} = \frac{E}{2} \left[ \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{1-\nu} \pm \frac{\sqrt{2}}{1-\nu} \times \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2} \right]$	$\varphi = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1} \frac{(2\epsilon_2 - \epsilon_1 - \epsilon_3)}{\epsilon_1 - \epsilon_2}$ 若 $\epsilon_1 \geq \epsilon_3$ , 由 1 轴转 $\varphi$ 角至 $\epsilon_{max}$ (或 $\sigma_{max}$ ) 若 $\epsilon_1 < \epsilon_3$ , 由 1 轴转 $\varphi$ 角至 $\epsilon_{min}$ (或 $\sigma_{min}$ )	主要用于两应变主方向大致已知的场合
3	三轴 60°应变花 	$\epsilon_{max/min} = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3}{3} \pm \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2}$	$\sigma_{max/min} = \frac{E}{3} \times \left[ \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3}{(1-\nu)} \pm \frac{\sqrt{2}}{(1+\nu)} \times \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2} \right]$	$\varphi = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1} \times \frac{\sqrt{3}(\epsilon_2 - \epsilon_3)}{(2\epsilon_1 - \epsilon_2 - \epsilon_3)}$ 若 $\epsilon_1 \geq \frac{\epsilon_2 + \epsilon_3}{2}$ 由 1 轴转 $\varphi$ 角至 $\epsilon_{max}$ (或 $\sigma_{max}$ ) 若 $\epsilon_1 < \frac{\epsilon_2 + \epsilon_3}{2}$ 由 1 轴转 $\varphi$ 角至 $\epsilon_{min}$ (或 $\sigma_{min}$ )	主要用于两应变主方向无法估计的场合
4	四轴 45°/90° 校核式应变花  校核式 $\epsilon_1 + \epsilon_3 = \epsilon_2 + \epsilon_4$	$\epsilon_{max/min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4}{4} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_4)^2}$	$\sigma_{max/min} = \frac{E}{2} \times \left[ \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4)}{2(1-\nu)} \pm \frac{1}{(1+\nu)} \times \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_4)^2} \right]$	$\varphi = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1} \times \frac{\epsilon_2 - \epsilon_4}{\epsilon_1 - \epsilon_3}$ 若 $\epsilon_1 \geq \epsilon_3$ 由 1 轴转 $\varphi$ 角至 $\epsilon_{max}$ (或 $\sigma_{max}$ ) 若 $\epsilon_1 < \epsilon_3$ , 由 1 轴转 $\varphi$ 角至 $\epsilon_{min}$ (或 $\sigma_{min}$ )	欲用第四个应变数检查其它三个应变数准确度, 应变主方向大致已知的场合





(续)


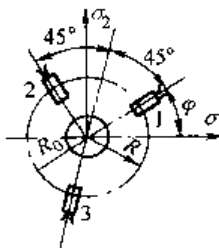
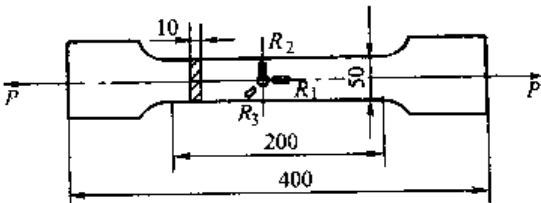
序号	应变花类型	主应变 $\epsilon_{max}, \epsilon_{min}$	主应力 $\sigma_{max}, \sigma_{min}$	主方向角 $\varphi$	应用场合
5	四轴 60°/90° 校核式应变花  校核式 $\frac{(\epsilon_1 + \epsilon_4)}{2} =$ $\frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3)}{3}$	$\epsilon_{max} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_4)}{2}$ $\epsilon_{min} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_4)}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_4)^2 + \frac{4}{3}(\epsilon_2 - \epsilon_3)^2}$	$\sigma_{max} = \frac{E}{2} \times$ $\left[ \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_4)}{(1-\nu)} \pm \frac{1}{(1+\nu)} \times \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_4)^2 + \frac{4}{3}(\epsilon_2 - \epsilon_3)^2} \right]$	$\varphi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2(\epsilon_2 - \epsilon_3)}{\sqrt{3}(\epsilon_1 - \epsilon_4)}$ $\epsilon_1 \geq \frac{(\epsilon_2 + \epsilon_3)}{2}, \text{由 1 轴转 } \varphi \text{ 角至 } \epsilon_{max} \text{ (或 } \sigma_{max})$ $\epsilon_1 < \frac{(\epsilon_2 + \epsilon_3)}{2}, \text{由 1 轴转 } \varphi \text{ 角至 } \epsilon_{min} \text{ (或 } \sigma_{min})$	欲用四个应变花检查其他三个应变花准确度, 应主方向无法估的场合

- 注: 1. 线应变(包括主应变)及主应力拉为正, 压为负。  
 2.  $\varphi$ 角由 1 轴逆时针转为正, 取值范围为  $-45^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ 。  
 3.  $E, \nu$  分别为材料的弹性模量和泊松比。  
 4. 表中主应力公式只适用线弹性各向同性材料, 主应变公式与材质无关。

表 4.2-6 电阻应变计测量残余应力的计算公式

序号	测量方法	被测残余应力状态及应变计布置	残余应力计算公式
1	切割法	残余应力方向已知的单向应力状态  (虚线为切割线, 下同)	$\sigma = -E\epsilon$
2		残余应力主方向已知的平面应力状态 	$\sigma_1 = -\frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_1 + \nu\epsilon_2)$ $\sigma_2 = -\frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_2 + \nu\epsilon_1)$

(续)

序号	测量方法	被测残余应力状态及应变计布置	残余应力计算公式
3	切割法	<p>残余应力主方向未知的平面应力状态</p> 	$\sigma_1 = -\frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_1 + \nu\epsilon_2)$ $\sigma_2 = -\frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_2 + \nu\epsilon_1)$ $\tau_{12} = \frac{E}{2(1+\nu)}(2\epsilon_2 - \epsilon_1 - \epsilon_3)$ $\sigma_{\max/\min} = -\frac{E}{2} \times \left[ \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{1-\nu} \pm \frac{\sqrt{2}}{1+\nu} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2} \right]$ <p>主方向角</p> $\varphi = \frac{1}{2} \arctan \frac{2\epsilon_2 - \epsilon_1 - \epsilon_3}{\epsilon_1 - \epsilon_3}$ <p>若 <math>\epsilon_1 \geq \epsilon_3</math>, 由 1 转 <math>\varphi</math> 至 <math>\sigma_{\min}</math>          若 <math>\epsilon_1 &lt; \epsilon_3</math>, 由 1 转 <math>\varphi</math> 至 <math>\sigma_{\max}</math></p>
4	钻孔法	 <p><math>\sigma_1, \sigma_2</math> 为两主应力值(未规定哪个大), <math>\sigma_1</math> 的方向由 <math>\epsilon_1</math> 转至 <math>\sigma_1</math> 的 <math>\varphi</math> 角确定, 顺时针为正</p>	$\sigma_1 = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{4A} \pm \frac{\sqrt{2}}{4B} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2}$ $\sigma_2 = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{4A} \mp \frac{\sqrt{2}}{4B} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2}$ $\varphi = \frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \frac{2\epsilon_3 - \epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$ <p>式中应力释放系数 <math>A, B</math> 由下图拉伸试件按如下公式标定:</p> $A = \frac{\epsilon_1^0 + \epsilon_2^0}{2\sigma}, B = \frac{\epsilon_1^0 - \epsilon_2^0}{2\sigma}$ <p><math>\epsilon_1^0, \epsilon_2^0</math> 分别为钻孔后的释放应变, <math>\sigma</math> 为试样钻孔前同一拉伸载荷 <math>P</math> 作用下的应力</p> 

注: 1.  $E, \nu$  分别为被测材料的弹性模量及泊松比。

2. 序号 3 中  $\varphi$  的取值范围为  $-45^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ , 规定由 1 轴逆时针转为正。

3. 所测释放残余应变  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  及算得的残余应力  $\sigma_1, \sigma_2$  和  $\sigma_{\max}, \sigma_{\min}$ , 拉为正, 压为负。

4. 标定释放系数  $A, B$  的试件必须采用与测试残余应力的结构相同的材料。试件经退火处理, 不存在初始应力。施加应力应小于  $\frac{1}{3}\sigma_s$ 。当孔深大于孔直径,  $A, B$  与孔深无关。

5. 有专供钻孔法的应变花和钻孔装置。

## 2 光弹性法测量

### 2.1 光弹性材料的性能、配比及模型固化工艺

表 4.2-7 几种光弹性参料的主要参考性能

材料	性 能										
	室温下					临界温度下					
	条纹值 $f_o/$ $kN \cdot m^{-1}$	比例 极限	抗拉 强度	弹性模量 $E$	泊松比 $\nu$	条纹值 $f_o/$ $kN \cdot m^{-1}$	比例 极限	抗拉 强度	弹性模量 $E$	泊松比 $\nu$	临界 温度/ $^{\circ}C$
E-44 环 氧树脂	11.20	30~35	71~80	3200	0.36	0.29~ 0.39	0.98	1.27~ 1.47	21~27	0.48~ 0.5	110~ 135
CR39	15.4	20.3	48	1690	0.12	3.92~ 4.9	2.5~3		294~ 392	0.5	80~85
Homa lite-100	23.6	48.3		3780	0.35						
聚碳酸 酯	6.86	34.5	46~54	2430	0.38	0.103	0.59	7.81	4.9	0.47~ 0.5	145
聚氨基 甲酸酯橡 胶	0.176	0.14		2.94	0.46						

表 4.2-8 常用环氧树脂光弹性材料配比

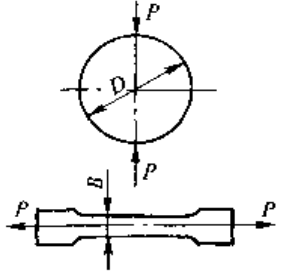
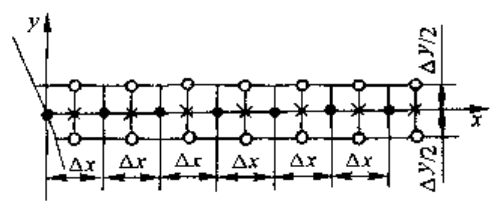
原材料	高温固化				室温固化			
	环氧树脂	顺丁烯二 酸 酐	邻苯二甲 酸二丁脂	二甲基 苯 胺	原材料	环氧树脂	乙二胺	邻苯二甲 酸二丁脂
配比/份	100	30~35	0~5	0~0.5	配比/份	100	7~9	5~10

表 4.2-9 模型浇注和固化工艺

<p>浇注 工艺</p>	<p>将环氧树脂和固化剂在 60~70°C 温度下预热,待固化剂溶化后,倒入环氧树脂中充分搅拌,然后注入模具,置于恒温箱按如下固化曲线(温度时间曲线)使模型固化</p>
<p>固 化 曲 线</p>	<p>对厚度不大于 10mm 的平板模型采用一次固化法,其固化曲线为</p> <p>对三维光弹性模型,采用二次固化法,其固化曲线为</p>

2.2 光弹性法测量平面应力的基本计算公式

表 4.2-16 光弹性法测量平面应力的基本计算公式

序号	测量项目	计算公式	图示与说明
1	材料的应力条纹值	径向受压圆盘试件： $f_{\sigma} = \frac{8P}{\pi N D}$ 拉伸试件： $f_{\sigma} = \frac{P}{BN}$	
2	模型的边界应力与应力集中系数	自由边界： $\sigma_1, \sigma_2 = \frac{Nf_{\sigma}}{h}$ 边界受已知法向应力： $\sigma_1, \sigma_2 = \pm \frac{Nf_{\sigma}}{h} -  p $ 应力集中系数： $K = \frac{N_{\max} f_{\sigma}}{h \sigma_0}$	算得的边界应力是 $\sigma_1$ 或是 $\sigma_2$ 需根据符号来确定,可采用如下“钉压法”:对被测点施加一微小法向压力,如条纹级数增加,则该点边界应力为第一主应力 $\sigma_1$ ,反之则为 $\sigma_2$ 。也可用其他方法判断
3	内部应力(切应力差法)	$\tau_{xy} = \frac{Nf_{\sigma}}{2h} \sin 2\theta$ $\sigma_x = \sigma_{x0} - \sum_{x_0}^x \frac{\Delta \tau_{xy}}{\Delta y} \Delta x$ $\sigma_y = \sigma_x - \frac{Nf_{\sigma}}{h} \cos 2\theta$ $\sigma_1 = \frac{1}{2} \left[ (\sigma_x + \sigma_y) \pm \frac{f_{\sigma}}{h} N \right]$	 <p>                         ● <math>\sigma_x</math> 计算点    ○ <math>\tau_{xy}</math> 计算点    × <math>-\Delta \tau_{xy} / \Delta y</math> 的计算点  <math>\Delta \tau_{xy}</math>—沿 <math>y</math> 轴 <math>\pm \Delta y / 2</math> 两平行直线上计算点切应力 <math>\tau_{xy}</math> 之差  <math>\sigma_{x0}</math>—一边界处坐标原点 <math>x</math> 向正应力,可由序号 2 边界主应力求得                     </p>

注:1.  $N$ —所测点处的等差线条纹级数。序号 1 中径向受压圆盘,计算式的  $N$  指圆盘中心处的条纹级数;  
 $\theta$ —第一主应力  $\sigma_1$  与  $x$  轴的夹角,逆时针转为正,由等倾线获得;  
 $h$ —模型的厚度;  
 $\sigma_0$ —应力集中处的名义计算应力。

2. 原型应力  $\sigma_p$  与测得模型应力  $\sigma_m$  之间的关系  $\sigma_p = \frac{F_p l_m t_m}{F_m l_p h_p} \sigma_m$ , 式中  $F$  为力载荷,  $l$  为长度,  $h$  为厚度, 下标  $m, p$  分别表示模型和原型。

参考文献

- 1 机械工程手册. 电机工程手册编辑委员会编. 机械工程手册: 基础理论卷, 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 2 日本机械学会编. 机械技术手册: 上. 王崇宇译. 北京: 机械工业出版社, 1984
- 3 哈尔滨工业大学理论力学教研组编. 理论力学: 上、下册. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 1997
- 4 徐芝纶. 弹性力学: 上、下册. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1990

- 育出版社,1990
- 5 刘鸿文主编.材料力学:上、下册.第3版.北京:高等教育出版社,1992
- 6 [苏]П.С.皮萨连柯等著.材料力学手册.宋俊杰,刘茂江译.石家庄:河北科学出版社,1984
- 7 [美]R. J. 罗克等著.应力应变公式.汪一麟,江一骏译.北京:中国建筑工业出版社,1985
- 8 吴宗岱,陶宝祺主编.应变电测原理及技术.北京:国防工业出版社,1982
- 9 北京有色冶金设计研究院主编.机械设计手册:第1卷.第3版.北京:化学工业出版社,1993
- 10 铁摩辛柯等著.板壳理论.《板壳理论》翻译组译.北京:科学出版社,1977
- 11 西拉德著.板的理论和分析.陈太平等译.北京:中国铁道出版社,1984
- 12 陈铁云,陈伯真.弹性薄壳力学.武汉:华中工学院出版社,1981
- 13 范钦珊.轴对称应力分析.北京:高等教育出版社,1985
- 14 B. G. Johnston 主编.金属结构稳定性设计解说.董其震等译.北京:中国铁道出版社,1981
- 15 张如一,沈观林著.应变电测与传感器.北京:清华大学出版社,1991

# 第 5 篇 零部件设计

## 常用基础标准

主 编 汪 恺  
编 者 唐保宁(第 1 章)  
赵卓贤(第 2 章)  
汪 恺(第 3、4 章)  
于 源(第 5 章)

# 第 1 章 制图及图形符号

根据国际标准化组织第十技术委员会 (ISO/TC10) 的工作方针, 在绘制技术图样时, 各行业必须共同遵守的内容, 统一为技术制图标准。近期我国还制定、修订了一批机械制图标准。有关情况汇总如下:

## 技术制图

GB/T 16948—1997 技术产品文件 词汇 投影法术语

GB/T 16949—1997 字体和符号模板 基本要求 识别标记及槽宽尺寸

GB/T 10609.1—1989 技术制图 标题栏

GB/T 10609.2—1989 技术制图 明细栏

GB/T 10609.3—1989 技术制图 复制图的折叠方法

GB/T 10609.4—1989 技术制图 对缩微复制原件的要求

GB/T 12212—1990 技术制图 焊缝符号的尺寸、比例及简化表示法

GB/T 12213—1990 技术制图 玻璃器具表示法

GB/T 13361—1992 技术制图 通用术语

GB/T 14689—1993 技术制图 图纸幅面和格式

GB/T 14690—1993 技术制图 比例

GB/T 14691—1993 技术制图 字体

GB/T 14692—1993 技术制图 投影法

GB/T 15754—1995 技术制图 圆锥的尺寸和公差注法

GB/T 16675.1—1996 技术制图 简化表示法 第 1 部分: 图样画法

GB/T 16675.2—1996 技术制图 简化表示法 第 2 部分: 尺寸注法

GB/T 17450—1998 技术制图 图线

GB/T 17451—1998 技术制图 图样画法 视图

GB/T 17452—1998 技术制图 图样画法 剖视图和断面图

GB/T 17453—1998 技术制图 图样画法 剖面区域的表示法

GB/T 4656.1—2000 技术制图 棒料、型材及其断面的简化表示法

## 机械制图

GB/T 4457.4—2002 机械制图 图样画法 图线

GB/T 4457.5—1984 机械制图 剖面符号

GB/T 4458.1—2002 机械制图 图样画法 视

图

GB/T 4458.2—1984 机械制图 装配图中零、部件序号及其编排方法

GB/T 4458.3—1984 机械制图 轴测图

GB/T 4458.4—2003 机械制图 尺寸注法

GB/T 4458.5—2003 机械制图 尺寸公差与配合注法

GB/T 4458.6—2002 机械制图 图样画法 剖视图和断面图

GB/T 4459.1—1995 机械制图 螺纹及螺纹紧固件表示法

GB/T 4459.2—2003 机械制图 齿轮画法

GB/T 4459.3—2000 机械制图 花键表示法

GB/T 4459.4—2003 机械制图 弹簧画法

GB/T 4459.5—1999 机械制图 中心孔表示法

GB/T 4459.6—1996 机械制图 动密封圈表示法

GB/T 4459.7—1998 机械制图 滚动轴承表示法

GB/T 131—1993 机械制图 表面粗糙度符号、代号及其注法

GB/T 4656—1984 金属结构件表示法

GB/T 324—1988 焊缝符号表示法

GB/T 5185—1985 金属焊接及钎焊方法在图样上的表示代号

本章介绍的是这两部分标准在机械行业中必需共同遵守的内容。

为了方便读者查阅, 将“形状和位置公差表示法”、“圆锥尺寸和公差表示法”、“表面粗糙度符号及表示法”等内容安排在相关章节中介绍, 本章不再重复。

## 1 技术制图通用规定

### 1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—1993)

#### 1.1.1 图纸幅面 (表 5.1-1)

图纸幅面的尺寸公差应符合《印刷、书写和绘图纸幅面尺寸》GB/T 148—1997 的规定:

边长尺寸 (mm)	极限偏差 (mm)
<150	±1.5
150~600	±2
>600	±3

表 5.1-1 图纸幅面尺寸

(mm)

组 号	A	B	D
0	841×1 189	1 000×1 414	764×1 064
1	594×841	707×1 000	532×760
2	420×594	500×707	380×528
3	297×420	353×500	264×376
4	210×297	250×353	188×260
5	148×210	176×250	130×184
6	105×148	125×176	92×126
7	74×105	88×125	
8	52×74	62×88	
9	37×52	44×62	
10	26×37	31×44	

1.1.2 图纸边框格式及尺寸 (表 5.1-2)

表 5.1-2 图框格式和尺寸

(mm)

需要装订的图框格式	需要装订的图框格式		不需要装订的图框格式			
	图框线	周边	图框线	周边	图框线	周边
基本幅面边框尺寸	A0	A1	A2	A3	A4	
$e$	20		10		5	
$c$	10					5
$a$	25					
加长幅面边框尺寸	加长幅面的边框尺寸,按所选用的基本幅面大一号的边框尺寸确定。例如: A2×3 的边框尺寸按 A1 的边框尺寸确定,即 $e$ 为 20 (或 $c$ 为 10); 而 A3×4 的边框尺寸按 A2 的边框尺寸确定,即 $e$ 为 10 (或 $c$ 为 10)					

注: 图框线用粗实线绘制。

1.1.3 图幅分区及对中符号、方向符号 (表 5.1-3)

表 5.1-3 图幅分区和对中、方向符号

对较大幅面的图纸或较复杂的图样,需指明某部分需修改时,应用分区代号说明	
图幅分区	对中符号和方向符号
需要分区及采用对中符号的图幅	



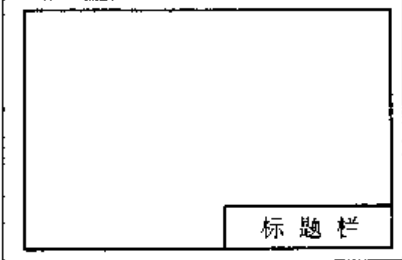
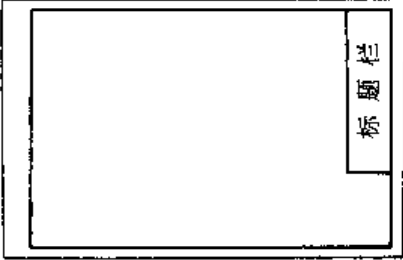
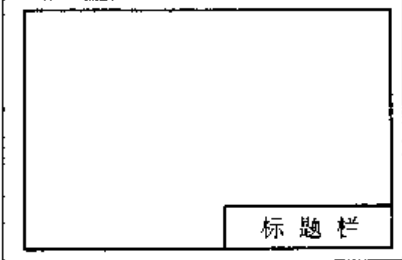
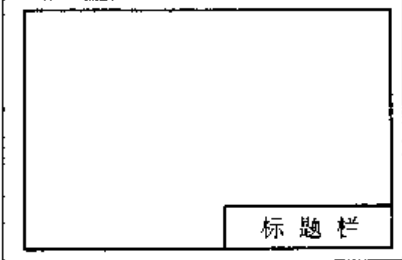
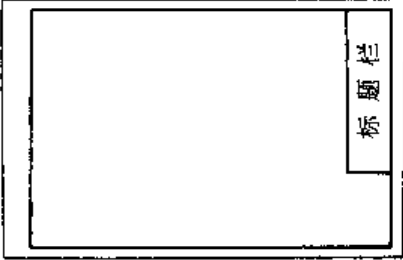
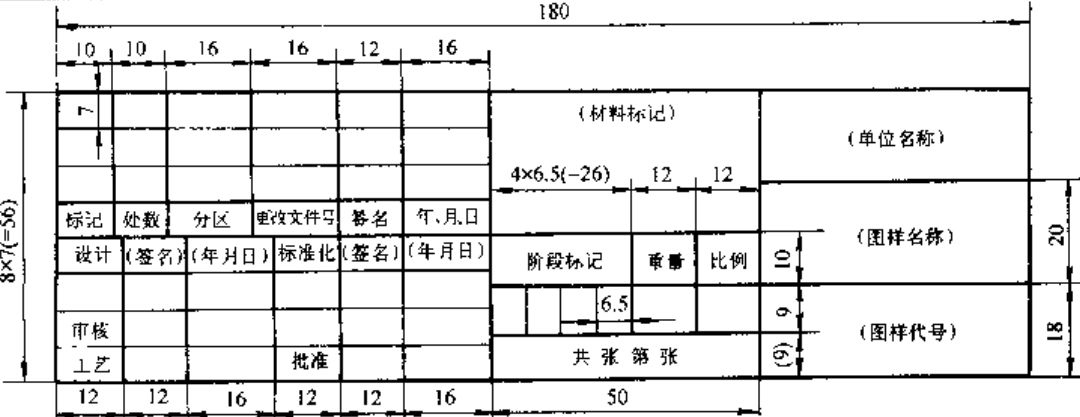
(续)

图幅分区的规定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 必要时, 可用细实线在图纸周边内画出分区线</li> <li>2. 图幅分区数按图样的复杂程度确定, 但必须取偶数。每一分区的长度应在 25~75mm 之间选择</li> <li>3. 分区的编号, 沿上下方向 (按看图方向确定图纸的上下和左右) 用大写拉丁字母从上到下顺序编写; 沿水平方向用阿拉伯数字从左到右顺序编写</li> <li>4. 分区代号由拉丁字母和阿拉伯数字组合而成, 字母在前, 数字在后并排地书写, 如 B3, C3 等。当分区代号与图形名称同时标注时, 则分区代号写在图形名称的后边, 中间空出一个字母的宽度, 例如 A B3; <math>\frac{A}{2+1}</math> C3; E-E A7 等</li> </ol>
对中符号和方向符号	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 为了图样复制和缩微时准确定位, 应在图纸各边长度的中点处分别画出对中符号</li> <li>2. 对中符号用粗实线绘制, 线宽不小于 0.5mm, 长度从纸边界开始伸入图框内约 5mm, 当对中符号处在标题栏范围内时, 则伸入标题栏部分省略不画</li> <li>3. 为了明确绘图和看图的方向, 应画出方向符号, 方向符号是细实线等边三角形, 高 6mm, 对称分布于对中符号两侧</li> </ol>

## 1.2 标题栏、明细栏及复制图的折叠 (GB/T10609.1~10609.3—1989)

### 1.2.1 标题栏的放置位置、格式和尺寸 (表 5.1-4)

表 5.1-4 标题栏的方位、格式和尺寸

标题栏的放置位置	标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时, 则构成 X 型图纸; 若标题栏的长边与图纸长边垂直时, 则构成 Y 型图纸, 在此情况下, 看图的方向和看标题栏的方向一致			
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">应采用的方式</th> <th style="width: 50%;">允许采用的方式</th> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">                     标题栏的位置应位于图纸的右下角   </td> <td style="vertical-align: top;">                     为了利用预先印制的图纸, 允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用; 或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用   </td> </tr> </table>	应采用的方式	允许采用的方式	标题栏的位置应位于图纸的右下角 
应采用的方式	允许采用的方式			
标题栏的位置应位于图纸的右下角 	为了利用预先印制的图纸, 允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用; 或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用 			
标题栏的格式举例及尺寸				
	<p>更改区填写说明:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上图所示标题栏格式的左上方为更改区, 更改区中的内容应由下而上顺序填写, 也可根据实际情况顺延; 或放在图样中其他地方, 但应有表头</li> <li>2. 标记: 按有关规定或要求填写更改标记</li> <li>3. 处数: 填写同一标记所表示的更改数量</li> <li>4. 分区: 必要时, 按有关规定 (见表 5.1-3) 填写</li> <li>5. 更改文件号: 填写更改所依据的文件号</li> </ol> <p>其他区填写说明:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上图所示标题栏格式的中间为其他区</li> <li>2. 材料标记: 对于需要该项目的图样一般应按照相应标准或规定填写所使用的材料</li> <li>3. 阶段标记: 按有关规定自左向右填写图样各生产阶段</li> <li>4. 重量: 填写所绘图样相应产品的计算重量, 以千克 (kg) 为计量单位时, 允许不写出其计量单位</li> </ol>			

1.2.2 明细栏的格式

明细栏的配置方式和填写说明见表 5.1-5。

表 5.1-5 明细栏的格式和说明

(mm)

配置在装配图标题栏上方的明细栏举例	180	8	40	44	8	38	10	12	(20)	
	7	14	序号	代号	名称	数量	材 料	单件 重	总计 量	备 注
	(标 题 栏)									
明细栏可作为装配图的续页按 A4 幅面单独给出的举例	180	8	40	44	8	38	10	12	(20)	
	7	14	序号	代号	名称	数量	材 料	重 量 单件 总计	备 注	
	(标 题 栏)									
填写说明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 序号：填写图样中相应组成部分的序号</li> <li>2. 代号：填写图样中相应组成部分的图样代号或标准号</li> <li>3. 名称：填写图样中相应组成部分的名称。必要时，也可写出其型式和尺寸</li> <li>4. 数量：填写图样中相应组成部分在装配图中所需的数量</li> <li>5. 材料：填写图样中相应组成部分的材料标记</li> <li>6. 重量：填写图样中相应组成部分单件和总件数的计算重量，以千克 (kg) 为计量单位时，允许不写出其计量单位</li> <li>7. 备注：填写该项的附加说明或其他有关内容，如分区代号等</li> </ol>									

1.2.3 复制图的折叠方法

(1) 折叠的基本要求

1) 折叠后的图纸幅面一般为 A4 (210mm × 297mm) 或 A3 (297mm × 420mm)。对于需装订成册又无装订边的复制图, 折叠后的尺寸可以是 190mm × 297mm 或 297mm × 400mm。即相当于 A4 或 A3, 只是比 A4 的短边小 20mm, 或比 A3 的长边小 20mm。当粘贴上装订胶带后, 仍为 A4 或 A3 幅面。

2) 不论何种折叠方法, 折叠后复制图上的标题栏均应露在外面。

3) 根据需要, 可从标准中任取一种规定的折叠方法。

(2) 折叠方法 (表 5.1-6)

需装订成册, 有装订边的复制图折叠成 A4 幅面的方法, 见表 5.1-7。

需装订成册, 有装订边的复制图折叠成 A3 幅面的方法, 见表 5.1-8。

表 5.1-6 各种折叠方法

要 求	折 叠 方 法	说 明	
需装订成册的复制图	有装订边的复制图	首先沿标题栏的短边方向折叠, 然后再沿标题栏的长边方向折叠, 并在复制图的左上角折出三角形藏边, 最后折叠成 A4 或 A3 的幅面, 使标题栏露在外面	折叠成 A4 幅面的方法见表 5.1-7 折叠成 A3 幅面的方法见表 5.1-8
	无装订边的复制图	首先沿标题栏的短边方向折叠, 然后再沿标题栏的长边方向折叠成 190mm × 297mm 或 297mm × 400mm, 使标题栏露在外面, 并粘贴上装订胶带	折叠成 A4 幅面的方法见表 5.1-9 折叠成 A3 幅面的方法见表 5.1-10
不需装订成册的复制图	第一种折叠方法	首先沿标题栏的长边方向折叠, 然后再沿标题栏的短边方向折叠成 A4 或 A3 的幅面, 使标题栏露在外面	折叠成 A4 幅面的方法见表 5.1-11 折叠成 A3 幅面的方法见表 5.1-12
	第二种折叠方法	首先沿标题栏的短边方向折叠, 然后再沿标题栏的长边方向折叠成 A4 或 A3 的幅面, 使标题栏露在外面	折叠成 A4 幅面的方法见表 5.1-13 折叠成 A3 幅面的方法见表 5.1-14
加长幅面复制图	需装订成册的加长幅面的复制图	1. 有装订边的加长幅面复制图 当标题栏位于复制图的长边时(见表 5.1-7 及表 5.1-8), 可将加长复制图的长边部分先折成 210mm (对 A4) 或 420mm (对 A3), 再将其余部分折成等于或小于 185mm (对 A4) 或 395mm (对 A3) 的尺寸, 使标题栏露在外面 当标题栏位于复制图的短边上时(见表 5.1-7、表 5.1-8), 可将加长复制图的长边部分折叠成等于或小于 297mm 的尺寸, 使标题栏露在外面 2. 无装订边的加长幅面复制图 当标题栏位于复制图的长边上时(见表 5.1-9、表 5.1-10) 可将加长复制图的长边部分折叠成等于或小于 190mm (对 A4) 或 400mm (对 A3) 的尺寸, 使标题栏露在外面 当标题栏位于复制图的短边上时(见表 5.1-9、表 5.1-10) 可将加长复制图的长边部分折叠成等于或小于 297mm 的尺寸, 使标题栏露在外面	
	不需装订成册的加长幅面复制图	当标题栏位于复制图的长边上时(见表 5.1-11~表 5.1-14) 可将加长复制图的加长部分折叠成等于或小于 210mm (对 A4) 或 420mm (对 A3) 的尺寸, 使标题栏露在外面 当标题栏位于复制图的短边上时(见表 5.1-11~表 5.1-14), 可将加长复制图的长边部分折叠成等于或小于 297mm 的尺寸, 使标题栏露在外面	

表 5.17 需装订有装订边的复制图折成 A4 幅面的方法

(mm)

图幅	标题栏方位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		
A2		
A3		

需装订成册，无装订边的复制图折叠成 A4 幅面的方法，见表 5.1-9。

需装订成册，无装订边的复制图折叠成 A3 幅面的方法，见表 5.1-10。

不装订成册，沿标题栏长边方向折叠，然后再沿标题栏短边方向折叠成 A4 幅面的方法，见表 5.1-11。

不装订成册，沿标题栏长边方向折叠，然后再沿标题栏短边方向折叠成 A3 幅面的方法，见表 5.1-12。

不装订成册，沿标题栏短边方向折叠，然后再沿标题栏长边方向折叠成 A4 幅面的方法，见表 5.1-13。

不装订成册，沿标题栏短边方向折叠，然后再沿标题栏长边方向折叠成 A3 幅面的方法，见表 5.1-14。

表 5.1-8 需装订有装订边的复制图折成 A3 幅面的方法

(mm)

图幅	标题栏方位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		
A2		

表 5.1-9 需装订无装订边的复制图折叠成 A4 幅面的方法

(mm)

图幅	标题栏方位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		

(续)

图幅	标 题 栏 方 位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A2		
A3		

表 5.1-10 需装订无装订边的复制图折叠成 A3 幅面的方法

(mm)

图幅	标 题 栏 方 位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		
A2		

表 5.1-11 不装订先沿标题栏长边方向、后按短边方向折叠成 A4 幅面的方法 (mm)

图幅	标 题 栏 方 位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		
A2		
A3		

表 5.1-12 不装订先沿标题栏长边方向、后按短边方向折叠成 A3 幅面的方法 (mm)

图幅	标 题 栏 方 位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		

(续)

图幅	标题栏方位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A1		
A2		

表 5.1-13 不装订先沿标题栏短边, 后按长边方向折叠成 A4 幅面的方法 (mm)

图幅	标题栏方向	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		
A2		
A3		



表 5.1-14 不装订先沿标题栏长边, 后按短边方向折叠成 A3 幅面的方法 (mm)

图幅	标题栏方位	
	在复制图的长边上	在复制图的短边上
A0		
A1		
A2		

1.3 比例 (GB/T 14690 -1993)

1.3.1 术语和定义 (表 5.1-15)

表 5.1-15 比例的术语和定义

术语	定义
比例	图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比
原值比例	比值为 1 的比例, 即 1:1
放大比例	比值大于 1 的比例, 如 2:1 等
缩小比例	比值小于 1 的比例, 如 1:2 等

1.3.2 比例系列

优先选用和允许采用的比例系列见表 5.1-16。

表 5.1-16 比例系列

优先选用比例	原值比例	1:1
	放大比例	5:1 2:1 5×10 <sup>n</sup> :1 2×10 <sup>n</sup> :1 1×10 <sup>n</sup> :1
允许采用比例	缩小比例	1:2 1:5 1:10 1:2×10 <sup>n</sup> 1:5×10 <sup>n</sup> 1:1×10 <sup>n</sup>
	放大比例	4:1 2.5:1 4×10 <sup>n</sup> :1 2.5×10 <sup>n</sup> :1
允许采用比例	缩小比例	1:1.5 1:2.5 1:3 1:4 1:6 1:1.5×10 <sup>n</sup> 1:2.5×10 <sup>n</sup> 1:3×10 <sup>n</sup> 1:4×10 <sup>n</sup> 1:6×10 <sup>n</sup>

注: n 为正整数。

1.3.3 比例的标注方法

1) 比例的符号应以“:”表示。比例的表示方法如 1:1、1:5、2:1 等。

2) 绘制同一机件的各个视图时, 应尽可能采用相同的比例, 以利于绘图和看图。

3) 比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。必要时, 可在视图名称下方或右侧标注比例, 如:  $\frac{A}{1:2}$

$$\frac{B-B}{2:1} \quad \frac{I}{5:1} \quad D \quad 5:1$$

4) 当图形中的直径或薄片的厚度等于或小于 2mm, 以及斜度和锥度较小时, 可以不按比例而夸大画出。

5) 表格图或空白图不必注写比例。

1.4 字体及其在 CAD 制图中的规定 (GB/T 14691—1993、GB/T 14665—1993)

1.4.1 字体的基本要求

1) 图样中书写的字体必须做到: 字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

2) 字体高度 h 的公称尺寸系列为: 1.8mm、

2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。

如需书写更大的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

3) 汉字应写成长仿宋体，并应采用国家正式公布推行的简化字。汉字高度 $h$ 不应小于3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

4) 字母和数字可写成斜体和直体。斜体字的字头向右倾斜，与水平基准线成 $75^\circ$ 。

斜体字的应用场合：

a) 图样中的字体如尺寸数字，视图名称，公差数值，基准符号，参数代号，各种结构要素代号，尺寸和角度符号，物理量的符号等。

b) 技术文件中的上述内容。

c) 用物理量符号作为下标时，下标用斜体，如比定压热容 $C_p$ 等。

直体字的应用场合：

a) 计量单位符号，如A（安培）、N（牛顿）、m（米）等。

b) 单位词头，如k（ $10^4$ ，4）、m（ $10^{-3}$ ，毫）、M（ $10^3$ ，兆）等。

c) 化学符号，如C（碳）、N（氮）、Fe（铁）、 $H_2SO_4$ （硫酸）等。

d) 产品型号，如JR5-1等。

e) 图幅分区代号

f) 除物理量符号以外的下标，如相对摩擦系数 $\mu_s$ 、标准重力加速度 $g_0$ 等。

g) 数学符号sin、cos、lim、ln等。

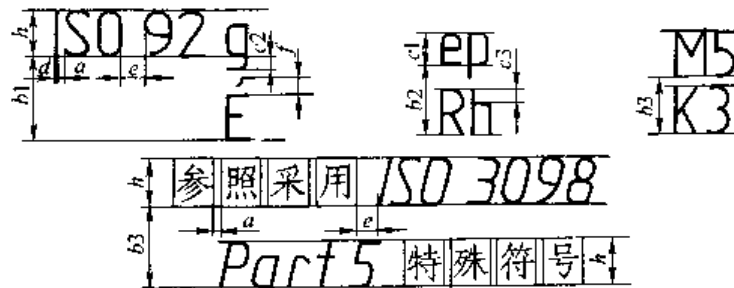
5) 字母和数字分A型和B型。A型字体的笔画宽度（ $d$ ）为字高（ $h$ ）的 $1/14$ ；B型字体的笔画宽度（ $d$ ）为字高（ $h$ ）的 $1/10$ 。

6) 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母，一般应采用小一号的字体。

7) 汉字、拉丁字母、希腊字母、阿拉伯数字和罗马数字等组合书写时，其排列格式和规定的间距尺寸比例见表5.1-17。

表 5.1-17 组合字体格式及规定的间距比例

组合字体格式举例



书写格式		基本比例	
		A型字体	B型字体
大写字母高度	$h$	$(14/14)h$	$(10/10)h$
小写字母高度	$c_1$	$(10/14)h$	$(7/10)h$
小写字母伸出尾部	$c_2$	$(4/14)h$	$(3/10)h$
小写字母出头部	$c_3$	$(4/14)h$	$(3/10)h$
发音符范围	$f$	$(5/14)h$	$(4/10)h$
字母间间距 <sup>①</sup>	$a$	$(2/14)h$	$(2/10)h$
基准线最小间距（有发音符）	$b_1$	$(25/14)h$	$(19/10)h$
基准线最小间距（无发音符）	$b_2$	$(21/14)h$	$(15/10)h$
基准线最小间距（仅为大写字母）	$b_3$	$(17/14)h$	$(13/10)h$
词间距	$e$	$(6/14)h$	$(6/10)h$
笔画宽度	$d$	$(1/14)h$	$(1/10)h$

① 特殊的字符组合，如LA、TV、Tr等，字母间距可为 $a=(1/14)h$ （A型）和 $a=(1/10)h$ （B型）。

#### 1.4.2 字体示例（表5.1-18）

#### 1.4.3 CAD制图中字体的要求

1) 汉字一般用正体输出；字母和数字一般以斜体输出。

2) 小数点进行输出时，应占一个字位，并位于中

间靠下处。

3) 标点符号除省略号和破折号为两个字位外，其余均为一个符号一个字位。

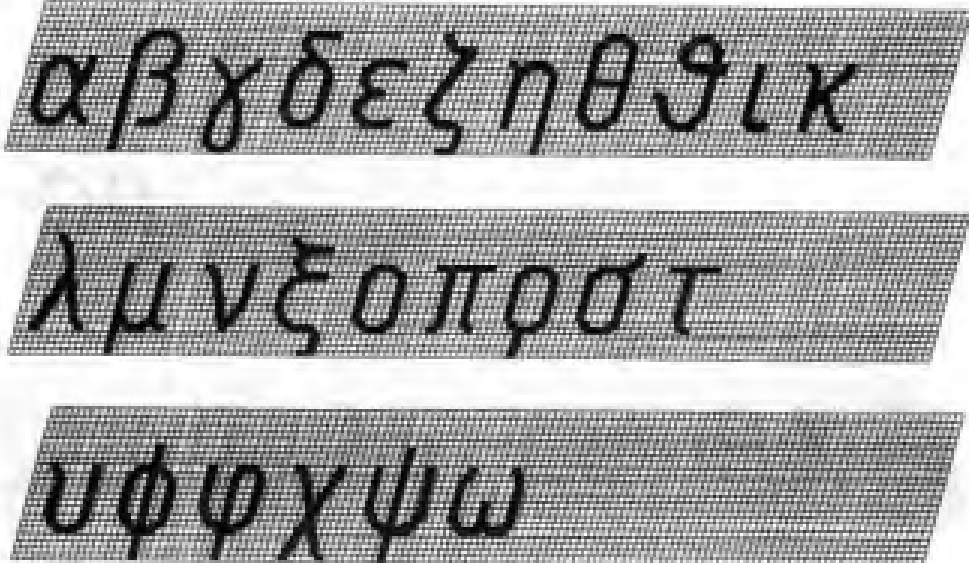
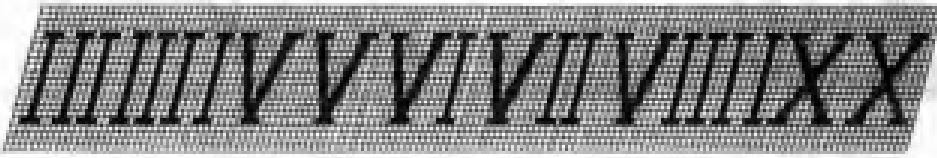

4) 字体高度 $h$ 与图纸幅面之间的选用关系，见表5.1-19。

5) 字体的最小字（词）距、行距以及间隔或基准线与字体之间最小距离，见表5.1-20。

表 5.1-18 字体示例

汉字	<p>字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐</p>
数字 (斜体)	<p>0123456789</p>
拉丁字母 (斜体)	<p>大 写 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z</p>
拉丁字母 (斜体)	<p>小 写 a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z</p>
希腊字母 (斜体)	<p>大 写 Α Β Γ Δ Ε Ζ Η Θ Ι Κ Λ Μ Ν Ξ Ο Π Ρ Σ Τ Υ Φ Χ Ψ Ω</p>

(续)

希腊字母 (小写斜体)	
罗马数字 (斜体)	
应用示例	<p>10Js5 (<math>\pm 0.003</math>) M24-6h</p> <p><math>\Phi 25 \frac{H6}{m5} \quad \frac{II}{2:1} \quad \frac{A向旋转}{5:1}</math></p> <p> R8 5% 460r/min</p> <p>220V 5M<math>\Omega</math> 380kPa</p>

注: 本表示例中字母和数字均为A型字。

表 5-1-19 CAD 制图中字体与图幅关系

(mm)

字体高度		图 幅				
		A0	A1	A2	A3	A4
汉字		5		3.5		
字母与数字		5		3.5		

表 5.1-20 CAD 制图中字距、行距等的最小距离

(mm)		
字体	最小距离	
汉字	字距	1.5
	行距	2
	间隔线或基准线与汉字的间距	1
字母与数字	字距	0.5
	间距	1.5
	行距	1
	间隔线或基准线与字母、数字的间距	1

注：当汉字与字母、数字组合使用时，字体的最小字距、行距等应根据汉字的规定使用。

### 1.5 图线画法及其在 CAD 制图中的规定 (GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998、GB/T 14665—1993)

本节着重介绍 GB/T 4457.4—2002《机械制图 图线》规定的图线名称、型式及应用范围，还介绍 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》中与机械图样有关的内容以及在机械工程 CAD 制图中所用图线的规定。

#### 1.5.1 图线的术语和定义 (表 5.1-21)

表 5.1-21 术语和定义

术语	定义
图线	起点和终点间以任意方式连接的一种几何图形，形状可以是直线或曲线，连续线或不连续线 注：1. 起点和终点可以重合，如一条图线形成圆的情况 2. 图线长度小于或等于图线宽度的一半称点
线素	不连续的独立部分，如点、长度不同的画和间隔
线段	一个或一个以上不同线素组成一段连续或不连续的图线，如实线的线段或由“长画、短间隔、点、短间隔、点、短间隔”组成的双点画线的线段

#### 1.5.2 图线的宽度、型式和应用

所有图线的宽度，应按图样的类型、尺寸、比例和缩微复制的要求在下列数系中选择（该数系的公比为  $1:\sqrt{2}$ ）：0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm。由于图样复制中存在的困难，应尽可能避免采用线宽 0.18mm 以下的图线。

技术制图中图线分粗线、中粗线、细线三种，它们的宽度比率为 4:2:1。在机械图样中采用粗、细两种线宽，它们之间的比率为 2:1。

技术制图中的基本线型，如表 5.1-22。机械制图中的线型及应用见表 5.1-23。

表 5.1-22 技术制图的基本线型




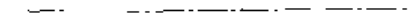

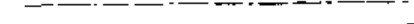
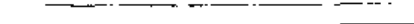





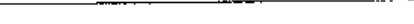












名称	基本线型	名称	基本线型
实线		长画双短画线	
虚线		画点线	
间隔画线		双画单点线	
点画线		画双点线	
双点画线		双画双点线	
三点画线		画三点线	
点线		双画三点线	
长画短画线			

表 5.1-23 机械制图的线型及应用

图线名称	线型	代码 No	宽度	一般应用
细实线		01.1	细	.1 过渡线 .2 尺寸线 .3 尺寸界线 .4 指引线和基准线 .5 剖面线 .6 重合断面的轮廓线 .7 短中心线 .8 螺纹牙底线

○○ 为优先采用的图线宽度。

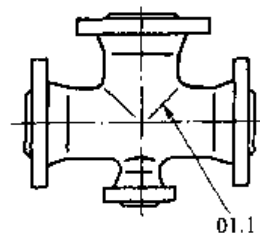
(续)

图线名称	线型	代码No	宽度	一般应用
细实线		01.1	细	.9 尺寸线的起止线 .10 表示平面的对角线 .11 零件成形前的弯折线 .12 范围线及分界线 .13 重复要素表示线, 例如: 齿轮的齿根线 .14 锥形结构的基面表示线 .15 叠片结构位置线, 例如: 变压器叠钢片 .16 辅助线 .17 不连续同一表面连线 .18 成规律分布的相同要素连线 .19 投射线 .20 网格线
波浪线			细	.21 断裂处边界线; 视图和剖视图的分界线 <sup>①</sup>
双折线			细	.22 断裂处边界线; 视图和剖视图的分界线 <sup>①</sup>
粗实线		01.2	粗	.1 可见棱边线 .2 可见轮廓线 .3 相贯线 .4 螺纹牙顶线 .5 螺纹长度终止线 .6 齿顶线(圆) .7 表格图、流程图中的主要表示线 .8 系统结构线(金属结构工程) .9 模样分型线 .10 剖切符号用线
细虚线		02.1	细	.1 不可见棱边线 .2 不可见轮廓线
粗虚线		02.2	粗	.1 允许表面处理的表示线, 例如: 热处理
细点画线		04.1	细	.1 轴线 .2 对称中心线 .3 分度圆(线) .4 孔系分布的中心线 .5 剖切线
粗点画线		04.2	粗	.1 限定范围表示线
细双点画线		05.1	细	.1 相邻辅助零件的轮廓线 .2 可动零件处于极限位置时的轮廓线 .3 重心线 .4 成形前轮廓线 .5 剖切面前的结构轮廓线 .6 轨迹线 .7 毛坯图中制成品的轮廓线 .8 特定区域线 .9 延伸公差带表示线 .10 工艺用结构的轮廓线 .11 中断线

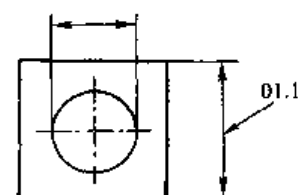
## 应用示例

01.1 细实线

0.1.1 过渡线

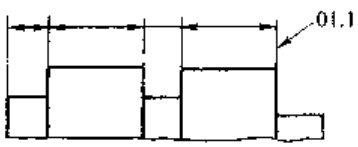
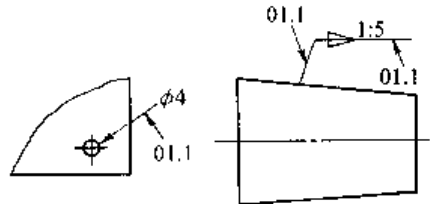
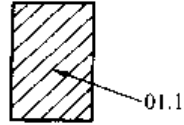
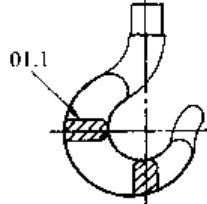

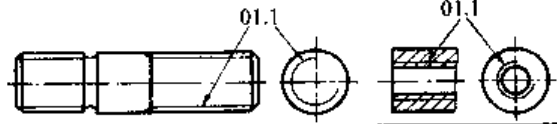
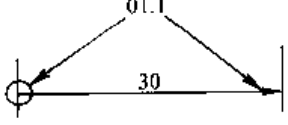
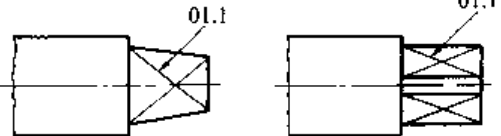
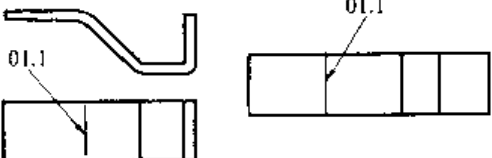
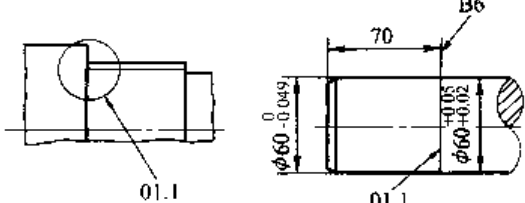
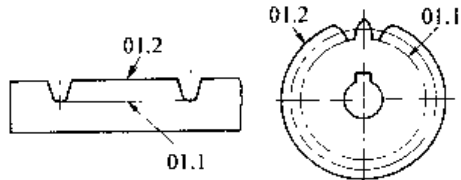
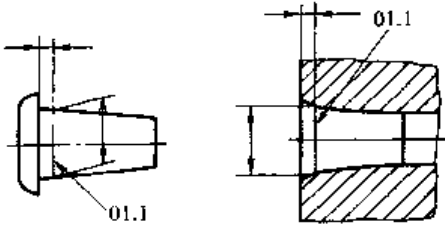
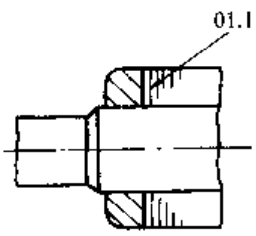
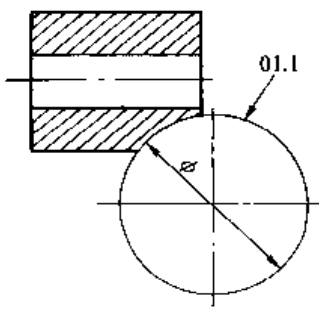


0.1.2 尺寸线



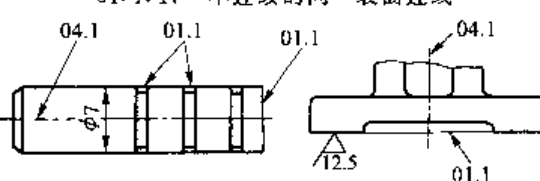
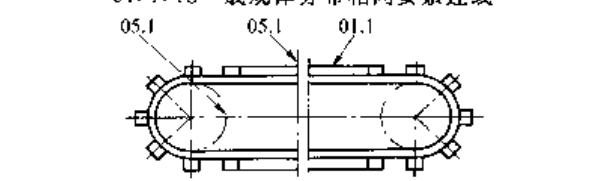
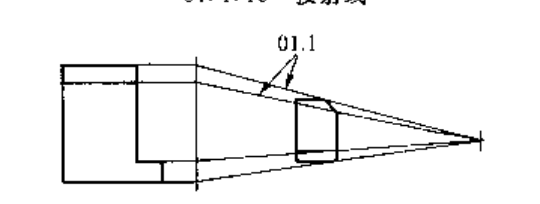
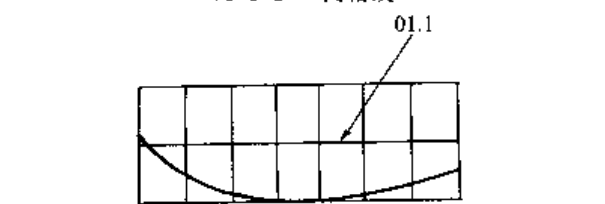
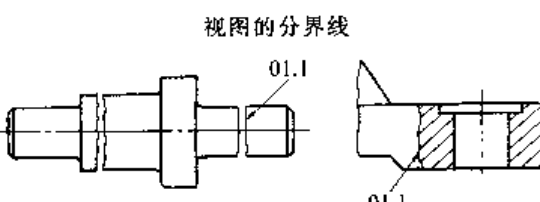
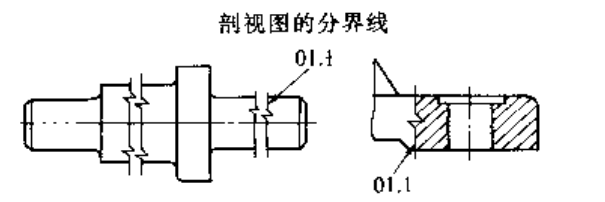

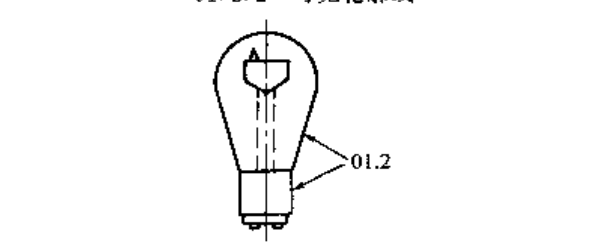
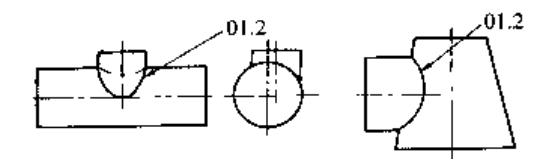
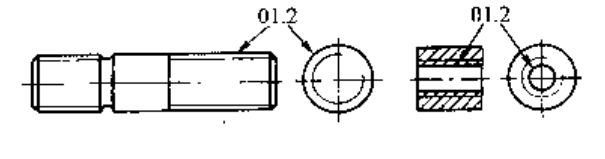
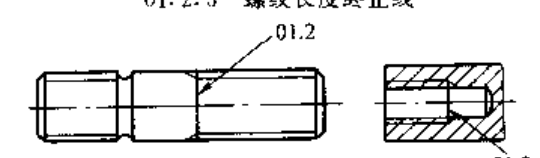
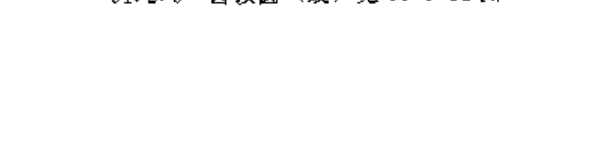
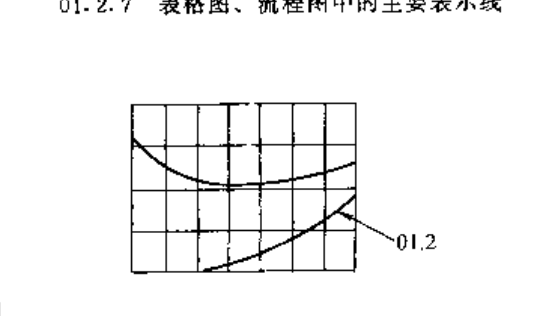
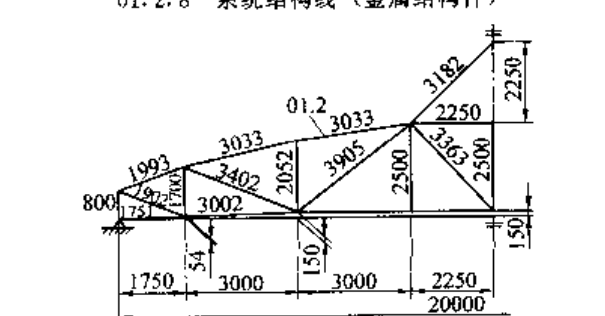
(续)

应用示例

	<p>01.1.3 尺寸界线</p> 	<p>01.1.4 指引线和基准线</p> 
	<p>01.1.5 剖面线</p> 	<p>01.1.6 重合断面的轮廓线</p> 
	<p>01.1.7 短中心线</p> 	<p>01.1.8 螺纹牙底线</p> 
	<p>01.1.9 尺寸线的起止线</p> 	<p>01.1.10 表示平面的对角线</p> 
<p>01.1 细实线</p>	<p>01.1.11 零件成形前的弯折线</p> <p>展开</p> 	<p>01.1.12 范围线及分界线</p> 
	<p>01.1.13 重复要素表示线 (例如齿轮的齿根线)</p> 	<p>01.1.14 锥形结构的基面表示线</p> 
	<p>01.1.15 叠片结构位置线 (例如: 变压器中的叠钢片)</p> 	<p>01.1.16 辅助线</p> 

(续)

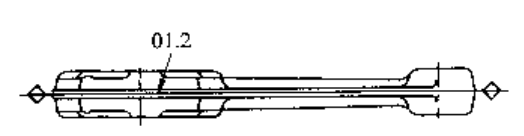
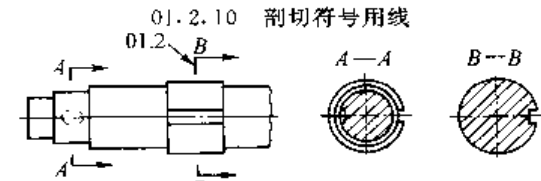
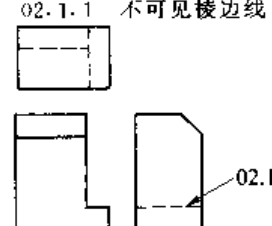
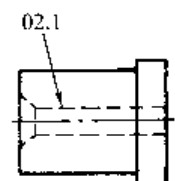
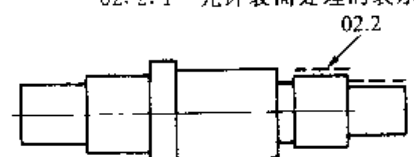
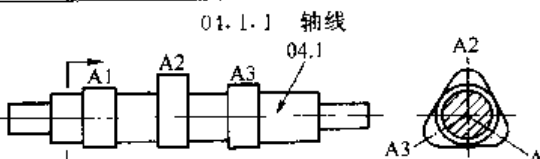
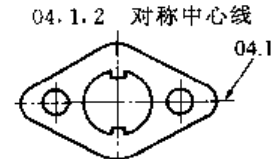
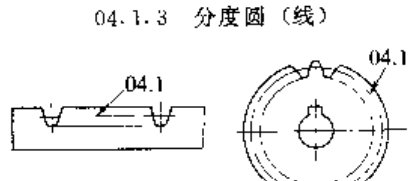
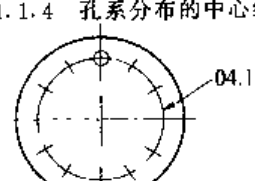
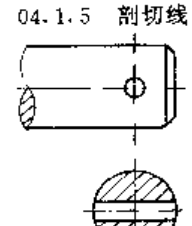
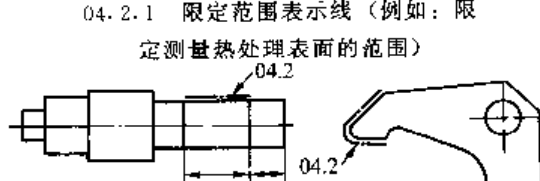
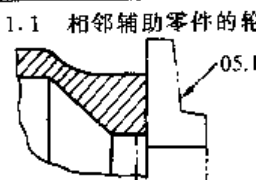
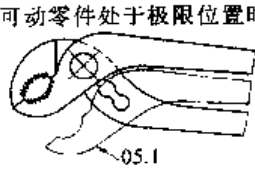
应用示例

<p>01.1 细实线</p>	<p>01.1.17 不连续的同—表面连线</p> 	<p>01.1.18 成规律分布相同要素连线</p> 
	<p>01.1.19 投射线</p> 	<p>01.1.20 网格线</p> 
<p>0.1.1 波浪线 双折线</p>	<p>01.1.21 断裂处边界线：视图与剖视图的分界线</p> 	<p>01.1.22 断裂处边界线：视图与剖视图的分界线</p> 
	<p>01.2.1 可见棱边线</p> 	<p>01.2.2 可见轮廓线</p> 
	<p>01.2.3 相贯线</p> 	<p>01.2.4 螺纹牙顶线</p> 
<p>01.2 粗实线</p>	<p>01.2.5 螺纹长度终止线</p> 	<p>01.2.6 齿顶圆(线) 见 01.1.13 图</p> 
	<p>01.2.7 表格图、流程图中的主要表示线</p> 	<p>01.2.8 系统结构线(金属结构件)</p> 



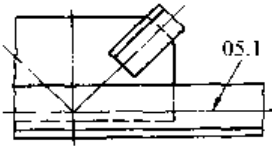

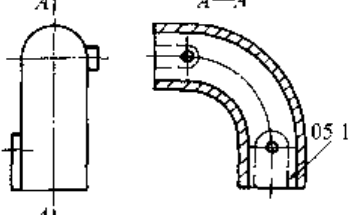
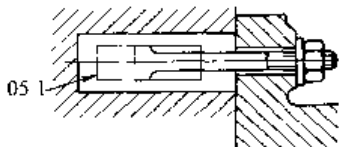
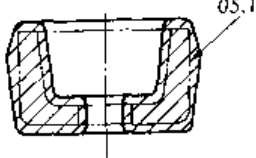
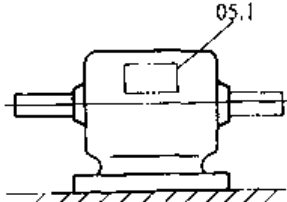
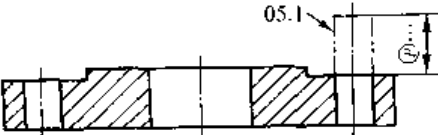
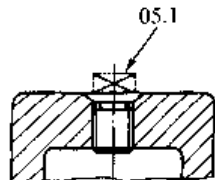
(续)

应用示例

<p>01.2 粗实线</p>	<p>01.2.9 模样分型线</p> 	<p>01.2.10 剖切符号用线</p> 
<p>02.1 细虚线</p>	<p>02.1.1 不可见棱边线</p> 	<p>02.1.2 不可见轮廓线</p> 
<p>02.2 粗虚线</p>	<p>02.2.1 允许表面处理的表示线</p> 	
<p>01.1 细点画线</p>	<p>01.1.1 轴线</p> 	<p>04.1.2 对称中心线</p> 
<p>01.1 细点画线</p>	<p>04.1.3 分度圆(线)</p> 	<p>04.1.4 孔系分布的中心线</p> 
<p>04.2 粗点画线</p>	<p>04.1.5 剖切线</p> 	
<p>04.2 粗点画线</p>	<p>04.2.1 限定范围表示线(例如:限定测量热处理表面的范围)</p> 	
<p>05.1 细双点画线</p>	<p>05.1.1 相邻辅助零件的轮廓线</p> 	<p>05.1.2 可动零件处于极限位置时的轮廓线</p> 

(续)

## 应用示例

	<p>05.1.3 重心线</p> 	<p>05.1.4 成形前轮廓线</p> 
05.1 细双点画线	<p>05.1.5 剖切面前的结构轮廓线</p> 	<p>05.1.6 轨迹线</p> 
	<p>05.1.7 毛坯图中制成品的轮廓线</p> 	<p>05.1.8 特定区域线</p> 
	<p>05.1.9 延伸公差带表示线</p> 	<p>05.1.10 工艺用结构的轮廓线</p> 
	<p>05.1.11 中断线见 01.1.18 图</p>	

① 在一张图样上一般采用一种线型,即采用波浪线或双折线。

## 1.5.3 图线画法

- 1) 在同一图样中,同类图线的宽度应一致。
- 2) 手工绘图时,各线素的长度宜采用下列规定:
  - 点  $\leq 0.5$  倍线宽;短间隔 3 倍线宽
  - 短画 6 倍线宽;画 12 倍线宽;
  - 长画 24 倍线宽;间隔 18 倍线宽。

3) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为长画线的交点。点画线和双点画线的首末两端应是长画而不是点。

4) 在较小图形上绘制细点画线或细双点画线有困难时,可用细实线替代。

5) 当两种以上不同类型的图线重合时,应遵守以下优先顺序:

- a) 可见轮廓线、棱边线(粗实线);
- b) 不可见轮廓线、棱边线(细虚线);
- c) 轴线和对称中心线(细点画线);
- d) 假想轮廓线(细双点画线);

e) 尺寸界线 and 分界线(细实线)。

6) 字体和任何图线重合时,字体优先。

7) 为了保证图样复制时图线清晰,两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7mm。计算机绘图时,图样上图线的间隙不表示真实的间距,如螺纹的表示,当建立数据系统时,应考虑这种情况。

8) 各类图线连接处的画法,见表 5.1-24。

## 1.5.4 CAD 制图中图线的结构

在计算机制图中,双折线、细虚线、细点画线、细双点画线各部分尺寸的计算,见表 5.1-25、表 5.1-26、表 5.1-27、表 5.1-28。

## 1.5.5 指引线和基准线的基本规定

- 1) 术语和定义(表 5.1-29)
- 2) 指引线和基准线的表达(表 5.1-30)
- 3) 与指引线关联的注释的注写(表 5.1-31)

表 5.1-24 各类图线接头处画法

<p>示例 1</p>		<p>示例 2</p>	
<p>说明:</p> <p>① 处为粗实线与细虚线相交, 不留空隙</p> <p>② 处在同一圆弧被分为粗实线与细虚线两部分, 在中心线与虚线之间留出空隙</p> <p>③ 处在同一直线被分为粗实线和细虚线两部分, 中间留出空隙</p> <p>④ 处为细虚线与细虚线相交, 不留空隙</p> <p>⑤ 处为两条点画线在长画处相交, 不留空隙</p>		<p>说明:</p> <p>当圆弧与直线相切且为细虚线时, 圆弧要从切点画起, 留出一定空隙, 再画直线部分, 在图上表现为一段圆弧细虚线与点画线相接触</p>	

表 5.1-25 双折线各部分尺寸计算

<p>双折线的尺寸和表示</p>			
<p>计算各部分尺寸的公式</p>	<p>1. 双折线的完整长度: <math>l_1 = l_0 + 10d</math></p> <p>2. 一条双折线内 Z 形的数目: <math>n = \frac{l_1}{80} - 1</math> (圆整, <math>l_1 &lt; 40\text{mm}, n = 1</math>)</p> <p>3. 两个 Z 形之间线段长度: <math>l_2 = \frac{l_1}{n} - 7.5d</math></p> <p>4. 在线的两端的线段长度:</p> <p>当两个或多个 Z 形时 <math>l_3 = \frac{l_2}{2}</math></p> <p>当只有一个 Z 形时 <math>l_3 = \frac{l_1 - 7.5d}{2}</math></p> <p>当 <math>l_0 \leq 10d</math> 时, Z 形的配置如图 c</p>		
<p>举 例</p>	<p>设: <math>l_0 = 125\text{mm}, d = 0.25\text{mm}</math></p> <p>则: <math>l_1 = (125 + 2.5)\text{mm} = 127.5\text{mm}</math></p> <p><math>n = \frac{127.5}{80} + 1 = 2.954</math> (圆整为 3)</p> <p><math>l_2 = \left[ \frac{127.5}{3} - (7.5 \times 0.25) \right] \text{mm} = 40.625\text{mm}</math></p> <p><math>l_3 = \frac{40.625}{3} \text{mm} = 20.313\text{mm}</math></p>		

表 5.1-26 细虚线各部分尺寸计算

<p>细虚线的尺寸和表示</p>		
<p>注: 图中(1)为线的分段长度</p>		

(续)

<p>计算各部分尺寸的公式</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 细虚线的全长 <math>l_1 = l_2</math></li> <li>2. 一条细虚线内短画的数目: <math>n = \frac{l_2 - 12d}{5.25d}</math> (圆整)</li> <li>3. 短画的长度: <math>l_2 = \frac{l_1 - 3dn}{n + 1}</math></li> <li>4. 细虚线的最小长度: <math>l_{1\min} = l_{2\min} = 27d</math> (2条短画 <math>12d</math>, 1个间隔 <math>3d</math>) 如果在画细虚线时长度小于 <math>27d</math>, 可以采用将各部分尺寸放大的形式</li> </ol>
<p>举 例</p>	<p>设: <math>l_1 = 125\text{mm}</math>, <math>d = 0.35\text{mm}</math>              则: <math>n = \frac{125 - 4.5}{5.25} = 23.01</math> (圆整为 23)  <math>l_2 = \frac{125 - 24 \cdot 15}{24} \text{mm} = 4.202\text{mm}</math>              允许按固定的短画 (<math>12d</math>) 画线, 此时线的一端可能是较短或较长的短画</p>

表 5.1-27 细点画线各部分尺寸计算

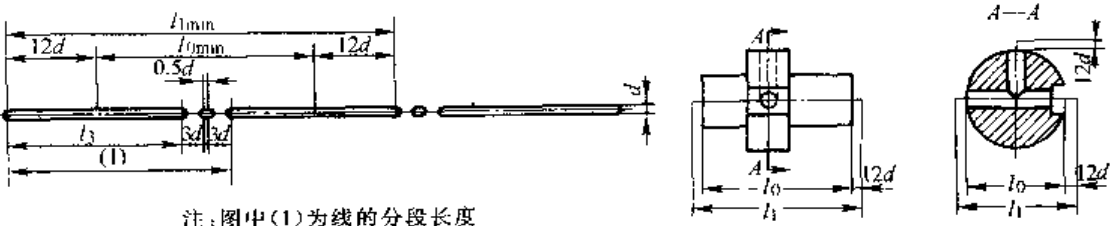
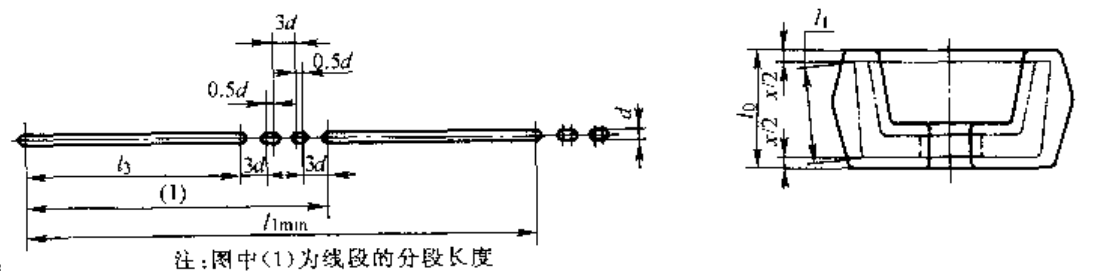
<p>细点画线的尺寸和表示</p>	 <p>注: 图中(1)为线的分段长度</p>	
<p>计算各部分尺寸的公式</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 细点画线的全长: <math>l_1 = l_2 + 24d</math> (在可见轮廓线的两端线条要延伸出来)</li> <li>2. 在细点画线全长内点画线段的数目: <math>n = \frac{l_2 - 24d}{30.5d}</math> (圆整)</li> <li>3. 长画的长度: <math>l_3 = \frac{l_2 - 6.5dn}{n - 1}</math></li> <li>4. 点画线的最小长度: <math>l_{1\min} = 54.5d</math></li> </ol>	
<p>举 例</p>	<p>设: <math>l_1 = 125\text{mm}</math>, <math>d = 0.25\text{mm}</math>              则: <math>l_2 = (125 - 6)\text{mm} = 119\text{mm}</math>  <math>n = \frac{119 - 6}{7.625} = 16.393</math> (圆整为 16)  <math>l_3 = \frac{119 - 26}{17} \text{mm} = 6.176\text{mm}</math>              细点画线小于 <math>l_{1\min} = 35.5d</math> 时, 可画成细实线</p>	

表 5.1-28 细双点画线各部分尺寸计算

<p>细双点画线的尺寸和表示</p>	 <p>注: 图中(1)为线段的分段长度</p>	
<p>计算各部分尺寸的公式</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 细双点画线的长度: <math>l_1 = l_2 + x</math></li> <li>2. 一条细双点画线内双点画线段的数目: <math>n = \frac{l_2 - 24d}{34d}</math> (圆整)</li> <li>3. 长画的长度: <math>l_3 = \frac{l_2 - 10dn}{n - 1}</math></li> <li>4. 细双点画线的最小长度: <math>l_1 = 58d</math></li> </ol>	

(续)

举 例	<p>设: <math>l_0=128\text{mm}</math>, <math>d=0.35\text{mm}</math>, <math>\frac{\pi}{2}=1.5\text{mm}</math></p> <p>则: <math>l_1=(128-3)\text{mm}=125\text{mm}</math></p> <p><math>n=\frac{125-8.4}{11.9}=9.798</math>(圆整为 10)</p> <p><math>l_3=\frac{125-35}{11}\text{mm}=8.182\text{mm}</math></p>
-----	--

表 5.1-29 指引线和基准线的术语和定义

术 语	定 义
指引线	指引线为细实线,它以明确的方式建立图形表达和附加的字母、数字或文本说明(注意事项、技术要求、参照条款等)之间的联系
基准线	与指引线相连的水平或竖直的细实线,可在上方或旁边注写附加说明

表 5.1-30 指引线和基准线的表达

	<p>指引线要求绘制成细实线,并与要表达的物体形成一定角度,在绘制的结构上给予限制,而不能与相邻的图线(如剖面线)平行,与相应图线所成的角度应大于 15°(图 a~图 m)</p>			
指	<p>指引线可以弯折成锐角(图 e),两条或几条指引线可以有一个起点(图 b,图 e、图 g、图 h 和图 k),指引线不能穿过其他的指引线、基准线以及诸如图形符号或尺寸数值等</p>			
引	<p>指引线的终端有如下几种形式:</p> <p>1. 实心箭头</p> <p>如果指引线终止于表达零件的轮廓线或转角处时,平面内部的管件和缆线,图表和曲线图上的图线时,可采用实心箭头。箭头也可以画到这些图线与其他图线(如对称中心线)相交处,如图 a~图 g 所示。如果是几条平行线,允许用斜线代替箭头(图 h)</p>			
线	<p>2. 一个点</p> <p>如果指引线的末端在一个物体的轮廓内,可采用一个点(图 i~图 k)</p> <p>3. 没有任何终止符号</p> <p>如果指引线在另一条图线上,如尺寸线、对称线等(图 l、图 m)</p>			
基	<p>基准线应绘制成细实线,每条指引线都可以附加一条基准线,基准线应按水平或竖直方向绘制</p>			

(续)

<p>基准线可以画成:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有固定的长度, 应为 6mm (图 o 和图 p)</li> <li>2. 或者与注解说明同样长度 (图 n、图 q)</li> <li>3. 在特殊情况下, 应画出公共基准线 (图 o)</li> <li>4. 如果指引线绘制成水平方向或竖直方向, 此时注释说明的注写与指引线方向一致 (图 r、图 s)</li> <li>5. 不适用基准线的情况下, 均可省略基准线 (图 l、图 t)</li> </ol>	
---	--

表 5.1-31 指引线注释的注写

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 优先注写在基准线的上方 (表 5.1-30 图 n、图 q) (图 a、图 b)</li> <li>2. 注写在指引线或基准线的后面, 并以字符的中部与指引线或基准线对齐 (表 5.1-30 图 p、图 r)</li> <li>3. 注写在相应图形符号的旁边, 内部或后面 (图 a、图 b)</li> <li>4. 考虑到缩微的要求, 注释说明如果在基准线的上方或下方, 应在基准线相距两倍线宽处注写, 不能写在基准线内, 也不能与其接触</li> </ol>	
---	--

4) 指引线上附加“圆”的应用 (表 5.1-32)

表 5.1-32 指引线上附加“圆”的应用

<p>如果一个零件相关联的几个表面有同样的特征要求, 可仅注释一次, 注释说明的方法是在指引线和基准线连接处画一个圆 (<math>d=8 \times</math> 指引线宽) 如图 a~图 c</p> <p>在下面两种情况下不能使用“圆”符号:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用“圆”符号可能产生误解</li> <li>2. 使用“圆”符号会涉及到一个零件的所有表面或转角</li> </ol>	<p>(<math>\varnothing 0.2-0.2</math> 表示边的形状需去除材料 (倒边), 边为 0.2mm)</p>
---	--

## 1.6 剖面区域表示法 (GB/T 17453-1998、GB/T 4457.5-1984)

### 1.6.1 通用剖面线的表示法

不需要在剖面区域中表示材料的类别时, 可用剖面线表示, 通用剖面线的一般画法, 见表 5.1-33。

### 1.6.2 特定材料的表示

若需要在剖面区域中表示材料的类别时, 应采用表 5.1-34 中的剖面符号。

## 2 图样画法

图样表示方法有第一角投影法和第三角投影法

两种, 我国采用第一角投影法, ISO 标准的图形均采用第一角投影法, 但规定两种投影法是等效的。

### 2.1 第一角投影法和第三角投影法 (GB/T 14692-1993)

绘制机械图样时应采用投射线与投影面垂直的正投影法。正投影法有单面正投影和多面正投影 (物体在多个互相垂直的投影面上的投影) 之分, 将物体置于第一分角内, 并使其处于观察者与投影之间的多面投影, 称第一角投影法或第一角画法。将物体置于第三分角内, 并使投影面处于观察者和物体之间的多面投影, 称第三角投影法或第三角画法。第一角投影法和第三角投影法的区别见表 5.1-35。

表 5-1-33 通用剖面线画法

<p>通用剖面线应以适当角度的细实线绘制,最好与主要轮廓线或剖面区域的对称线成 <math>45^\circ</math>(图 a)</p> <p>当剖面区域中的主要轮廓线与水平线成 <math>45^\circ</math>时,该图形的剖面线应画成与水平线成 <math>30^\circ</math>角或 <math>60^\circ</math>角的平行线,其倾斜方向仍与其他图形的剖面线一致(图 b)</p>	
<p>同一物体的各个剖面区域,其剖面线画法应一致,即剖面线的间隔应相等,方向要相同,而且与水平成 <math>45^\circ</math>的平行线(图 c)</p> <p>在装配图中相邻物体的剖面线必须以不同的方向或不同的间隔画出(图 d)</p> <p>同一装配图中的同一物体的剖面线应方向相同、间隔相等</p>	
<p>相邻辅助零件或部件的剖面区域一般不画剖面线,当需要画出时仍按图 d 的规定绘制(图 e)</p>	
<p>当绘制接合作的图样时,各零件剖面区域内的剖面线应按图 d 的规定绘制(图 f)</p> <p>当绘制接合作与其他零件的装配图时,接合作可作为一个整体在剖面区域画剖面线(图 g)</p>	

般  
画  
法

(续)

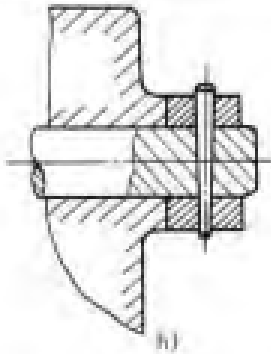
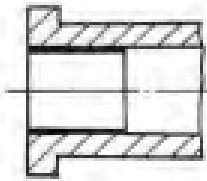
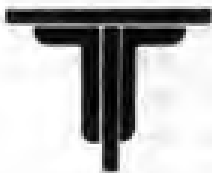



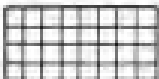



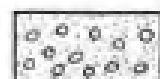






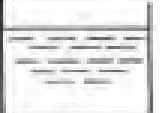
剖 面 法	允许沿着大面积的剖面区域的轮廓线画出部分剖面线(图 h)		
	允许在剖面区域内用点阵或涂色代替普通剖面线,点的间隔应按剖面区域的大小选择,亦允许沿着剖面区域轮廓部分布点或涂色		
	窄剖面区域可全部用涂黑代替剖面线(图 i),相邻两剖面区域之间必须留有不小于0.7mm的间隙(图 j)		

表 5.1-34 特定剖面符号及画法

金属材料(已有规定剖面符号者除外)		木质胶合板(不分层数)		玻璃及供观察用的其他透明材料		
线圈绕组元件		基础周围的泥土		木材	纵剖面	
转子、电枢、变压器和电抗器等的叠钢片		混凝土			横剖面	
非金属材料(已有规定剖面符号者除外)		钢筋混凝土		格网(筛网、过滤网等)		
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷刀片、硬质合金刀片等		砖		液体		

- 注:1. 剖面符号仅表示材料的类别,材料名称和代号必须另行注明。  
 2. 由不同材料嵌入或粘贴在一起的物体,用其中主要材料的剖面符号表示。例如:夹丝玻璃的剖面符号用玻璃的剖面符号表示,复合钢板的剖面符号用钢板的剖面符号表示。  
 3. 除金属材料外,在装配图中相邻物体的剖面符号相同时,应采用疏密不同的方法以示区别。  
 4. 叠钢片的剖面线方向,应与束装中叠钢片的方向一致。  
 5. 液面用细实线绘制。  
 6. 窄剖面区域不宜画剖面符号时,可不画剖面符号,如图中的垫片。  
 7. 木材、玻璃、液体、叠钢片、砂轮及硬质合金刀片等剖面符号,也可在外形视图中画出部分或全部,作为材料的标志。

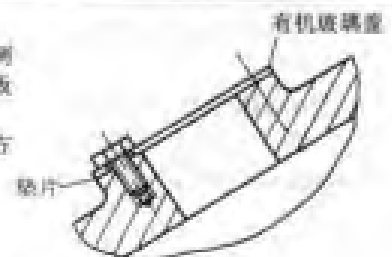
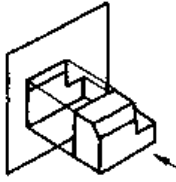
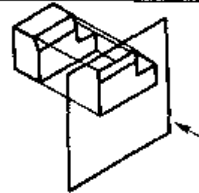
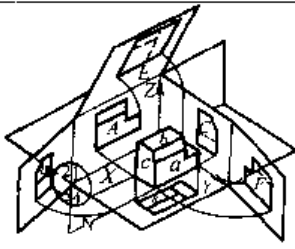
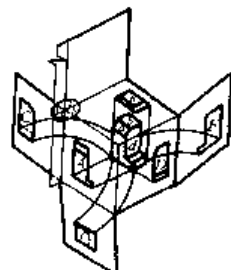


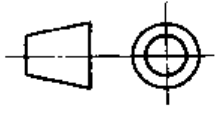
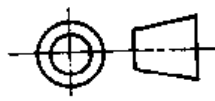




表 5.1-35 第一、第三角投影法的区别

一、三角投影法的区别	第一角投影法	第三角投影法
<p>投影线、物体、投影面之间的关系</p>		 <p>投影平面是透明的</p>
<p>六个基本投影面的展开方法</p>		
<p>六个基本视图的名称和配置</p>	 <p>主视图——由前向后投射所得的视图(上图中 A)</p> <p>左视图——由左向右投射所得的视图(上图中 C),配置在主视图的右方</p> <p>俯视图——由上向下投射所得的视图(上图中 B),配置在主视图的下方</p> <p>右视图——由右向左投射所得的视图(上图中 D),配置在主视图左方</p> <p>仰视图——由下向上投射所得的视图(上图中 E),配置在主视图上方</p> <p>后视图——由后向前投射所得的视图(上图中 F),配置在左视图右方</p>	 <p>主视图——由前向后投射所得的视图(上图中 A)</p> <p>右视图——由右向左投射所得的视图(上图中 D),配置在主视图左方</p> <p>仰视图——由下向上投射所得的视图(上图中 E),配置在主视图下方</p> <p>左视图——由左向右投射所得的视图(上图中 C),配置在主视图右方</p> <p>俯视图——由下向上投射所得的视图(上图中 B),配置在主视图上方</p> <p>后视图——由后向前投射所得的视图(上图中 F),配置在右视图右方</p>
<p>图样上的识别符号</p>	 <p>(我国规定采用第一角投影法,此符号可省略)</p>	

## 2.2 视图(GB/T 4458.1—2002)

### 2.2.1 视图选择

1. 表示信息量最多的那个视图应作为主视图。投射时物体在投影体系中的位置通常是机件的工作位置或加工位置或安装位置。

2. 在明确表示机件的前提下,应使视图(包括剖视图和断面图)的数量为最少。

3. 视图一般只画机件的可见部分,必要时才画出不可见部分。

4. 尽量避免不必要细节的重复表达。

### 2.2.2 视图分类和画法(表 5.1-36)

2.2.3 视图的其他表示法(表 5.1-37)

表 5.1-36 视图分类和画法

分类	画法规定	图 例
基本视图	<p>基本视图是机件向基本投影面投影所得的视图                      六个基本视图的名称为：                      主视图 左视图 俯视图 右视图 仰视图                      后视图                      在同一张图纸内按图 a 配置视图时，一律不标注视图的名称</p>	<p style="text-align: center;">a)</p>
向视图	<p>如不按图 a 配置视图时，应在视图上方标注视图名称“×”(“×”为大写拉丁字母)，在相应视图的附近用箭头指明投影方向，并标注相同的字母(图 b)，这类可自由配置的视图称向视图</p>	<p style="text-align: center;">b)</p>
斜视图	<p>斜视图是机件向不平行于基本投影面的平面投射所得的视图                      斜视图通常按向视图的配置形式配置并标注(图 c)                      必要时允许将斜视图旋转配置，表示该视图名称的大写拉丁字母应靠近旋转符号的箭头端，也允许将旋转角度标注在字母之后(图 d)                      斜视图的断裂边界应以波浪线或双折线表示，当所表示的局部结构是完整的，且外轮廓线又成封闭时，波浪线或双折线可以省略不画</p>	<p style="text-align: center;">c)</p> <p style="text-align: center;">d)</p>

(续)

分类	规 定	图 例
局部视图	<p>局部视图是将机件的一部分向基本投影面投射所得的视图</p> <p>在机械制图中,局部视图的配置可选用以下方式:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按基本视图的配置形式配置(图 e 的俯视图)</li> <li>2. 按向视图的配置形式配置(图 c)</li> <li>3. 按第三角画法配置在视图上所需表示物体局部结构的附近,并用细点画线将两者相连(图 f~图 i)</li> </ol> <p>画局部视图时,其断裂边界用波浪线或双折线绘制(图 e 的俯视图和图 e 的 A 向视图。当所表示的局部视图的外轮廓成封闭时,则不必画出其断裂边界线(图 e 中的 C 向视图)</p> <p>标注局部视图时,通常在其上方用大写字母标出视图的名称,在相应视图附近用箭头指明投射方向,并注上相同的字母(图 e)。当局部视图按基本视图配置,中间又没有其他图形隔开时,则不必标注(图 e 的俯视图)</p>	
旋转视图	<p>旋转视图是假想将机件的倾斜部分旋转到某选定的基本投影面平行,再向该投影面投影所得的视图</p>	

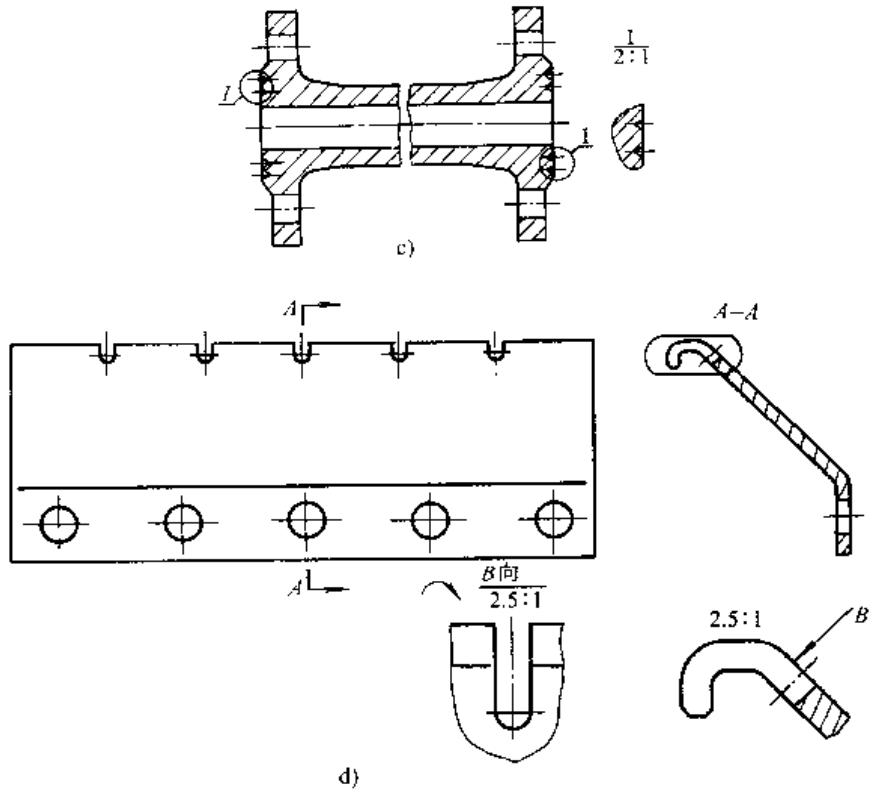
表 5.1-37 视图的其他表示法

局部放大图	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 局部放大图——将机件的部分结构,用大于原图形所采用的比例画出的图形。局部放大图可画成视图,也可画成剖视图、断面图,它与被放大部分的表示方法无关(图 a)。局部放大图应尽量配置在被放大部位附近</li> <li>2. 绘制局部放大图时,除螺纹牙型、齿轮和链轮齿形外,应按图 a、图 b 用细实线圈出被放大的部位。当同一机件上有几个被放大的部分时,应用罗马字依次标明被放大的部位,并在局部放大图的上方标注出相应罗马数字和所采用的比例(图 a)。当机件上被放大部分仅一个时,在局部放大图上方只需注明所采用的比例(图 b)</li> </ol>	
-------	--	--

(续)

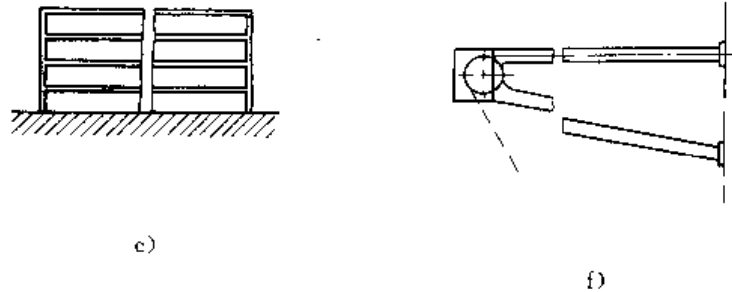
局部放大图

3. 同一机件上不同部位的局部放大图,当图形相同或对称时,只需画出一个(图 c)  
4. 必要时可用几个图形来表达同一被放大部位的结构(图 d)



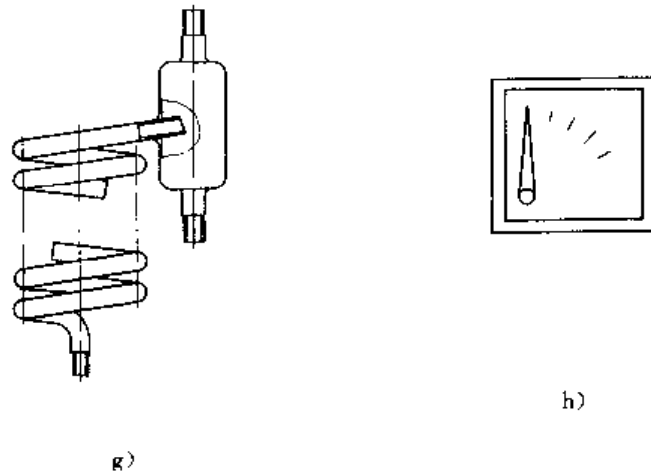
断裂画法

较长的机件(轴、杆、型材、连杆等)沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时,可断开缩短绘制,其断裂边界用波浪线绘制(图 e、图 f)


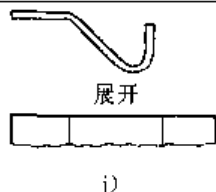
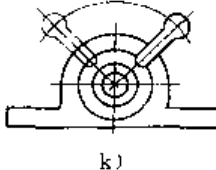
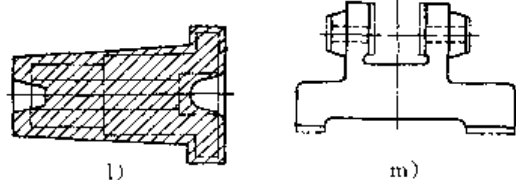
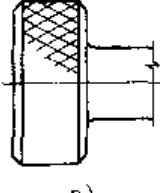

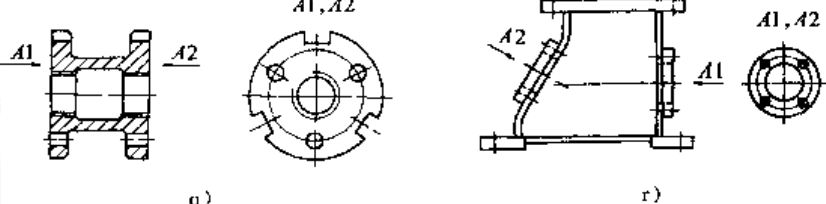
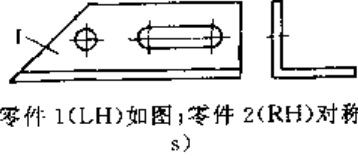
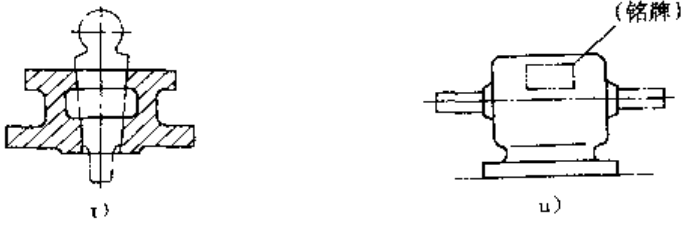


透明材料物体的画法

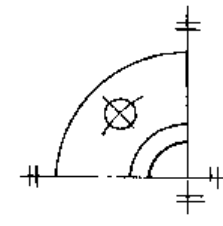
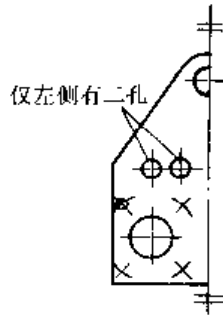
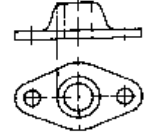
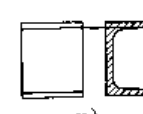

透明材料制成的零件应按不透明绘制(图 g)  
在装配图中,供观察用的透明材料后的零件按可见轮廓线绘制(图 h)



(续)

<p>初始轮廓画法</p>	<p>当有必要表示零件成形前的初始轮廓时,应用双点划线绘制(图 i)</p>	 <p>i)</p>
<p>弯折零件画法</p>	<p>弯折零件的弯折线在展开图中应用细实线绘制(图 j)</p>	 <p>展开</p> <p>j)</p>
<p>可动件的画法</p>	<p>在装配图中,可动零件的变动和极限状态,用细双点画线表示(图 k)</p>	 <p>k)</p>
<p>成型零件和毛坯画法</p>	<p>允许用细双点画线在毛坯图中画出完工零件的形状,或者在完工零件上画出毛坯的形状(图 l、图 m)</p>	 <p>l) m)</p>
<p>网状结构画法</p>	<p>滚花、槽沟等网状结构应用粗实线完全或部分地表示出来(图 n)</p>	 <p>n)</p>
<p>纤维方向表示法</p>	<p>材质的纤维和轧制方向,一般不必示出,必要时,应用带箭头的细实线表示(图 o、图 p)</p>	 <p>o) p)</p>
<p>两个或两个以上相同视图的表示</p>	<p>一个零件上有两个或两个以上图形相同的视图,可以只画一个视图,并用箭头、字母和数字表示其投射方向和位置(图 q、图 r)</p>	 <p>q) r)</p>
<p>镜像零件表示</p>	<p>对于左右件零件或装配件,可用一个视图表示,并在图形下方注写必要的说明("LH"为左件,"RH"为右件)(见图 s)</p>	 <p>零件 1(LH)如图;零件 2(RH)对称</p> <p>s)</p>
<p>相邻辅助零件画法</p>	<p>相邻的辅助零件用细双点画线绘制。相邻的辅助零件不应覆盖为主的零件,而可以被为主的零件遮挡(图 t)。相邻的辅助零件的断面不画剖面线。当轮廓线无法明确绘制时,则其特定的封闭区域应用细双点划线绘制(图 u)</p>	 <p>t) u)</p> <p>(铭牌)</p>

(续)

<p>对称零件画法</p>	<p>在不致引起误解时,对于对称构件或零件的视图可只画一半或四分之一,并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线(图 v、图 w)</p> <p>基本对称的零件可按对称零件绘制,但应对其中不对称的部分加注说明(图 w)</p>	  <p>v)</p> <p>w)</p>
<p>较小斜度、锥度结构画法</p>	<p>机件上斜度和锥度等小结构,如在一个图形中已表达清楚时,其他投影可按小端画出(图 x、图 y)</p>	  <p>x)</p> <p>y)</p>
<p>分隔的相同元素画法</p>	<p>分隔的相同元素的制成件可局部地用细实线表示其组合情况(图 z)</p>	 <p>z)</p>

### 2.3 剖视图和断面图(GB/T 4458.6-2002)

#### 2.3.1 剖视图

假想用剖切面剖开机件,将处在观察者与剖切面之间的部分移去,而将其余部分向投影面投射所得的图形称剖视图。

(1) 剖视图和剖切面的分类(表 5.1-38、表 5.1-39)

(2) 剖切符号、剖视图的配置与标注

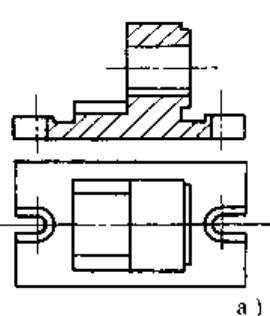
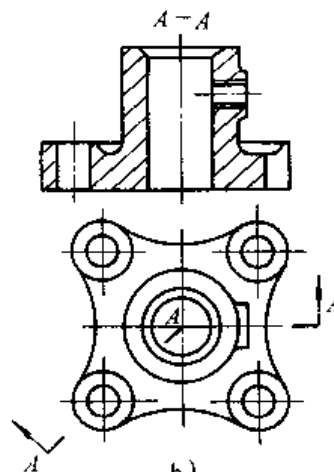
1) 剖切符号 剖切符号(粗实线)尽可能不与图

形的轮廓线相交,在它的起、迄和转折处应用相同的字母标出,但当转折处地位有限又不致引起误解时允许省略标注(表 5.1-39 图 c、f、h)。两组或两组以上相交的剖切平面,其剖切符号相交处用大写拉丁字母“O”标注(表 5.1-39 图 b)。

2) 剖视图的配置 基本视图配置的规定(表 5.1-36)同样适用于剖视图。剖视图也可按投影关系配置在剖切符号相对应的位置,必要时还允许配置在其他适当位置(表 5.1-39,图 j)。

3) 剖切位置与剖视图的标注

表 5.1-38 剖视图的分类

分类	规定	图例
<p>全剖视图</p>	<p>全剖视图——用剖切面完全剖开机件所得的剖视图(图 a、b)</p>	  <p>a)</p> <p>b)</p>

(续)

分类	规 定	图 例
半剖视图	<p>半剖视图——当机件具有对称平面时,在垂直于对称平面的投影面上投射所得的图形,以对称中心线为界,一半画成剖视图,另一半画成视图(图 c、d)</p> <p>机件的形状接近对称且不对称部分已另有图形表达清楚时,也可画成半剖视(图 d)</p>	
局部剖视图	<p>局部剖视图——用剖切面局部地剖开机件所得的剖视图(图 e、f)</p> <p>局部剖视图用波浪线或双折线分界,波浪线与双折线不应和图样上其他图线重合。当被剖结构为回转体时,允许将结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线(图 g)</p>	

a) 一般应在剖视图上方用字母标出剖视图的名称“×-×”(“×-×”为大写拉丁字母)。在相应的视图上用剖切符号表示剖切位置,用箭头表示投射方向,并注上同样的字母(表 5.1-39 图 g、h、i、j)。

b) 当剖视图按投影关系配置,中间又没有其他图形隔开时,可省略箭头(表 5.1-39 图 a、e)。

c) 当单一剖切平面通过机件的对称平面或基本对称平面,且剖视图按投影关系配置,中间又没有其他图形隔开时,可省略标注(表 5.1-38,图 a)。

d) 当单一剖切平面的剖切位置明显时,局部剖视图的标注可省略(图 5.1-38,图 f、g)。

(3) 剖视图标注的几种特殊形式(表 5.1-40)

表 5.1 39 剖切面分类

分类	规定	图 例
单一剖切面	<p>一般用平面剖切机件(图 a: A-A)。也可用柱面剖切机件,采用柱面剖切机件时,剖视图应按展开绘制(图 a: B-B)</p>	<p>a)</p>
两相交的剖切平面——旋转剖	<p>用两相交的剖切平面(交线垂直于某一基本投影面)剖开机件的方法称为旋转剖(图 b)</p> <p>采用这种方法画剖视图时,先假想按剖切位置剖开机件,然后将剖切平面剖开的结构及其有关部分旋转到与选定的投影面平行再进行投射。在剖切平面后的其他结构一般仍按原来位置投影(图 c 油孔)</p> <p>当剖切后产生不完整要素时,应将此部分按不剖绘制,如图 d 中的臂</p>	<p>b)</p> <p>c)</p> <p>d)</p>



(续)

分类	规定	图例
几个平行的剖切平面——阶梯剖	<p>用几个平行的剖切平面剖开机件的方法称阶梯剖(图e)</p> <p>采用这种方法画剖视图时,在图形内不应出现不完整要素,仅当两个要素在图形上具有公共对称中线或轴线时,可以各画一半,此时应以对称中心线或轴线为界(图f)</p>	
组合的剖切平面——复合剖	<p>除旋转剖、阶梯剖外,用组合的剖切平面剖开机件的方法称复合剖(图g,h)</p> <p>采用这种方法画剖视图时,可采用展开画法,此时应标注“××展开”(图h)</p>	

(续)

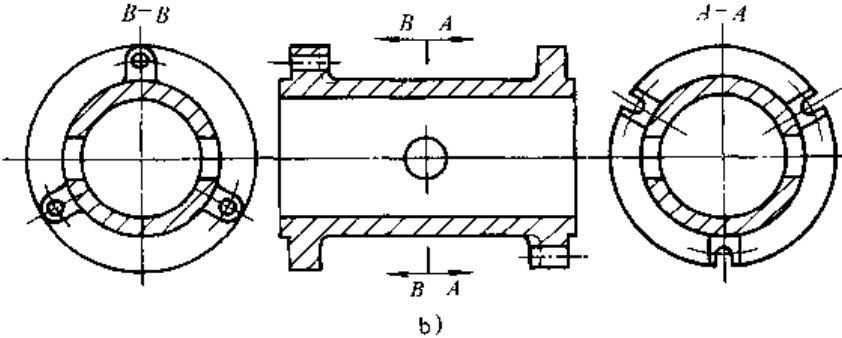
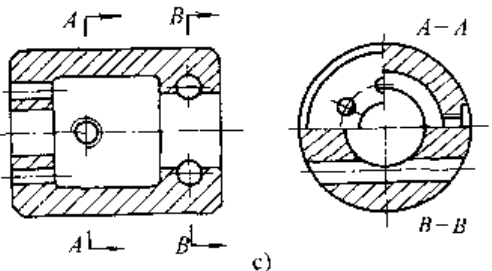
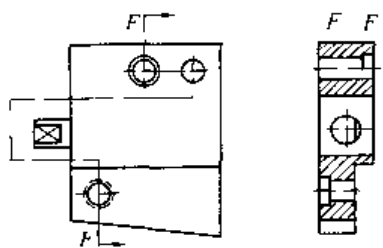
分类	规定	图 例
不平行于任何基本投影面的剖切平面——斜剖	<p>用不平行于任何基本投影面的剖切平面剖开机件的方法称斜剖(图 i; B-B)</p> <p>采用这种方法画剖视图时,在不引起误解时,允许将图形旋转(图 j; A-A)</p>	

注:各类剖切面亦适用于断面图。

表 5.1 40 剖视图的特殊标注

图 例	规 定
	<p>用几个剖切平面分别剖开机件,得到的剖视图为相同的图形时,可按图 a 的形式标注</p>

(续)

	图 例	规 定
		<p>用一个公共剖切平面剖开机件,按不同的方向投射得到的两个剖视图应按图 b 的形式标注</p>
		<p>可将投影方向一致的几个对称图形各取一半(或 1/4)合成一个图形,此时应在剖视图附近标出相应的剖视图名称“×-×”(图 c)</p>
		<p>当只需剖切绘制零件的部分结构,应用细点画线将剖切符号相连,剖切面可位于零件实体之外(图 d)</p>

机件接触部分的图形称断面图。

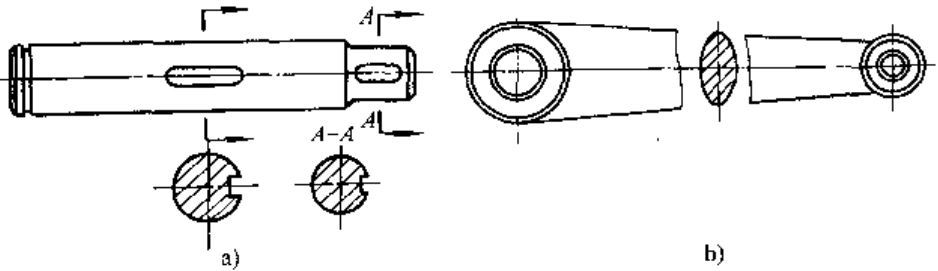
### 2.3.2 断面图

(1) 断面图的分类

假想用剖切面将机件某处切断,仅画出剖切面与

断面可分为移出断面和重合断面,见表 5.1-41。

表 5.1-41 移出断面和重合断面

分类	规 定	图 例
移出断面	<p>移出断面的图形应画在视图之外,轮廓线用粗实线绘制(图 a)</p> <p>移出断面应尽量配置在剖切线的延长线上(图 a)</p> <p>当断面图形对称时也可画在视图的中断处(图 b)</p>	

(续)

分类	规定	图 例
	<p>必要时可将移出剖面配置在其他适当位置。在不致引起误解时,允许将图形旋转(图 c)</p>	
移出剖面	<p>由两个或多个相交的剖切平面剖切得出的移出剖面,中间一般应断开(图 d)</p>	
	<p>当剖切平面通过回转头面形成的孔或凹坑的轴线时,这些结构按剖视图要求绘制(图 e) 当剖切平面通过非圆孔,会导致出现完全分离的两个断面时,则这些结构应按剖视图要求绘制(图 f)</p>	
重合剖面	<p>重合剖面图的图形应在视图内,剖面轮廓线用细实线绘制。当视图的轮廓线与重合剖面的图形重叠时,视图中的轮廓线仍应连续画出,不可间断(图 g、h)</p>	

(2) 断面图标注

断面图标注中使用的剖切符号同剖视图。

1) 移出断面的标注

a) 移出断面一般应用剖切符号表示剖切位置,用箭头表示投射方向,并注上字母,在断面图的上方应用同样字母标出相应的名称“×-×”(“×-×”大写拉丁字母),见表 5.1-41 图 a:A-A。

b) 配置在剖切符号延长线上的不对称移出断面,

可省略字母(表 5.1-41 图 a),不配置在剖切符号延长线上的对称移出断面(表 5.1-41 图 c)以及按投影关系配置的对称和不对称的移出断面,均可省略箭头(表 5.1-41 图 e)。

c) 配置在剖切线延长线上对称的移出断面,以及配置在视图中断处的移出断面,均可不必标注(表 5.1-41 图 b、d)。

2) 重合断面的标注

a) 配置在剖切符号上的不对称重合断面,不必标注字母(表 5.1-41 图 g)。

b) 对称的重合断面不必标注(表 5.1-41 图 h)。

### 2.4 简化画法和规定画法(GB/T 16675.1—1996)

在不影响对机件表达完整的前提下,应力求制图简便,以提高绘图效率。

#### 2.4.1 简化画法

##### (1) 简化原则

1) 简化必须保证在不致引起误解和不会产生理解的多意性。

2) 便于识读和绘制,注重简化的综合效果。

3) 在考虑便于手工制图和计算机制图的同时,还要考虑缩微制图的要求。

##### (2) 基本要求

1) 应避免不必要的视图和剖视图(图 5.1-1)。

2) 在不引起误解时,应避免使用细虚线表示不可见的结构(图 5.1-2)。

3) 尽可能使用有关标准中规定的符号,表达设计要求,如图 5.1-3,用中心孔符号表示标准的中心孔。

4) 尽可能减少相同结构要素的重复绘制(图 5.1-4)。

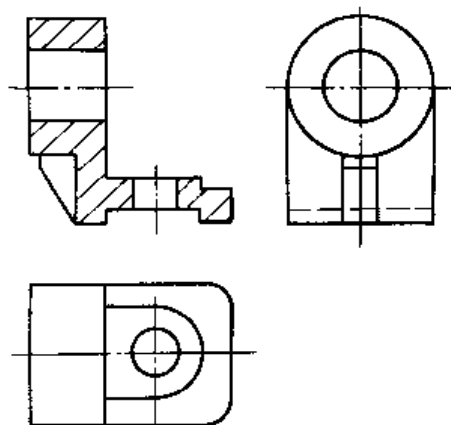


图 5.1-2 避免使用细虚线

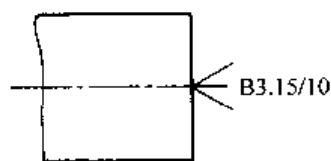


图 5.1-3 用符号表达设计要求



图 5.1-4 减少相同结构的重复绘制

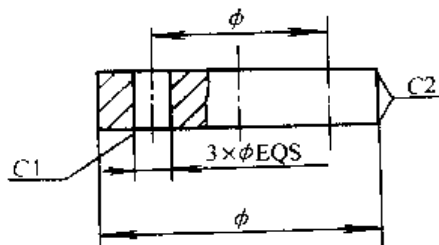


图 5.1-1 避免不必要的视图

##### (3) 各种简化画法

相同要素的简化画法,见表 5.1-42。

机件上细小结构的各种简化画法,见表 5.1-43。

关于装配图的各种简化画法,见表 5.1-44。

其他各种简化画法,见表 5.1-45。

#### 2.4.2 规定画法(表 5.1-46)

表 5.1-42 相同要素的简化画法

说 明	图 例
<p>当机件具有若干相同结构(如齿槽等),并按一定规律分布时,只需画出几个完整的结构,其余用细实线连接,在零件图中则必须注明该结构的总数(图 a)</p>	

(续)

说 明	图 例
<p>若干直径相同且成规律分布的孔,可以仅画一个或少量几个,其余只需用细点画线或“+”表示其中心位置,在零件图中应注明孔的总数(图 b,c)</p>	
<p>成组的重复要素,可以将其中一组表示清楚,其余各组仅用细点画线表示中心位置(图 d)</p>	
<p>对于装配图中若干相同的零、部件组,可以仅详细地画出一组,其余只需用细点画线表示其位置(图 e)</p>	
<p>对于装配图中若干相同的单元,可仅详细地画出一组,其余可采用图 f 所示的方法表示</p>	
<p>在剖视图中,类似牙嵌式离合器的齿等相同结构可按图 g 表示</p>	

表 5.1-43 细小结构的简化画法

分类	说 明	图 例
小结构的简化画法	当机件上较小的结构及斜度等已在一个图形中表达清楚时,其他图形应当简化或省略(图 a、b)	<p>a) b)</p>
	除确属需要表示的某些结构圆角外,其他圆角在零件图中均可不画,但必须注明尺寸或在技术要求中加以说明(图 c、d)	<p>c) d)</p> <p>全部铸造圆角R5</p>
放大部位在原视图中的简化	在局部放大图表达完整的前提下,允许在原视图中简化被放大部位的图形(图 e)	<p>e)</p>

表 5.1-44 装配图中各种简化画法

分类	说 明	图 例
拆卸画法	在装配图中可假想沿某些零件的结合面剖切或假想将某些零件拆卸后绘制,需要说明时,可加标注“拆去××等”(图 a)	<p>拆去轴承盖等</p>
剖切到标准产品的画法	在装配图中,当剖切平面通过的某些构件已为标准产品或已由其他图形表示清楚时,可按不剖绘制(图 a:油杯)	<p>拆去轴承盖等</p>
小结构可省略	在装配图中,零件的倒角、圆角、凹坑、凸台、沟槽、滚花、刻线及其他细节可不画(图 a)	<p>a)</p>

(续)

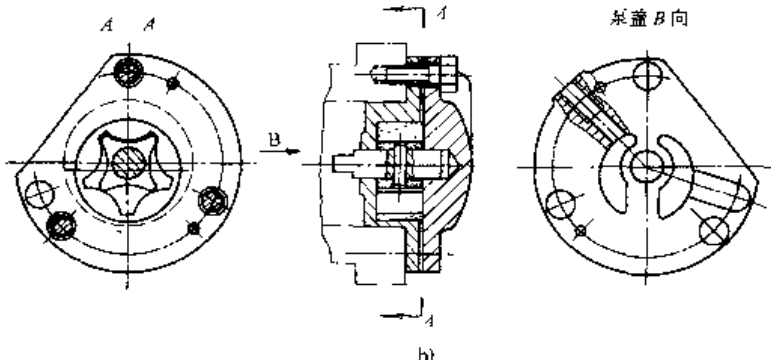
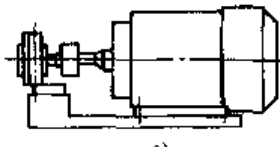



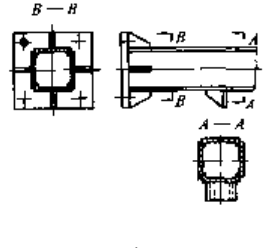
分类	说明	图 例
单独零件的单独视图	在装配图中可以单独画出某一零件的视图。但必须在所画视图的上方注出该零件视图的名称。在相应视图的附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母(图 b:泵盖 B 向)	 <p>Figure b) shows a pump cover with a separate view labeled '泵盖 B 向' (Pump cover, view B). Section lines A-A and B-B are shown with arrows indicating the viewing direction.</p>
标准产品在装配图中简化画法	在能够清楚表达标准产品特征和装配关系的条件下,装配图可仅画出其简化后的轮廓,如图 c 中电动机、联轴器和减速器	 <p>Figure c) shows a simplified drawing of a motor, coupling, and reducer assembly.</p>
带和链的画法	在装配图中,可用粗实线表示带传动中的带;用细点画线表示链传动中的链。必要时,可在粗实线或细点画线上绘制出表示带类型或链类型的符号,见 GB/T 4460 (图 d、e)	 <p>Figure d) shows a belt and pulley system. Figure e) shows a chain and sprocket system.</p>

表 5.1-45 其他简化画法

分类	说明	图 例
省略剖面符号画法	在不引起误解时,剖面线(或剖面符号)可省略(图 a、b)	 <p>Figure a) shows a part with omitted section lines. Figure b) shows a part with omitted section lines and a circular detail view.</p>
相贯线简化画法	视图中的过渡线用细实线绘制(图 c),在不致引起误解时,过渡线、相贯线允许简化,例如用圆弧和直线代替非圆曲线(图 d) 也可用模糊画法表示相贯线	 <p>Figure c) shows a part with transition lines drawn with thin solid lines. Figure d) shows a part with simplified intersection lines using arcs and straight lines.</p>
剖切平面后的投影的省略	在不致引起误解时,剖切平面后不需表达的部分允许省略不画(图 e, A-A)	 <p>Figure e) shows a part with a cutting plane A-A and B-B, and the projections of the parts behind the cutting plane are omitted.</p>



(续)

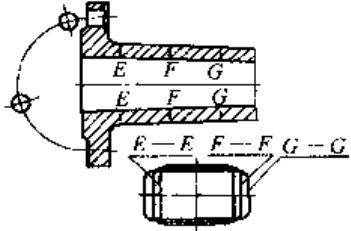
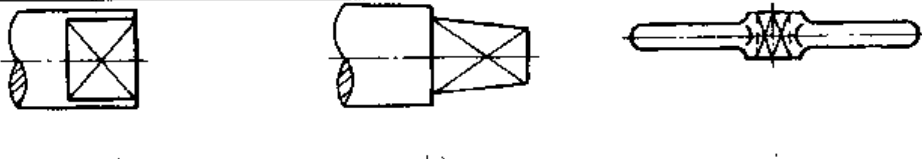
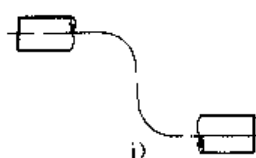
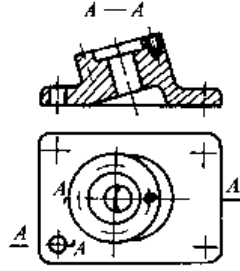
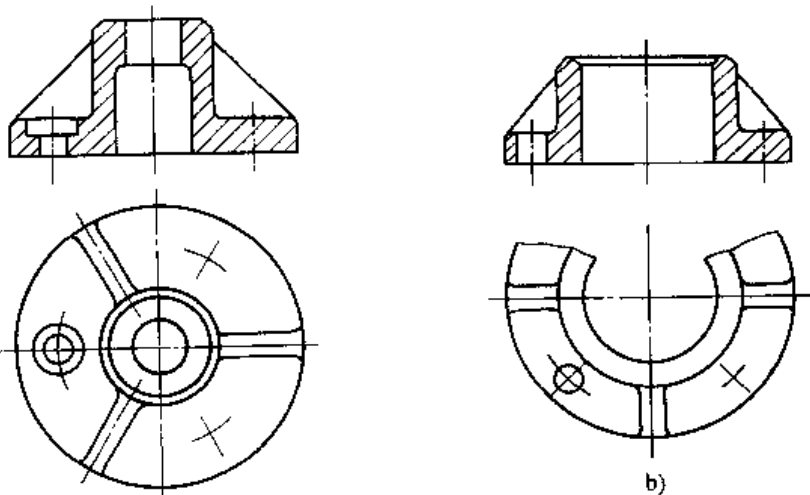
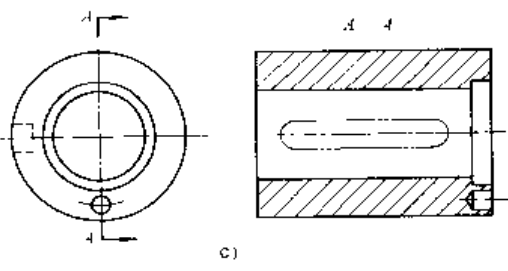
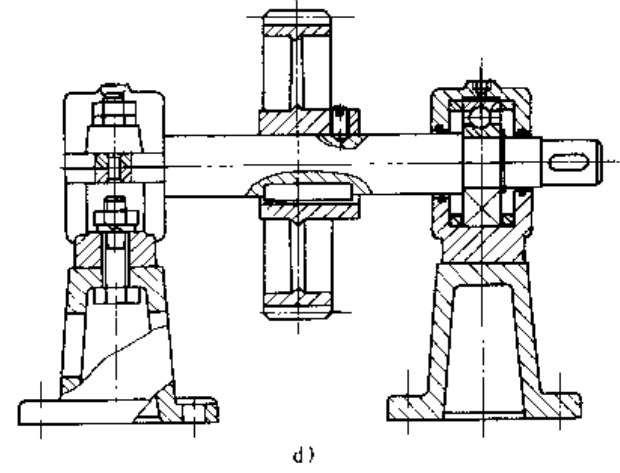
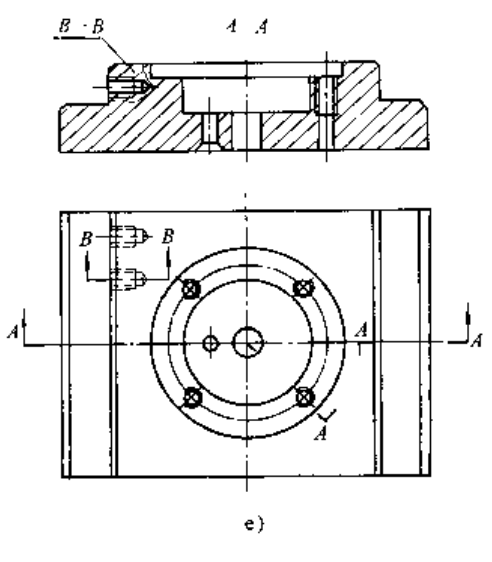
分类	说 明	图 例
复杂曲面剖面图的简化	圆柱形法兰和类似零件上均匀分布的孔可按图 f 所示的方法表示(由机件外向法兰端面方向投影) 用一系列剖面表示机件上较复杂曲面时,可画出断面轮廓,并可配置在同一位置上(图 f)	 <p style="text-align: center;">f)</p>
回转体零件平面的简化画法	当回转体零件上的平面在图形中不能充分表达时,可用两条相交的细实线表示这些平面(图 g, h, i)	 <p style="text-align: center;">g)                      h)                      i)</p>
管子的简化画法	管子可仅在端部画出部分形状,其余用细点画线画出其中心线(图 j)	 <p style="text-align: center;">j)</p>
倾斜面上圆及圆弧的投影的简化画法	与投影面倾斜角度小于或等于 30° 的圆或圆弧,其投影可用圆或圆弧代替(图 k)	 <p style="text-align: center;">k)</p>

表 5.1-46 各类规定画法

分类	说 明	图 例
肋、轮辐、薄壁的规定画法	对于机件的肋、轮辐及薄壁等,如按纵向剖切,这些结构都不画剖面符号,而用粗实线将它与其邻接部分分开 当零件回转体上均匀分布的肋、轮辐、孔等结构不处在剖切平面上时,可将这些结构旋转到剖切平面上画出(图 a, b)	 <p style="text-align: center;">a)                      b)</p>

(续)

分类	说 明	图 例
剖切平面前的结构的画法	在需要表示位于剖切平面前的结构时, 这些结构按假想投影的轮廓线(细双点画线)绘制(图 c)	
装配图中实心件沿纵向剖切后的简化画法	在装配图中, 对于紧固件以及轴、连杆、球、钩子、键、销等实心零件, 若按纵向剖切, 且剖切平面通过其对称平面或轴线时, 则这些零件均按不剖绘制。如需要特别表明零件的构造, 如凹槽、键槽、销孔等则可用局部剖视表示(图 d)	
剖中剖画法	在剖视图的剖面中可再作一次局部剖视。采用这种表达方法时, 两个剖面的剖面线应同方向、同间隔, 但要互相错开, 并用指引线标出其名称(图 e)	

## 2.5 尺寸注法(GB/T 4458.4—2003、GB/T 16675.2 1996)

图样上的尺寸分线性尺寸和角度尺寸两种。线性尺寸是指物体某两点间的距离, 如物体的长、宽、高、直径、半径、中心距等。角度尺寸是两相交直线所形成的夹角或相交平面所形成的两面角中任一正截面内平面角的大小。

图样中所标注的线性尺寸和角度尺寸, 都意味着

对整个形体表面处处有效(曲面除外), 绝不仅限于某一处两点间所形成的尺寸, 如直径尺寸适用于构成该直径整个圆柱面, 角度尺寸也同样适用于构成该平面角两要素的整个范围。如图样中的尺寸另有含义, 应另加说明。

### 2.5.1 基本规则

#### (1) 尺寸单位

图样中(包括技术要求和其他说明)的线性尺寸,

以毫米为单位时,不需标注计量单位的符号或名称,如采用其他单位,则必须注明相应的计量单位的符号或名称。

对于图样中某些特定符号一起标注的数值,其单位的标注应符合该特定符号的有关规定。如表面粗糙度代号中的参数值与代号一起标注时不必标注数值单位“ $\mu\text{m}$ ”。又如各种管螺纹的尺寸代号必须与相应管螺纹的牙型特征符号同时标注。

(2) 最后完工尺寸

图样上所标注的尺寸,为该图样所示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。最后完工尺寸是指这一图样所表示机件的最后要求,如毛坯图中的尺寸为毛坯最后完工尺寸;零件图上的尺寸是该零件交付装配时的尺寸,至于为了达到该尺寸的要求,中间所经过的各工序(包括镀覆和涂层等工序)的尺寸,则与之无关,否则必须另加说明。

(3) 不重复标注尺寸

机件的每一尺寸一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

(4) 合理配置

为了保证产品质量,和便于加工,检验人员看图,尺寸配置要合理,为此应考虑以下各点:

- 1) 对机件的工作性能、装配精度及互换性起重要作用的功能尺寸应直接指出。
- 2) 尺寸应尽量标注在表示形体特征最明显的视图上。
- 3) 同一结构要素的尺寸应尽可能集中标注,如孔的直径和深度;槽的宽度和深度等。

1) 尺寸应尽量标注在视图的外部,以保持图形的清晰。

5) 尽量避免在不可见的轮廓线上标注尺寸。

6) 尺寸线与尺寸界线,尺寸线、尺寸界线与轮廓线应尽量避免相交。

(5) 自喻尺寸

图样上常有一些客观存在而没有注明的尺寸。由于图样的绘制均是形体的理想形状和理想位置,如轮廓相切;表面间的平行和垂直;两要素(平面或轴线,平面与轴线)的互相垂直,一般不标注 $90^\circ$ 。又如在薄板的一个分布圆上均匀分布了6个直径为8mm的孔,标注为 $6 \times \phi 8$ 而不标注相邻孔间的夹角 $30^\circ$ ,如没有其他视图表示该板的厚度和各孔的深度,应理解为这些孔均是通孔,不再标注孔深。如果需要检测这些自喻尺寸的精度则按未注公差评定。

2.5.2 尺寸注法的一般规定 (GB/T 4458.4 -2003)

(1) 尺寸注法的基本要素

图样上的尺寸主要有尺寸数字、尺寸线、尺寸界线三个要素组成,有时为了说明特殊含义,还在尺寸数字之前附加某种规定的符号,如 $\phi$ 、 $R$ 、 $\square$ 等。尺寸数字、尺寸线、尺寸界线的规定见表 5.1-47。

(2) 常见要素的尺寸注法

- 1) 直径、半径及弧长的尺寸注法见表 5.1-48。
- 2) 斜度、锥度、倒角、退刀槽及正方形结构尺寸注法见表 5.1-49。

表 5.1-47 尺寸数字、尺寸线、尺寸界线的规定

尺寸要素	规定	图 例
尺寸数字	<p>线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸中断处(图 a),当没有足够位置注写数字时,可用指引线引出标注(图 b)</p> <p>线性尺寸的数字方向一般应采用第一种方法注写,即应按图 c 所示方法注写,并尽可能避免在<math>30^\circ</math>范围内标注尺寸。当无法避免在<math>30^\circ</math>范围内标注尺寸,可按图 d 的形式标注</p> <p>在不致引起误解时,也允许采用第二种注法,即对非水平方向尺寸,其数字也可水平地注写在尺寸线中断处(图 e)</p> <p>在一张图样上应尽可能采用同一种方法注写尺寸</p>	

(续)

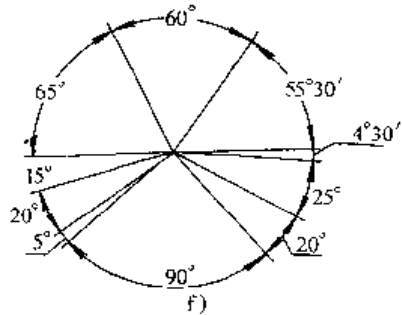
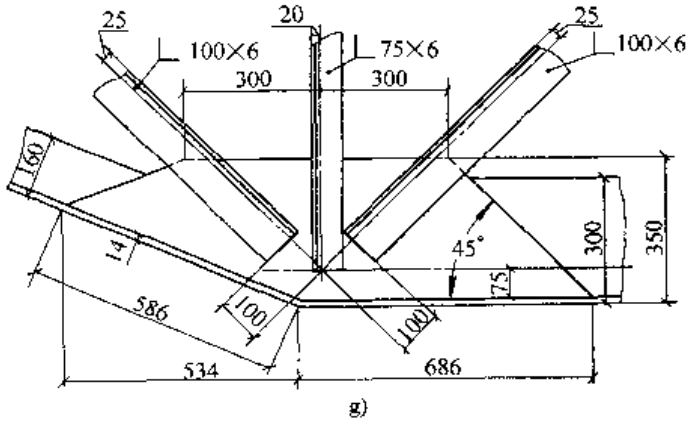
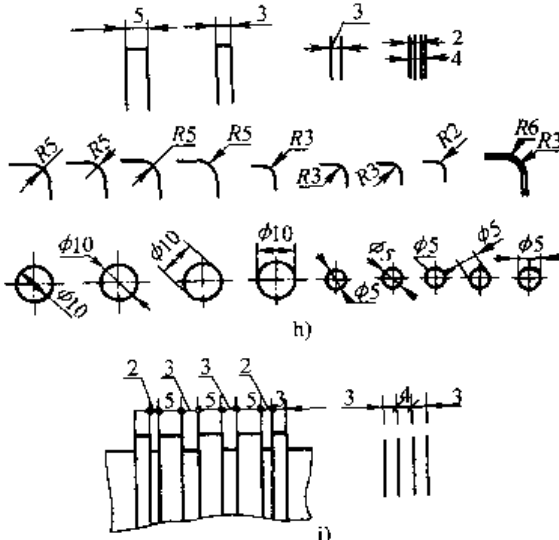
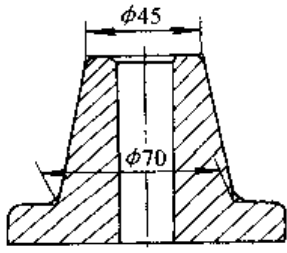
尺寸要素	规定	图 例
<p>尺寸数字</p> <p>角度的尺寸数字</p>	<p>角度的尺寸数字一律写成水平方向,一般注写在尺寸线的中断处,必要时注写在尺寸线的上方或引出标注(图 f)</p>	
<p>尺寸线</p>	<p>尺寸线用细实线绘制。尺寸线不能用其他图线代替,一般也不得和其他图线重合或画在它们的延长线上</p> <p>标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行</p> <p>尺寸线的终端有箭头(图 a)和斜线(图 g)两种形式,当尺寸线终端采用斜线形式,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直(图 g)。当尺寸线与尺寸界线相互垂直时,同一张图样上只能采用一种尺寸终端形式</p>	
<p>尺寸线</p>	<p>绘制尺寸线的箭头时,一般应尽量画在所注尺寸的区域之内,只有当所注尺寸的区域太小而无法容纳箭头时,才允许将箭头画在尺寸区域之外,并指向尺寸界线(图 h),当尺寸十分密集而确实无法画出箭头时,允许用圆点代替箭头,或者用斜线代替箭头(图 i)</p>	
<p>尺寸界线</p>	<p>尺寸界线用细实线绘制,并由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出。也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线(图 a)</p> <p>尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时允许倾斜。在光滑过渡处标注尺寸时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的交点处引出尺寸界线(图 j)</p>	

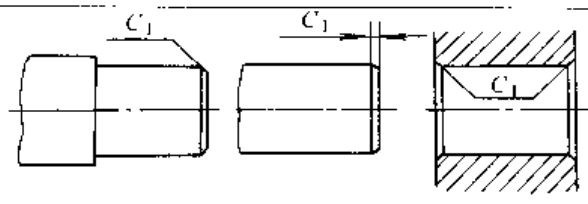
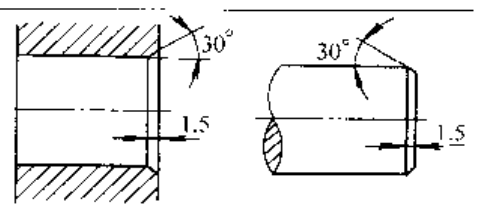
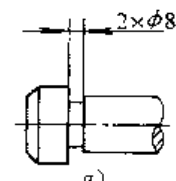
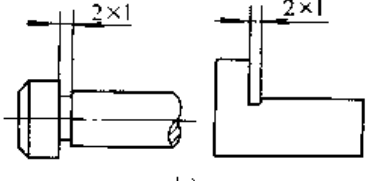
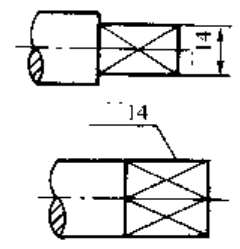
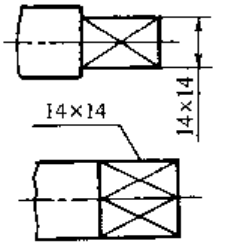
表 5.1-48 直径、半径、弧长的注法

要素	规定	图例
直径和半径注法	<p>标注直径时,应在尺寸数字前加注符号“<math>\phi</math>”(图 a、b)、标注半径时,应在尺寸数字前加注符号“R”,半径尺寸应标注在反映实形的视图上,尺寸线一般要求画成法线方向(图 c、d)</p> <p>圆的直径和圆弧半径尺寸线的终端应画箭头,并按图 a、b、c、d、e 所示方式标注</p>	
球面直径和半径注法	<p>标注球面直径或半径时,应在符号“<math>\phi</math>”或“R”前加注符号“S”(图 e、f)</p> <p>对于螺钉,铆钉的头部、轴(包括螺杆)的端部等,在不引起误解的情况下,可以省略符号“S”(图 g)</p>	
弧长注法	<p>标注弧长时,应在尺寸数字左方加注符号“<math>\sim</math>”(图 i、j)</p> <p>标注弧长或弦长的尺寸界线应平行于该弧的弦的垂直平分线(图 h、i),标注中心角的尺寸界线,应沿径向引出</p> <p>当圆弧的弧长很大(中心角大于 <math>90^\circ</math>)时,尺寸界线可沿径向引出,若需明确指出所注尺寸的弧长,可在尺寸线上附加箭头指引到该圆弧上(图 j)</p>	

表 5.1-49 斜度、锥度、倒角、退刀槽、正方形结构尺寸注法

斜度、锥度注法	<p>斜度用斜度符号标注,符号的底线应与基准面(线)平行,符号的尖端应与斜面的倾斜方向一致,斜度一般都用指引线从斜面轮廓上引出标注(图 a、b)</p> <p>锥度用锥度符号标注,符号的尖端的指向就是锥体的小头方向,锥度可用指引线从锥体轮廓上引出标注,亦可标注在锥体轴线上(图 c、d)</p>	
---------	---	--

(续)

倒角注法	<p>45°倒角的标注形式(图 e)</p>  <p>e)</p>	<p>非 45°倒角的标注形式(图 f)</p>  <p>f)</p>
退刀槽注法	<p>按“槽宽×直径”的形式标注(图 g)</p>  <p>g)</p>	<p>按“槽宽×槽深”的形式标注(图 h)</p>  <p>h)</p>
正方形结构注法	<p>标注断面为正方形结构的尺寸时,可在正方形边长尺寸数字前加注符号“□”(图 i)或用“B×B”(图 j, B 为正方形的边长)</p>  <p>i)</p>  <p>j)</p>	

(3) 特种尺寸注法

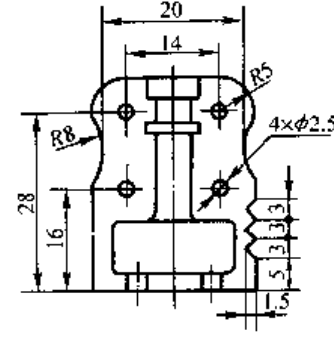
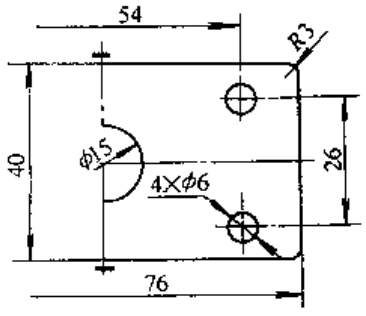
图样上常有一些较特殊的尺寸注法,例如:对称结构的尺寸注法。所谓对称是指具有对称平面的物体,其一侧的结构与另一侧的结构要素离对称平面距离相等,大小相同成镜像对应关系。这里所说的对称是指物体对称,而不是图形对称,因为不对称物体有时亦可得

到对称的图形。

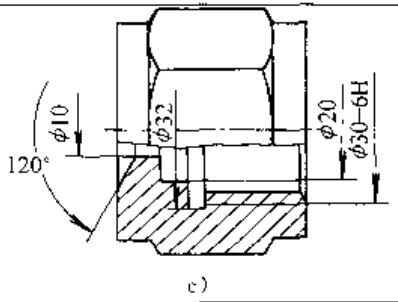
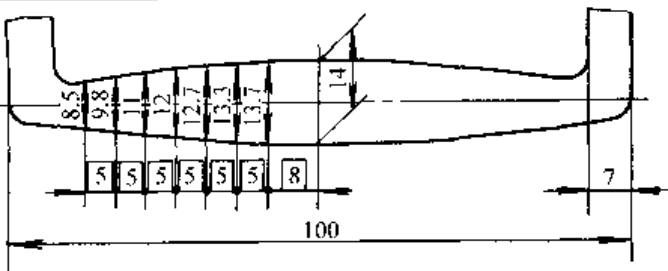
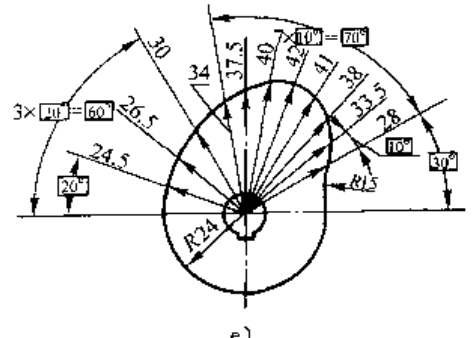
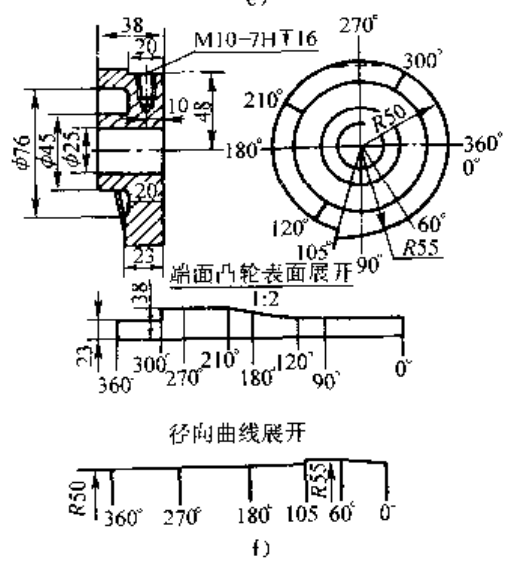
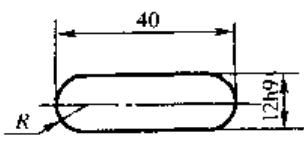
又如:长圆孔宽度有较严格公差要求时的尺寸注法。

再如:曲面轮廓的尺寸标注有直角坐标法、极坐标法、表面展开法等,这些较特殊的尺寸注法见表 5.1-50。

表 5.1-50 对称结构、曲面轮廓、长圆孔、镀涂表面的尺寸注法

标注对象	规 定	图 例	
对称结构注法	<p>对称结构的大小尺寸,可以仅标出其中某一侧结构要素的尺寸,而另一侧所对应的要素不必标注(图 a 中 R8、R5)</p> <p>对于对称机件上对称的孔,仍按相同要素的注法标注,即除标注孔的直径外,还要标注孔的数量(图 a 中 4×φ2.5)</p> <p>图形上相对于对称中心线对称分布的要素,如图 a 中左右对称分布的孔组 4×φ2.5,通常仅标注其中</p>	 <p>a)</p>	 <p>b)</p>

(续)

标注对象	规 定	图 例
对称结构注法	<p>心距 14, 即表示这孔组对称分布, 其对称度公差应按未注形位公差确定</p> <p>当对称机件的图形只画一半或略大于一半时, 尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界线, 此时仅在尺寸线一端画出箭头 (图 b、c)</p>	 <p style="text-align: center;">c)</p>
曲线轮廓注法	<p>曲面轮廓常以直角坐标或极坐标逐一定出轮廓上的各点, 从而确定该轮廓 (图 d、e)。由于每个点都必须由两个坐标尺寸来确定, 若该两个尺寸都具有公差, 则被测点就无法确定, 因此必须将其中一个尺寸定为加方框的理论正确尺寸, 该尺寸不附带公差生产中其精度由工装设备或调整精度来保证</p> <p>当表示曲线轮廓上各点坐标时可将尺寸线或它的延长线作尺寸界线 (图 d、e)</p> <p>有些曲面轮廓, 在投影图上很难标注其尺寸, 可利用表面展开图进行标注。图 f 用两个展开图分别表示端面凸轮和径向凸轮的尺寸</p>	 <p style="text-align: center;">d)</p>  <p style="text-align: center;">e)</p>  <p style="text-align: center;">f)</p>
长圆孔注法	<p>如长圆孔的宽度尺寸有严格的公差要求, 而两端必须为圆弧, 圆弧半径的实际尺寸必须随着宽度实际尺寸的变化而变化, 此时半径尺寸线上仅注出符号“R”, 而不标注尺寸数值 (图 g)</p>	 <p style="text-align: center;">g)</p>

(续)

标注对象	规定	图 例
镀涂表面注法	<p>图样中镀涂零件的尺寸应为镀涂后尺寸,即计入镀涂层厚度,如为镀涂前尺寸,应在尺寸数字右边加注“镀(涂)前”字样</p> <p>对于装饰性、防腐性的自由表面尺寸,可视为镀(涂)前尺寸,省略“镀(涂)前”字样</p> <p>对于配合尺寸,只有当镀涂层厚度不影响配合时,方可视为镀涂前尺寸,并省略“镀(涂)前”字样</p> <p>必要时可同时标注镀涂前和镀涂后尺寸,并注写“镀(涂)前”和“镀(涂)后”字样(图 h)</p>	<p>h)</p>

2.5.3 简化注法(GB/T 16675.2—1996)

简化注法的一般规定:

1) 若图样中的尺寸和公差全部相同或某个尺寸和公差占多数时,可在图样空白处作总的说明,如“全部倒角 C1.6”,“其余圆角 R4”等。

2) 对于尺寸相同的重复要素,可仅在一个要素上注出其尺寸和数量(图 5.1-5)。

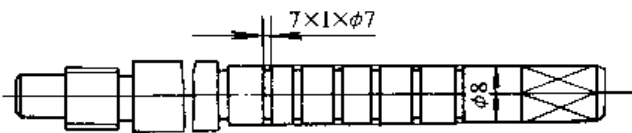


图 5.1-5 重复要素的标注

3) 标注尺寸时应使用下表符号与缩写词。

含义	符号或缩写词	含义	符号或缩写词
直径	$\phi$	沉孔或锪平	$\sqcap$
半径	R	埋头孔	$\nabla$
球直径	S $\phi$	弧长	$\overset{\frown}$
球半径	SR	斜度	$\sphericalangle$
厚度	t	锥度	$\sphericalangle$
均布	EQS	展开长	$\bigcirc$
45°倒角	C	型材截面形状	(按 GB/T 4656.1—2000)
正方形	$\square$		
深度	$\downarrow$		

尺寸箭头和尺寸线的简化见表 5.1-51。

重复要素简化尺寸注法见表 5.1-52。

各类孔的旁注法见表 5.1-53。

其他简化注法见表 5.1-54。

表 5.1-51 尺寸箭头和尺寸线的简化

简化对象	图 例	说 明
尺寸箭头的简化与省略	<p>a)</p>	标注尺寸时,可使用单边箭头(图 a)
	<p>b) c)</p>	标注尺寸时,可采用带箭头的指引线和不带箭头的指引线(图 b、图 c)



(续)

简化对象	图 例	说 明																																
共用尺寸线和箭头	<p>Diagram illustrating common dimension lines and arrows for concentric arcs and holes. It includes three examples: (d) concentric arcs with radii R14, R20, R30, R40; (e) concentric arcs with radii R40, R30, R20, R14; (f) concentric circles with diameters <math>\phi 60, \phi 100, \phi 120</math>; (g) concentric arcs with radii R12, R22, R30 and holes with diameters <math>\phi 5, \phi 10, \phi 12</math>.</p>	<p>一组同心圆弧或圆心位于一条直线上的多个不同圆心圆弧的半径尺寸,可用共用的尺寸线箭头依次表示(图 d、e)</p> <p>一组同心圆或尺寸较多的台阶孔的尺寸,也可用共用的尺寸线和箭头依次表示(图 f、g)</p>																																
同一基准注法	<p>Diagram illustrating dimensioning from a common datum. (h) shows a shaft with dimensions <math>2 \times \phi 6.2</math>, <math>7 \times \phi 7</math>, <math>\square 5.6</math>, and <math>\phi 8</math>. (i) shows a plate with dimensions <math>2 \times \phi 12</math> and <math>4 \times \phi 8</math>. (j) shows a quarter-circle with angles <math>30^\circ, 60^\circ, 75^\circ</math>. (k) shows a grid of holes with a table of coordinates.</p> <table border="1" data-bbox="734 1422 1077 1657"> <thead> <tr> <th>孔的编号</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th><math>\phi</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>25</td> <td>80</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25</td> <td>20</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>50</td> <td>65</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50</td> <td>35</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>85</td> <td>50</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>105</td> <td>80</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>105</td> <td>20</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>	孔的编号	X	Y	$\phi$	1	25	80	18	2	25	20	18	3	50	65	12	4	50	35	12	5	85	50	26	6	105	80	18	7	105	20	18	<p>采用同一基准注法时,尺寸线可重迭在一根线上并画出一端箭头,在起点处标“0”,其余尺寸数字逐一标注在箭头附近(图 h、i、j、k)</p>
孔的编号	X	Y	$\phi$																															
1	25	80	18																															
2	25	20	18																															
3	50	65	12																															
4	50	35	12																															
5	85	50	26																															
6	105	80	18																															
7	105	20	18																															

表 5.1-52 重复要素简化注法

简化对象	图 例	说 明
重复要素尺寸注法	<p>Diagram illustrating simplified dimensioning for repeated elements. (a) shows a hole with diameter <math>\phi</math> and quantity <math>\times</math> (indicated by an upward arrow). (b) shows a slot with width <math>b</math> and quantity <math>\times</math> (indicated by a downward arrow).</p>	<p>在同一图形中,对于尺寸相同的孔、槽等重复要素,可仅在一个要素上注出其尺寸和数量(图 a、b)</p>

(续)

简化对象	图 例	说 明
均匀重复要素的注法	<p>c) <math>8 \times \phi 4</math> EQS <math>\phi 12</math> <math>15^\circ</math></p> <p>d) <math>8 \times \phi 6</math> <math>\phi 18</math></p>	<p>均匀分布的重复要素(如孔等)的尺寸,按图 c 所示方法标注,当重复要素的定位和分布情况在图形中已明确时,可不标注其定位角度,并省略“EQS”字样(图 d)</p>
尺寸数值相近且重复的要素的简化注法	<p>e) <math>3 \times \phi 8^{+0.02}_0</math> <math>2 \times \phi 8^{+0.058}_0</math> <math>3 \times \phi 9</math></p> <p>f) <math>3 \times \phi 8^{+0.02}_0</math> <math>2 \times \phi 8^{+0.058}_0</math> <math>3 \times \phi 9</math> A B C B B A C A</p>	<p>在同一图形中具有几种尺寸数值相近而又重复的要素(如孔等),可采用标记(如涂色等)的方法(图 e)或采用标注字母的方法(图 f)来区别</p>

表 5.1-53 各类孔的旁注法

孔的类型	用旁注法和符号简化		普通注法
光	<p><math>4 \times \phi 4 \pm 10</math></p>	<p><math>4 \times \phi 4 \pm 10</math></p>	<p><math>4 \times \phi 4</math></p>
	<p><math>4 \times \phi 4H7 \pm 10</math></p>	<p><math>4 \times \phi 4H7 \pm 10</math></p>	<p><math>4 \times \phi 4H7</math></p>
孔	<p><math>3 \times M6-7H</math></p>	<p><math>3 \times M6-7H</math></p>	<p><math>3 \times M6-7H</math></p>
	<p><math>3 \times M6-7H \pm 10</math></p>	<p><math>3 \times M6-7H \pm 10</math></p>	<p><math>3 \times M6-7H</math></p>
沉孔、埋头孔	<p><math>6 \times \phi 7</math> <math>\sqrt{\phi 13 \times 90^\circ}</math></p>	<p><math>6 \times \phi 7</math> <math>\sqrt{\phi 13 \times 90^\circ}</math></p>	<p><math>90^\circ</math> <math>\phi 13</math> <math>6 \times \phi 7</math></p>

(续)

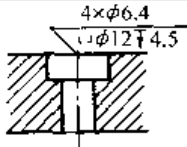
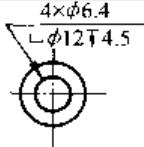
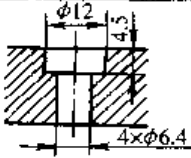
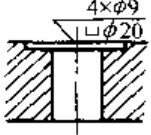
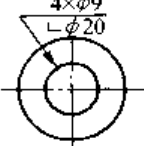
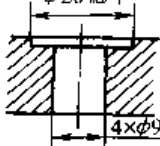
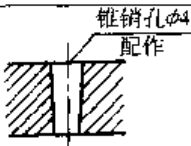
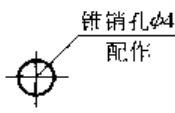
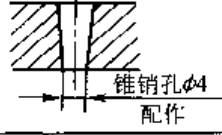
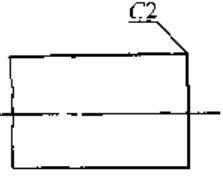
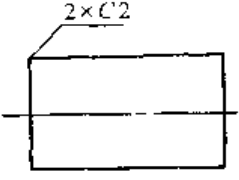
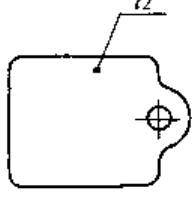
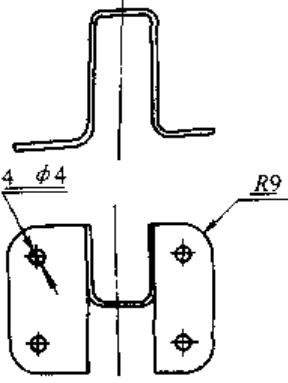
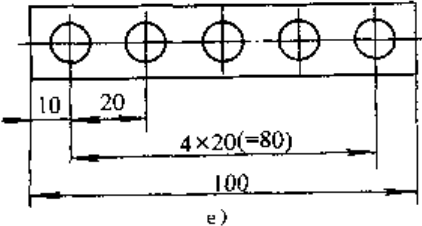
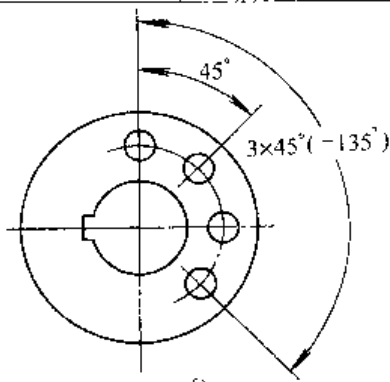
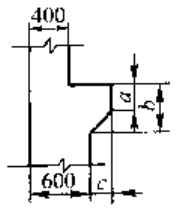
孔的类型	用旁注法和符号简化		普通注法
沉孔、埋头孔			
			
锥销孔			

表 5.1 54 其他简化注法

简化对象	图 例	说 明
倒角的简化标注	 a)	<p>在不致引起误解时,零件图中的 45° 倒角可省略不画,其尺寸亦可简化标注(图 a、b)</p>
	 b)	
板厚的标注	 c)	<p>标注板状零件厚度时,可在数字前加注符号“t”(图 c)</p>
不真实尺寸注法	 d)	<p>在不反映真实大小的投影上,采用在尺寸数值下加画粗实线短画的方法标注其真实尺寸(图 d)</p>
链式尺寸的简化标注	 e)	<p>间隔相等的链式尺寸,可采用图 e、f 的简化注法</p>

(续)

简化对象	图 例	说 明																
链式尺寸的简化标注	 <p style="text-align: center;">f)</p>	<p>间隔相等的链式尺寸,可采用图 e、f 的简化注法</p>																
表格图应用	 <table border="1" data-bbox="566 918 718 1030" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>200</td> <td>400</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>250</td> <td>450</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>200</td> <td>450</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">g)</p>	NO	a	b	c	1	200	400	200	2	250	450	200	3	200	450	250	<p>同类型或同系列的零件或构件可采用表格图绘制(图 g)</p>
NO	a	b	c															
1	200	400	200															
2	250	450	200															
3	200	450	250															

### 2.6 轴测图(GB/T 4458.3—1984)

使用多面正投影法绘制的工程图样,虽有表达详尽,绘制简便等优点,但缺乏立体感,因此有时还需要用具有立体感的轴测图作为辅助图样。

#### 2.6.1 轴测投影基本概念

将物体连同其参考直角坐标系,沿不平行任一坐标面的方向,用平行投影法投射在单一投影面上所得的图形称轴测图。

图 5.1-6 中  $O_0X_0, O_0Y_0, O_0Z_0$  是确定物体位置的参考直角坐标系。 $P_1$  平面与物体的三个坐标面都倾斜,如沿垂直于  $P_1$  平面的方向  $S_1$  投射,  $P_1$  平面上的图形即能反映物体三个坐标方向的形状。 $P_2$  平面虽与正平面  $V$  平行,但由于投射方向  $S_2$  倾斜于  $P_2$  平面,因此  $P_2$  平面上的图形也能反映物体三个坐标方向的形状。

图 5.1-6 中的  $P_1, P_2$  称谓轴测投影面,参考直角坐标轴在  $P_1$  和  $P_2$  面上的投影  $O_1X_1, O_1Y_1, O_1Z_1$  和  $O_2X_2, O_2Y_2, O_2Z_2$  称为轴测轴,相邻轴沿轴间的夹角称为轴间角。

在投影过程中物体上平行于参考直角坐标轴的直线,投影到轴测投影面上其长度均已改变。轴测投影面上的投影长度与原长之比称轴向变形系数,分别用  $p, q, r$  表示  $X, Y, Z$  轴的轴向变形系数。在  $P_1$  面上投影

$$\text{时, } p = \frac{O_1A_1}{O_0A_0}; q = \frac{O_1B_1}{O_0B_0}; r = \frac{O_1C_1}{O_0C_0}。 \text{ 在 } P_2 \text{ 面上投影时, } p = \frac{O_2A_2}{O_0A_0}; q = \frac{O_2B_2}{O_0B_0}; r = \frac{O_2C_2}{O_0C_0}。$$

根据投射方向与轴测投影面的相对关系,轴测可分为两类:

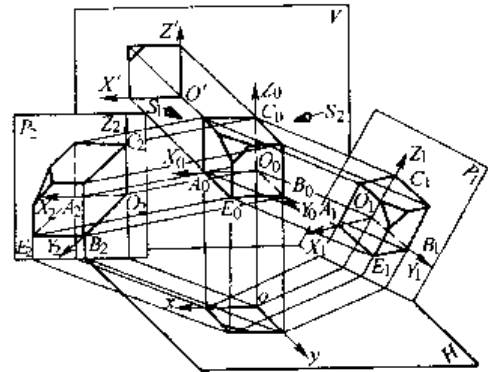


图 5.1-6 轴测投影概念

投射方向垂直于轴测投影面时称正轴测图如图 5.1-6 中投射方向  $S_1$  与投影面  $P_1$  垂直,物体在  $P_1$  面上的投影即为正轴测图。

投射方向倾斜于轴测投影面时称斜轴测图,如图 5.1-6 中投射方向  $S_2$  与投影面  $P_2$  倾斜,物体在  $P_2$  面上的投影即为斜轴测图。

上述两类轴测图中,由于物体相对于轴测投影面的位置不同,轴向变形系数亦不相同,因此每类轴测图

可分为三种:

1)  $p=q=r$  称正等轴测图或斜等轴测图, 简称正等测或斜等测。

2)  $p=q \neq r$  或  $p \neq q=r$  或  $p=r \neq q$  称为正二等轴测图或斜二等轴测图, 简称正二测或斜二测。

3)  $p \neq q \neq r$  称为正三轴测图或斜三轴测图, 简称正三测或斜三测。

2.6.2 绘制轴测图的基本方法 (GB/T 4458.3-1984)

常用轴测图的类型有: 正等测、正二测、斜二测(表

5.1-55)

轴测图中一般用粗实线画出可见部分, 不可见部分一般不画, 必要时用细虚线绘制。

与各坐标平面平行的圆(如直径为  $d$ ) 在各种轴测图中分别投影为椭圆(斜二测中正面投影仍为圆), 见表 5.1-56。

在表示零件内部形状时, 可假想用剖切平面将零件的一部分剖去。各种轴测图中剖面线的画法见表 5.1-57

轴测图上尺寸标注的方法见表 5.1-58。

表 5.1-55 常用轴测图三种类型

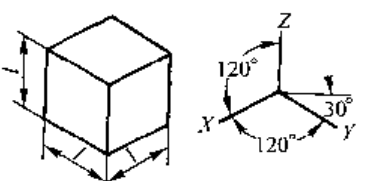
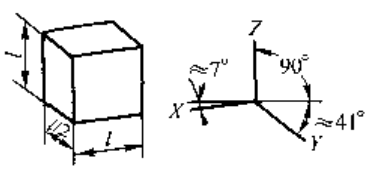
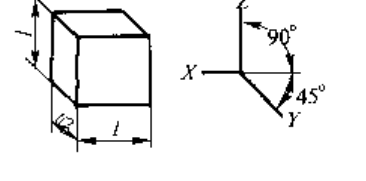
正等轴测图	正二等轴测图	斜二等轴测图
 <p>立方体 轴测轴的位置</p> <p><math>p=q=r=1</math></p>	 <p>立方体 轴测轴的位置</p> <p><math>p=r=1</math> <math>q=1/2</math></p>	 <p>立方体 轴测轴的位置</p> <p><math>p_1=r_1=1</math> <math>q_1=1/2</math></p>

表 5.1-56 圆的轴测投影

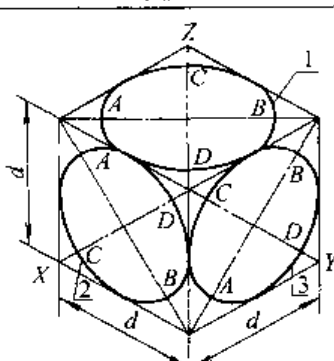
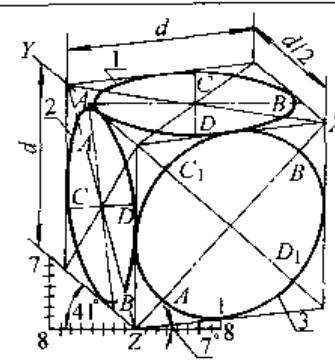
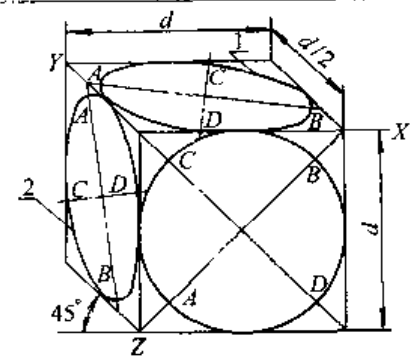
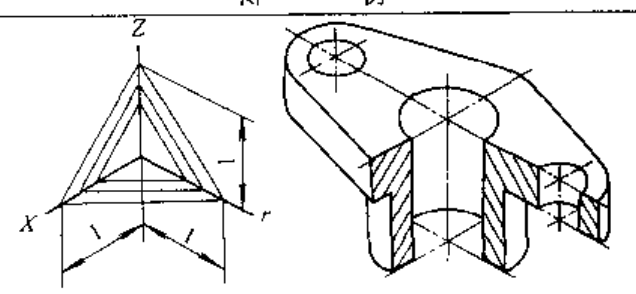
正等轴测图	正二等轴测图	斜二等轴测图
 <p>椭圆 1 的长轴垂直于 Z 轴 椭圆 2 的长轴垂直于 X 轴 椭圆 3 的长轴垂直于 Y 轴 长轴: <math>AB \approx 1.22d</math> 短轴: <math>CD \approx 0.7d</math></p>	 <p>椭圆 1 的长轴垂直于 Z 轴 椭圆 2 的长轴垂直于 X 轴 椭圆 3 的长轴垂直于 Y 轴 长轴: <math>AB \approx 1.06d</math> 椭圆 1, 2 的短轴: <math>CD \approx 0.35d</math> 椭圆 3 的短轴: <math>C_1D_1 \approx 0.94d</math></p>	 <p>椭圆 1 的长轴与 X 轴约成 <math>7^\circ</math> 椭圆 2 的长轴与 Z 轴约成 <math>7^\circ</math> 椭圆 1, 2 长轴: <math>AB \approx 1.06d</math> 椭圆 1, 2 短轴: <math>CD \approx 0.33d</math></p>

表 5.1-57 轴测图的剖面线画法

类别	规定	图 例
零件轴测图中的剖面线画法	各种轴测图中的剖面线, 应按 a, b, c 画出	 <p>a)</p>

(续)

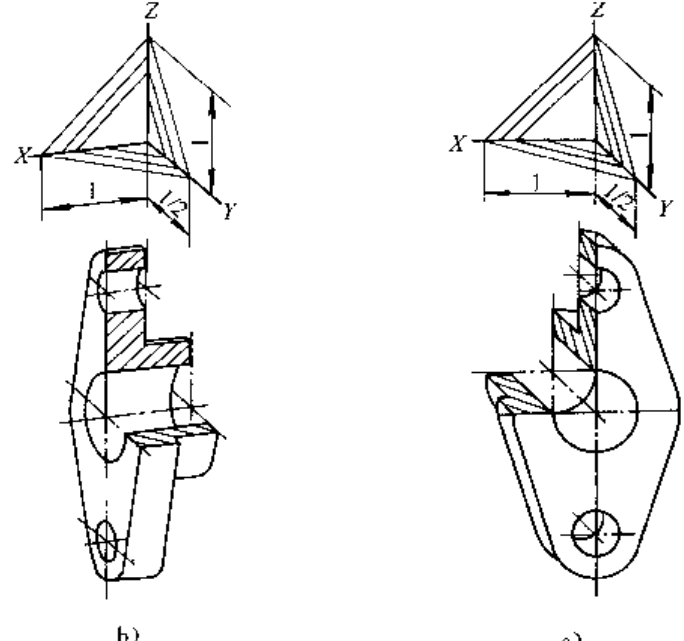
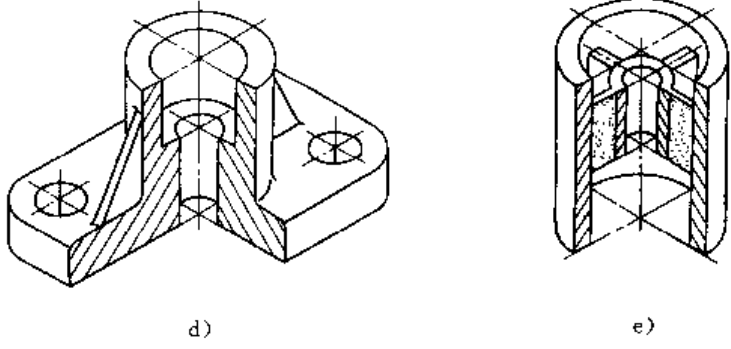
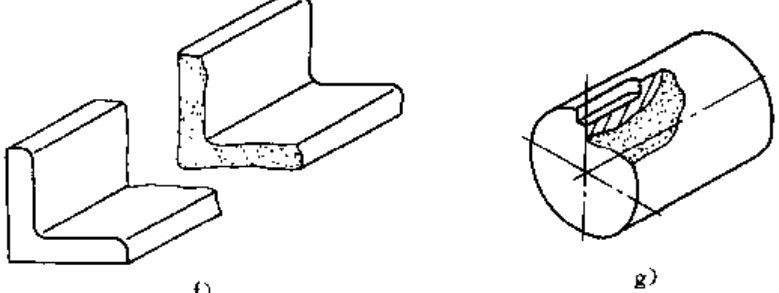
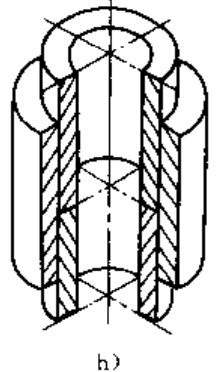
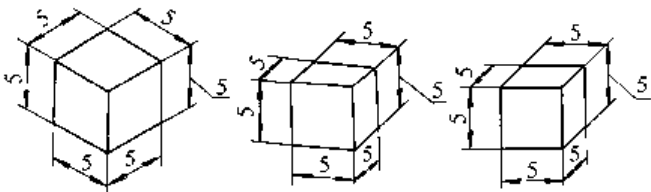
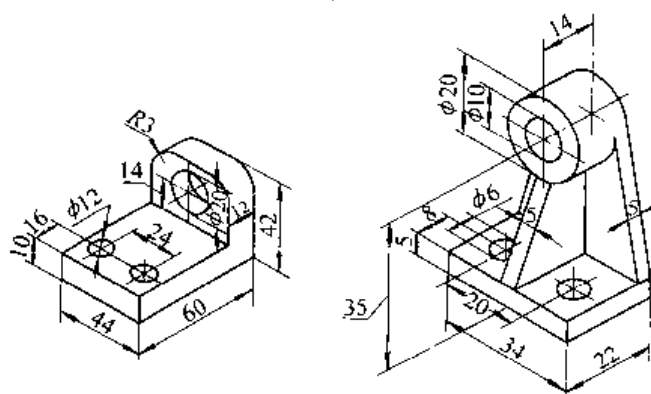
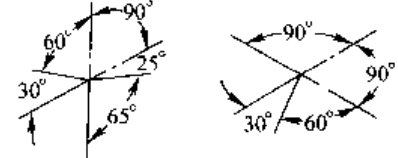
类别	规定	图 例
零件轴测图中的剖面线画法	<p>各种轴测图中的剖面线,应按图 a、b、c 画出</p>	 <p>a) b) c)</p>
	<p>剖切平面通过零件的肋或薄壁的纵向对称面时,这些结构均不画剖面符号,而且粗实线将它与邻接部分分开(图 d);在图中表现不够清晰时,也允许在肋或薄壁部分用细点表示被剖切部分(图 e)</p>	 <p>d) e)</p>
装配轴测图中的剖面线画法	<p>表示零件中间折断或局部断裂时,断裂处边界线应画成波浪线,并在可见断裂面内加画细点以代替剖面线(图 f、g)</p>	 <p>f) g)</p>
	<p>在装配图中,可用将剖面线画成方向相反或不同的间隔方式来区别相邻的零件(图 h)</p> <p>在装配图中,当剖切平面通过轴、销、螺栓等实心零件的轴线时,这些零件按未剖切绘制</p>	 <p>h)</p>

表 5.1-58 轴测图上的尺寸标注

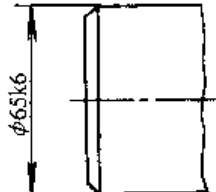
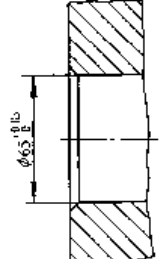
图 例	规 定
 <p>a)</p>  <p>b)</p>	<p>轴测图的线性尺寸,一般沿轴测方向标注。尺寸数字为零件的基本尺寸。尺寸数字应按相应的轴测图形标注在尺寸线的上方。尺寸线必须与所标注的线段平行,尺寸界线一般应平行某一轴测轴,当图中出现字头向下时应引出标注,将数字按水平位置注写(图 a、b)</p> <p>标注圆的直径,尺寸线与尺寸界线应分别平行于圆所在平面内的轴测轴,标注圆弧半径或较小圆直径时,尺寸线可从(或通过)圆心引出标注,但注写数字的横线必须平行于轴测轴(图 b)</p>
 <p>c)</p>	<p>标注角度的尺寸线,应画成该坐标平面相应的椭圆弧,角度数字一般写在尺寸线的中断处,字头向上(图 c)</p>

## 2.7 尺寸公差与配合注法(GB/T 4458.5-2003)

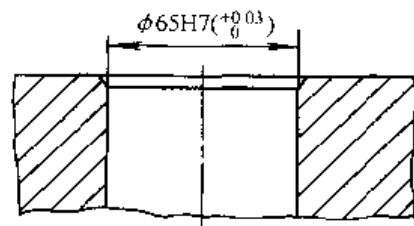
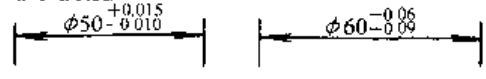
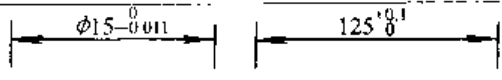
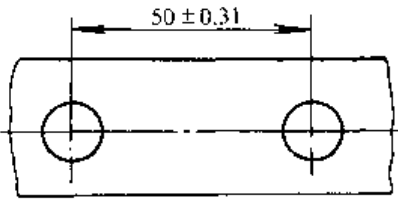
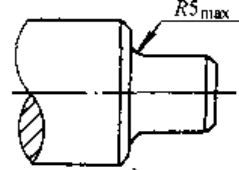
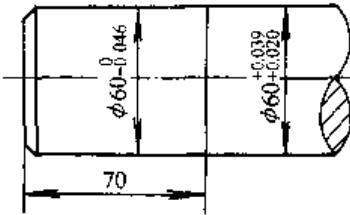
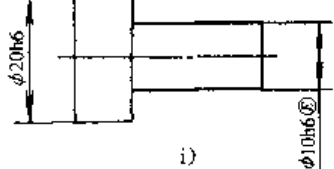
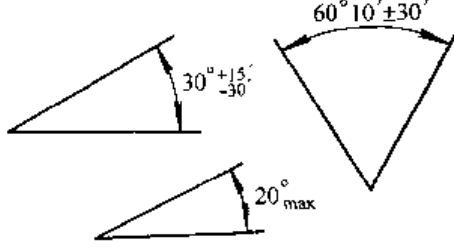
### 2.7.1 公差与配合的一般标注

零件图中尺寸公差注法见表 5.1-59。

表 5.1-59 零件图中尺寸公差注法

标注类型	规 定	图 例
线性尺寸的公差标注形式	当采用公差带代号标注线性尺寸的公差时,公差带代号应注在基本尺寸右边(图 a)	 <p>a)</p>
	当采用极限偏差标注线性尺寸的公差时,上偏差应注在基本尺寸右上方,下偏差应与基本尺寸注在同一条底线上(图 b)	 <p>b)</p>

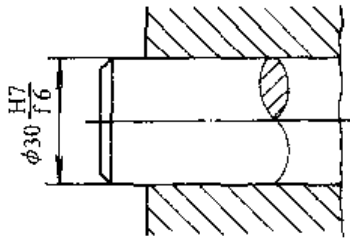
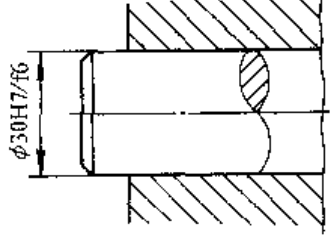
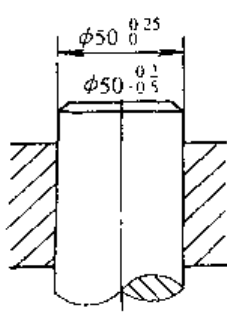
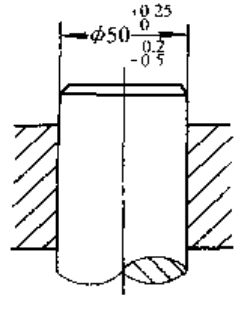
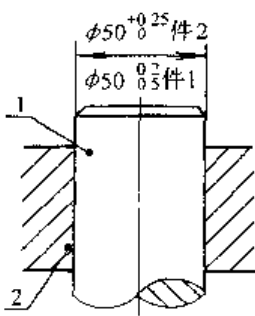
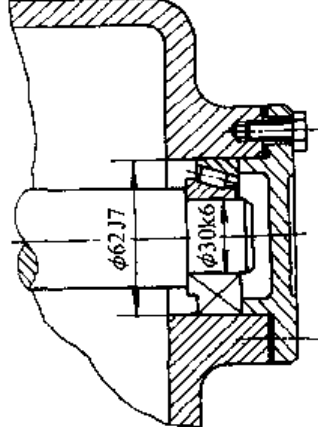
(续)

标注类型	规 定	图 例
线性尺寸的公差标注形式	当要求同时标注公差带代号和相应的极限偏差时,则后者应加圆括号(图 c)	 <p style="text-align: center;">c)</p>
	当标注极限偏差时,上下偏差的小数点必须对齐,小数点后的位数也必须相同(图 d)	 <p style="text-align: center;">d)</p>
	当上偏差或下偏差为“零”时,用数字“0”标出,并与下偏差或上偏差的小数点前的个位数对齐(图 e)	 <p style="text-align: center;">e)</p>
	当公差带相对于基本尺寸对称地配置即上、下偏差的绝对值相同时,偏差只需注写一次,并应在偏差与基本尺寸之间注出符号“±”,且两者数字高度相等(图 f)	 <p style="text-align: center;">f)</p>
线性尺寸公差的附加符号注法	当尺寸仅需要限制单方向的极限时,应在该极限尺寸的右边加注符号“max”或“min”(图 g)(实际尺寸只要不超过这个极限值都符合要求)	 <p style="text-align: center;">g)</p>
	同一基本尺寸的表面,若具有不同的公差时,应用细实线分开,并分别注出公差(图 h)	 <p style="text-align: center;">h)</p>
	如果要素的尺寸公差和形位公差的关系遵守包容原则时,应在尺寸公差的右边加注符号“Ⓜ”(图 i)	 <p style="text-align: center;">i)</p>
角度公差的标注	角度公差标注的基本规则与线性尺寸公差的标注方法相同(图 j)	 <p style="text-align: center;">j)</p>



装配图中配合代号及极限偏差注法见表 5.1-60。

表 5.1-60 装配图中配合代号及极限偏差的标注

标注类型	规定	图 例	
标注配合代号	<p>在装配图中标注线性尺寸的配合代号时,必须在基本尺寸的右边用分数形式注出,分子为孔的公差代号,分母为轴的公差代号(图 a),必要时也允许按图 b 的形式标注</p> <p>当某零件需与外购件(非标准件)配合时的标注形式(图 a、图 b)</p>		
标注极限偏差	<p>在装配图中标注相配零件的极限偏差时,孔的基本尺寸及极限偏差注写在尺寸线上方,轴的基本尺寸和极限偏差注写在尺寸线的下方(图 c、d)</p>		
特殊的标注形式	<p>当基本尺寸相同的多个轴(孔)与同一孔(轴)相配合而又必须在图外标注其配合时,为了明确各自的配合对象,可在公差带代号或极限偏差之后加注装配件的序号(图 e)</p> <p>标注标准件,外购件与零件(轴或孔)的配合要求时,可以仅标注相配零件的公差代号(图 f)</p>		

2.7.2 配制配合的标注

由于大尺寸孔、轴的加工误差较大,且多为单件或小批量生产,当配合公差要求较高时,为了降低加工成本,又能保证原设计的配合要求,可放弃互换性要求,采用配制加工方法,即先加工其中较难加工,但能得到较高测量精度的零件,然后以这个零件的实际尺寸为基数,根据要求的极限间隙或极限过盈确定另一零件相应尺寸的极限尺寸或极限偏差,用这种方法得到配合称配制配合。

(1) 装配图上的标注

采用配制配合时,在装配图上标注标准配合代号,若选定孔作为先加工件,则标注基孔制配合,若选定轴

为先加工件,则标注基轴制配合。同时,在配合代号后加注配制配合代号“MF”(Matched Fit)。

(2) 零件图上的标注

在先加工的零件图上,标注按经济的公差等级确定的基准件公差带代号,并加注“MF”。在配制件的零件图上,若以轴为配制件,则其上偏差为负的最小间隙或正的最大过盈,下偏差为负的最大间隙或正的最小过盈;若以孔为配制件,则其上偏差为正的最大间隙或负的最小过盈,下偏差为正的最小间隙或负的最大过盈,并在极限偏差值后加注“MF”。

(3) 配制配合的应用举例

基本尺寸为  $\phi 3000\text{mm}$  的孔和轴,要求配合的最大间隙为  $0.450\text{mm}$ ,最小间隙为  $0.140\text{mm}$ ,如按互换性

要求可选用  $\phi 3000H6/f6$  或  $\phi 3000F6/h6$ , 此时最大间隙为 0.415mm, 最小间隙为 0.145mm, 均可满足要求。由于基本尺寸较大, 公差又较小, 加工难度很大, 又是少量生产, 现采用配制配合。将难加工的孔作为先加工件, 则在装配图上应标注为

$\phi 3000H6/f6$  MF

以孔作为先加工件, 且确定一个比较容易达到的经济的公差等级为 IT8, 则在孔的零件图上标注为

$\phi 3000H8$  MF

与此相应地在配制件轴的零件图上, 上偏差应等于负的最小间隙 0.145mm, 下偏差应等于负的最大间隙 0.415mm, 即标注为

$\phi 3000f7$  MF

若需按标准公差带标注, 则可标为 f7, 即

$\phi 3000f7$  MF 或  $\phi 3000f7$  MF

应该特别注意, 配制零件图上标注的极限偏差(或极限尺寸)不是实际加工时的依据, 应以先加工件的实

际尺寸作为配制件的基本尺寸来确定配制件的极限尺寸。

本例中, 若先加工件孔的实际尺寸为  $\phi 3000.195\text{mm}$ , 则按 f7 配制件轴的最大极限尺寸为  $3000.195\text{mm} - 0.145\text{mm} = 3000.050\text{mm}$  最小极限尺寸为  $3000.195\text{mm} - 0.355\text{mm} = 2999.840\text{mm}$

显然, 配制配合可以用较大的制造公差满足较高精度的配合性质要求, 但无互换性。

## 2.8 装配图中零、部件序号及其编排方法 (GB/T 4458.2-1984)

### 2.8.1 基本要求

装配图中序号编排的基本要求见表 5.1-61。

### 2.8.2 序号及编排方法

序号的指引和编排方法见表 5.1-62。

表 5.1-61 装配图中序号编排的基本要求

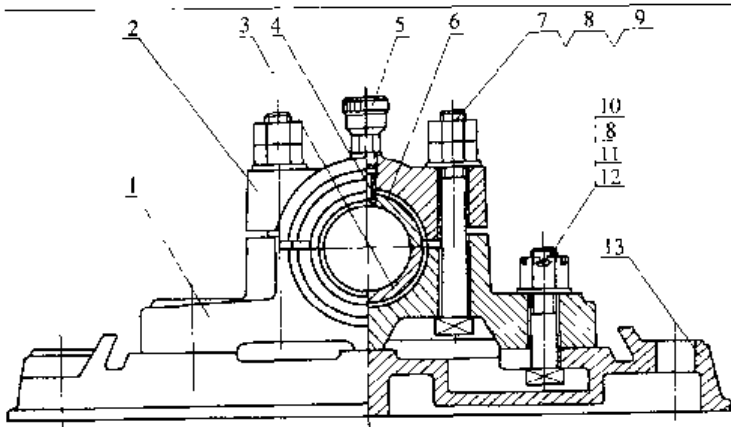
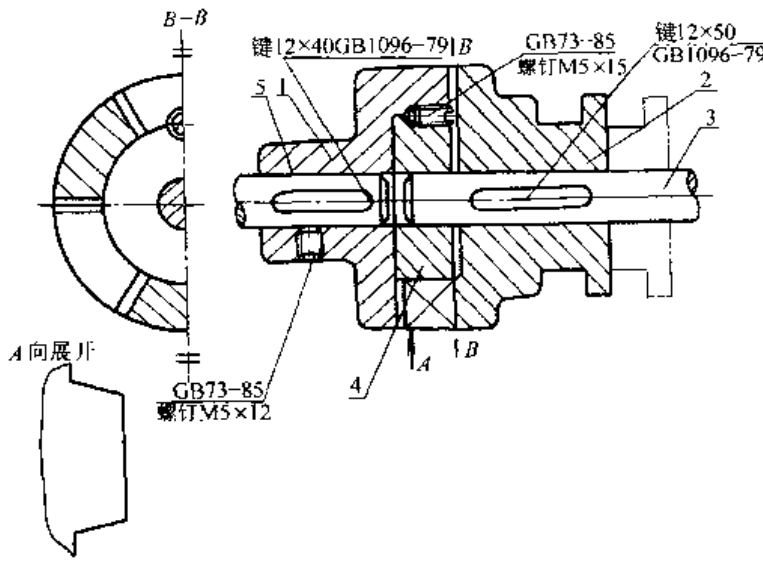
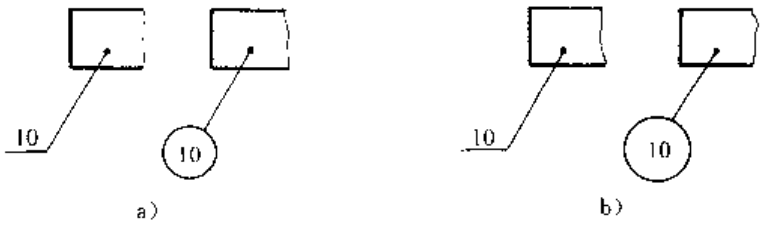
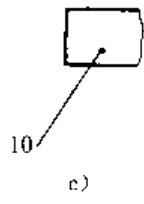
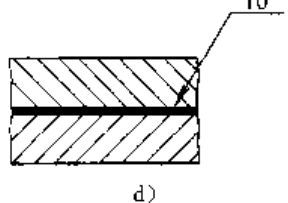
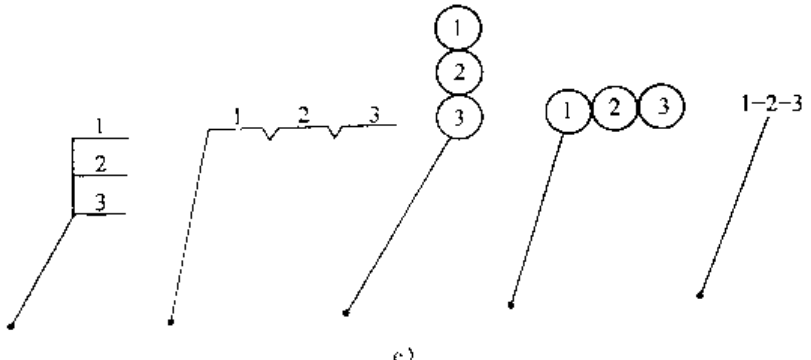
图 例	规 定
 <p style="text-align: center;">a)</p>	<p>装配图中所有的零、部件都必须编写序号, 通常有两种方法:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将装配图中所有零、部件包括标准件在内, 按一定顺序编号(图 a)</li> <li>2. 将装配图中所有标准件的标记注写在图上, 而将非标准件按一定顺序编号(图 b)</li> </ol>
 <p style="text-align: center;">b)</p>	<p>装配图中零、部件的序号, 应与明细栏中的序号一致</p>

表 5.1-62 序号的指引和编排

分类	规 定	图 例
序号的指引	在指引线的水平线(细实线)上或圆(细实线)内注写序号,序号的字高比该装配图中所注尺寸数字高度大一号(图 a)或两号(图 b)	
	在指引线附近注写序号,序号字高比该装配图所注尺寸数字高度大两号(图 c)	
	指引线自所指部分的可见轮廓线内引出,并画一个圆点(图 a,b)。若所指部分内不便画圆点时,可在指引线末端画箭头,并指向该部分的轮廓(图 d)	
序号的标注与编排方法	<p>相同的零、部件用一个序号,一般只标注一次,多处出现的相同的零、部件,必要时也可重复标注(表 5.1-61,图 a;序号 8)</p> <p>指引线可以画成折线,但只可曲折一次</p> <p>指引线相互不能相交,当通过有剖面线的区域时,指引线不应与剖面线平行</p> <p>一组紧固件及装配关系清楚的零件组,可采用公共指引线(图 e)</p> <p>装配图上序号应按水平或垂直方向排列整齐(表 5.1-61 图 a、b)</p> <p>装配图上序号可按顺时针或逆时针方向顺次排列,(表 5.1-61 图 a、b),在整个图上无法连续时,可只在每个水平或垂直方向顺次排列。也可按装配图明细栏中的序号排列,采用此种方法时,应尽量在每个水平或垂直方向顺次排列</p>	

2.9 常见结构(螺纹、花键、中心孔)表示法

(GB/T 4459.1—1995、GB/T 4459.3—2000、GB/T 4459.5—1999)

2.9.1 螺纹表示法(GB/T 4459.1—1995)

一般情况下的螺纹画法见表 5.1-63。

特殊情况下的螺纹画法见表 5.1-64。

螺纹及螺纹副的标注见表 5.1-65。

普通螺纹、小螺纹、梯形螺纹等标记示例见表 5.1-66。

管螺纹标记示例见表 5.1-67。

2.9.2 花键表示法(GB/T 4459.3—2000)

矩形花键和渐开线花键的画法见表 5.1-68。

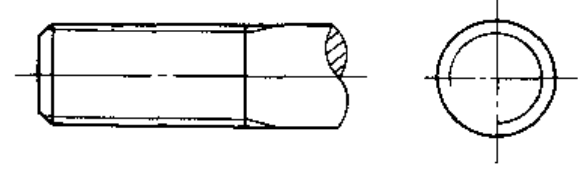
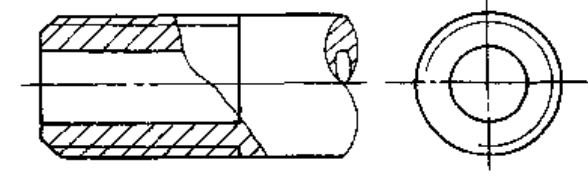
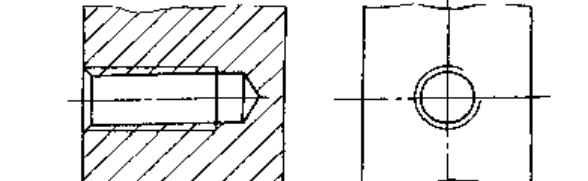
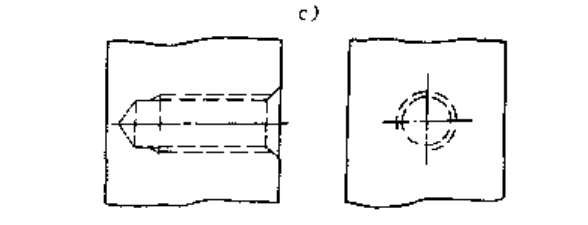
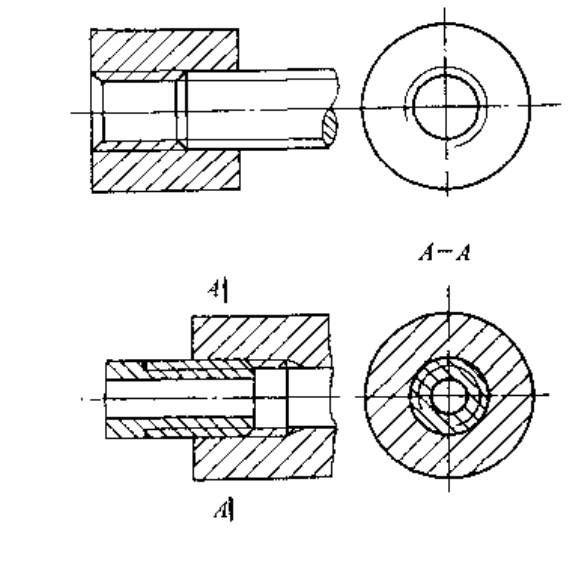
矩形花键代号标记示例见表 5.1-69。

渐开线花键代号标记示例见表 5.1-70。

2.9.3 中心孔表示法(GB/T 4459.5—1999)

机械图样中,当不需要确切地表示中心孔的形状和结构的标准中心孔时,可采用中心孔符号表示(非标准中心孔也可参照采用)。完工零件上是否保留中心

表 5-1-63 一般情况下的螺纹画法

类别	规 定	图 例
内、外螺纹画法	<p>螺纹牙顶圆的投影用粗实线表示,牙底圆的投影用细实线表示,在螺杆的倒角或倒圆部分也应画出。在垂直于螺纹轴线的投影面的视图中,表示牙底圆的细实线只画 3/4 圈(空出的 1/4 圈的位置不作规定),此时,轴或孔上的倒角投影规定不画(图 a)</p>	 <p>a)</p>
	<p>有效螺纹的终止界线(简称螺纹终止线)用粗实线表示,外螺纹终止线的画法如图 a、b,内螺纹终止线的画法如图 c</p>	 <p>b)</p>
	<p>螺纹部分的螺尾一般不必画出,当需要表示螺尾时,该部分用与轴线成 30° 的细实线画出(图 a)</p>	 <p>c)</p>
	<p>不可见螺纹的所有图线用细虚线绘制(图 d)</p> <p>无论是外螺纹或内螺纹,在剖视或剖面图中剖面线都必须画到粗实线处</p>	 <p>d)</p>
内、外螺纹连接的画法	<p>以剖视表示内、外螺纹的连接时,其旋合部分应按外螺纹的画法绘制,其余部分仍按各自的画法表示(图 e)</p>	 <p>e)</p>

孔,通常有三种要求:

- 1) 在完工的零件上要求保留中心孔;
- 2) 在完工的零件上可以保留中心孔;
- 3) 在完工的零件上不允许保留中心孔。

为了表达在完工的零件上是否保留标准中心孔,

可采用表 5-1-71 中规定的符号表示。

标准中心孔有四种型式:R 型(弧形)、A 型(不带护锥)、B 型(带护锥)、C 型(带螺纹)。它们在图样中标注的规定如表 5-1-72、表 5-1-73 所示。

表 5.1-64 特殊情况下的螺纹画法

类别	规 定	图 例
不完全的螺孔或螺杆	<p>在平行轴线的投影面的视图中, 仍应画出表示螺纹牙底的细实线, 如图 a 夹头的主视图。对于被切除的螺纹在其他视图表示清楚的前提下, 被切部分表示牙底的细实线可以不画, 如图 b 螺杆标尺的主视图仅画出下面一根细实线, 在俯视图切平面与螺杆的交线也省略不画</p> <p>在垂直于轴线的投影面的视图中, 表示牙底的细实线圆弧, 为区别于其他图线, 仍应保留一小段空隙 (图 a、b、c、d)</p>	
	薄壁上的螺纹	<p>薄壁上的螺纹, 为了明显地表示内、外螺纹, 可采用示意画出牙型的方法 (图 e)</p>
特殊螺纹	<p>结构特殊的螺纹, 可采用近似投影法绘制, 如图 f 为某种瓶口螺纹的表示法</p>	

表 5.1-65 螺纹及螺纹副的标注

类别	规 定	图 例
螺纹的标注方法	<p>公称直径以 mm 为单位的螺纹, 其标记应直接注在大径的尺寸线上 (图 a) 或其指引线上 (图 b、c、d)</p>	

(续)

类别	规定	图例
管 螺 纹  螺 纹 的 标 注 方 法	管螺纹,其标记一律注在指引线上,指引线应由大径处引出(图 e、f、g)或由对称中心处引出(图 h)	<p>Diagrams showing pipe thread marking: e) G14 (side view), f) NPT3/4-LH (side view), g) Rc1/2 (side view), h) R3/4 (end view).</p>
	米制锥螺纹	米制锥螺纹,其标记一般应注在指引线上,指引线应由大径(图 i)或对称中心处引出,也可以直接标注在从基面处画出的尺寸线上(图 j)
螺 纹 副 的 标 注 方 法	螺纹副标记的标注方法与螺纹标记的标注方法相同 米制螺纹: 其标记应直接标注在大径的尺寸线上或指引线上(图 k) 管螺纹: 其标记应采用指引线由配合部分的大径处引出标注(图 l) 米制锥螺纹: 其标记一般应采用指引线由配合部分的大径处引出标注,也可直接标注在从基面处画出的尺寸线上(图 m)	<p>Diagrams showing thread pair marking: k) M14x1.5-6H/6g (side view), l) Rc3/8/R3/8 (side view), m) M10x1-GB1415/ZM10 (side view).</p>

注:图例中标注的螺纹长度,均指不包括螺尾在内的有效螺纹长度,否则应另加说明或按实际需要标注。

表 5.1-66 普通螺纹、小螺纹等标记示例

螺纹类别	特征代号	螺纹标记示例	螺纹副标记示例	说 明
普通螺纹	M	M10-5g6g-S M20×2LH-6H M42×3(P1.5)LH-L	M20×2LH-6H/6g	普通螺纹粗牙不标注螺距 普通螺纹细牙必需标注螺距 多线普通螺纹螺距和导程都必须注出

(续)

螺纹类别	特征代号	螺纹标记示例	螺纹副标记示例	说 明
小螺纹	S	S0.84H5 S1.2LH5h3	S0.94H/5h3	内螺纹中径公差带为 4H, 顶径公差等级为 5 级 外螺纹中径公差带为 5h, 顶径公差等级为 3 级
米制锥螺纹	ZM	ZM10-S ZM10 S M10×1GB/T1451	ZM10/ZM10 M10×1GB/T1451/ ZM10 S	圆锥内螺纹与圆锥外螺纹配合 圆柱内螺纹与圆锥外螺纹配合 S 为短基距代号, 标准基距不注代号
自攻螺钉用螺纹	ST	GB/T5280 ST3.5		使用时, 应先制出螺纹预制孔
自攻锁紧螺钉用螺纹(粗牙普通螺纹)	M	GB/T6559 M5×20		使用时, 应先制出螺纹预制孔。标记示例中的 20 指螺杆长度
梯形螺纹	Tr	Tr40×7-7H Tr40×14(P7)LH-7c	Tr36×6 7H/7e	梯形螺纹螺距或导程都必须注出
锯齿形螺纹	B	B40×7-7A B40×14(P7)LH-8e-L	B40×7-7A/7c	锯齿形螺纹螺距或导程都必须注出

注: 1. 右螺纹不注旋向, 左螺纹注 LH

2. 中径和顶径公差带代号相同时只标注一次。

3. 一般情况下不标注螺纹旋合长度时, 螺纹按中等旋合长度考虑, 可不标注代号 N, 长旋合长度加注代号 L, 短旋合长度加注代号 S。

表 5.1-67 管螺纹标记示例

螺纹类别	特征代号	螺纹标记示例	螺纹副标记示例	说 明
60°圆锥管螺纹	NPT	NPT3/8-LH		该螺纹仅有一种公差, 故不注公差带代号
非螺纹密封的管螺纹	G	G1 <sup>1/2</sup> A G1 <sup>1/2</sup> -LH	G1 <sup>1/2</sup> /G1 <sup>1/2</sup> A	外螺纹公差等级分 A 级和 B 级两种 内螺纹公差等级只有一种, 故不标注公差带代号
用螺纹密封的管螺纹	圆锥外螺纹 R	R1 <sup>1/2</sup> -LH	Rc1 <sup>1/2</sup> /R1 <sup>1/2</sup>	内、外螺纹均只有一种公差带, 故不标注公差带代号
	圆锥内螺纹 Rc	Rc1 <sup>1/2</sup>	Rc1 <sup>1/2</sup> /R1 <sup>1/2</sup> -LH	
	圆柱内螺纹 Rp	Rp1 <sup>1/2</sup>	Rp1 <sup>1/2</sup> /R1 <sup>1/2</sup>	

注: 右旋螺纹不注旋向, 左旋螺纹注 LH。

表 5.1-68 矩形花键、渐开线花键的画法

类别	规 定	图 例
矩形花键的画法	<p>在平行于花键轴线的投影面的视图中, 大径用粗实线; 小径用细实线绘制, 并用断面画出一部分或全部内形(图 a)</p> <p>花键工作长度的终止端和尾部长度的末端均用细实线绘制, 并与轴线垂直, 尾部画成斜线, 其倾斜角一般与轴线成 30°(图 a), 必要时, 可按实际情况画出</p>	<p>The diagram illustrates the drawing of a rectangular key on a shaft. It consists of three parts: a side view of the shaft with a key, and two cross-sectional views labeled 'A-A'. The side view shows the shaft with length 'L' and diameter 'd', and the key with width 'b'. The cross-sectional views show the key's profile with dimensions 'd' and 'b', and a note '6齿' (6 teeth) indicating the number of teeth. The key is shown with a 30-degree chamfered end.</p>

(续)

类别	规 定	图 例
矩形花键的画法	<p>内花键</p> <p>在平行于花键轴线的投影面的视图中,大径与小径均用粗实线绘制,并用局部视图画出一部分或全部齿形(图 b)</p>	<p>b)</p>
渐开线花键的画法	<p>渐开线花键的画法与矩形花键的画法基本相同,只是需用细点画线表示分度线和分度圆(图 c)</p>	<p>c)</p>
花键副的画法	<p>花键连接用剖视表示时,其联结部分按外花键的画法表示(图 d)</p>	<p>d)</p>

表 5.1-69 矩形花键代号标记示例

花键规格	$N(\text{键数}) \times d(\text{小径}) \times D(\text{大径}) \times B(\text{键宽})$ 例: $6 \times 23 \times 26 \times 6$
花键副 <sup>①</sup>	$6 \times 23 \frac{H7}{f7} \times 26 \frac{H10}{a11} \times 6 \frac{H11}{d10}$ GB/T 1144—2001
内花键	$6 \times 23H7 \times 26H10 \times 6H11$ GB/T 1144—2001
外花键	$6 \times 23f7 \times 26a11 \times 6d10$ GB/T 1144—2001

① H7/f7、H10/a11、H11/d10 分别表示小径、大径、键宽的配合类别。

1) R 型、A 型、B 型中心孔标记包括:标准编号,型式(R、A 或 B),导向孔直径  $D$ ,锥形孔端面直径  $D_1$ 。

2) C 型中心孔标记包括:标准编号,型式(C),螺纹代号  $D$ (用普通螺纹特征代号 M 和公称直径表示),螺纹

长度(用字母  $L$  和数值表示),锥面孔端面直径  $D_1$ 。

3) 在不致引起误解时,可省略标记中的标准编号。

四种标准中心孔的标记说明见表 5.1-72。

与中心孔有关内容的标注见表 5.1-73。



表 5.1-70 渐开线花键代号标记示例

标 记 符 号	内花键	INT	30°平齿根	30P
	外花键	EXT	30°圆齿根	30R
示 例	花键副	INT/EXT	45°圆齿根	45
	齿 数	Z(前面加齿数值)	公差等级	4,5,6 或 7
例	模 数	m(前面加模数值)	配合类别	内花键 H 外花键 k,js,h,f,c 或 d
	<p>1) 花键副,齿数 24,模数 2.5,30°圆齿根,公差等级 5 级,配合类别 H/h 花键副:INT/EXT 24Z×2.5m×30R×5H/5h GB/T 3478.1-1995 内花键:INT 24Z×2.5m×30R×5H GB/T 3478.1-1995 外花键:EXT 24Z×2.5m×30R×5h GB/T 3478.1-1995</p> <p>2) 花键副,齿数 24,模数 2.5,内花键为 30°平齿根,其公差等级为 6 级,外花键为 30°圆齿根,其公差等级为 5 级,配合类别为 H/h 花键副:INT/EXT 24Z×2.5m×30P/R×6H/5h GB/T 3478.1-1995 内花键:INT 24Z×2.5m×30P×6H GB/T 3478.1-1995 外花键:EXT 24Z×2.5m×30R×5h GB/T 3478.1-1995</p> <p>3) 花键副,齿数 24,模数 2.5,45°标准压力角,内花键公差等级为 6 级,外花键公差等级为 7 级,配合类别为 H/h 花键副:INT/EXT 24Z×2.5m×45×6H/7h GB/T 3478.1-1995 内花键:INT 24Z×2.5m×45×6H GB/T 3478.1-1995 外花键:EXT 24Z×2.5m×45×7h GB/T 3478.1-1995</p>			

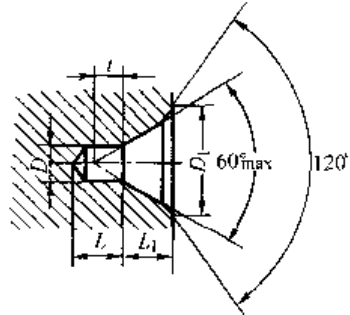
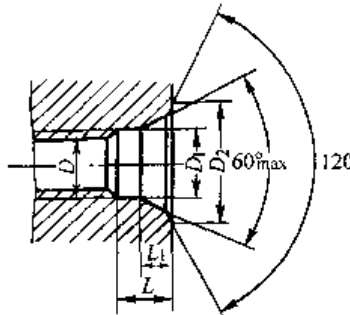
表 5.1-71 标准中心孔符号

要 求	符 号	表示法示例	说 明
在完工的零件上要求保留中心孔			采用 B 型中心孔, $D=3.15\text{mm}$ $D_1=10\text{mm}$ 在完工零件上要求保留中心孔
在完工的零件上可以保留中心孔			采用 A 型中心孔, $D=4\text{mm}$ $D_1=8.5\text{mm}$ 在完工零件上是否保留中心孔都可以
在完工的零件上不允许保留中心孔			采用 A 型中心孔, $D=1.6\text{mm}$ $D_1=3.35\text{mm}$ 在完工零件上不允许保留中心孔

表 5.1-72 标准中心孔的标记

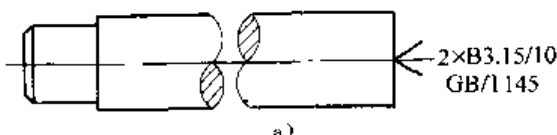
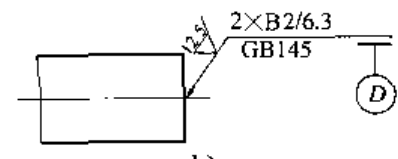
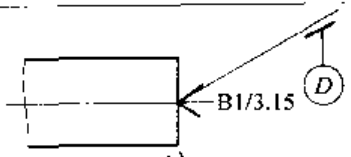
型 式	标记示例	说 明
R(弧形) 根据 GB/T 145 选择中心钻	GB/T 4459.5-R3.15/6.7	$D=3.15\text{mm}$ $D_1=6.7\text{mm}$ 
A(不带护锥) 根据 GB/T 145 选择中心钻	GB/T 4459.5-A4/8.5	$D=4\text{mm}$ $D_1=8.5\text{mm}$ 

(续)

型 式	标记示例	说 明
B(带护锥) 根据 GB/T 145 选择中心钻	GB/1 4459.5-B2.5/8	$D=2.5\text{mm}$ $D_1=8\text{mm}$ 
C(带螺纹) 根据 GB/T 145 选择中心钻	GB/T 4459.5-CM10L30/16.3	$D=M10$ $L=30\text{mm}$ $D_2=16.3\text{mm}$ 

注:1. 尺寸  $L$  取决于中心钻的长度,不能小于  $t$ 。  
 2. 尺寸  $L_1$  取决于零件的功能要求。

表 5.1-73 与中心孔有关内容的标注

类 别	规 定	图 例
轴两端相同中心孔的标注方法	如同一轴的两端中心孔相同,可只在其一端标注,但应指出其数量(图 a)	
中心孔锥面粗糙度的注法	中心孔工作表面的粗糙度应在指引线上标出(图 b)	
以中心孔轴线为基准的标注方法	以中心孔轴线为基准时基准代(符)号可按图 b、c 的方法标注 如需指明中心孔的标准代号时,则可标注在中心孔型号的下面	

**2.10 常用件(螺纹紧固件、齿轮、弹簧、滚动轴承、动密封圈)表示法 (GB/T 4459.1—1995、GB/T 4459.2—2003、GB/T 4459.4—2003、GB/T 4459.7—1998、GB/T 4459.6—1996)**

**2.10.1 带螺纹的紧固件的表示法 (GB/T 4459.1—1995、GB/T 1237-2000)**

(1) 装配图中带螺纹的紧固件表示法

1) 在装配图中,当剖切平面通过螺杆的轴线时,对于螺柱、螺栓、螺钉、螺母、垫圈等均按未剖切绘制。螺纹紧固件的工艺结构,如倒角、退刀槽、缩颈、凸肩等均可省略不画。

2) 在装配图中,不穿通的螺纹孔可不画出钻孔深度,仅按有效螺纹部分的深度(不包括螺尾)画出。

装配图中带螺纹紧固件画法见表 5.1-74。

装配图中螺栓、螺钉头部及螺母的简化画法见表 5.1-75a。

表 5.1-74 螺纹紧固件的装配画法

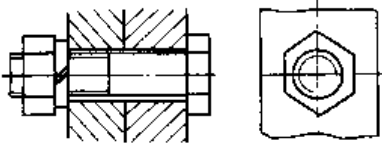
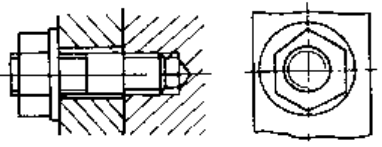
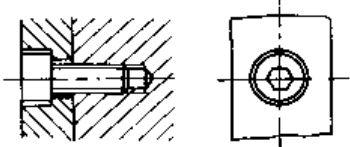
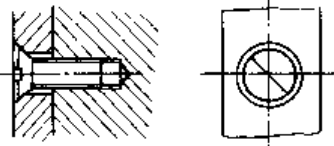
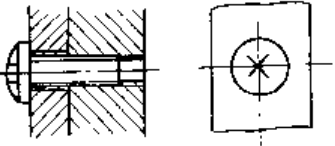
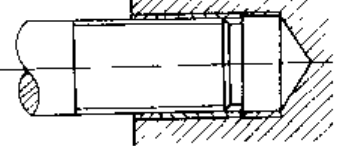
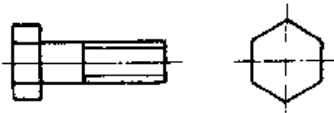
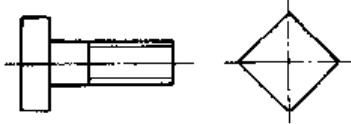
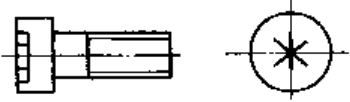
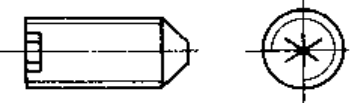

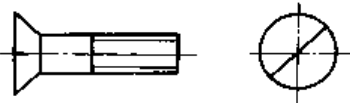


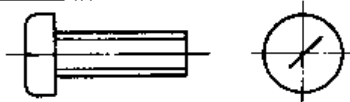
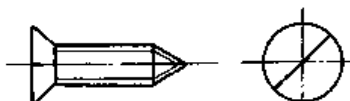
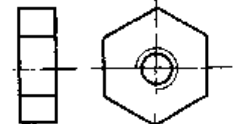
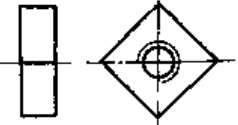
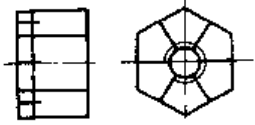
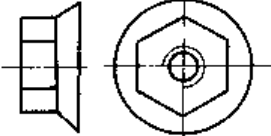
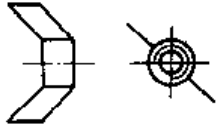

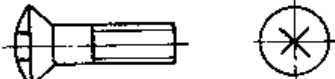
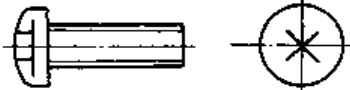
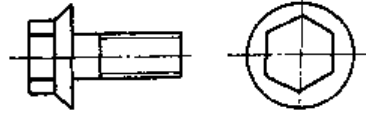
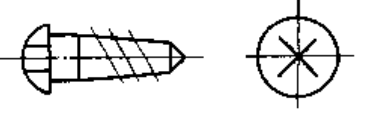
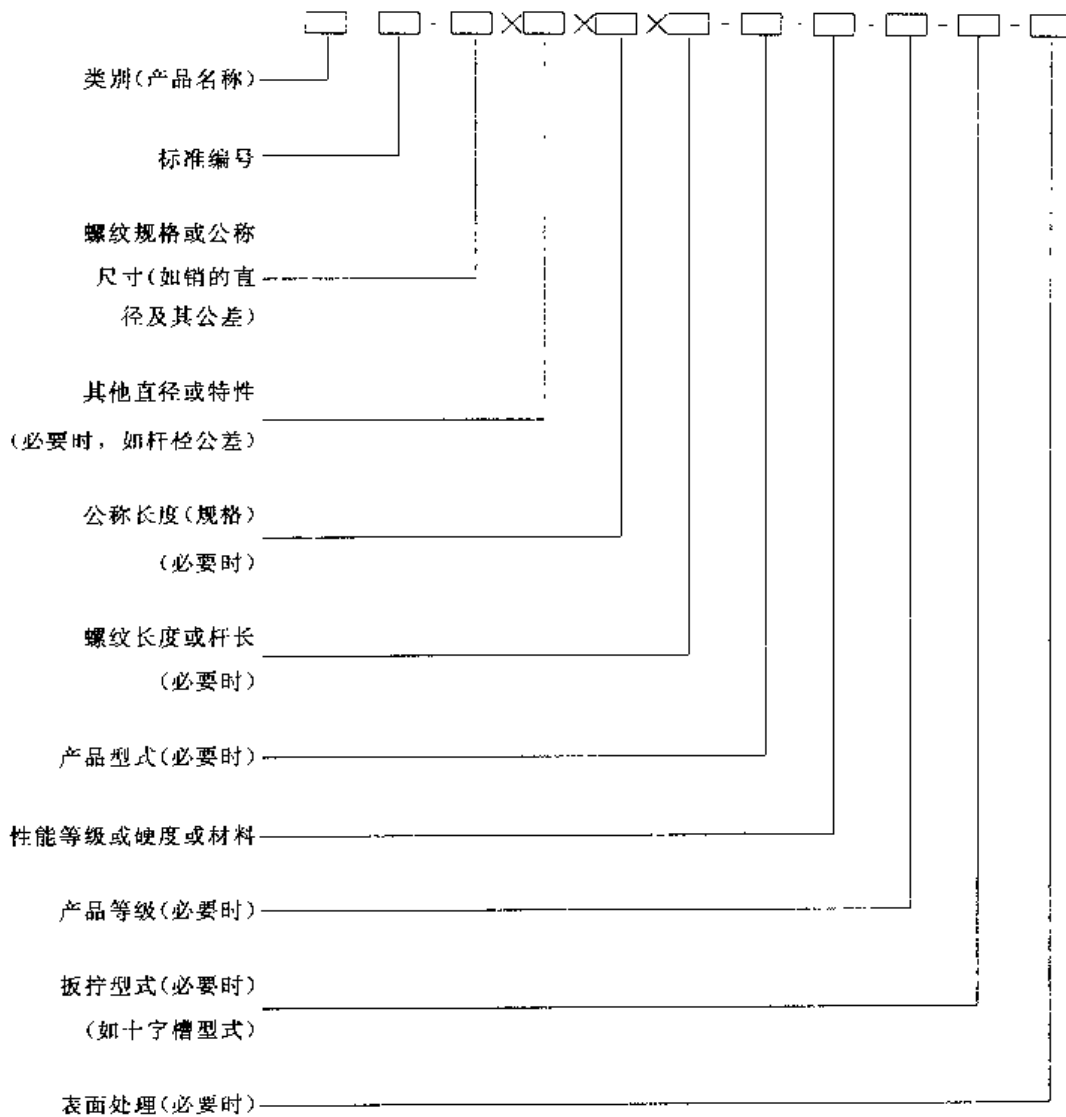
<p>螺栓联接</p> 	<p>双头螺柱联接</p> 	<p>内六角螺钉联接</p> 
<p>沉头开槽螺钉联接</p> 	<p>盘头十字槽螺钉联接</p> 	<p>钢丝螺套联接</p> 

表 5.1-75a 螺栓、螺钉头部、螺母的简化画法

<p>六角头(螺栓)</p> 	<p>方头(螺栓)</p> 	<p>圆柱头内六角(螺钉)</p> 
<p>无头内六角(螺钉)</p> 	<p>无头开槽(螺钉)</p> 	<p>沉头开槽(螺钉)</p> 
<p>半沉头开槽(螺钉)</p> 	<p>圆柱头开槽(螺钉)</p> 	<p>盘头开槽(螺钉)</p> 
<p>沉头开槽(自攻螺钉)</p> 	<p>六角(螺母)</p> 	<p>方头(螺母)</p> 
<p>六角开槽(螺母)</p> 	<p>六角法兰面(螺母)</p> 	<p>蝶形(螺母)</p> 
<p>沉头十字槽(螺钉)</p> 	<p>半沉头十字槽(螺钉)</p> 	<p>盘头十字槽(螺钉)</p> 
<p>六角法兰面(螺栓)</p> 	<p>圆头十字槽(木螺钉)</p> 	

## (2) 紧固件的完整标记



(3) 紧固件的标记示例见表 5.1-75b。

表 5.1-75b 紧固件的标记示例

	标 记	说 明
外 螺 纹 件	螺栓 GB/T 5782-2000-M12×80×80-10.9-A-O(完整标记)	螺纹规格 $d=M12$ 、公称长度 $l=80\text{mm}$ 、性能等级为 10.9 级、表面氧化、产品等级为 A 级的六角头螺栓
	螺栓 GB/T 5782-M12×80(简化标记)	螺纹规格 $d=M12$ 、公称长度 $l=80\text{mm}$ 、性能等级为 8.8 级、表面氧化、产品等级为 A 级的六角头螺栓
	螺钉 GB/T 828-1988-M6×6×4-33H-O(完整标记)	螺纹规格 $d=M6$ 、公称长度 $l=6\text{mm}$ 、长度 $z=4\text{mm}$ 、性能等级为 33H 级、表面氧化的开槽盘头定位螺钉
	螺钉 GB/T 828 M6×6×4(简化标记)	螺纹规格 $d=M6$ 、公称长度 $l=6\text{mm}$ 、长度 $z=4\text{mm}$ 、性能等级为 14H 级、不经表面处理的开槽盘头定位螺钉
内 螺 纹 件	螺母 GB/T 6170 2000-M12×10 A-O(完整标记)	螺纹规格 $D=M12$ 、性能等级为 10 级、表面氧化、产品等级为 A 级的 I 型六角螺母
	螺母 GB/T 6170 M12(简化标记)	螺纹规格 $D=M12$ 、性能等级为 8 级、不经表面处理、产品等级为 A 级的 I 型六角螺母

(续)

标 记		说 明
垫 圈	垫圈 GB/T 97.1—1985-8-300HV-A-O(完整标记)	标准系列、规格 8mm、性能等级为 300HV、表面氧化、产品等级为 A 级的平垫圈
	垫圈 GB/T 97.1 8(简化标记)	标准系列、规格 8mm、性能等级为 140HV、不经表面处理、产品等级为 A 级的平垫圈
自攻螺钉	自攻螺钉 GB/T 845—1985-ST3.5×16-F Z-O(完整标记)	螺纹规格 ST3.5、公称长度 $l=16\text{mm}$ 、Z 型槽、表面氧化的 F 型十字槽盘头自攻螺钉
	自攻螺钉 GB/T 845ST 3.5×16(简化标记)	螺纹规格 ST3.5 公称长度 $l=16\text{mm}$ 、H 型槽、镀锌钝化的 C 型十字槽盘头自攻螺钉
销	销 GB/T 119.2 2000-6m6×30-C1-简单处理(完整标记)	公称直径 $d=6\text{mm}$ 、公差为 m6、公称长度 $l=30\text{mm}$ 、材料为 C1 组马氏体不锈钢、表面简单处理的圆柱销
	销 GB/T 119.2 6×30(简单标记)	公称直径 $d=6\text{mm}$ 、公差为 m6、公称长度 $l=30\text{mm}$ 、材料为钢、普通淬火(A 型)、表面氧化的圆柱销
铆 钉	抽芯铆钉 GB/T 12618-1990 5×10-08(完整标记)	公称直径 $d=5\text{mm}$ 、公称长度 $l=10\text{mm}$ 、性能等级为 08 级的开口型扁圆头铆钉
	抽芯铆钉 GB/T 12618 5×10(简单标记)	公称直径 $d=5\text{mm}$ 、公称长度 $l=10\text{mm}$ 、性能等级为 10 级的开口型扁圆头抽芯铆钉
挡 圈	挡圈 GB/T 886—1986-30×40 35 钢、热处理 25~35HRC-O(完整标记)	公称直径 $d=30\text{mm}$ 、外径 $D=40\text{mm}$ 、材料为 35 钢、热处理硬度 25~35HRC、表面氧化的轴肩挡圈
	挡圈 GB/T 886 30×40(简化标记)	公称直径 $d=30\text{mm}$ 、外径 $D=40\text{mm}$ 、材料为 35 钢、不经热处理及表面处理的轴肩挡圈

## 2.10.2 齿轮表示法(GB/T 4459.2—2003)

## (1) 齿轮画法

由于齿轮的轮齿部分比较复杂,用通常的正投影法绘制将无法表达清楚。有关齿轮、齿条、蜗杆、蜗轮及链轮的规定画法见表 5.1-76。

## (2) 齿轮、蜗轮、蜗杆啮合画法(见表 5.1-77)

## (3) 齿轮工作图格式示例(供参考)

1) 圆柱齿轮工作图(图 5.1-7) 圆柱齿轮工作图上标注的一般尺寸数据及需用表格列出的数据及参数

(参考)见表 5.1-78。

2) 圆锥齿轮工作图(图 5.1-8) 圆锥齿轮工作图上标注的一般尺寸数据及需用表格列出的数据及参数(参考)见表 5.1-79。

3) 蜗杆工作图(图 5.1-9) 蜗杆工作图上标注的一般尺寸数据及需用表格列出的数据及参数(参考)见表 5.1-80。

4) 蜗轮工作图(图 5.1-10) 蜗轮工作图上标注的一般尺寸数据及需用表格列出的数据及参数(参考)见表 5.1-81。

表 5.1-76 齿轮、齿条、蜗杆、蜗轮、链轮画法

规 定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 齿顶圆和齿顶线用粗实线绘制(图 a~f)</li> <li>2. 分度圆和分度线用细点划线绘制(图 a~f)</li> <li>3. 齿根圆和齿根线用细实线绘制,也可省略不画;在剖视图中,齿根线用粗实线绘制(图 a~e)</li> <li>4. 在剖视图中,当剖切平面通过齿轮轴线时,轮齿一律按不剖绘制(图 a~e)</li> <li>5. 如需表明齿形,可在图形中用粗实线画出一个或两个齿形;或用适当比例的局部放大图表示(图 e)</li> <li>6. 当需要表示齿线的特征时,可用一条与齿线方向一致的细实线表示(图 f)。直齿则不需要表示</li> <li>7. 如需要注出齿条的长度时,可在画齿形的图中注出,并在另一视图中用粗实线画出其范围线(图 c)</li> </ol>
-----	---

(续)

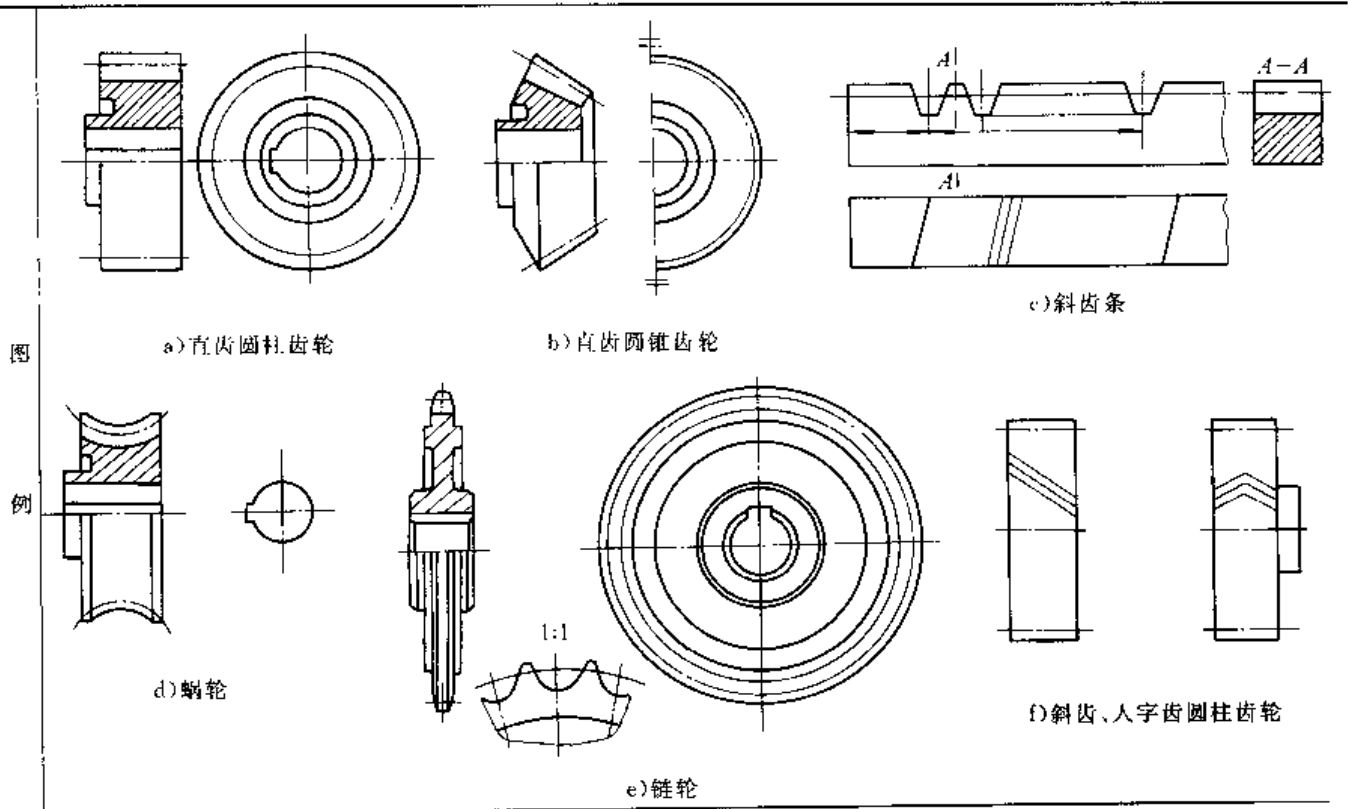
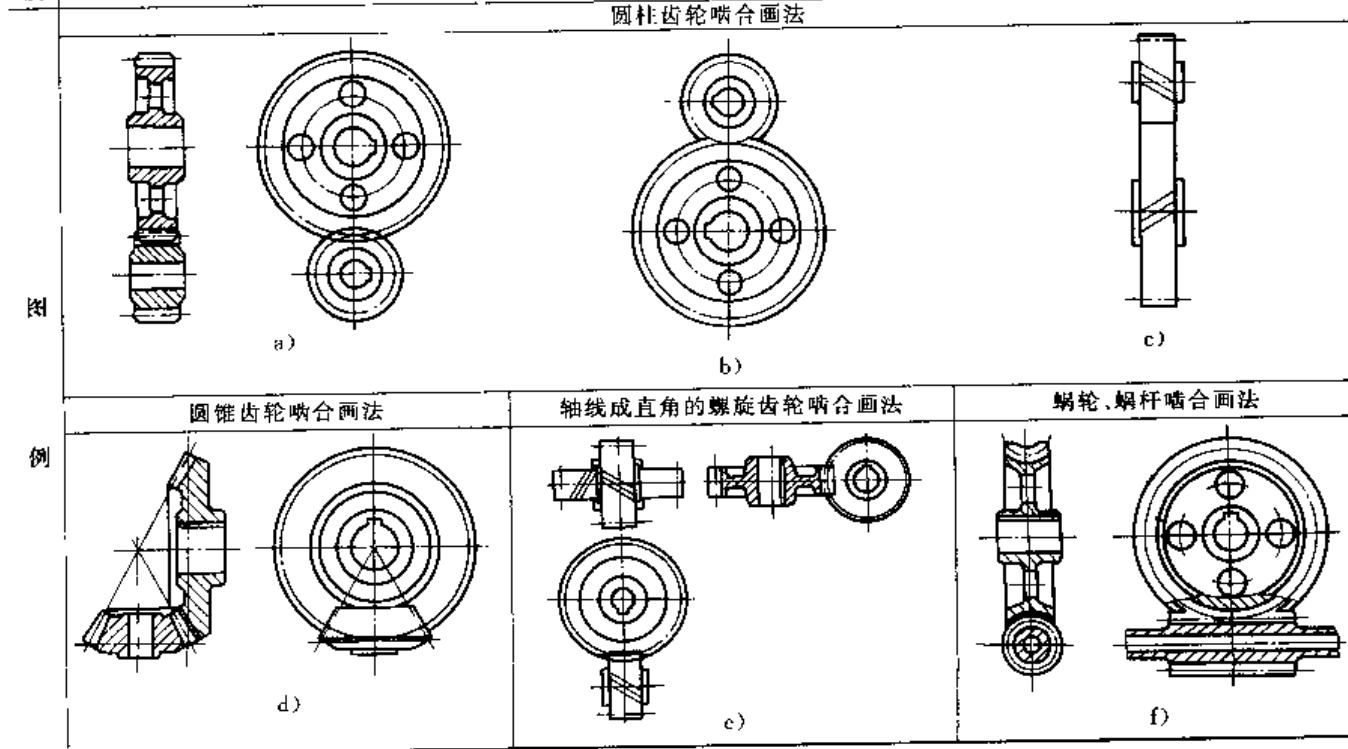
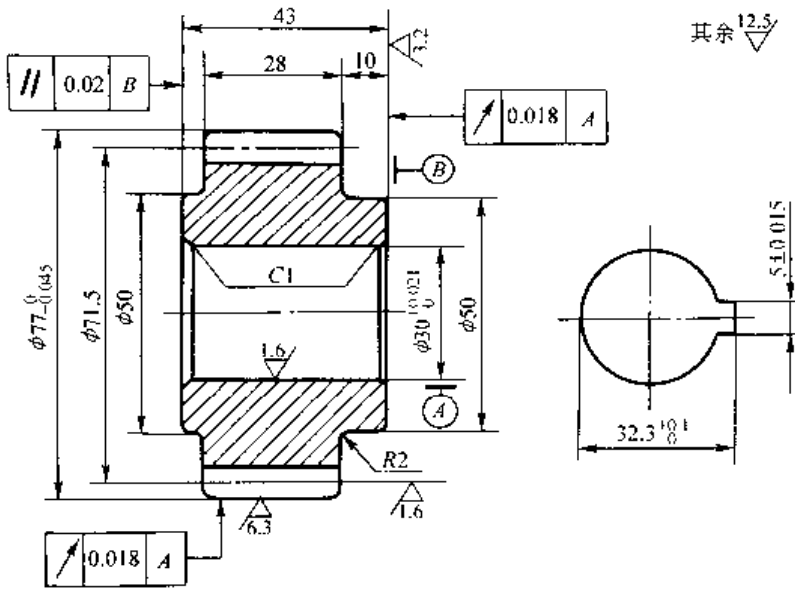


表 5.177 齿轮、蜗轮、蜗杆啮合画法

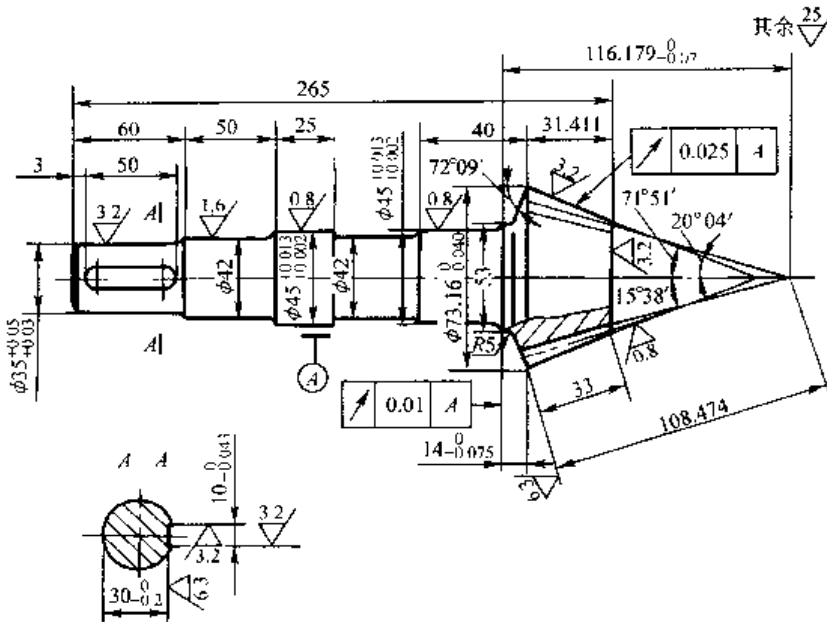
- 啮合区的规定画法
1. 在垂直于圆柱齿轮轴线的投影面的视图中,啮合区内齿顶圆用粗实线绘制(图 a),亦可省略(图 b)
  2. 在平行于圆柱齿轮、圆锥齿轮轴线的投影面的视图中,啮合区的齿顶线不需画出,节线用粗实线绘制,其他处的节线用细点画线绘制(图 c)
  3. 在圆柱齿轮啮合、圆锥齿轮啮合、齿轮齿条啮合的剖视图中,当剖切平面通过两啮合齿轮轴线时,在啮合区内,将一个齿轮的轮齿用粗实线绘制,另一个齿轮的轮齿被遮挡的部分用细虚线绘制(图 a);也可省略不画
  4. 在剖视图中,当剖切平面不通过啮合齿轮轴线时,齿轮一律按不剖绘制





模数	$m$	2.75
齿数	$z$	26
齿形角	$\alpha$	20°
变位系数	$\zeta$	0
精度 877 F <sub>r</sub> '		
径向综合公差	$F_r'$	0.090
合法线长度变动公差 $F_w$		0.028
径向-齿综合公差 $f_r'$		0.02
基节极限偏差	$f_{pb}$	0.011
齿形公差	$f_f$	±0.013
齿向公差	$F_\beta$	0.011
齿厚		
上偏差	$E_{sa}$	-0.056
下偏差	$E_{sa}$	-0.140

图 5.1-7 圆柱齿轮工作图



齿制		GB/T 12369-1990
大端端面模数	$m_e$	3.5
齿数	$z$	19
中点螺旋角	$\beta$	0
螺旋方向		
刀具的齿形角	$\alpha$	20°
刀具的齿顶高系数	$h_a$	1
切向变位系数	$x_t$	0
径向变位系数	$x$	0
大端齿高	$h_e$	7.7
配对齿轮	图号	
	齿数	59
精度等级	6cB GB/T 11365	
公差组	检验项目	数值
I	$F_r'$	0.038
II	$f_f$	0.013
III	沿齿长接触率	>60%
	沿齿高接触率	>65%
大端分度圆弦齿厚	$\bar{s}$	6.452 <sup>+0.040</sup> / <sub>-0.119</sub>
大端分度圆弦齿高	$\bar{h}_{ac}$	3.608

- 技术要求
1. 渗碳淬火后齿面硬度 58~63HRC
  2. 未注倒角为 C2
  3. 未注明圆角半径为  $R=2\text{mm}$
  4. 两轴端中心孔为 GB/T 4459.5—A5/10.6

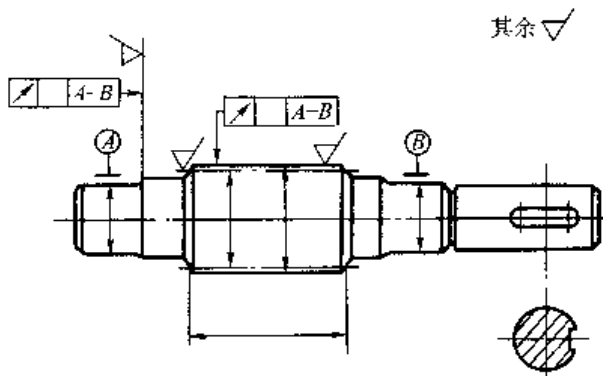
图 5.1-8 圆锥齿轮工作图

表 5.1-78 圆柱齿轮工作图上的尺寸数据(参考)

在图样上标出的一般尺寸数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 齿顶圆直径及公差</li> <li>2. 分度圆直径</li> <li>3. 齿宽</li> <li>4. 孔(轴)径及其公差</li> <li>5. 定位面</li> <li>6. 齿面粗糙度要求</li> </ol>	需用表格列出的数据及参数的选用项目
需用表格列出的数据及参数的选用项目	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 模数或法向模数</li> <li>2. 齿数</li> <li>3. 基本齿廓(符合标准时,仅注明齿形角或法向齿形角,不符合时应以图样表明其特性)</li> <li>4. 齿顶高系数</li> <li>5. 螺旋角</li> <li>6. 螺旋方向</li> <li>7. 径向变位系数</li> <li>8. 齿厚</li> <li>9. 精度等级</li> <li>10. 齿轮副中心距及其极限偏差</li> <li>11. 配对齿轮的图号及其齿数</li> <li>12. 检验项目代号及其公差(或极限偏差值)</li> </ol>	

表 5.1-79 圆锥齿轮工作图上的尺寸数据(参考)

<p>在图样上标注的一般尺寸数据</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 齿轮圆直径及其公差</li> <li>2. 齿宽</li> <li>3. 顶锥角</li> <li>4. 背锥角</li> <li>5. 孔(轴)径及其公差</li> <li>6. 定位面(安装基准面)</li> <li>7. 从分锥(或节锥)顶点至定位面的距离及公差</li> <li>8. 从齿尖至定位面的距离</li> <li>9. 从锥端面至定位面的距离</li> <li>10. 齿面粗糙度(若需要,包括齿根表面及齿根圆处的表面粗糙度)</li> </ol>	<p>需用表格列出的数据及参数的选用项目</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. 分度圆直径(对于高度变位锥齿轮,等于节圆直径)</li> <li>5. 分度锥角(对于高度变位锥齿轮,等于节锥角)</li> <li>6. 根锥角</li> <li>7. 螺旋角及螺旋方向</li> <li>8. 高度变位系数(径向变位系数)</li> <li>9. 切向变位系数(齿厚变位系数)</li> <li>10. 测量齿厚和其公差</li> <li>11. 精度等级</li> <li>12. 接触斑点的高度沿齿高方向的百分比,长度沿齿长方向的百分比</li> <li>13. 全齿高</li> <li>14. 轴交角</li> <li>15. 侧隙</li> <li>16. 配对齿轮的齿数</li> <li>17. 配对齿轮的图号</li> <li>18. 检验项目代号及其公差值</li> </ol>
<p>需用表格列出的数据及参数的选用项目</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 模数(一般为大端模数)</li> <li>2. 齿数</li> <li>3. 基本齿廓(符合标准时,仅注明法向齿形角,不符合时则应以图样表明特性)</li> </ol>		



技术要求

蜗杆类型		
模数	$m$	
齿数	$z_1$	
齿形角	$\alpha$	
齿顶高系数	$h_{a1}$	
导程	$P_z$	
导程角	$\gamma$	
螺旋方向		
法向齿厚	$s_n$	
精度等级		
配对蜗轮	图号	
公差组	检验项目	公差(或极限偏差)值
I		
II		

图 5.1-9 蜗杆工作图

表 5.1-80 蜗杆工作图上的尺寸数据(参考)

<p>在图样上标注的一般尺寸数据</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 齿顶圆直径及其公差</li> <li>2. 分度圆直径</li> <li>3. 齿宽</li> <li>4. 轴(孔)径及其公差</li> <li>5. 定位面</li> <li>6. 蜗杆轮齿表面粗糙度</li> </ol>	<p>需用表格列出的数据及参数的选用项目</p>	<p>注:对不同的蜗杆类型,应分别注明法向齿形角或轴向齿形角、刀具角</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. 齿顶高系数</li> <li>6. 螺旋方向(左旋或右旋)</li> <li>7. 导程</li> <li>8. 导程角</li> <li>9. 齿厚及其上下偏差(或量柱测量距及其偏差,或测展的弦齿厚及其偏差,相应的指明量柱直径或测量弦齿高)</li> <li>10. 精度等级</li> <li>11. 配对蜗轮的图号及齿数</li> <li>12. 检验项目代号及其公差(或极限偏差)</li> </ol>
<p>需用表格列出的数据及参数的选用项目</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蜗杆类型(ZA、ZN、ZI、ZK 和 ZC)</li> <li>2. 模数</li> <li>3. 齿数</li> <li>4. 基本齿廓(符合标准时,仅注明齿形角,否则应以图样——轴向剖视图或法向剖视图详述其特征)</li> </ol>		



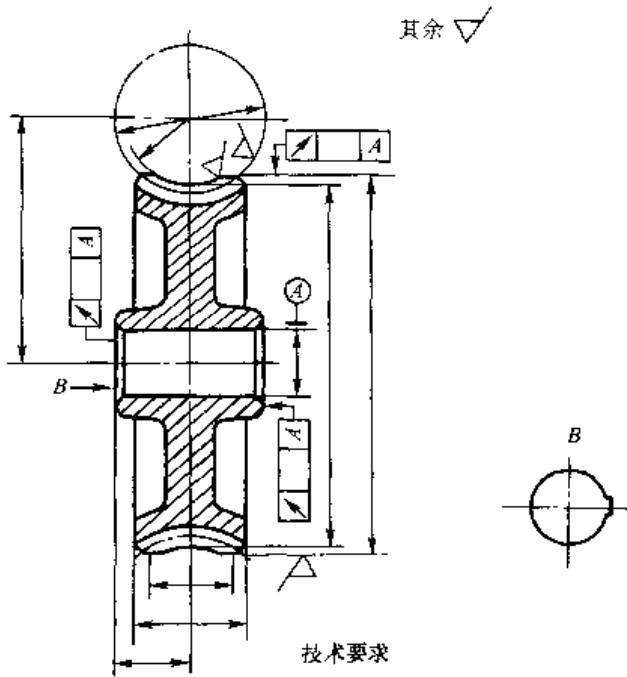


图 5.1-10 蜗轮工作图

模数	$m$	
齿数	$z_2$	
分度圆直径	$d_2$	
齿顶高系数	$h_{a2}$	
变位系数	$x_2$	
分度圆齿厚	$s_2$	
精度等级		
配对蜗杆	图号	
	齿数	
公差组	检验项目	公差(或极限偏差)值
	I	
	II	
III		

表 5.1-81 蜗轮工作图上的尺寸数据(参考)

<p>在图样上标注的一般尺寸数据</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>蜗轮顶圆直径及其公差</li> <li>蜗轮喉圆直径及其公差</li> <li>咽喉母圆半径</li> <li>蜗轮宽度</li> <li>孔(轴)径及其公差</li> <li>定位面</li> <li>蜗轮中间平面与定位面的距离及公差</li> <li>蜗轮轮齿表面粗糙度</li> <li>咽喉母圆中心到蜗轮轴线距离</li> <li>配对蜗杆分度圆直径</li> </ol>	<p>需用表格列出的数据及参数的选用项目</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>模数</li> <li>齿数</li> <li>分度圆直径</li> <li>变位系数</li> <li>齿顶高系数</li> <li>分度圆齿厚及其上、下偏差(或双啮合中心距及其偏差,或测量的弦齿厚及其偏差,相应地注明测量弦高)</li> <li>精度等级</li> <li>配对蜗杆的图号及齿数</li> <li>检验项目的代号及公差(或极限偏差)</li> </ol> <p>注:该项数据仅用于有互换性的传动要求,对非互换的传动要求,不必给出该项数据,但需绘出侧隙值</p>
----------------------	---	--------------------------	---

2.10.3 弹簧表示法(GB/T 4459.4—2003)

弹簧是一种常用于减振、夹紧、储存能量、测力的零件,按其结构形状可分为螺旋弹簧、碟形弹簧、涡卷

弹簧、板弹簧等。

(1) 螺旋弹簧画法(表 5.1-82、表 5.1-83)

(2) 碟形弹簧、涡卷弹簧、板弹簧的画法(见表 5.1-84~表 5.1-86)

表 5.1-82 螺旋弹簧画法

规 定

- 在平行于螺旋弹簧轴线的投影面的视图中,其各圈的轮廓线应画成直线
- 螺旋弹簧均可画成右旋,但左旋弹簧不论画成左旋或右旋,一律标注“左”字
- 螺旋压缩弹簧,如要求两端并紧且磨平时,不论支承圈的圈数多少和末端贴紧情况如何,均按本表下列的形式绘制,必要时也可按支承圈的实际结构绘制
- 有效圈数在四圈以上的螺旋弹簧中间部分可以省略。圆柱螺旋弹簧中间部分省略后,允许适当缩短图形的长度

图 例

类型	视 图	剖 视 图	示 意 图
圆柱螺旋压缩弹簧			

(续)

类型	图 例		
	视 图	剖 视 图	示 意 图
圆柱螺旋拉伸弹簧			
圆柱螺旋扭转弹簧			

表 5.1-83 装配图中螺旋弹簧画法

**规定**

1. 被弹簧挡住的结构一般不画出,可见部分应从弹簧的外轮廓线或从弹簧钢丝剖面的中心线画起(图 a)
2. 型材直径或厚度在图形上等于或小于 2mm 的螺旋弹簧、碟形弹簧、片弹簧允许用示意图绘制(图 b),当弹簧被剖切时,剖面直径或厚度在图形上等于或小于 2mm 时也可用涂黑表示(图 c)

<b>图 例</b>			
	a)	b)	c)

表 5.1 84 碟形弹簧画法

类型	视 图	剖 视 图	示 意 图
零件图中碟形弹簧画法			
装配图中碟形弹簧画法			

表 5.1-85 平面涡卷弹簧画法

类型	视图	示意图
零件图中涡卷弹簧画法		
装配图中涡卷弹簧画法		

表 5.1-86 板弹簧画法

板弹簧组件图画法	
板弹簧在装配图中的画法	<p>装配图中板弹簧允许仅画出外形轮廓</p>

(3) 弹簧图样格式示例

1) 弹簧的参数应直接标注在图形上,当直接标注有困难时可在“技术要求”中说明。

2) 一般采用图解方式表示弹簧力学性能。圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的力学性能曲线均画直线,标注在主视图上方。圆柱螺旋扭转弹簧的力学性能曲线一般画在左视图上方,也允许画在主视图上方,性能曲线画

成直线。力学性能曲线(或用直线形式)用粗实线绘制。

3) 当某些弹簧只需给定刚度要求时,允许不画力学性能曲线,而在技术要求中说明刚度要求。

示例 1: 圆柱螺旋压缩弹簧见图 5.1-11

示例 2: 圆柱螺旋拉伸弹簧见图 5.1-12

示例 3: 圆柱螺旋扭转弹簧见图 5.1-13

有关弹簧的术语和代号见下表:

序号	术语	代号	序号	术语	代号
1	工作负荷	$F_{1,2,3...n}$ $T_{1,2,3...n}$	3	试验负荷	$F_s$
2	极限负荷	$F_j, T_j$	4	压并负荷	$F_b$
			5	压并应力	$\sigma_b$

(续)

序号	术语	代号	序号	术语	代号
6	变形量(挠度)	$f_{1,2,3...n}$	18	初拉力	$F_0$
7	极限负荷下变形量	$f_j$	19	有效圈数	$n$
8	自由高度(长度)	$H_0$	20	总圈数	$n_1$
9	自由角度(长度)	$\Phi_0$	21	支承圈数	$N_z$
10	工作高度(长度)	$H_{1,2,3...n}$	22	弹簧外径	$D_2$
11	极限高度(长度)	$H_1$	23	弹簧内径	$D_1$
12	试验负荷下的高度(长度)	$H_s$	24	弹簧中径	$D$
13	压并高度	$H_b$	25	线径	$d$
14	工作扭转角	$\varphi_{1,2,3...n}$	26	节距	$t$
15	极限扭转角	$\varphi_j$	27	间距	$\delta$
16	试验扭转角	$\varphi_s$	28	旋向	
17	弹簧刚度	$F', T'$			

2.10.4 滚动轴承表示法(GB/T 4459.7-1998)

滚动轴承是机械设备中轴的主要支承件。通常按其所能承受的负荷方向或公称接触角、滚动件的种类综合分为:深沟球轴承、圆柱滚子轴承、滚针轴承、调心球轴承、角接触球轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承、推力角接触球轴承、推力调心滚子轴承、推力圆锥滚子轴承、推力球轴承、推力圆柱滚子轴承、推力滚针轴承和组合轴承。

在装配图中不需要确切表示标准的滚动轴承的形

状、结构时可采用规定的通用画法、特征画法和规定画法。非标准滚动轴承也可参照采用。

(1) 基本规定

1) 图线 按本标准表示滚动轴承时,通用画法、特征画法及规定画法中的各种符号、矩形线框和轮廓线均用粗实线绘制。

2) 尺寸及比例 绘制滚动轴承时,其矩形线框或外形轮廓的大小应与滚动轴承的外形尺寸一致,并与所属图样采用同一比例。通用画法的尺寸比例见表 5.1-93;特征画法及规定画法的尺寸比例见表 5.1-94。

3) 剖面符号

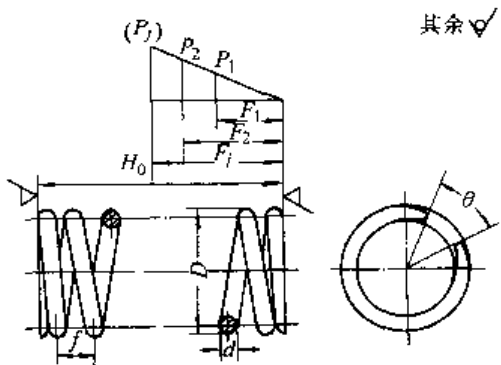


图 5.1-11 圆柱螺旋压缩弹簧

技术要求

1. (旋向)
2. 有效圈数  $n=$
3. 总圈数  $n_1=$
4. 工作极限应力  $\tau_r=$
5. (热处理要求)
6. (检验要求)

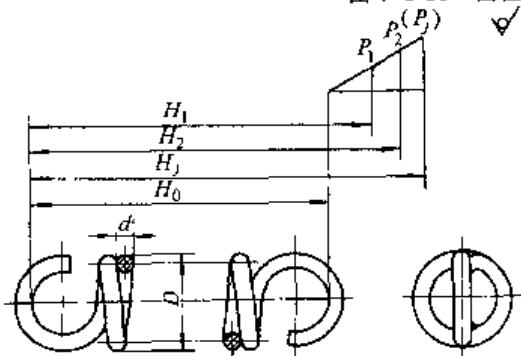


图 5.1-12 圆柱螺旋拉伸弹簧

技术要求

1. (旋向)
2. 有效圈数  $n=$
3. 工作极限应力  $\tau_r=$
4. (热处理要求)
5. (检验要求)

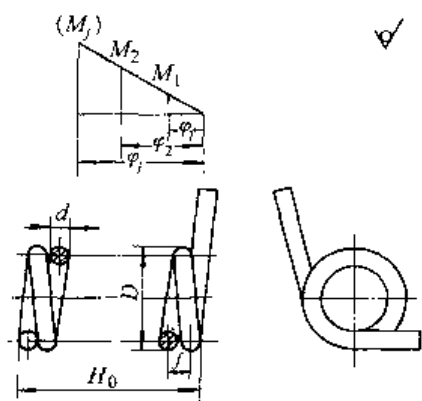


图 5.1-13 圆柱螺旋扭转弹簧

技术要求

1. (旋向)
2. 有效圈数  $n =$
3. 工作极限应力  $\sigma_s =$
4. (热处理要求)
5. (检验要求)
- .....

a) 在剖视图中,用简化画法绘制滚动轴承时,一般不画剖面符号(剖面线)。

b) 采用规定画法绘制滚动轴承的剖视图时,轴承的滚动体不画剖面线,其各套圈等可画成方向和间隔相同的剖面线(图 5.1-14)。在不致引起误解时也允许省略不画(图 5.1-15)。

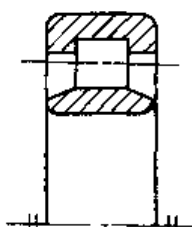


图 5.1-14 套圈的剖面线

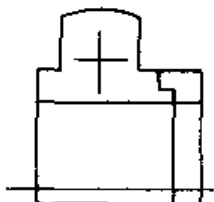


图 5.1-15 省略剖面线

c) 若轴承带有其他零件或附件(偏心套、紧定套、挡圈等)时,其剖面线应与套圈的剖面线呈不同方向或不同间隔(图 5.1-16)。在不致引起误解时,也允许省略不画(图 5.1-17)。

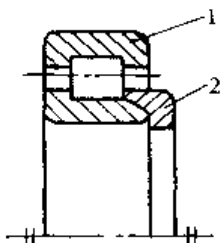


图 5.1-16 有附件时剖面线画法

- 1—圆柱滚子轴承(GB/T 283)
- 2—斜挡圈(JB/T 7917)

(2) 简化画法

用简化画法绘制滚动轴承时,应采用通用画法或特征画法,但在同一图样中一般只采用一种画法。

1) 通用画法

a) 在剖视图中,当不需要确切地表示滚动轴承的外形轮廓、载荷特性、结构特征时,可用矩形线框及位于线框中央正立的十字形符号表示(图 5.1-18)。十字符号不应与矩形图线接触。通用画法应绘制在轴的两侧(图 5.1-19)。

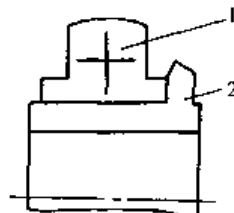


图 5.1-17 有附件时剖面线省略画法

- 1—外球面球轴承 2—紧定套(JB/T 7919.2)

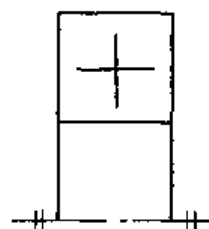


图 5.1-18 通用画法一

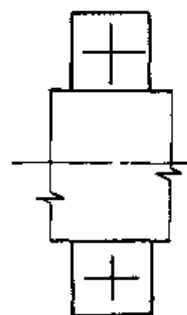


图 5.1-19 通用画法二

b) 如需确切地表示滚动轴承的外形,则应画出其剖面轮廓,并在轮廓中央画出正立的十字形符号。十字形符号不应与剖面轮廓线接触(图 5.1-15)。

c) 滚动轴承带有附件或零件时,则这些附件或零件也可只画出其外形轮廓(图 5.1-17)。

d) 当需要表示滚动轴承的防尘盖和密封圈时,可

按图 5.1-20 和图 5.1 21 的方法绘制。当需要表示滚动轴承内圈和外圈有、无挡边时,可按图 5.1-22 的方法在十字符号上附加一短画表示内圈或外圈无挡边的方向。

e) 在装配图中,为了表达滚动轴承的安装方法,可画出滚动轴承的某些零件(图 5.1-23)。

2) 特征画法

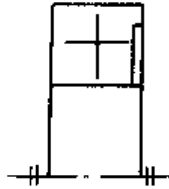


图 5.1-20 通用画法三

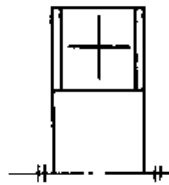


图 5.1-21 通用画法四

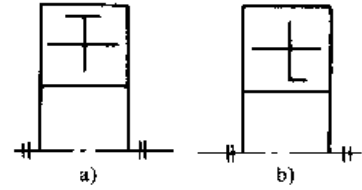


图 5.1-22 通用画法五

a) 外圈无挡边 b) 内圈有单挡边

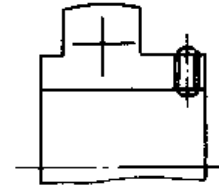


图 5.1-23 通用画法六

a) 在剖视图中,如需较形象地表示滚动轴承的结构特征时,可采用矩形线框内画出其结构要素符号(表 5.1 87)的方法表示;滚动轴承结构和载荷特性的要素符号组合见表 5.1-88;滚动轴承的特征画法及其应用如表 5.1-89~表 5.1-92。特征画法应绘制在轴的两侧。

表 5.1-87 滚动轴承特征画法中结构要素符号

序号	要素符号	说 明	应 用
1	①	长的粗实线	表示不可调心轴承的滚动体的滚动轴线
2	①	长的粗圆弧线	表示可调心轴承的调心表面或滚动体滚动轴线的包络线
3	 在规定画法中,可用以下符号代替短的粗画线 圆 宽矩形 长矩形	短的粗实线与序号 1、2 的要素符号相交成 90°角(或相交于法线方向),并通过每个滚动体的中心	表示滚动体的列数和位置  球 圆柱滚子 长圆柱滚子、滚针

① 根据轴承的类型,可以倾斜画法。

表 5.1-88 滚动轴承特征画法中要素符号的组合

轴承承载特性		轴承结构特征			
		两个套圈		三个套圈	
		单 列	双 列	单 列	双 列
径向承载	不可调心				
	可调心				
轴向承载	不可调心				
	可调心				

(续)

轴承承载特性		轴承结构特征			
		两个套圈		一个套圈	
		单列	双列	单列	双列
径向和轴向承载	不可调心				
	可调心				

注:表中的滚动轴承,只画出了轴线一侧的部分。

表 5.1-89 球轴承和滚子轴承的特征画法及规定画法

特征画法	规定画法		特征画法	规定画法	
	球轴承	滚子轴承		球轴承	滚子轴承
1	 GB/T 276	 GB/T 283	6	 GB/T 294(三点接触)	
2		 GB/T 285	7	 GB/T 294(四点接触)	
3			8	 GB/T 296	
4	 GB/T 281	 GB/T 288	9		 GB/T 299
5	 GB/T 292	 GB/T 297	10		

表 5.1-90 滚针轴承的特征画法及规定画法

特征画法	规定画法		
1	 GB/T 5801 JB/T 3588	 GB/T 290	 JB/T 7918
2	 GB/T 5801	 GB/T 5801	 JB/T 7918
3		 GB/T 6445.1	

表 5.1-91 组合轴承的特征画法及规定画法

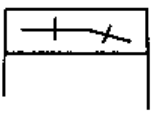
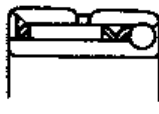
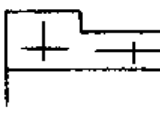

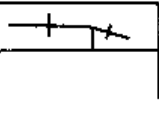

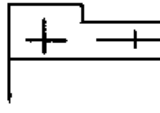

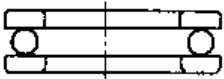
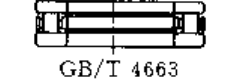
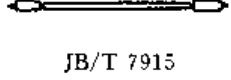
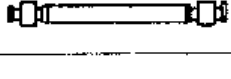

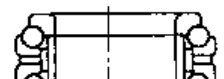


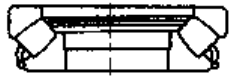
特征画法		规定画法			
1		 JB/T 3123	3		 JB/T 3122
2		 JB/T 3123	4		 GB/T 16643

表 5.1-92 推力轴承的特征画法及规定画法

特征画法	规定画法	
	球轴承	滚子轴承
1	 GB/T 301	 GB/T 4663  JB/T 7915 
2	 GB/T 301	
3	 JB/T 6362	
4	 GB/T 301	
5	 GB/T 301	
6		 GB/T 5859

b) 在垂直于滚动轴承轴线的投影面的视图上,无论滚动体的形状(球、柱、针等)及尺寸如何,均可按图 5.1-24 的方法绘制。

c) 上述通用画法中 c)~e) 的规定也适用于特征画法。

3) 规定画法

a) 必要时,在滚动轴承的产品图样、产品样本,产

品标准、用户手册和使用说明书中可采用表 5.1-89~表 5.1-92 的规定画法绘制滚动轴承。

b) 在装配图中,滚动轴承的保持架及倒角等可省略不画。

c) 规定画法一般绘制在轴的一侧,另一侧按通用画法绘制。

4) 应用示例 滚动轴承表示法在装配图中的应



用示例如图 5.1-25~图 5.1-28。

示例 1 双列圆柱滚子轴承在装配图中的画法(图 5.1-25)。

示例 2 角接触球轴承在装配图中的画法(图 5.1-26)。

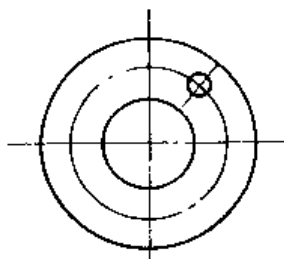


图 5.1-24 滚动轴承轴线垂直于投影面的特征画法

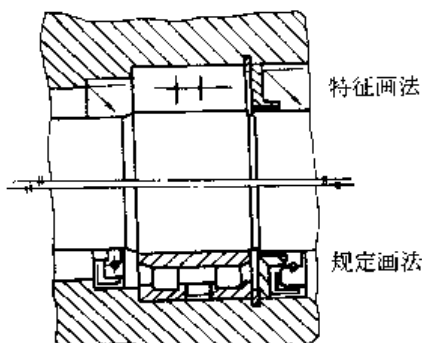


图 5.1-25 双列圆柱滚子轴承在装配图中的画法

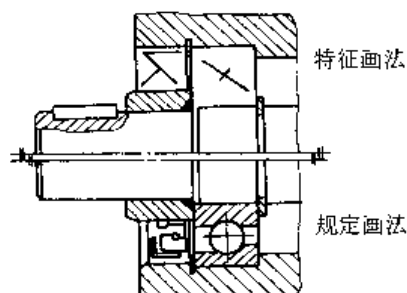


图 5.1-26 角接触球轴承在装配图中的画法

示例 3 圆锥滚子轴承、推力球轴承和双列深沟球轴承在装配图中的画法(图 5.1-27)。

示例 4 组合轴承在装配图中的画法(图 5.1-28)。

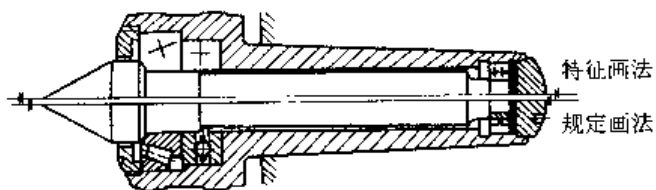


图 5.1-27 圆锥滚子轴承、推力球轴承和双列深沟球轴承在装配图中的画法

5) 通用画法、特征画法及规定画法的尺寸比例示例  
通用画法的尺寸比例见表 5.1-93。特征画法及规定画法的尺寸比例见表 5.1-94<sup>①</sup>。

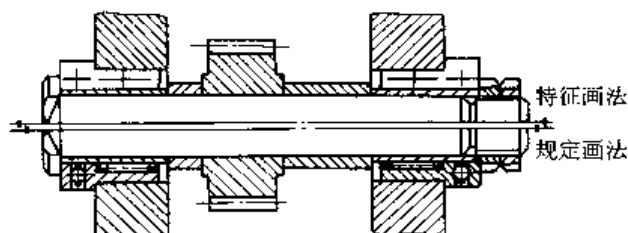


图 5.1-28 组合轴承在装配图中的画法

表 5.1-93 通用画法的尺寸比例示例

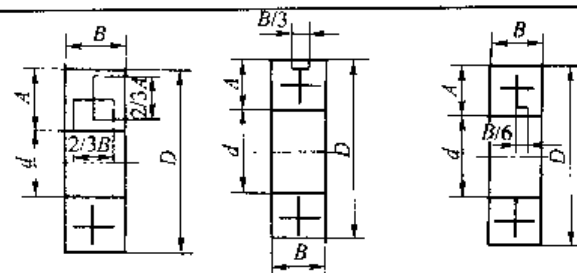


表 5.1-94 特征画法及规定画法的尺寸比例示例

尺寸序号	特征画法	规定画法
1		
2		

① 表 5.1-94 中规定画法的尺寸比例示例摘自 GB/T 4458.1—2002(机械制图 图样画法附录 B 滚动轴承的简化画法和示意画法的尺寸比例(参考件)中的简化画法。该附录的简化画法(即表 5.1-94 中的规定画法)与本标准的规定画法(见表 5.1-89~表 5.1-92)不尽相同,仅供新旧标准过渡阶段绘图时参考。

(续)

(续)

尺寸 序号	特征画法	规定画法
3		
4		
4		
5		
5		
6		

尺寸 序号	特征画法	规定画法
7		
8		
9		
10		

2.10.5 动密封圈表示法 (GB/T 4459.6—1996)

国家标准规定了动密封圈的简化画法和规定画法。它适用于装配图中不需要确切地表示其形状和结构的旋转轴唇形密封圈、往复运动橡胶密封圈和橡胶防尘圈。不需要确切表示其形状和结构的其他类型的动密封件也可参照采用标准中规定的表示法。

(1) 基本规定

1) 绘制密封圈时,通用画法和特征画法及规定画法中的各种符号、矩形线框和轮廓线均用粗实线绘制。

2) 用简化画法(通用画法、特征画法)绘制的密封圈,其矩形线框和轮廓应与有关标准规定的密封圈尺寸及其安装沟槽尺寸协调一致,并与所属图样采用同一比例绘制。

3) 在剖视和断面图中,用简化画法绘制的密封圈一律不画剖面符号;用规定画法绘制密封圈时,仅在金

属的骨架等嵌入元件上画出剖面符号或涂黑。

(2) 简化画法

用简化画法绘制动密封圈时,可采用通用画法(表 5.1-95)和特征画法(表 5.1-96)。在同一张图样中一般只采用一种画法。

在剖视图中,如需比较形象地表示出密封圈的密

封结构特征时,可采用矩形线框中间画出密封要素符号的方法表示。密封要素符号及其含义及应用(见表 5.1-96)。

特征画法应绘制在轴的两测。

旋转轴唇形密封圈、往复运动橡胶密封圈、迷宫式密封件的特征画法和规定画法见表 5.1-97~表 5.1-99。

表 5.1-95 动密封圈的通用画法

规 定	图 例
1. 在剖视图中,如不需要确切地表示密封圈的外形轮廓和内部结构(包括唇、骨架、弹簧等)时,可采用矩形线框中央画出十字交叉的对角线符号的方法表示(图 a)。交叉线符号不应与矩形线框的轮廓线接触 2. 如需要表示密封的方向,则应在对角线符号的一端画出一个箭头,指向密封的一侧(图 b) 3. 如需确切地表示密封圈的外形轮廓,则应画出其较详细的剖面轮廓,并在其中央画出对角线符号(图 c) 4. 通用符号应绘制在轴的两侧(图 d)	

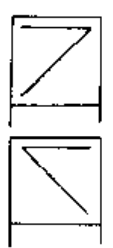
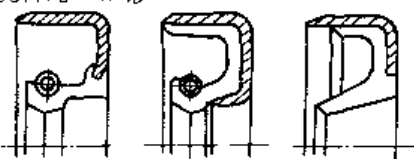
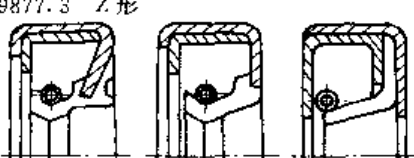

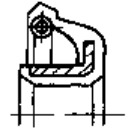
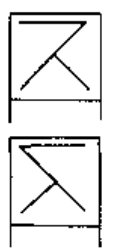
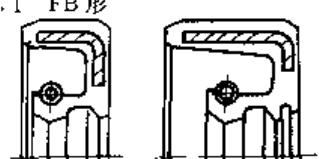
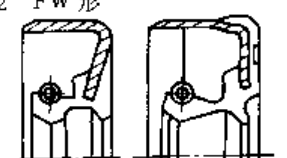
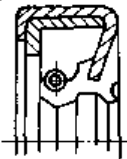
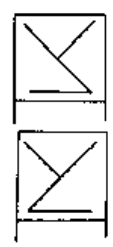
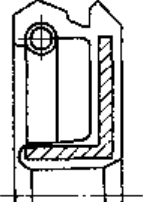
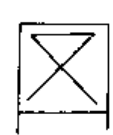
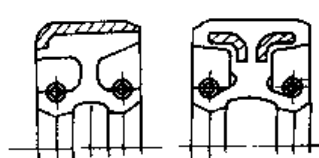
表 5.1-96 动密封圈特征画法中密封要素符号

序号	要素符号	说 明	应 用
1		长的粗实线,平行于密封表面的母线	表示静态密封要素(密封圈和防尘圈上具有静态密封功能的部分)
2		长的粗实线与相应的轮廓线成 45°,必要时,可附加一个表示密封方向的箭头	表示动态密封要素(密封圈和防尘圈上具有动态密封功能的唇以及防尘、除尘功能的结构)。与序号 1 的要素符号组合使用,倾斜方向应与工作介质流动方向相逆
3		短的粗实线与序号 2 的要素符号成 90°	表示有防尘和除尘功能的副唇,与序号 2 的要素符号组合使用
4		短的粗实线与相应的轮廓线成 30°,必要时,可附加一个表示密封方向的箭头	表示往复运动的动态密封要素(密封圈和防尘圈上具有动态密封功能的唇),与序号 5 的要素符号组合使用
5		短的粗实线与相应的轮廓线平行,由矩形线框的中心画出	表示往复运动的静态密封要素(密封圈和防尘圈上具有静态密封功能的部分)
6		粗实线 T 形(凸起)	T 形、U 形组合使用,表示非接触密封,例如:迷宫式密封
7		粗实线 U 形(凹入)	

表 5.1-97 旋转轴唇形密封圈的画法特征画法和规定画法

序号	特征画法	应 用	规 定 画 法
1		主要用于旋转轴唇形密封圈。也可用于往复运动活塞杆唇形密封圈及结构类似的防尘圈	GB/T 9877.1 B 形 

(续)

序号	特征画法	应用	规定画法
1		<p>主要用于旋转轴唇形密封圈。也可用于往复运动活塞杆唇形密封圈及结构类似的防尘圈</p>	<p>GB/T 9877.2 W形</p>  <p>GB/T 9877.3 Z形</p> 
2		<p>同序号 1</p>	
3		<p>主要用于有副唇的旋转轴唇形密封圈。也可用于结构类似的往复运动活塞杆唇形密封圈</p>	<p>GB/T 9877.1 FB形</p>  <p>GB/T 9877.2 FW形</p>  <p>GB/T 9877.3 FZ形</p> 
4		<p>同序号 3(孔用)</p>	
5		<p>主要用于双向密封旋转轴唇形密封圈。也可用于结构类似的往复运动活塞杆唇形密封圈</p>	

(续)

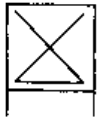
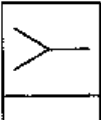
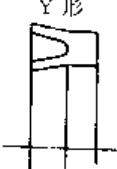
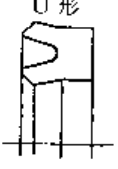
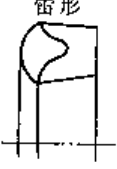

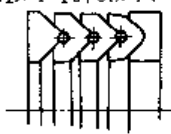
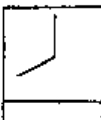
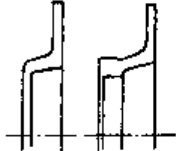
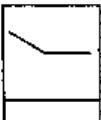
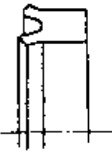
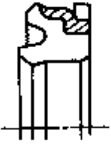
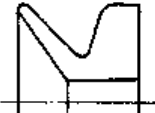


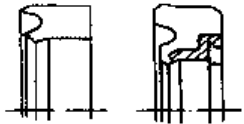
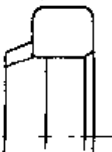
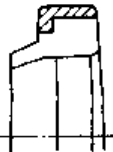
序号	特征画法	应用	规定画法
6		同序号 5(孔用)	

表 5.1-98 往复运动橡胶密封圈的特征画法和规定画法

序号	特征画法	应用	规定画法
1		用于 Y 形 U 形及蕾形橡胶密封圈	JB/T 6375 Y 形  GB/T 10708.1 U 形  GB/T 10708.1 蕾形 
2		用于 V 形橡胶密封圈	GB/T 10708.1 V 形 
3		用于 J 形橡胶密封圈	
4		用于高低唇 Y 形橡胶密封圈(孔用)和橡胶防尘密封圈	GB/T 10708.1 Y 形  JB/T 6375 Y 形 
		用于起端密封和防尘功能的 V <sub>0</sub> 形橡胶密封圈	JB/T 6994 S 形、A 形 
5		用于高低唇形 Y 形橡胶密封圈(轴用)和橡胶防尘密封圈	 GB/T 10708.1 Y 形 JB/T 6375 Y 形  GB/T 10708.3 A 形  GB/T 10708.3 B 形 

(续)

序号	特征画法	应用	规定画法
6		用于有双向唇的橡胶防尘密封圈。也可用于结构类似的防尘密封圈(轴用)	 GB/T 10708.3 C形
7		用于有双向唇的橡胶防尘密封圈。也可用于结构类似的防尘密封圈(孔用)	 GB/T 10708.3 鼓形 GB/T 10708.2 山形
8		用于鼓形橡胶密封圈和山形橡胶密封圈	 GB/T 10708.3 鼓形 GB/T 10708.2 山形

表 5.1-99 迷宫式密封的特征画法和规定画法

特征画法	应用	规定画法
	非接触密封的迷宫式密封	

简化画法  
(特征画法)

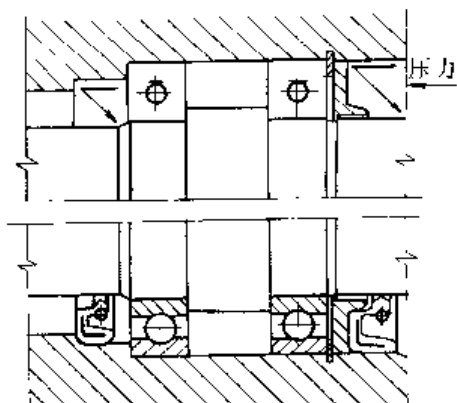


图 5.1-29 旋转轴唇形密封圈

(3) 规定画法

如需较详细的表达密封圈的内部结构可采用规定画法。这种画法可绘在轴的两侧,也可绘制在轴的一

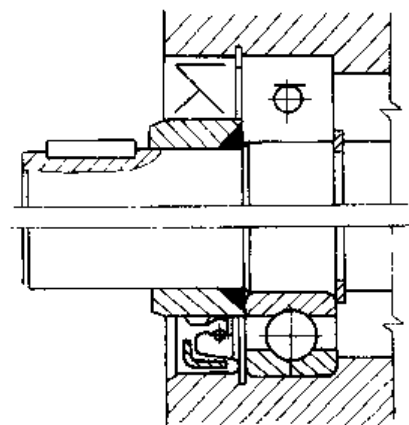
侧,另一侧按通用画法绘制。

(4) 密封圈画法应用示例

示例 1 旋转轴唇形密封圈(图 5.1-29)

示例 2 带副唇的旋转轴唇形密封圈(图 5.1-30)

简化画法  
(特征画法)



规定画法

图 5.1-30 带副唇的旋转轴唇形密封圈

示例 3 Y形橡胶密封圈、橡胶防尘圈(图 5.1-

31)

示例 4 V 形橡胶密封圈(图 5.1.32)

示例 5 橡胶防尘圈(图 5.1.33)

示例 6 迷宫密封圈(图 5.1-34)

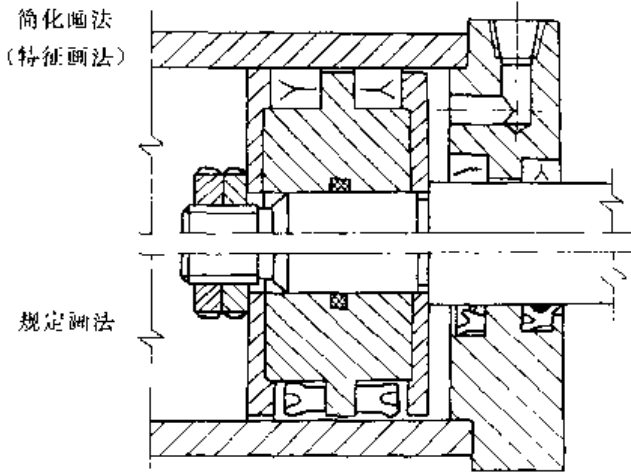


图 5.1.31 Y 形橡胶密封圈、橡胶防尘圈

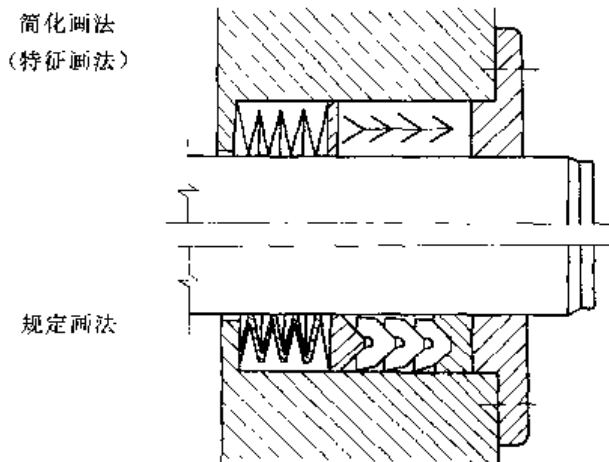


图 5.1.32 V 形橡胶密封圈

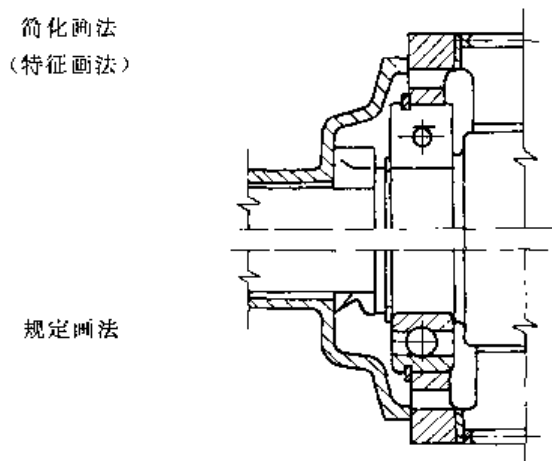


图 5.1.33 橡胶防尘圈

简化画法  
(特征画法)

规定画法

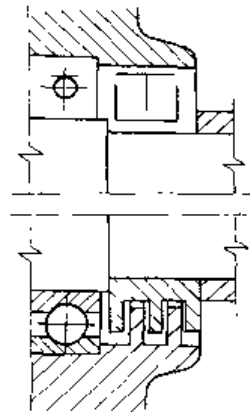


图 5.1-34 迷宫式防尘圈

### 3 技术产品图样常用图形符号 — 用于投影图

机械行业投影图上用的 tpd 符号很多,本节仅介绍金属结构件、焊接和机械定位及夹紧等三种。

#### 3.1 金属结构件表示法(GB/T 4656—1984)

金属结构件表示法是在图样上用符号表示金属结构件及其连接的方法,适用于由型钢、板材构成的金属构件(包括桥梁、构架、桩基等)、起重设备、贮液罐及压力容器、升降机、电梯以及其他等。

##### 3.1.1 孔、螺栓及铆钉的表示法(表 5.1-100、表 5.1-101)

##### 3.1.2 条钢、型钢及板钢的标记

###### (1) 条钢及型钢

应按相应标准所规定的标记表示条钢和型钢。必要时,可在标记后注出切割长度,但需用一短划隔开。若无相应的标准时,则应采用表 5.1-102 中的符号及尺寸,图上标记应与条钢或型钢的位置一致,如图 5.1-35。条钢及型钢的标记见表 5.1-102。

###### (2) 板钢

标记应为板厚,其后为矩形的总体尺寸(图 5.1-35、表 5.1.103 中图 h,i)。

##### 3.1.3 金属结构件尺寸注法及标记

尺寸线的终端用与尺寸线成 45° 的细短线表示。金属结构件尺寸注法及标记见表 5.1-103。

##### 3.1.4 金属结构件的简图表示法

金属结构件可用简图表示,即用粗实线表示相交杆的重心线。此时重心线基准点间的距离值,应直接标

表 5.1-100 孔的表示法

在垂直于孔轴线投影面上的表示法	孔	孔的符号				说明
		无沉孔	近侧有沉孔	远侧有沉孔	两侧有沉孔	
在车间钻孔	在车间钻孔					孔的符号用粗实线绘制,中心处不得有圆点
	在工地钻孔					

平行于孔轴线投影面上的表示法	孔	无沉孔	仅一侧有沉孔	两侧有沉孔	说明
		在车间钻孔			
在工地钻孔					

表 5.1-101 螺栓、铆钉的表示法

在垂直螺栓、铆钉轴线投影面上的表示法	螺栓或铆钉	螺栓或铆钉装配在孔内的符号			铆钉装在两侧有沉孔的符号	说明
		无沉孔	近侧有沉孔	远侧有沉孔		
在垂直螺栓、铆钉轴线投影面上的表示法	在车间装配					1. 螺栓、铆钉的符号用粗实线绘制,中心处有圆点 2. 可根据标记区别螺栓与铆钉(例如:“螺栓 GB/T 1228—1984 M12×50”,“铆钉 GB/T 867—1976 12×50”)
	在工地装配					
	在工地钻孔及装配					

在平行螺栓、铆钉轴线投影面上的表示法	螺栓或铆钉	螺栓或铆钉装配在孔内的符号		两侧有沉孔的铆钉连接符号	带有指定螺母位置的螺栓符号	说明
		无沉孔	仅一侧有沉孔			
在平行螺栓、铆钉轴线投影面上的表示法	在车间装配					符号内水平轴线为细实线,其余均为粗实线
在工地装配						
在工地钻孔及装配						

表 5.1-102 条钢及型钢的标记

名称	标 记		尺寸含义	名称	标 记		尺寸含义
	符 号	尺 寸			符 号	尺 寸	
圆 钢	$\varnothing$	$d$		方 钢		$b$	
钢 管		$d \times t$				空 心	$b \times t$



(续)

名 称		标 记		尺寸含义	名 称		标 记		尺寸含义
		符 号	尺 寸				符 号	尺 寸	
扁 钢	实 心		$b \times h$		角 钢 (等边)		若无其他相应标准时, 应详细地标明型钢的规格尺寸, 并在规格尺寸前加注符号标记, 例如: L 80×69×7—500		
	空 心		$b \times h \times t$		角 钢 (不等边)				
六 角 钢	实 心		$S$		工字钢				
	空 心		$S \times t$		槽 钢				
三 角 钢		$b$		丁字钢					
半圆钢		$b \times h$		Z 字钢					
				钢 轨					
				球头扁钢					

表 5.1-103 金属结构件尺寸注法

标注对象	规 定	图 例
尺寸界线与符号断开	在平行于孔、螺栓及铆钉轴线的投影面的视图中, 尺寸界线应与其符号断开(图 a)	<p>a)</p>
孔、螺栓等对称分布时的注法	孔的直径应按图 b 的方法引出标注在孔符号的附近 若孔、螺栓、铆钉离中心线等间距时, 应按图 b 所示的方法标注尺寸	<p>b)</p>

(续)

标注对象	规 定	图 例
相同要素的注法	若孔、螺栓及铆钉的标记指一组相同的要素时,可以只标注外侧的一个要素。此时构成该组的孔、螺栓、铆钉的个数,应写在该标记之前(图 b,c)	<p style="text-align: center;">c)</p>
倒角法尺寸注法	倒角应用线性尺寸注法,如图 d,e	<p style="text-align: center;">d) e)</p>
弧长的尺寸注法	在弧的展开长度旁,应将这些长度所对应的弯曲半径表示在括号内(图 f,g)	<p style="text-align: center;">f) g)</p>
节点板的尺寸注法	标注节点板尺寸的基准系时,至少应由两条成定角的汇交重心线组成,其汇交点称为基准点。节点板的尺寸应包括上述重心线为基准的诸孔的位置尺寸、节点板的全部尺寸,以及节点板边缘与孔中心线的最小距离(图 h,i)	<p style="text-align: center;">h)</p>

(续)

标注对象	规定	图 例
节点板的尺寸注法	<p>结构型钢及条钢轴线的斜度应以直角三角形的二短边表明(三角形制)。最好标注出各基准点之间的实际距离;或者用相对于 100 的比例值表示,但应加注括号(图 h、i)</p>	

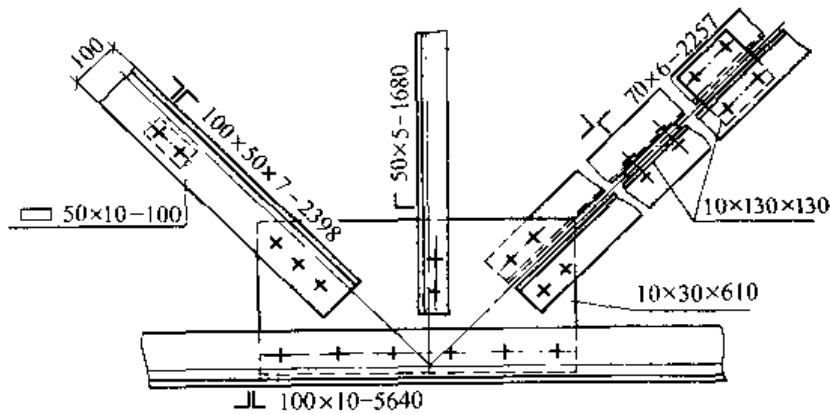


图 5.1-35 条钢及型钢标记示例

注在所画杆件之上,如图 5.1-36。

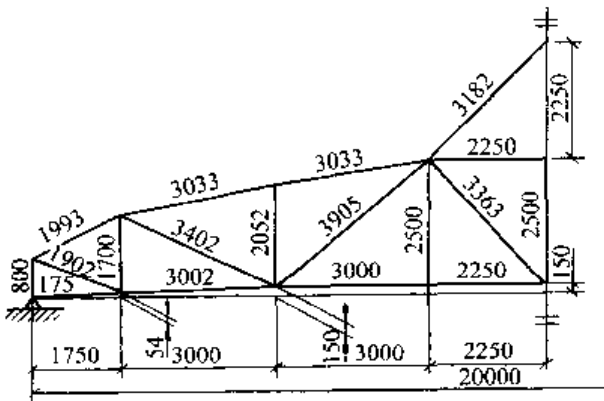


图 5.1-36 金属结构件简图表示示例

### 3.2 焊缝符号、坡口尺寸及焊接方法代号 (GB/T 324—1988、GB/T 12212—1990、GB/T 5185—1985、GB/T 986—1988)

#### 3.2.1 焊缝符号

焊缝是机械产品中常见的一种结构,在技术图样中通常表明焊缝的坡口型式、尺寸、焊缝长度、段数等内容要将这些要求在图样上完整、清晰地表达出来,可在视图、剖视图、断面上注上焊缝符号。

##### (1) 焊缝的图示法

用视图、剖视图、断面等表示焊缝的方法见表 5.1-104。

##### (2) 焊缝符号表示法

###### 1) 基本规定

a) 在任一图样中,焊缝图形符号的线宽、焊缝符号中字体的字形、字高和字体笔划宽度应与图样中其他符号(如尺寸符号、表面粗糙度符号、形位公差符号)的线宽、尺寸字体的字形、字高和笔划宽度相同。

b) 焊缝符号表示法一般由基准线(两条平行的细实线和虚线)、箭头线(细实线)和基本符号组成,必

表 5.1-104 焊缝的图示法

图示方式	规定	图例
视图	<p>视图中焊缝画法如图 a、b(表示焊缝的一系列细实线允许用徒手绘制)所示。也允许采用粗线(2b~3b)表示焊缝,如图 c,但同一图样中,只允许采用一种画法</p> <p>在表示焊缝端面的视图中,通常用粗实线绘出焊缝的轮廓。必要时,可用细实线画出焊接前的坡口形状等,如图 d 所示</p>	
剖视图或断面图	<p>在剖视图或断面图上,焊缝的金属熔焊区,通常应涂黑表示,如图 e。若同时需要表示坡口等的形状时,熔焊区部分亦可用细实线画出焊接前的坡口形状,如图 f</p>	
轴测图	<p>用轴测图示意地表示焊缝的画法,如图 g、h</p>	
局部放大图	<p>必要时,可将焊缝部位放大表示,并标注(图 i)</p>	
图示法中标注焊缝符号	<p>当在图样中采用图示法绘出焊缝时,通常应同时标注焊缝符号(图 j、k)</p>	

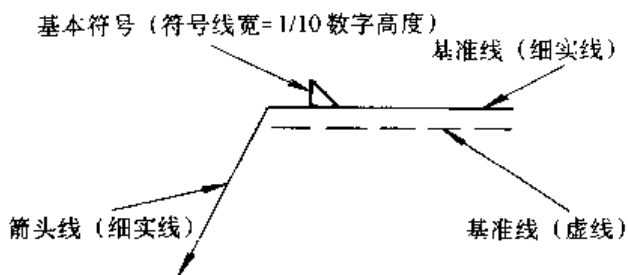


图 5.1-37 焊缝符号组成示例

要时还可以加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号,如图 5.1-37。

c) 基准线一般与图样标题栏的长边相平行;必要时,也可与图样标题栏的长边相垂直。

d) 为了方便,允许制定专门的说明书或技术要求,用以说明焊缝尺寸和焊接工艺等内容,必要时也可在焊缝符号中表示这些内容。

2) 焊缝图形符号(基本符号、辅助符号及补充符号) 焊缝图形符号的线宽  $d' = 1/10h$  ( $h$  为图样中数

字和大写字母的高度),当焊缝图形符号与基准线(细实线与细虚线)的线宽接近时,允许将焊缝图形符号加粗表示。

a) 基本符号,基本符号是表示焊缝横截面形状的

符号,见表 5.1-105。

b) 辅助符号,辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号,见表 5.1-106。辅助符号应用示例,见表 5.1-107。

表 5.1-105 焊缝的基本符号

序号	名称	示意图	符号	说明
1	卷边焊缝 <sup>①</sup> (卷边完全熔化)			$R8.5d'$ 为指向图线中心的尺寸
2	I 形焊缝			
3	V 形焊缝			
4	单边 V 形焊缝			
5	单钝边 V 形焊缝			其他尺寸参照序号 4
6	带钝边单边 V 形焊缝			其他尺寸参照序号 4
7	带钝边 U 形焊缝			$R4.5d'$ 为指向图线中心的尺寸
8	带钝边 I 形焊缝			尺寸参照序号 7
9	封底焊缝			$R8d'$ 指向图线中心的尺寸
10	角焊缝			
11	塞焊缝或槽焊缝			
12	点焊缝			$\phi 13d'$ 为指向图线中心的尺寸
				偏离中心,尺寸参照上图

(续)

序号	名称	示意图	符号	说明
13	缝焊缝			其他尺寸参照序号 12
				偏离中心; 尺寸参照上图

① 不完全熔化的卷边焊缝用 1 形焊缝符号表示, 并加注焊缝有效厚度  $S$ , 见表 5.1-117。

表 5.1-106 焊缝的辅助符号

序号	名称	示意图	符号	说明
1	平面符号			焊缝表面平齐(一般通过加工)
2	凹面符号			焊缝表面凹陷, $R7.5d'$ 为指向图线中心的尺寸。
3	凸面符号			焊缝表示凸起, 尺寸参考序号 2

表 5.1-107 辅助符号应用示例

名称	示意图	符号	名称	示意图	符号
平面 V 形对接焊缝			凹面角焊缝		
凸面 X 形对接焊缝			平面封底 V 形焊缝		

不需要明确地说明焊缝的表面形状时, 可以不用辅助符号。

例, 见表 5.1-109。

c) 补充符号: 补充符号是为了补充说明焊缝的某些特征而采用的符号, 见表 5.1-108。补充符号应用示

d) 符号应用举例: 基本符号应用举例见表 5.1-110; 基本符号组合举例见表 5.1-111; 基本符号与辅助符号组合举例见表 5.1-112。

表 5.1-108 焊缝的补充符号

序号	名称	示意图	符号	说明
1	带垫板符号			表示焊缝底部有垫板
2	三面焊缝符号			表示工件三面带有焊缝
3	周围焊缝符号			表示环绕工作周围施焊; $\phi 10d'$ 为指向围绕中心的尺寸

(续)

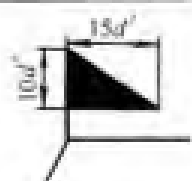
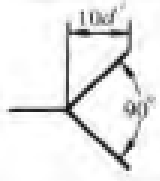
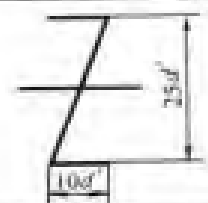
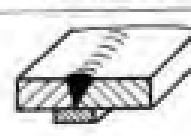
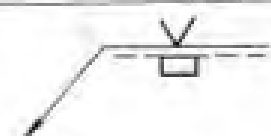
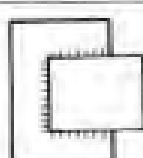

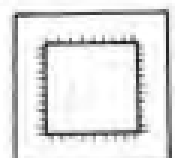
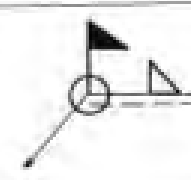
序号	名称	示意图	符号	说明
4	现场符号			表示在现场或工地施焊
5	尾部符号			在该符号后面,可标注焊接工艺方法以及焊缝条数等内容
6	交错断续焊接符号			表示焊缝由一组交替断续的相同焊缝组成

表 5.1-109 补充符号应用示例

示意图	标注示例	说明
		表示 V 形焊缝的背面底部有垫板
		工件三面带有焊缝,焊接方法为手工电弧焊
		表示在现场沿工件周围施焊

(3) 在图样上焊缝表示的位置

- 1) 箭头与接头的关系 焊缝接头与箭头侧与非箭头侧,见表 5.1-113。
- 2) 箭头线的位置 箭头线与焊缝的相对位置,见表 5.1-114。
- 3) 基本符号相对基准的位置 基准线的虚线可以画在基准线的下侧或上侧,基本符号与基准线的位置关系见表 5.1-115。
- 4) 焊缝尺寸符号及其标注位置
  - a) 焊缝尺寸符号
 基本符号必要时可附带尺寸符号及数据,焊缝尺

寸符号见表 5.1-116。

- b) 焊缝尺寸符号及数据的标注原则(图 5.1-38)。
  - ① 焊缝横截面上的尺寸标在基本符号左侧;
  - ② 焊缝长度方向尺寸标注在基本符号右侧;
  - ③ 坡口角度、坡口面角度、根部间隙等尺寸标注在基本符号的上侧或下侧;
  - ④ 相同焊缝数量符号标注在尾部;
  - ⑤ 当需要标注的尺寸数据较多又不易分辨时,可在数据前面增加相应的尺寸符号。
 当箭头方向变化时,上述标注原则不变。  
 焊缝尺寸的标注示例,见表 5.1-117。

表 5.1-110 基本符号应用举例

序号	符 号	示意图	图 示 法	标 注 方 法	
1	儿				
2					
3	V				
4	∇				
5	Y				
6	Y				
7	Y				
8	Y				
9	△				



(续)

序号	符号	示意图	图 示 法	标 注 方 法	
10	┌				
11	○				
12	⊕				

表 5.1-III 基本符号组合举例

序号	符号组合	示意图	图 示 法	标 注 方 法	
1	∩ ∪				
2	双面 				
3	∇ ∪				

(续)

序号	符号组合	示意图	图 示 法	标 注 方 法	
4	双面 ∨				
5	双面 ∠				
6	双面 Y				
7	双面 ∟				
8	双面 ∪				
9	双面 ∩				
10	∨ ∪				
11	△				

(续)


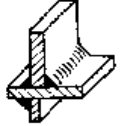

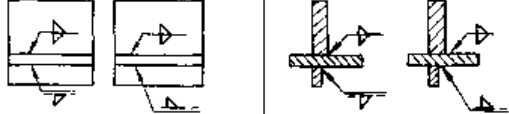
序号	符号组合	示意图	图 示 法	标 注 方 法
11				

表 5.1-112 基本符号与辅助符号组合举例


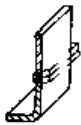




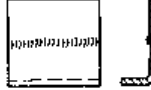
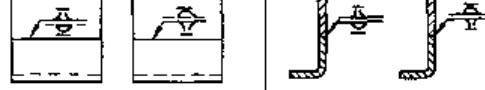





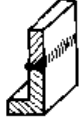



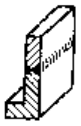

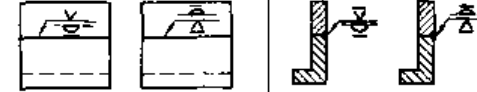


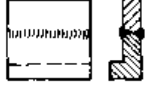


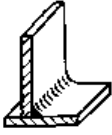


序号	符号组合	示意图	图 示 法	标 注 方 法
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

表 5.1-113 接头的箭头侧与非箭头侧

带单角焊缝的 T 形接头	<p>a) 焊缝在箭头侧</p>	<p>b) 焊缝在非箭头侧</p>
双角焊缝十字接头	<p>c)</p>	

表 5.1-114 箭头线相对焊缝的位置

规 定	图 例	
箭头线相对焊缝的位置一般没有特殊要求(图 a, b)	<p>a)</p>	<p>b)</p>
在标注 V、Y、J 形焊缝时,箭头应指向带有坡口一侧的工件(图 c, d)	<p>c)</p>	<p>d)</p>
必要时允许箭头弯折一次(图 e)	<p>e)</p>	

c) 关于尺寸符号的说明

- ① 确定焊缝位置的尺寸不在焊缝符号中给出,而是将其标注在图样上。
- ② 在基本符号的右侧无任何标注且又无其他说

明时,意味着焊缝在工件的整个长度上是连续的。

- ③ 在基本符号的左侧无任何标注且又无其他说明时,表示对接焊缝要完全焊透。
- ④ 塞焊缝,槽焊缝带有斜边时,应该标注孔底部

的尺寸。

e) 综合举例(表 5.1-119)。

d) 焊缝符号的简化标注方法(表 5.1-118)。

表 5.1-115 基本符号与基准线的位置关系

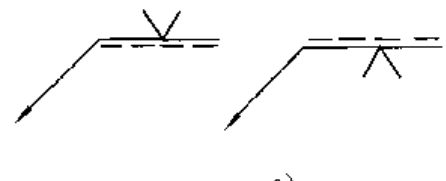
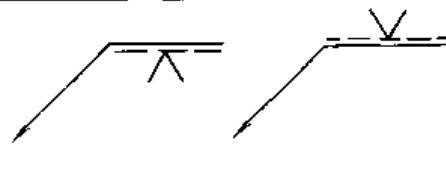
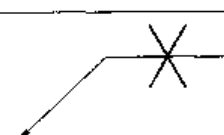
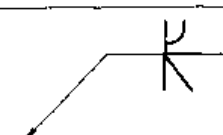
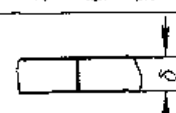

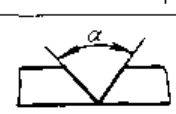
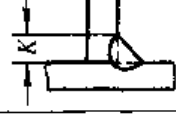
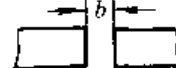



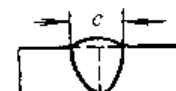
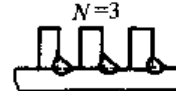



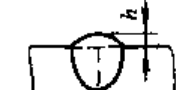
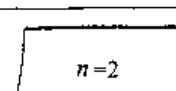

规 则	图 例
焊缝在接头的箭头侧,则将基本符号标注在基准线的实线侧(图 a)	 <p>a)</p>
焊缝在接头的非箭头侧,则将基本符号标注在基准线的虚线侧(图 b)	 <p>b)</p>
标对称焊缝及双面焊缝时,可不加细虚线(图 c、d)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>c) 对称焊缝</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d) 双面焊缝</p> </div> </div>

表 5.1-116 焊缝尺寸符号

符 号	名 称	示 意 图	符 号	名 称	示 意 图
$\delta$	工件厚度		$e$	焊缝间距	
$\alpha$	坡口角度		$K$	焊角尺寸	
$b$	根部间隙		$d$	熔核直径	
$p$	钝边		$S$	焊缝有效厚度	
$c$	焊缝宽度		$N$	相同焊缝的数量	
$R$	根部半径		$H$	坡口深度	
$l$	焊缝长度		$h$	余高	
$n$	焊缝段数		$\beta$	坡口面角度	

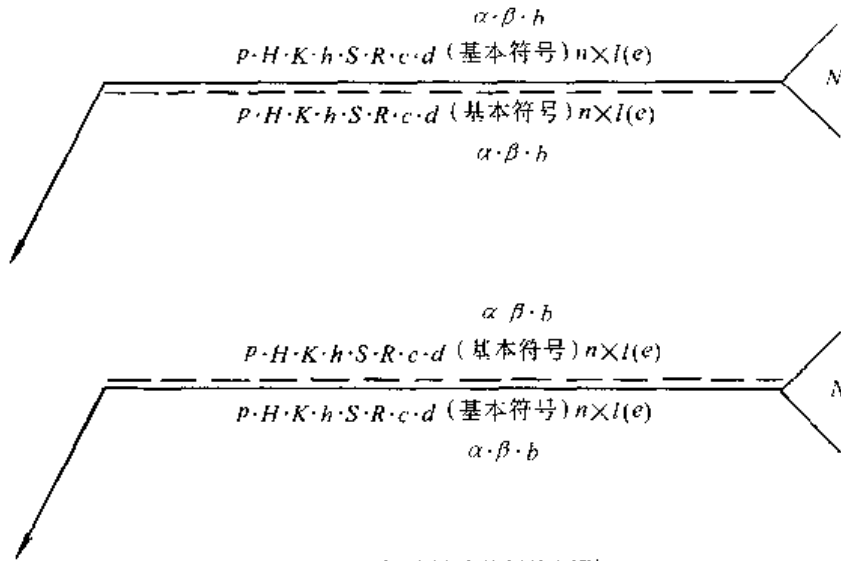


图 5.1-38 焊缝尺寸的标注原则

表 5.1-117 焊缝尺寸的标注示例

序号	名称	示意图	焊缝尺寸符号	示例
1	对接焊缝		S: 焊缝有效厚度	$S \nabla$
				$s \parallel$
				$s \Upsilon$
2	卷边焊缝		S: 焊缝有效厚度	$S \parallel$
				$S \cap$
3	连续角焊缝		K: 焊角尺寸	$K \triangle$
4	断续角焊缝		l: 焊缝长度(不计弧坑) e: 焊缝间距 n: 焊缝段数	$K \triangle n \times l (e)$
5	交错断续角焊缝		l: 焊缝长度(不计弧坑) e: 焊缝间距 n: 焊缝段数 K: 焊角尺寸	$\frac{K}{K} \triangleright \frac{n \times l (e)}{n \times l (e)}$

(续)

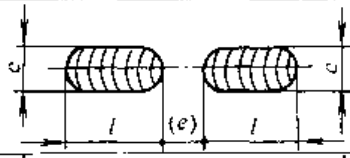
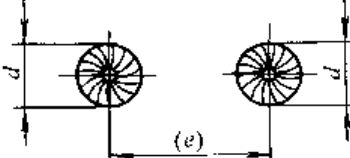
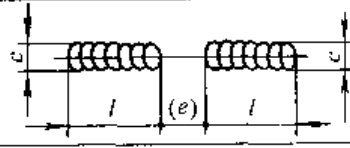
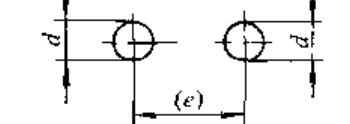
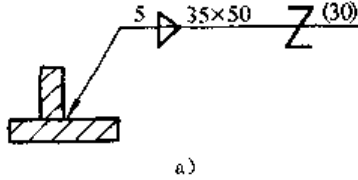
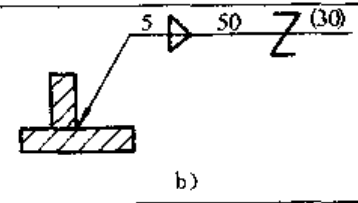
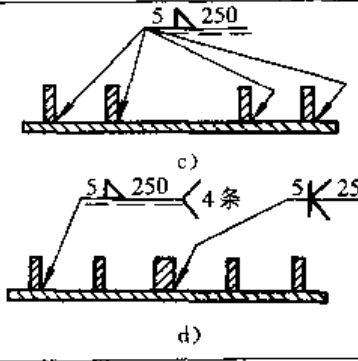
序号	名称	示意图	焊缝尺寸符号	示例
6	塞焊缝或槽焊缝		$l$ : 焊缝长度(不计弧坑) $e$ : 焊缝间距 $n$ : 焊缝段数 $c$ : 槽宽	$c \sqcap n \times l (e)$
			$n$ : 焊缝段数 $e$ : 焊缝间距 $d$ : 孔的直径	$d \sqcap n \times (e)$
7	缝焊缝		$l$ : 焊缝长度(不计弧坑) $e$ : 焊缝间距 $n$ : 焊缝段数 $c$ : 焊缝宽度	$c \oplus n \times l (e)$
8	点焊缝		$n$ : 焊缝段数 $e$ : 间距 $d$ : 焊点直径	$d \bigcirc n \times (e)$

表 5.1-118 焊缝符号的简化标注

序号	规定	图例
1	当同一图样上全部焊缝所采用的焊接方法完全相同时,焊缝尾部表示焊接方法的代号可省略不注,但必须在技术要求或其他技术文件中注明“全部焊缝均采用……焊”等字样;当大部分焊接方法相同时,也可在技术要求或其他技术文件中注明“除图样中注明的焊接方法外,其余均为……焊”等字样	
2	在焊缝符号中标注交错对称焊缝尺寸时,允许在基准线上只标注一次,如图 a	
3	当断续焊缝、对称断续焊缝和交错断续焊缝的段数无严格要求时,允许省略焊缝段数,如图 b	
4	在同一图样中,当若干条焊缝的坡口尺寸和焊缝符号均相同时,可采用图 c 的方法集中标注;当这些焊缝同时在接头中的位置均相同时,也可采用在焊缝符号的尾部加注相同的焊缝数量的方法简化标注,但其他形式的焊缝仍分别标注,如图 d	
5	当同一图样中全部焊缝相同且已用图示法明确表示其位置时,可统一在技术要求中用符号表示或用文字说明,如“全部焊缝为 5 Z”;当部分焊缝相同时,也可采用同样的方法表示,但剩余焊缝应在图样中明确标注	

(续)

序号	规定	图例
6	<p>为了简化标注方法,或者标注位置受到限制时,可以标注焊缝简化代号(图 e),但必须在该图样下方或标题栏附近说明这些简化代号的含义</p> <p>当采用简化代号标注焊缝时,在图样下方或标题栏附近的代号和符号应是图样上所注代号和符号的 1.4 倍</p>	
7	<p>在不致引起误解时,当箭头线指向焊缝,而非箭头侧又无焊缝要求时,允许省略非箭头侧的基准线(虚线),如图 f 所示</p>	
8	<p>当焊缝长度的起始和终止位置已明确(由构件的尺寸确定)时,允许在焊缝符号中省略焊缝长度(图 f)</p>	
9	<p>现场符号允许简化(图 g)</p>	

表 5.1 119 综合示例

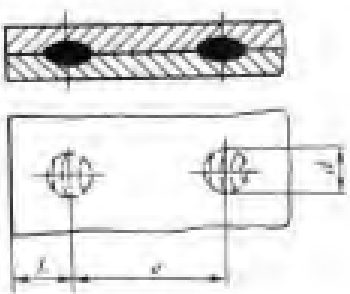
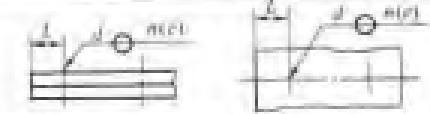
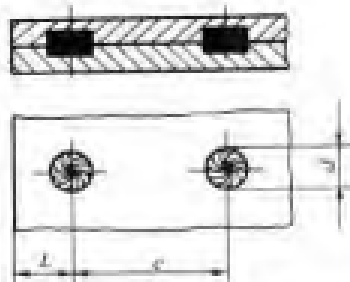
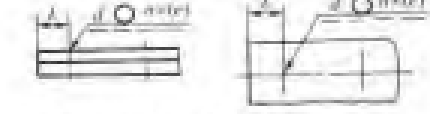
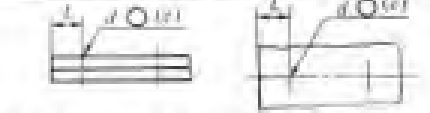

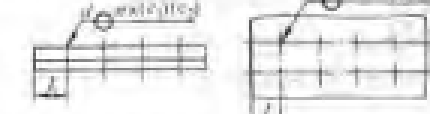

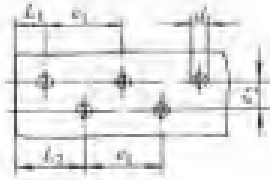


序号	视图或剖视图画法示例	焊缝符号及定位尺寸简化注法示例
1		<p>说明:断续 I 形焊缝在箭头侧;其中 L 是确定焊缝起始位置的定位尺寸</p> <p>说明:按照表 5.1-118 中序号 3 和 7 的规定,焊缝符号标注中省略了焊缝段数和非箭头侧的基准线(虚线)</p>
2		<p>说明:对称断续角焊缝,构件两端均有焊缝</p> <p>说明:按照表 5.1-118 中序号 3 的规定,焊缝符号标注中省略了焊缝段数;按照表 5.1-118 中序号 2 的规定,焊缝符号中的尺寸只在基准线上标注一次</p>



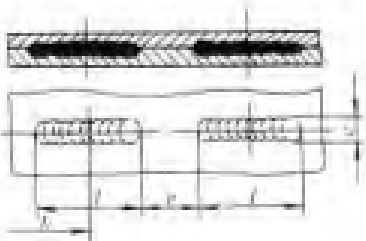
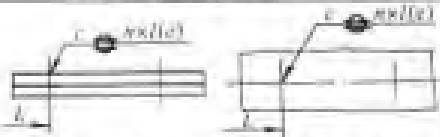
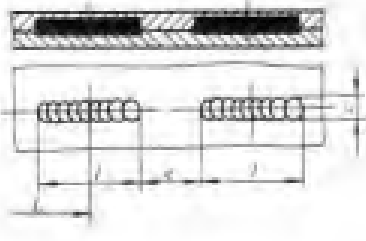
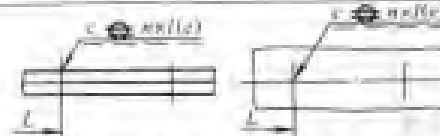
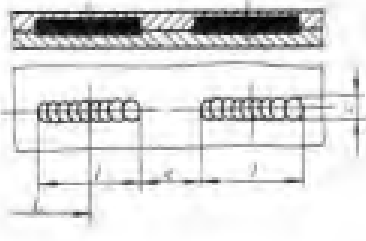
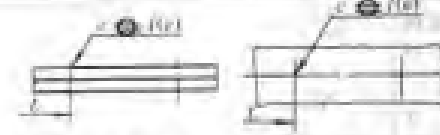
(续)

序号	视图或剖视图画法示例	焊缝符号及定位尺寸简化注法示例
3		<p>说明:交错断续角焊缝,其中 <math>L</math> 确定箭头侧焊缝起始位置的定位尺寸;工件在非箭头侧两端均有焊缝</p>
4		<p>说明:交错断续角焊缝,其中 <math>L_1</math> 是确定箭头侧焊缝起始位置的定位尺寸;<math>L_2</math> 是确定非箭头侧焊缝起始位置的定位尺寸</p>
5		<p>说明:塞焊缝在箭头侧,其中 <math>L</math> 是确定焊缝起始孔中心位置的定位尺寸</p>
6		<p>说明:按照表 5-1-118 中序号 5 和序号 7 的规定,焊缝符号标注中省略了焊缝段数和非箭头侧的基准线(虚线)</p>
		<p>说明:按照表 5-1-118 中序号 5 和序号 7 的规定,焊缝的符号标注中省略了焊缝段数和非箭头侧的基准线(虚线)</p>

(续)

序号	视图或剖视图画法示例	焊缝符号及定位尺寸简化注法示例
7		 <p data-bbox="774 403 1476 459">说明:点焊缝位于中心位置;其中<math>L</math>是确定焊缝起始焊点中心位置的定位尺寸</p>
8		 <p data-bbox="774 784 1476 817">说明:点焊缝偏离中心位置,在箭头侧</p>  <p data-bbox="774 940 1476 996">说明:按照表5.1-118中序号3和序号7的规定,焊缝符号中省略了焊缝段数和非箭头侧的基准线(虚线)</p>
9		 <p data-bbox="774 1153 1476 1243">说明:两行对称点焊缝位于中心位置;其中<math>e_1</math>是相邻两焊点中心的间距;<math>e_2</math>是点焊缝的行间距;<math>L</math>是确定第一列焊缝起始焊点中心位置的定位尺寸</p>  <p data-bbox="774 1411 1476 1467">说明:按照表5.1-118中序号3的规定,焊缝符号标注中省略了焊缝段数</p>
10		 <p data-bbox="774 1680 1476 1769">说明:交错点焊缝位于中心位置;其中<math>L_1</math>是确定第一行焊缝起始焊点中心位置的定位尺寸;<math>L_2</math>是确定第二行焊缝起始焊点的定位尺寸</p>  <p data-bbox="774 1948 1476 2038">说明:按照表5.1-118中序号3的规定,焊缝符号标注中省略了焊缝段数;按照表5.1-118中序号2的规定,焊缝符号中的尺寸只在基准线上标注一次</p>

(续)

序号	视图或剖视图画法示例	焊缝符号及定位尺寸简化注法示例
11		
		<p>说明:焊缝位于中心位置;其中 <math>L</math> 确定起始缝中心位置的定位尺寸</p>
12		
		<p>说明:焊缝偏离中心位置,在箭头侧;其中 <math>L</math> 是确定起始缝对中心位置的定位尺寸</p>
12		
		<p>说明:按照表 5.1-118 序号 3 和序号 7 的规定,焊缝符号标注中省略了焊缝段数和非箭头侧的基准线(细虚线)</p>

注:1. 图中  $L, L_1, L_2, c, a, ns, l, S, d, c, a$  等是尺寸代号,在图中应标出具体数值。

2. 在焊缝符号标注中省略焊缝段数和非箭头侧的基准线(细虚线)时,必须认真分析,不得产生误解。

### 3.2.2 坡口的基本形式与尺寸

(1) 气焊、焊条电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式和尺寸。

1) 气焊、焊条电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式见表 5.1-120。

2) 不同厚度的钢板对接接头的两板厚度  $(\delta - \delta_1)$  不超过表 5.1-120 规定时,则焊缝坡口的基本形式尺寸按较厚板的尺寸数据来选取;否则,应在厚板上作出如图 5.1-39 所示的单面或双面削薄,其削薄长度  $L \geq$

$3(\delta - \delta_1)$ ,  $\delta$ —较厚板厚度;  $\delta_1$ —薄板厚度。

3) 钝边和坡口面应去除毛刺。

4) 特殊需要的坡口形式和尺寸,可根据具体情况自行规定。

5) 焊接接头为了达到全熔透的目的允许进行清根焊接。

气焊、手工电弧焊、气体保护焊坡口基本形式与尺寸见表 5.1-120;气焊、手工电弧焊、气体保护焊对接时板厚差见表 5.1-121。

#### (2) 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸

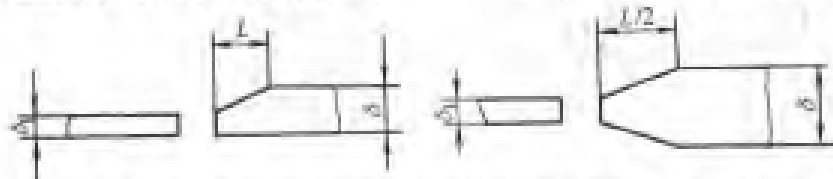


图 5.1-39 气焊、手工电弧焊、气体保护焊坡口基本形式和尺寸

1) 埋弧焊坡口的基本形式和尺寸,见表 5.1-122。

2) 为了获得全焊透焊缝,允许焊缝清根。

3) 不同厚度钢板对接焊的重要受力接头,如果两

板厚度差  $(\delta - \delta_1)$  符合表 5.1-123 规定时,其坡口尺寸按厚板的厚度选择,否则按图 5.1-40 所示,单面削薄或双面削薄,削薄长度  $L \geq 3(\delta - \delta_1)$ ,  $\delta$ —较厚板厚度;

$\delta_1$ —薄板厚度。

4) 特殊需要的焊缝坡口形式和尺寸,可根据具体情况自行规定。

埋弧焊对接时允许的板厚差,见表 5.1-124。

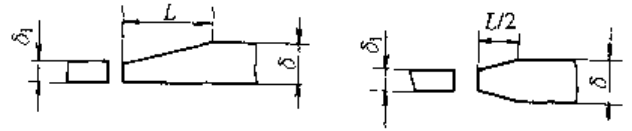


图 5.1-40 埋弧焊接头削薄

表 5.1-120 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊坡口基本形式与尺寸

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha$ ( $\beta$ )	$b$	$P$	$H$	$R$	
1	1~2	卷边坡口				—	—	—	—	1~2	大多不加填充材料
2	1~3 3~6	I形坡口				—	0~1.5	—	—	—	
3	2~4	I形带垫板坡口				—	0~3.5	—	—	—	
4	3~26	Y形坡口				40°~60°	0~3	1~4	—	—	
5	>16	V形带垫板坡口				(5°~15°)	6~15	—	—	—	
6	6~26	Y形带垫板坡口				45°~55°	3~6	0~2	—	—	
7	>20	VY形坡口				60°~70° (8°~10°)	0~3	1~3	8~10	—	
8	20~60	带钝边U形坡口				(1°~8°)	0~3	1~3	—	6~8	
9	12~60	双Y形坡口				40°~60°	0~3	1~3	—	—	

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha$ ( $\beta$ )	$b$	$P$	$H$	$R$	
10	$>10$	双 V形 坡口				$40^\circ \sim 60^\circ$	$0 \sim 3$	—	$\delta/2$	—	
11	$>10$	2/ 3 双 V形 坡口				$40^\circ \sim 60^\circ$	$0 \sim 3$	—	$\delta/3$	—	
12	$>30$	双 U形 坡口 带钝 边				$(1^\circ \sim 8^\circ)$	$0 \sim 3$	$2 \sim 4$	$\frac{\delta-P}{2}$	$6 \sim 8$	
13	$>30$	UY 形 坡口				$40^\circ \sim 60^\circ$ $(1^\circ \sim 8^\circ)$	$0 \sim 3$	$2 \sim 4$	$\frac{\delta-P}{2}$	$6 \sim 8$	
14	$3 \sim 40$	单 边V 形 坡 口				$(35^\circ \sim 50^\circ)$	$0 \sim 4$	—	—	—	
15	$>16$	单 边V 形 带 垫 板 坡 口				$(12^\circ \sim 30^\circ)$	$6 \sim 10$	—	—	—	
16	$6 \sim 15$	V 形 带 垫 板 坡 口				$30^\circ \sim 40^\circ$	$3 \sim 5$	—	—	—	
	$20^\circ \sim 30^\circ$					$5 \sim 8$	—	—	—		
17	$>16$	带 钝 边 J 形 坡 口				$(10^\circ \sim 20^\circ)$	$0 \sim 3$	$2 \sim 4$	—	$6 \sim 8$	
18	$>30$	带 钝 边 双 J 形 坡 口				$(10^\circ \sim 20^\circ)$	$0 \sim 3$	$2 \sim 4$	—	$6 \sim 8$	
19	$>10$	双 边 单 边 V 形 坡 口				$(35^\circ \sim 50^\circ)$	$0 \sim 3$	—	$\delta/2$	—	

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha$ ( $\beta$ )	$b$	$P$	$H$	$R$	
19	$>10$	双 单 V形 坡口	K			$(35^\circ \sim 50^\circ)$	$0 \sim 3$	—	$\delta/2$	—	
20	$2 \sim 8$	I形坡口	=			—	$0 \sim 2$	—	—	—	
			$\nabla$			—	—	—	—	—	
21	$4 \sim 30$	错边 I形坡口	$\nabla$			—	$0 \sim 2$	—	—	—	$\alpha$ 值由设计确定
			$\nabla$			—	—	—	—	—	
22	$12 \sim 38$	Y形坡口	Y			$40^\circ \sim 50^\circ$	$0 \sim 2$	$0 \sim 3$	—	—	
			$\nabla$			—	—	—	—	—	
23	$6 \sim 30$	带钝边单V形坡口	Y			$35^\circ \sim 50^\circ$	$0 \sim 3$	$1 \sim 3$	—	—	
			$\nabla$								
			$\nabla$								
24	$20 \sim 40$	带钝边双单V形坡口	K			$35^\circ \sim 50^\circ$	$0 \sim 3$	$1 \sim 3$	—	—	
25	$20 \sim 40$	带钝边双单V形坡口	$\nabla$			$(40^\circ \sim 50^\circ)$	$0 \sim 3$	$1 \sim 3$	—	—	
26	$2 \sim 30$	I形坡口	=			—	$0 \sim 2$	—	—	—	仅适用于薄板
			$\nabla$			—	—	—	—	—	
27	$2 \sim 30$	I形坡口	$\nabla$			—	$0 \sim 2$	—	—	—	$\alpha$ 值由设计确定

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形式	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha$ ( $\beta$ )	$b$	$P$	$H$	$R$	
28	1~3	锁边坡口				(30°~60°) (0°~8')	-	-	-	-	
29	>2	塞焊坡口				-	-	-	-	-	孔径 $\phi \geq (0.8 \sim 2) \delta$ 且 $\leq 10$ , 若为长孔, $L$ 由设计确定, 塞焊点间距由设计确定

表 5.1-121 气焊、焊条电弧焊及气体保护焊对接时板厚差

(mm)

较薄板厚度 $\delta_1$	$\geq 2 \sim 5$	$> 5 \sim 9$	$> 9 \sim 12$	$> 12$
允许的厚度 ( $\delta - \delta_1$ )	1	2	3	4

表 5.1-122 埋弧焊坡口基本形式与尺寸

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形状	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha$ ( $\beta$ )	$b$	$P$	$H$	$R$	
1	3~10	I 形带垫板坡口				-	0~1	-	-	-	焊缝有效厚度值由设计者确定
2	3~6					-	0~1	-	-	-	封底焊缝允许采用任何明弧焊
3	6~20					0~2.5	-	-	-	允许后焊侧采用碳弧气刨清根	
4	6~12					0~4	-	-	-	需采用 HD (焊剂垫) 和 TD (铜垫) 保护熔池	
5	6~24					0~4	-	-	-	需采用 HD 保护熔池同序号 3	
6	3~12	I 形带垫板坡口				-	0~5	-	-	-	
7	10~20	带钝边单边 V 形坡口				(35°~50°)	0~4	5~8	-	-	同序号 4
8	10~20	带钝边单边 V 形坡口				(35°~50°)	0~2.5	6~10	-	-	同序号 3
9	10~30	带钝边单边 V 形带垫板坡口				(20°~40°)	2~5	0~4	-	-	

(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形状	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha^\circ(\beta^\circ)$	$b$	$P$	$H$	$R$	
10	16~30	带钝边单边 V 形锁边坡口				(20°~40°)	2~5	0~4	-	-	
11	20~50	带钝边 J 形坡口				(6°~12°)	0~2	6~10	-	3~10	
12	10~24	Y 形坡口				50°~80°	0~2.5	5~8	-	-	同序号 4
13	10~30					40°~80°	0~2.5	6~10	-	-	同序号 3
14	10~30	Y 形带垫板坡口				40°~60°	2~5	2~5	-	-	
15	16~30	V 形锁边坡口				40°~60°	2~5	2~5	-	-	
16	6~16	反 Y 形坡口				60°~70°	0~3	-	5~10	-	坡口侧采用手工明弧焊同序号 3
17	30~60	VY 形复合坡口				(8°~12°) 65°~72°	0~2.5	1~3	8~12	-	底焊缝采用任何明弧焊,全焊透至 H 高度
18	20~30	带钝边双单边 V 形坡口				$\beta$ - 45°~60° $\beta_1$ = 40°~50°	0~2.5	5~10	-	-	允许采用不对称坡口
19	24~60	双 Y 形坡口				$\alpha$ = 50°~80° $\alpha_1$ = 50°~60°	0~2.5	5~10	-	-	① $\alpha = \alpha_1$ , 只标出 $\alpha$ 值 ② 允许采用角度不对称, 高度不对称, 角度高度都不对称的双 Y 形坡口
20	50~160	带钝边双 U 形坡口				(5°~12°)	0~2.5	6~10	-	6~10	① $\beta = \beta_1$ , 只标出 $\beta$ 值 ② 允许采用角度不对称, 高度不对称, 角度高度都不对称的双 U 形坡口
21	40~160	UY 形坡口				(5°~10°) 70°~80°	0~2.5	2~3	9~11	8~11	同序号 2



(续)

序号	工件厚度 $\delta$ /mm	名称	符号	坡口形状	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha$ ( $\beta$ )	$b$	$P$	$H$	$R$	
22	60~250	窄间隙坡口				(1°~3°) 70°~80°	0~2	1.5~2.5	9~11	8~11	① 窄间隙坡口适用于首层焊一道,以后每层焊两道 ② 内坡口侧采用任何明弧焊
23	6~11	I形坡口				—	0~2.5	—	—	—	$\delta > \delta_1$ ; 同序号2
24	10~20	带钝边单边V形坡口				(35°~45°)	0~2.5	0~3	—	—	同序号2
25	20~40	带钝边双面单边V形坡口				$\beta =$ 35°~45° $\beta_1 =$ 40°~50°	0~2.5	1~3	0~10	—	同序号2
26	30~120	带钝边单边U形单边V形组合坡口				$\beta =$ 10°~20° $\beta_1 =$ 40°~50°	0~2.5	1~3	0~10	7~10	同序号2
27	2~60	I形坡口				—	0~3	—	—	—	
28	2~60					—	0~2	—	—	—	
29	10~24	带钝边单边V形坡口				(35°~45°)	0~2.5	3~7	—	—	同序号2
30	10~40	带钝边双单边V形坡口				(10°~50°)	0~2.5	3~5	—	—	允许采用对称坡口
31	30~60	带钝边双J形坡口				(30°~50°)	0~2.5	3~5	—	5~7	同序号3

(续)

序号	工件厚度 $\delta/\text{mm}$	名称	符号	坡口形状	焊缝形式	坡口尺寸/mm					说明
						$\alpha^\circ(\beta^\circ)$	$b$	$P$	$H$	$R$	
32	3~12	搭接接头					0~1	—	—	—	搭接长度 $l$ 根据具体情况定

表 5.1-123 埋弧焊对接时板厚差

(mm)

较薄板厚度 $\delta_1$	$\geq 2\sim 5$	$> 5\sim 9$	$> 9\sim 12$	$> 12$
允许厚度差 $(\delta-\delta_1)$	1	2	3	4

3.2.3 金属焊接及钎焊方法在图样上的表示代号

电弧焊代号第一位为 1

代号	焊接方法	代号	焊接方法
11	无气体保护的电弧焊	136	非惰性气体保护药芯焊丝电弧焊
111	手弧焊(涂料焊条熔化极电弧焊)	137	非惰性气体保护熔化极电弧点焊
112	重力焊(涂料焊条重力电弧焊)	14	非熔化极气体保护电弧焊
113	光焊丝电弧焊	141	TIG 焊: 钨极惰性气体保护焊(含钨极氩弧焊)
114	药芯焊丝电弧焊	142	TIG 点焊
115	涂层焊丝电弧焊	149	原子氢焊
116	熔化极电弧点焊	15	等离子弧焊
118	躺焊	151	大电流等离子弧焊
12	埋弧焊	152	微束等离子弧焊
121	丝极埋弧焊	153	等离子粉末堆焊(喷焊)
122	带极埋弧焊	154	等离子填丝堆焊(冷、热焊)
13	熔化极气体保护电弧焊	155	等离子 MIG 焊
131	MIG 焊: 熔化极惰性气体保护焊(含熔化极氩弧焊)	156	等离子弧点焊
135	MAG 焊: 熔化极惰性气体保护焊(含二氧化碳气体保护焊)	18	其他电弧焊
		181	碳弧焊
		182	旋弧焊

电阻焊代号第一位为 2。

代号	焊接方法	代号	焊接方法
21	点焊	24	闪光焊
22	缝焊	25	电阻对焊
221	搭接缝焊	29	其他电阻焊
225	加带缝焊	291	高频电阻焊
23	凸焊		

气焊代号第一位为 3

代号	焊接方法	代号	焊接方法
31	氧-燃气焊	32	空气-燃气焊
311	氧-乙炔焊	321	空气-乙炔焊
312	氧-丙烷焊	322	空气-丙烷焊
313	氢-氧焊	33	氧乙炔喷焊(堆焊)

压焊代号第一位为 4

代号	焊接方法	代号	焊接方法
41	超声波焊	441	爆炸焊
42	摩擦焊	45	扩散焊
43	锻焊	47	气压焊
44	高机械能焊	48	冷压焊

其他焊接方法代号第一位为 7

代号	焊接方法	代号	焊接方法
71	铝热焊	73	气电立焊
72	电渣焊	74	感应焊

(续)

代号	焊接方法	代号	焊接方法
75	光束焊	77	储能焊
751	激光焊	78	螺柱焊
752	弧光光束焊	781	螺柱电弧焊
753	红外线焊	782	螺柱电阻焊
76	电子束焊		

硬钎焊、软钎焊、钎接焊代号第一位为 9

代号	焊接方法	代号	焊接方法
91	硬钎焊	944	浸沾软钎焊
911	红外线硬钎焊	945	盐浴软钎焊
912	火焰硬钎焊	946	感应软钎焊
913	炉中硬钎焊	947	超声波软钎焊
914	浸沾硬钎焊	948	电阻软钎焊
915	盐浴硬钎焊	949	扩散软钎焊
916	感应硬钎焊	951	波峰浇注软钎焊
917	超声波硬钎焊	952	烙铁软钎焊
918	电阻硬钎焊	953	摩擦软钎焊
919	扩散硬钎焊	954	真空软钎焊
923	摩擦硬钎焊	96	其他软钎焊
924	真空硬钎焊	97	钎接焊
93	其他硬钎焊	971	气体钎接焊
94	软钎焊	972	电弧钎接焊
941	红外线软钎焊		
942	火焰软钎焊		
943	炉中软钎焊		

示例

单一焊接代号的表示(图 5.1-41)

组合焊接代号的表示(图 5.1-42)

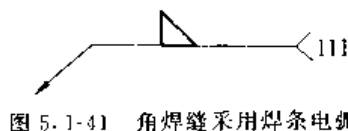


图 5.1-41 角焊缝采用焊条电弧焊

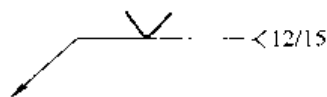


图 5.1-42 V 形焊缝先用等离子弧焊打底, 后用埋弧焊盖面

### 3.3 机械加工定位、夹紧符号(JB/T 5061—1991)

机械加工定位、夹紧符号包括定位支承符号、辅助支承符号、夹紧符号和常用定位、夹紧装置符号(简称装置符号)。

#### 3.3.1 定位、夹紧辅助支承符号及装置符号

(1) 定位支承符号(表 5.1-124)和辅助支承符号(表 5.1-125)

(2) 夹紧符号(表 5.1-126)

表 5.1-124 定位支承符号

类型	符 号			
	独立定位		联合定位	
	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面
固定式				
活动式				

注:视图正面是指观察者面对的投影面。

表 5.1-125 辅助支承符号

独立支承		联合支承	
标注在视图轮廓线上	标注在视图正面	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面

注:视图正面是指观察者面对的投影面。

表 5.1-126 夹紧符号

夹紧动力源类型	符 号			
	独立夹紧		联合夹紧	
	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面
手动夹紧				
液压夹紧				
气动夹紧				
电磁夹紧				

注:视图正面是指观察者面对的投影面。表中的字母为大写汉语拼音。

(3) 常用定位、夹紧装置符号(简称装置符号)(见表 5.1-127)

表 5.1-127 常用装置符号

序号	符号	名称	简图	序号	符号	名称	简图
1		固定 顶尖		12		二爪 卡盘	
2		内顶尖		13		四爪 卡盘	
3		回转 顶尖		14		中心架	
4		外拨 顶尖		15		跟刀架	
5		内拨 顶尖		16		圆柱 衬套	
6		浮动 顶尖		17		螺纹 衬套	
7		伞形 顶尖		18		止口盘	
8		圆柱 心轴					
9		锥度 心轴					
10		螺纹 心轴 (花键心轴也用此符号)					
11		弹性 心轴 (包括塑料心轴)					
		弹簧 夹头					

(续)

序号	符号	名称	简图	序号	符号	名称	简图
19		拨杆		24		平口钳	
20		垫铁		25		中心堵	
21		压板		26		V形铁	
22		角铁		27		软爪	

### 3.3.2 符号画法

1) 定位支承符号和辅助支承符号的尺寸按图 5.1-43。活动式定位支承符号和辅助支承符号内的波纹形状不作规定。符号的图线为细线,符号高度  $h$  应是工艺图中数字高度的 1~1.5 倍。这些符号允许标注在视图轮廓线的延长线或投影面的指引线上,如表 5.1-128 中的序号

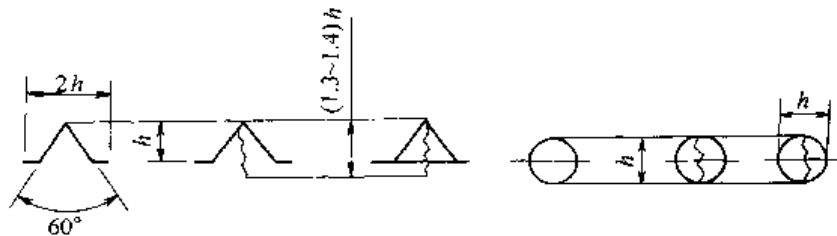


图 5.1-43 定位支承符号与辅助支承符号的尺寸

联合定位与辅助支承符号的基本图形尺寸应符合图 5.1-43 的规定,基本符号间的连线长度可根据工艺图中的大小与位置确定。连线允许画成折线,如表 5.1-128 序号 29 所示。

2) 夹紧符号的尺寸应根据工艺图中的大小与位置确定,符号的图线宽度为细线。联动夹紧符号的连线长度应根据工艺图中的位置确定,允许连续画成折线,如表 5.1-128 中序号 28 所示。

19 和 29 及表 5.1-129 中的序号 3 和 4 所示。

未剖切的中心孔引出线应由轴心线与端面投影的交点开始,如表 5.1-128 中序号 1 和 2 所示。在工件的一个定位面上布置两个以上定位点,且对每个点的位置无特定要求时,允许用定位符号右边加数字的方法进行表示,不必将每个定位点的符号都画出,符号右边数字的高度应与符号高度  $h$  一致。

3) 装置符号的大小应根据工艺图中的位置确定,其图线宽度为细线。

### 3.3.3 应用示例

定位、夹紧符号和装置符号标注示例见表 5.1-128;夹紧符号应用及相应的夹具结构示例见表 5.1-129。

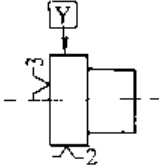
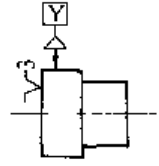
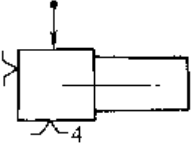
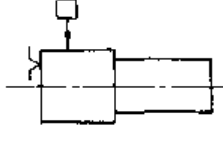
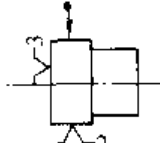
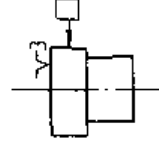
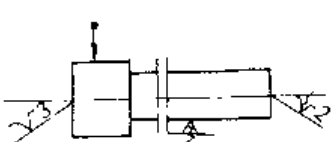
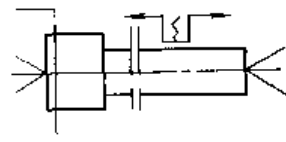
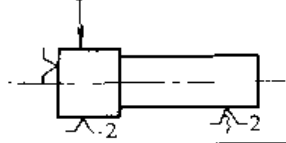
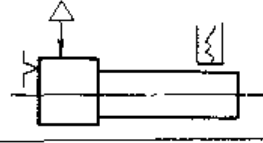
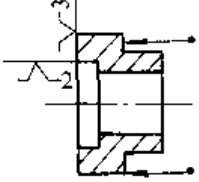
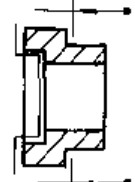
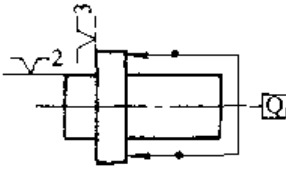
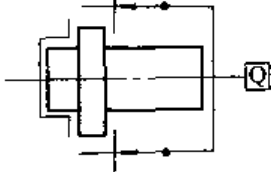
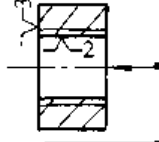
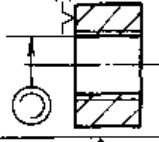
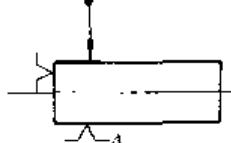
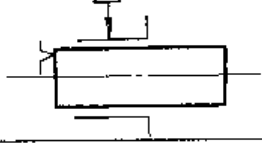
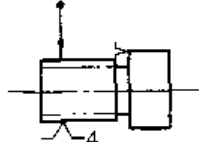
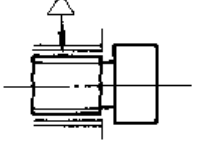
表 5.1-128 定位、夹紧符号和装置符号标注示例

序号	说明	定位、夹紧符号标注示意图	装置符号标注或与定位、夹紧符号联合标注示意图
1	床头固定顶尖、床尾固定顶尖定位拨杆夹紧		

(续)

序号	说明	定位、夹紧符号标注示意图	装置符号标注或与定位、夹紧符号联合标注示意图
2	床头固定顶尖、床尾浮动顶尖定位拔杆夹紧		
3	床头内拨顶尖、床尾回转顶尖定位夹紧		
4	床头外拨顶尖、床尾回转顶尖定位夹紧		
5	床头弹簧夹头定位夹紧,夹头内带有轴向定位,床尾内顶尖定位		
6	弹簧夹头定位夹紧		
7	液压弹簧夹头定位夹紧,夹头内带有轴向定位		
8	弹性心轴定位夹紧		
9	气动弹性心轴定位夹紧,带端面定位		
10	锥度心轴定位夹紧		
11	圆柱心轴定位夹紧,带端面定位		
12	三爪自定心卡盘定位夹紧		

(续)

序号	说 明	定位、夹紧符号标注示意图	装夹符号标注或与定位、夹紧符号联合标注示意图
13	液压三爪卡盘定位夹紧,带端面定位		
14	四爪卡盘定位夹紧,带轴向定位		
15	四爪卡盘定位夹紧,带端面定位		
16	床头固定顶尖,床尾浮动顶尖定位,中部有跟刀架辅助支承,拔杆夹紧(细长轴类零件)		
17	床头三爪卡盘带轴向定位夹紧,床尾中心架支承定位		
18	止口盘定位螺栓压板夹紧		
19	止口盘定位气动压板联动夹紧		
20	螺纹心轴定位夹紧		
21	圆柱衬套带有轴向定位,外用三爪卡盘夹紧		
22	螺纹衬套定位,外用三爪卡盘夹紧		

(续)

序号	说明	定位、夹紧符号标注示意图	装置符号标注或与定位、夹紧符号联合标注示意图
23	平口钳定位夹紧		
24	电磁盘定位夹紧		
25	软爪三爪卡盘定位夹紧		
26	床头伞形顶尖, 床尾伞形顶尖定位, 拔杆夹紧		
27	床头中心堵, 床尾中心堵定位, 拔杆夹紧		
28	角铁、V形铁及可调支承定位, 下部加辅助可调支承, 压板联动夹紧		
29	一端固定 V 形铁, 平面垫铁定位, 另一端可调 V 形铁定位夹紧		

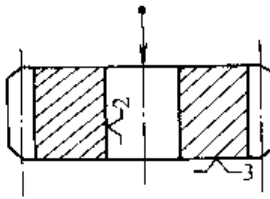
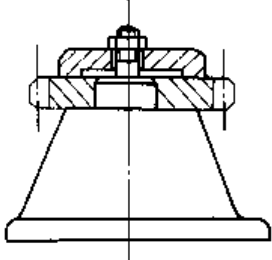
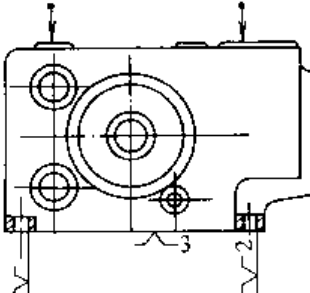
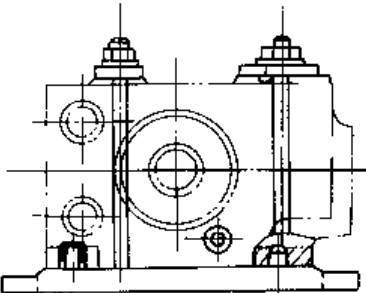
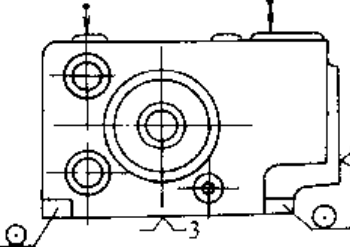
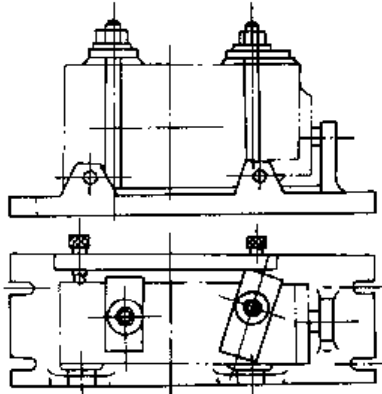
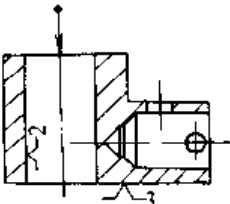
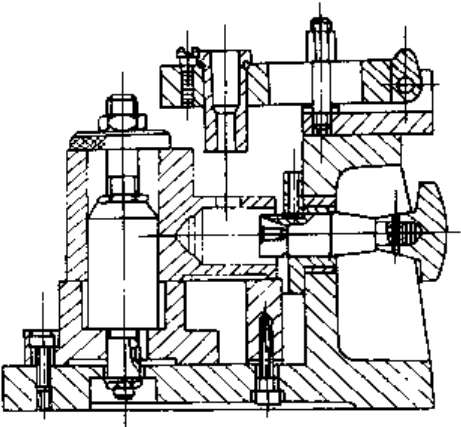
表 5.1-129 夹紧符号应用及相应的夹具结构示例

序号	说明	定位、夹紧符号应用示例	夹具结构示例
1	安装在 V 形夹具体内的销轴(铣槽)		

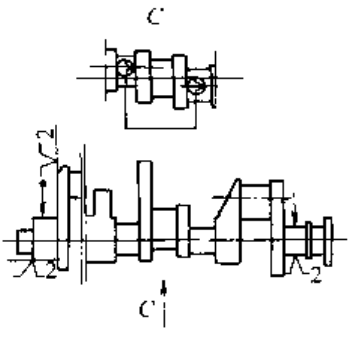
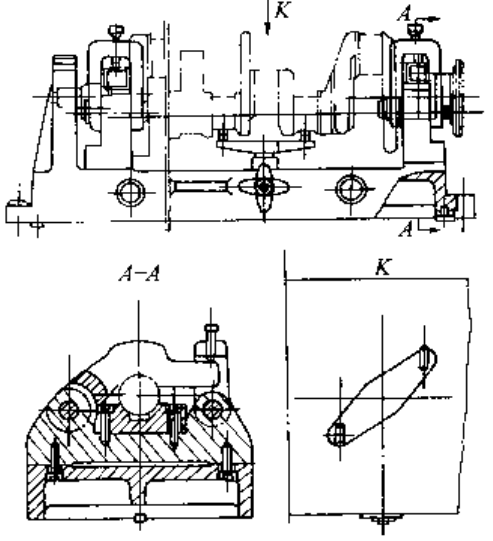
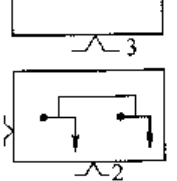
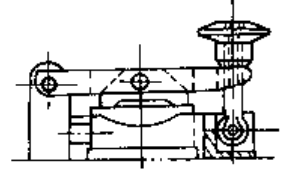
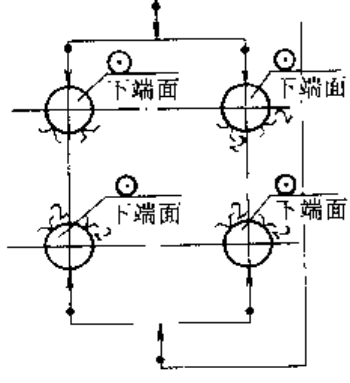
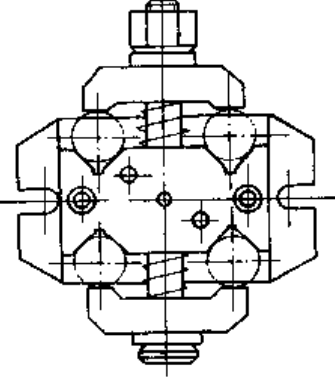
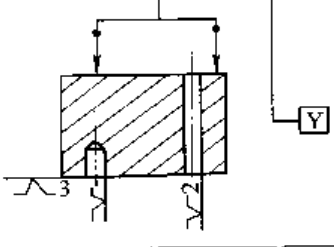
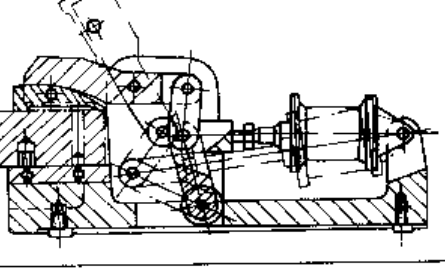
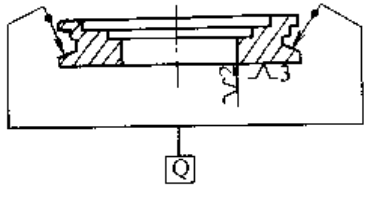
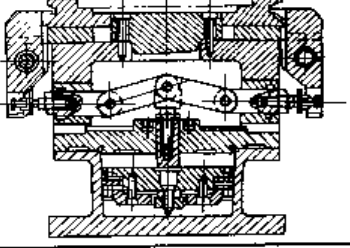
(三件同加工)



(续)

序号	说 明	定位、夹紧符号应用示例	夹具结构示例
2	安装在铣床底座上的齿轮(齿形加工)		
3	安装在一圆柱销和一菱形销夹具上的箱体(箱体镗孔)		
4	安装在二面定位夹具上的箱体(箱体镗孔)		
5	安装在钻模上的支架(钻孔)		

(续)

序号	说明	定位、夹紧符号应用示例	夹具结构示例
6	安装在专用曲轴夹具上的曲轴(铣曲轴侧面)		
7	安装在联动夹紧夹具上的垫块(加工端面)		
8	安装在联动夹紧夹具上的多件短轴(加工端面)		
9	安装在液压杠杆平紧夹具上的垫块(加工侧面)		
10	安装在气动铰链杆夹具上的圆盘(加工上平面)		

#### 4 技术产品图样常用图形符号——用于非投影图

机械行业非投影图上用的 tpd 符号,已制定成标准的有很多。本节仅摘要介绍通用的并与机械设计有关的内容。它们属于管道系统的有:《管道系统的图形符号》、《液压气动图形符号》,属于机械运动和传动的有《机构运动简图符号》。

##### 4.1 管道系统的图形符号(GB/T 6567—1986)

《管道系统的图形符号》规定了管道系统中常用的图形符号及其制订、使用和组合派生的基本原则。管道系统中常用的图形符号适用于输送液体、气体及其他介质的管道系统原理图,也可用于有关的其他设计图样。

###### 4.1.1 基本原则

管道系统中常用的图形符号是按形象化、简化、清晰便于手工、计算机绘图及缩微复制等要求制订的。

管道系统中常用图形符号是按管道水平时绘制的,也适用于任何位置的管道,但图形符号内的字符、

指针等仍按管道为水平时表示。

管道系统中常用的图形符号一般用粗实线(线宽 0.5~2mm)绘制。对管件、阀门及控制元件等图形符号允许用细实线绘制。同一图样上图形符号的各类线型宽度应分别保持一致,两平行线间的最小距离应为 0.7mm。

位于图形符号内或与符号组合在一起使用的字母、数字和所有其他字符,应按直体书写,他们的线宽应与符号本身的线宽相同。

功能相关的图形符号应成组设计,可由一基本符号与附加符号或符号要素组成。成组符号的特征是:形状相似或含义相似或所表示的对象相似或用法相似等。

未作规定的管道系统中的图形符号可根据本标准的原则组合或派生。

管道系统中常用的图形符号一般在单线管道中使用。必要时,也可用于双线管道。

在应用时,图形符号的大小可适当地按比例放大或缩小。

###### 4.1.2 管道的图形符号和标注

管道的图形符号,见表 5.1-130。管道的一般连接形式,见表 5.1-131。管道中常用介质的类别代号,见表 5.1-132。

表 5.1-130 管道的图形符号

名称	符号	说明
方法一: 可见管道 不可见管道 假想管道		方法一: 符号表示图样上管道与有关剖切平面的相对位置。介质状态、类别和性质用规定的代号注在管道符号上方或中断处表示,必要时应在图样上加注图例说明
方法二:		方法二: 符号表示介质的状态、类别和性质,并应在图样上加注图例说明。如不够用时,可按符号的规律进行派生或另行补充
挠性管,软管		
保护管		起保护管道的作用,使其不受撞击,防止介质污染、绝缘等,可在被保护管道的全部或局部上用该符号表示或省去符号仅用文字说明
电伴热管		
夹套管		管道内及夹层内均有介质出入,该符号可用波浪线断开表示
蒸汽伴热管		
电伴热管		
电伴热管		
交叉管		指两管道交叉不连接,当需要表示两管道相对位置时,其中在下方或后方的管道应断开表示

(续)

名称	符 号	说 明
相交管		指两管道相交连接,连接点的直径为所连接管道符号线宽 $b$ 的 3~5 倍
弯折管		表示管道朝向观察者弯成 90°
		表示管道背离观察者弯成 90°
介质流向		一般标注在靠近阀的图形符号处,箭头的形式按 GB/T 4458.4—2002《机械制图 尺寸注法》的规定绘制
管道坡度	$\geq 0.002$ $\geq 3^\circ$ $\geq 1:500$	管道坡度符号按 GB/T 4458.4—2002 中的斜度符号绘制

① 方法一和方法二应尽量避免在同一图样上同时使用。

表 5.1-131 管道的一般连接形式

名称	符 号	说 明
螺纹连接		必要时可用文字说明,省略符号绘制
法兰连接		
承插连接		
焊接连接		焊点符号的直径约为所连接管道符号线宽的 3~5 倍,必要时可以省略

表 5.1-132 管路中介质的类别代号

介质类别	空 气	蒸 汽	油	水
代号	A	S	O	W
英文名称	Air	Steam	Oil	Water

管道中其他介质的类别代号用相应的英语第一位大写字母表示,如与表 5.1-132 中规定的类别代号重复时,则用前两位大写字母表示。也可采用该介质化合物分子式符号(如硫酸为  $H_2SO_4$ )或国际通用代号(如聚氯乙烯 PVC)表示其类别。必要时,可在类别代号的右下角注上阿拉伯数字,以区别该类介质的不同状态

表 5.1-134

规 定	图 例
标高符号一般采用图 a 的形式。当注写位置不够时可采用图 b 的形式	
标高的单位一律为米(m)。管道一般指管中心的标高。必要时,也可注管底的标高。标高一般注写至小数点以后二位。零点标高注成 $\pm 0.00$ ,正标高前可不加正号(+),但负标高前必须加注负号(-)	
标高一般应标注在管道的起始点、末端、转弯及交点处,如图 c~图 g。如需同时表示几个不同的标高时,可按图 h 标注	

和性质。

管道的标注包括管径和标高的标注,管径的标注见表 5.1-133。标高的标注见表 5.1-134。

表 5.1-133 管径标注

类 别	说 明	图 例
无缝钢管或有色金属管道	采用“外径×壁厚”标注,如 $\phi 108 \times 4$ ,其中 $\phi$ 允许省略	
水、煤气输送钢管、铸铁管、塑料管等其他管道	采用公称直径“DN”标注	

4.1.3 管件的图形符号

常用的管接头图形符号,见表 5.1-135。管帽及其他图形符号,见表 5.1-136。常用的伸缩器图形符号,见表 5.1-137。常用的管架图形符号,见表 5.1-138。

标高标注

表 5.1-135 管接头图形符号

名称	符号	名称	符号
弯头(管) <sup>①</sup>		同心异径管接头	
三通 <sup>①</sup>		偏心异径管接头	同底
四通 <sup>①</sup>			同顶
活接头		双承插管接头	
外接头		快换接头	
内外螺纹接头			

① 符号以螺纹连接为例。如法兰、承插和焊接连接形式,可按规定的图形符号组合派生。

表 5.1-136 管帽图形符号

名称	符号	名称	符号
螺纹管帽 <sup>①</sup>		盲板	
堵头 <sup>②</sup>		管间盲板	
法兰盖			

① 管帽螺纹为内螺纹。

② 堵头螺纹为外螺纹。

表 5.1-137 伸缩器图形符号

名称	符号	名称	符号
波形伸缩器		弧形伸缩器	
套筒伸缩器		球形伸缩器	
矩形伸缩器			

注:伸缩器使用时应表示出与管道的连接形式。

4.1.4 阀门和控制元件图形符号

常用阀门的图形符号,见表 5.1-139。阀门与管道一般连接形式的图形符号,见表 5.1-140。控制元件的图形符号,见表 5.1-141。阀门和控制元件图形符号一

般组合方式,见表 5.1-142。传感元件的图形符号,见表 5.1-143。指示表(计)和记录仪的图形符号,见表 5.1-144。传感元件和指示表(计)、记录仪的图形符号组合示例,见表 5.1-145。

表 5.1-138 管架图形符号

名称	符 号				
	一般形式	支(托)架	吊 架	弹性支(托)架	弹性吊架
固定管架					
活动管架					
导向管架					

表 5.1-139 常用阀门的图形符号

名称		符号	名称		符号
截止阀			安全阀	重锤式	
闸阀				减压阀 <sup>①</sup>	
节流阀			疏水阀		
球阀			角阀		
蝶阀			三通阀		
隔膜阀					
旋塞阀			四通阀		
止回阀 <sup>②</sup>					
安全阀	弹簧式				

① 流向由空白三角形至非空白三角形。  
 ② 小三角形一端为高压端。

表 5.1-140 阀门与管道一般连接形式

名称	螺纹连接	法兰连接	焊接连接
符号			

表 5.1-141 控制元件的图形符号

名称	符号	名称	符号
手动(包括脚动)元件		电动元件	
自动元件		弹簧元件	
带弹簧薄膜元件		浮球元件	
不带弹簧薄膜元件		重锤元件	
活塞元件		遥控	
电磁元件			

表 5.1-142 阀门和控制元件图形符号一般组合方式示例

名称	人工控制阀	电动控制阀
符号示例		

表 5.1-143 传感元件图形符号

名称	温度传感元件	压力传感元件	流量传感元件	湿度传感元件	水准传感元件
符号					

表 5.1-144 指示表(计)和记录仪图形符号



名称	指示表(计)	记录仪
符号		

表 5.1-145 传感元件、指示表(计)、记录仪图形符号组合示例

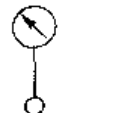

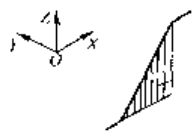
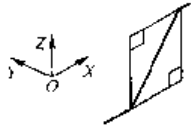
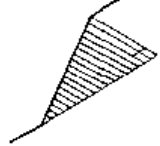
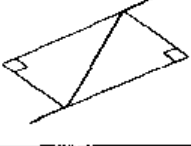
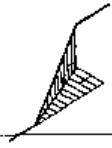
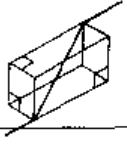

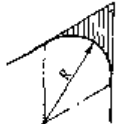
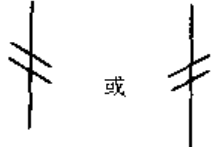
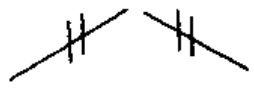
名称	温度指示表(计)	温度记录仪
符号		

表 5.1-146 管道或管段图形符号的轴测画法

类型	三角形表示法	长方形或长方体表示法
平行于直角坐标面垂直面的直管		
平行直角坐标面水平面的直管		
不平行任何直角平面的直管		
曲率半径大的弯管		


注:1. 管道或管段的投影,投射平面及投射平面内的平行线均用细实线绘制。  
2. 用直角三角形表示投射平面时,应在投射平面内画出与其相关投影垂直且间距相等的平行线。水平投射平面内的平行线应平行 X 轴或 Y 轴,其他投射平面内的平行线应平行于 Z 轴。

表 5.1-147 法兰连接图形符号轴测画法

类型	画法及图例	类型	画法及图例
在垂直管道或管段	按与水平线方向成 30°绘制 <sup>①</sup> 	在水平管道或管段	按垂直方向绘制 

① 在同一张图样上法兰连接图形符号的方向应一致。

表 5.1-148 阀门图形符号轴测画法

类别	图 例
一般画法	

#### 4.1.5 管道系统图形符号的轴测画法

管道系统图形符号的轴测图一般按正等轴测投影绘制。管道与管段的轴测画法,见表 5.1-146。法兰连接的轴测画法,见表 5.1-147。阀门的轴测画法,见表 5.1-148。

#### 4.1.6 示例

示例 1 输油管道系统(图 5.1-44)

示例 2 化工管道系统(图 5.1-45)

示例 3 燃料供给系统轴测图(图 5.1-46)

(续)

类别	图例	图例
需画出阀门控制元件图形符号类型(人工活塞等)位置的画法	控制元件符号与任一直角坐标平面平行时,可不标注	控制元件符号与任一直角坐标平面不平行时,应标注其与直角坐标平面的相对位置

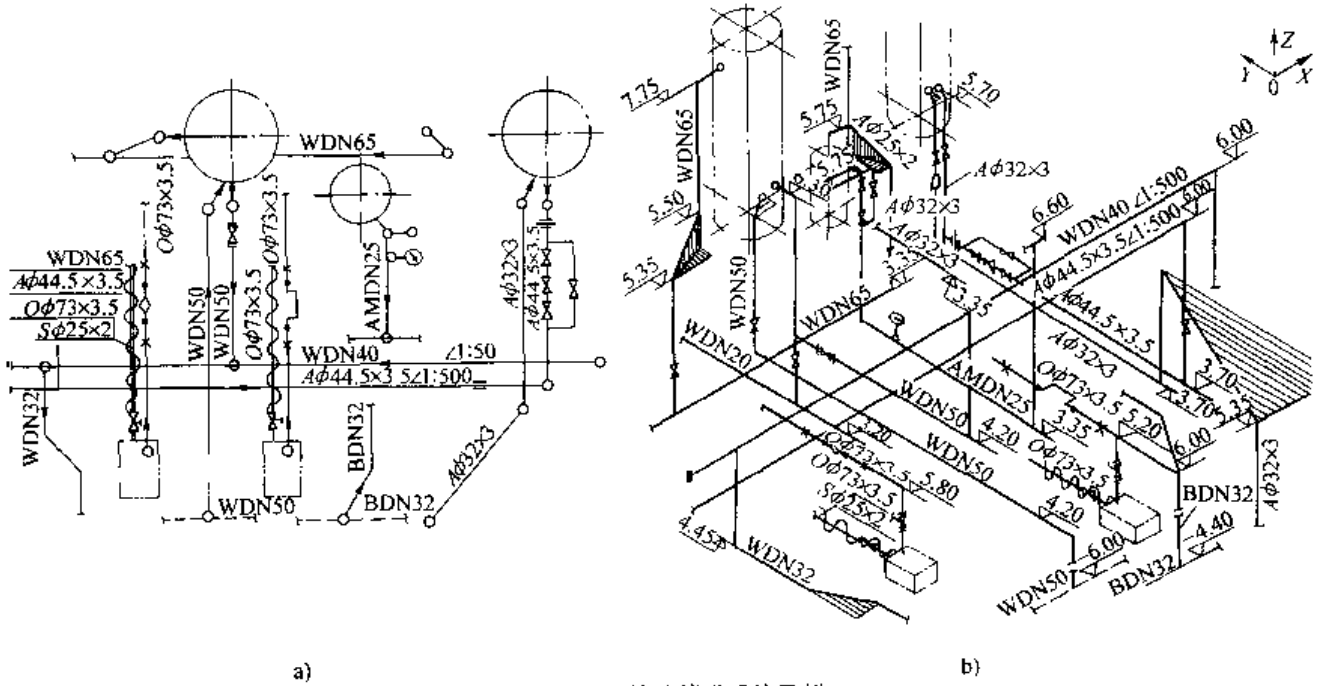


图 5.1-44 输油管道系统示例

a)平面图 b)轴测图

W-水 B-碱液 A-压缩空气 O-油 AM-氨 S-蒸汽

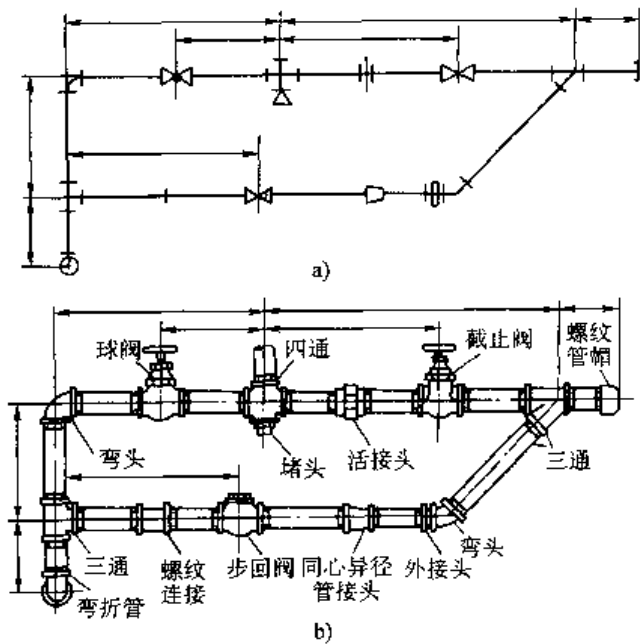


图 5.1-45 化工管道系统示例

a)单线图—简图 b)双线图—投影图

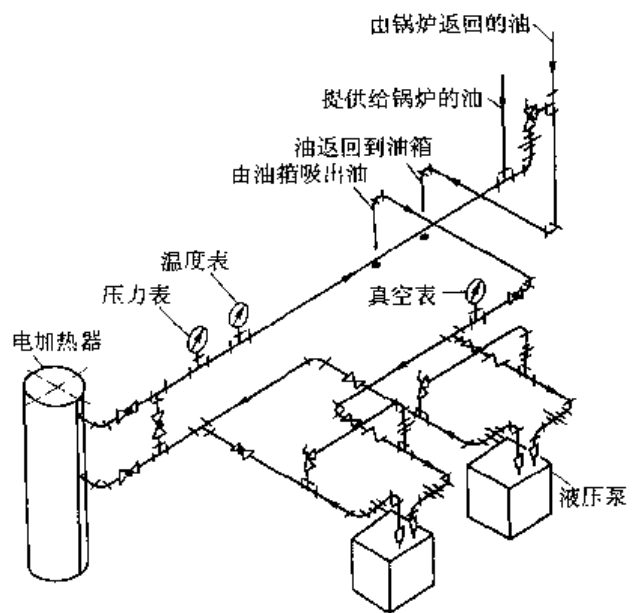


图 5.1-46 燃料供给系统轴测图



### 4.2 液压、气动图形符号 (GB/T 786.1-1993)

GB/T 786.1-1993 适用于以液压油(液)及压缩空气为工作介质的液压及气动元(辅)件。主要用于绘制液压及气动系统原理图。

#### 4.2.1 定义

符号要素——用符号来表示元(辅)件、装置、流动管道等的种类时所采用的基本图线或图形。

功能要素——用符号来表示元(辅)件、装置的功能或动作时采用的基本图线或图形。

简化符号——为简化绘图而省略一部分符号或用其他简单符号代替时采用的符号。

一般符号——没有必要明确表示元(辅)件、装置的详细功能或形式时采用的代表符号。

详细符号——详细表示元(辅)件功能时采用的符

号。通常与简化符号或一般符号对照使用。

直接压力控制——元件的位置靠控制压力直接控制的方式。

先导控制(间接压力控制)——靠元件内部组装的先导阀所产生的压力使主阀动作的控制方式。

内部压力控制——从被控制元件内部提供控制用流体方式。

外部压力控制——从被控制元件外部提供控制用流体方式。

内部泄油——泄油通路接在元件内部的回油通路上,使泄油与回油合流的方式。

外部泄油——泄油从元件的泄油口单独引出的方式。

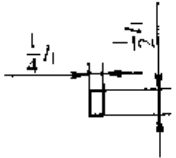
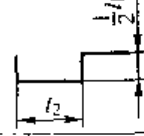
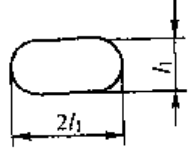
#### 4.2.2 符号构成

液压气动图形符号要素和功能要素构成,分别见表 5.1-149 和表 5.1-150。

表 5.1-149 符号要素






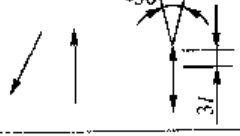

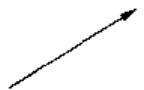

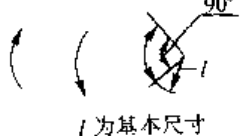




名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号
线			正方形		
实线	工作管道 控制供给管道 回油管道 电气线路		正方形	控制元件 除电动机外的原动机	
虚线	控制管道 泄油管道或放气管道 过滤器 过滤位置			调节器件(过滤器、分离器、油雾器和热交换器)	
点画线	组合元件框线			蓄能器重锤	
双线	机械连接的轴、操纵杆、活塞杆等		长方形		
圆			长方形	缸、阀	
大圆	一般能量转换元件(泵、马达、压缩机)			活塞	
中圆	测量仪表			某种控制方法	
小圆	单向元件 旋转接头 机械铰链、滚轮				
圆点	管道连接点、滚轮轴				
半圆	限定旋转角度的马达或泵				

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	名称	用途或符号解释	符 号
长方形			半矩形		
长方形	执行器中的缓冲器		半矩形	油箱	
			囊形	压力油箱 气罐 蓄能器 辅助气瓶	

注:图线宽度按 GB/T 4457.4-2002 规定,  $l_1$  为基本尺寸。

表 5.1-150 功能要素

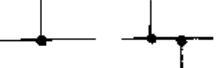





名称	用途或符号解释	符 号	用途或符号解释	符 号
正三角形	传压方向、流体种类		其他	
实心	液压		电气符号	
空心	气动(包括排气)		封闭油、气路或油、气口	
箭头			电磁操纵器	
直箭头或斜箭头	直线运动 流体通过阀的通路和方向 热流方向		温度指示或温度控制	
长斜箭头	可调性符号(可调节的泵、弹簧、电磁铁等)		原动机	
弧线箭头	旋转运动方向		弹簧	
		$l$ 为基本尺寸	节流孔	
			单向阀阀座的简化符号	
			固定符号	

4.2.3 符号示例

管道、管道连接接口和接头符号示例,见表 5.1-151。机械控制件(或装置)和控制方法符号示例,见表 5.1-152。泵和马达符号示例见表 5.1-153。缸符号示例,见表 5.1-154。特殊能量转换器示例,见表 5.1-155。能量贮存器(蓄能器、辅助气瓶、气罐)符号示例,

见表 5.1-156。动力源符号示例,见表 5.1-157。方向控制阀符号示例,见表 5.1-158。压力控制阀符号示例,见表 5.1-159。流量控制阀符号示例,见表 5.1-160。油箱符号示例,见表 5.1-161。流体调节器(件)符号示例,见表 5.1-162。检测器或指示器符号示例,见表 5.1-163。其他元器件符号示例,见表 5.1-164。

表 5.1-151 管道、管道连接接口和接头符号示例

名称	符号解释和用途	符 号	名称	符号解释和用途	符 号
管道	连接管道		管道连接接口和接头	连续放气	
	交叉管道			间断放气	
	柔性管道			单向放气	

(续)

名称	符号解释和用途	符 号	名称	符号解释和用途	符 号
排气口	不带连接措施		快换接头	带单向阀	
	带连接措施				
快换接头	不带单向阀		单通路		
			二通路		

表 5.1-152 机械控制件(或装置)和控制方法符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
机 械 控 制 件			
杆	直线运动		箭头可省略
轴	旋转运动		箭头可省略
定位装置			
锁定装置			开锁的控制方法符号表示在矩形框内
弹跳机构			
控 制 方 法			
人力控制	不指明控制方式的一般符号		
	按钮式		
	拉钮式		
	按·拉式		
	手柄式		
	踏板式		单方向控制
	双向踏板式		双向控制
机械控制	顶杆式		
	可变行程控制式		
	弹簧控制式		
	滚轮式		两个方向操纵
	单向滚轮式		仅在一个方向上操纵,箭头可省略
电气控制	1. 直线运动 电气控制装置如 电磁铁或力矩马 达	单作用电磁铁	电气引线可省略斜线也可朝向右下方
		双向作用电磁铁	

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注	
机 械 控 制 件				
电气控制	1. 直线运动 电气控制装置如 电磁铁或力矩马 达			
	2. 旋转运动 电气控制装置			
压力控制 — 直接 压力控制	单作用可调电磁操纵器(比例 电磁铁、力矩马达等)			
	双作用可调电磁操纵器(力矩 马达)			
	电动机			
	加压或卸压控制			
压力控制 — 直接 压力控制	差动控制		如有必要,可将面积比表示在相 应的长方形中	
	内部压力控制		控制通路在元件内部	
	外部压力控制		控制通路在元件外部	
先导控制 —— 间接压力控制	气压先导控制		内部压力控制	
	液压先导控制		外部压力控制	
	液压二级先导控制		内部压力控制内部泄油	
	气压-液压先导控制		气压外部压力控制液压内部压力 控制外部泄油	
	电磁-液压先导控制		单作用电磁铁一次控制,液压外 部压力控制,内部泄油	
	电磁-气压先导控制		单作用电磁铁一次控制,气压外 部压力控制	
	卸压控制	液压先导控制		内部压力控制,内部泄油
		电磁-液压先导控制		内部压力控制,带遥控泄放口
		先导型压力控制阀		单作用电磁铁一次控制,外部压 力控制,外部泄油
		先导型比例电磁式压力控制阀		带压力调节弹簧,外部泄油,带遥 控泄放口
	单作用比例电磁操纵器,内部泄 油			
反 锁				
外反馈	一般符号			
	电反馈		电位器、差动变压器等位置检测 器	
内反馈	机械反馈		随动阀仿形控制回路	

表 5.1-153 泵和马达符号示例

用途或符号解释	符 号	备 注	用途或符号解释	符 号	备 注
一般符号			摆动气马达		定角度,双向摆动
液压泵		单方向流动,单方向旋转,定排量	液压整体式传动装置		单向旋转,变排量泵
液压马达		单方向流动,单方向旋转,双出轴,变排量,变量机构不定,外部泄油	压力补偿变量泵		单向流动,压力可调节,外部泄油
气马达		双向流动,双向旋转,定排量	变量泵-马达		双向流动,双向旋转,弹簧对中,外部压力控制,变排量,外部泄油,信号 m,朝 M 方向移动
液压泵——马达		单向流动,单向旋转,定排量			不必表示变量机构控制方法
		双向流动,双向旋转,手动变排量,外部泄油			

表 5.1-154 缸符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
单作用缸	单活塞杆气缸	 		双作用缸	单活塞杆可测缓冲式液压缸	 	两端可调缓冲,活塞面积比 2:1
	单活塞杆液压缸	 	弹簧复回		单作用伸缩气缸		
双作用缸	双活塞杆气缸	 		双作用伸缩液压缸			

表 5.1-155 特殊能量转换器符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备注	名称	用途或符号解释	符 号	备注
气-液转换器	气压力转换成大体相等的液压力	单程作用		增压器	气压力 X 转换成液压力 Y	单程作用	
		连续作用				连续作用	

4.2.4 常用液压、气动元件图形符号

常用泵、马达、缸的图形符号,见表 5.1-165。常用压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等图形符号,见表 5.1-166。

4.2.5 绘制规则

(1) 总则

1) 符号只表示元(辅)件的功能、操作(控制方法及外部接口,不表示元(辅)件的具体结构和参数、接接口的实际位置和元(辅)件的安装位置。

2) 符号均表示元(辅)件的静止位置。当元(辅)件组成系统,其动作另有说明时,可作例外。

3) 除特别注明的符号或方向性元(辅)件(如油箱、仪表等)符号外,符号在系统图中可根据具体情况水平或垂直绘制。

表 5.1-156 能量贮存器(蓄能器、辅助气瓶、气罐)符号示例

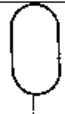





名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
蓄能器	一般符号		垂直绘制不表示载荷形式	蓄能器	弹簧式		垂直绘制
	气压隔离式		垂直绘制		辅助气瓶		
	重锤式				气罐		

表 5.1-157 动力源符号示例


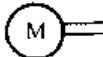

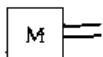
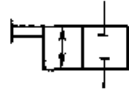

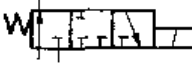
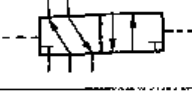
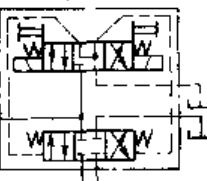
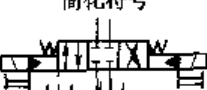


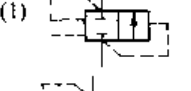
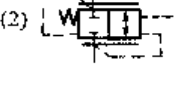
名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
液压泵	一般符号			电动机			
气压泵	一般符号			原动机			电动机除外

表 5.1-158 方向阀、控制阀符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
二位二通手动换向阀			常闭	四通节流换向阀	带负遮盖中间位置		具有连续可变过渡位置
二位二通电磁换向阀			虚线表示过渡位置			带正遮盖中间位置	
二位五通液动换向阀					何服阀		
三位四通通电液换向阀		详细符号	主阀： 三位四通弹簧对中 内部压力控制 先导阀： 三位四通， 弹簧对中 单作用电磁铁控制，带手动应急控制装置，外部泄油	单向阀	详细符号	 简化符号 	(1)  (1) 无弹簧 (2)  (2) 带弹簧，弹簧可省略
		详细符号			主阀： 二位四通， 弹簧对中与压力对中并用， 外部压力控制 先导阀： 二位四通， 弹簧对中 双作用电磁铁控制，带手动应急控制装置，内部泄油		
三位四通通电液换向阀		详细符号	主阀： 二位四通， 弹簧对中与压力对中并用， 外部压力控制 先导阀： 二位四通， 弹簧对中 双作用电磁铁控制，带手动应急控制装置，内部泄油	液控单向阀		详细符号	(1)  (1) 无弹簧 (2)  (2) 带弹簧，可省略，控制压力打开
		详细符号			或门型梭阀	详细符号	

(续)

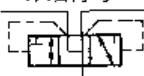

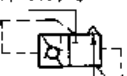
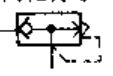
名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
与门型板阀		详细符号  简化符号 		快速排气阀		详细符号  简化符号 	

表 5.1 159 压力控制阀符号示例


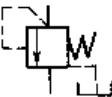
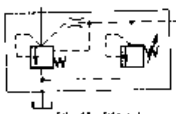

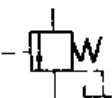

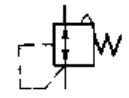
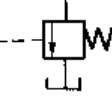
名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
溢流阀	一般符号或直动型溢流阀			顺序阀	一般符号或直动型顺序阀		内部压力控制, 外部泄油
	先导型溢流阀	详细符号  简化符号 	带遥控口				外部压力控制, 外部泄油
	减压阀	一般符号或直动型减压阀					先导型顺序阀
溢流减压阀 (带溢流阀的减压阀)			气动	卸荷阀	一般符号或直动型卸荷阀		

表 5.1-160 流量控制阀符号示例

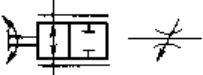

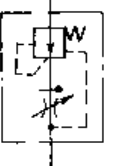


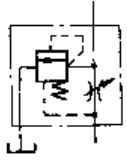

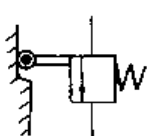
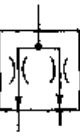
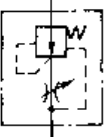

名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注	
节流阀	一般符号或可调节阀	详细符号  简化符号 	无完全关闭位置	调速阀	带温度补偿的调速阀	详细符号  简化符号 	简化符号中的通路箭头表示压力补偿	
	截止阀		具有一个完全关闭位置			旁通型调速阀		详细符号  简化符号 
	滚轮控制调节阀 (减速阀)					分流阀		
调速阀	一般符号	详细符号  简化符号 	简化符号中的通路箭头表示压力补偿					

表 5.1-161 油箱符号示例

通大气式油箱	管端在液面以上		通大气式油箱	局部泄油或回油		
	管端在液面以下,带空气滤清器					
	管端连接于油箱底部		密闭式油箱	加压油箱或密闭油箱		三条管路

表 5.1-162 流体调节器(件)符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注	
过滤器	一般符号			空气干燥器				
	带磁性滤性				油雾器			
	带污染指示器					气源装置		
分水排水器	人工排出			热交换器				
	自动排出			冷却器	一般符号			
空气过滤器	人工排出				加热器	带冷却剂管路指示		
	自动排出			温度调节器				
除油器	人工排出							
	自动排出							

表 5.1-163 检测器或指示器符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注	名称	用途或符号解释	符 号	备 注
压力检测器	压力指示器			液位计			
	压力计			温度计			
	压差计			流量检测器	检流计(液流指示器)		
	脉冲计数器		带电输出信号		流量计		
累计流量计							
				转速仪			
				转矩仪			



表 5.1-164 其他元器件符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备注	名称	用途或符号解释	符 号	备注
压力继电器		详细符号	一般符号	模拟传感器			气动
		行程开关	详细符号			一般符号	消声器
						报警器	气动

表 5.1-165 常用泵、马达、缸的图形符号

名称	用途或符号解释	符 号	备注	名称	用途或符号解释	符 号	备注	
定量液压泵				单活塞杆缸		详细符号	简化符号	带弹簧
单向定量液压泵						详细符号	简化符号	
双向定量液压泵						详细符号	简化符号	
单向定量液压泵						详细符号	简化符号	
定量马达				双作用缸		详细符号	简化符号	
单向定量马达						详细符号	简化符号	
双向定量马达				单活塞杆缸		详细符号	简化符号	
双向定量马达						详细符号	简化符号	
变量马达				双活塞杆缸		详细符号	简化符号	
单向变量马达						详细符号	简化符号	
双向变量马达				不可调单向缓冲缸		详细符号	简化符号	
双向变量马达						详细符号	简化符号	
泵-马达				可调单向缓冲缸		详细符号	简化符号	
定量液压泵-马达						详细符号	简化符号	
变量液压泵-马达				不可调双向缓冲缸		详细符号	简化符号	
液压整体式传动装置						详细符号	简化符号	
摆动马达				单作用缸		详细符号	简化符号	
摆动马达						详细符号	简化符号	
单活塞杆缸		详细符号	简化符号	带弹簧		详细符号	简化符号	
						详细符号	简化符号	

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备注	名称	用途或符号解释	符 号	备注
可调双向缓冲缸		详细符号		气-液转换器		单杆作用	
		简化符号				连续作用	
伸缩缸			双作用	增压器		单程作用	连续作用

注:1. 有必要表示泵或马达变量机构的控制方法时,可将可调箭头延长或转折,使控制方法符号与之相接。  
2. 有必要表示泵或马达的旋转方向、流动方向和控制位置时,其标注规则按绘制规则规定。

表 5.1-166 常用压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等图形符号

名 称	符 号	备 注	名 称	符 号	备 注
溢流阀			顺序阀		
一般符号或直动型溢流阀		内部压力控制	定比减压阀		减压比: 1/3
		外部压力控制	定差减压阀		
先导型溢流阀			顺序阀		
先导型电磁溢流阀			一般符号或直动型顺序阀		
先导型比例电磁溢流阀			先导型顺序阀		
卸荷溢流阀			平衡阀(单向顺序阀)		
双向溢流阀		直动型外部泄油	卸荷阀及制动阀		
减压阀			一般符号或直动型卸荷阀		
一般符号或直动型减压阀			制动阀		
先导型减压阀			节流阀		
溢流减压阀			可调节流阀	详细符号	
先导型比例电磁式溢流减压阀			不可调节流阀	简化符号	
			可调节流阀		
			不可调节流阀		
			可调单向节流阀		

(续)

名称	符号	备注	名称	符号	备注
截止阀					
滚轮控制可调节节流阀(减速阀)					
带消声器的节流阀					
<b>调速阀</b>					
普通型调速阀	详细符号  简化符号				
带温度补偿的调速阀	详细符号  简化符号				
旁道型调速阀	详细符号  简化符号				
单向调速阀	详细符号  简化符号				
分流阀					
集流阀					
分流集流阀					
单向阀	详细符号  简化符号				
	详细符号  简化符号	弹簧可省略			
			液控单向阀	详细符号  简化符号	
					弹簧可省略
			液压锁		
			或门型梭阀	详细符号  简化符号	
			与门型梭阀	详细符号  简化符号	
			快速排气阀	详细符号  简化符号	
			<b>换向阀</b>		
					常闭
					常开
			二位三通换向阀		带中间过渡位置
			二位四通换向阀		
			二位五通换向阀		
			三位二通换向阀		
			三位四通换向阀		
			三位四通换向阀中位滑阀机能		

(续)

名称	符号	备注	名称	符号	备注
二位四通换向阀中位滑阀机能			三位五通换向阀		
				三位六通换向阀	
			四通电液伺服阀		
					带电反馈二级

注：换向阀的控制机构和控制方法等按绘制规则确定。

4) 标准未列入的图形符号,可根据本标准规定的符号绘制规则和符号例行派生。当无法直接引用或派生时,或有必要特别说明系统中某一元(辅)件的结构及动作原理时,可采用结构简图来表示。

5) 除规定者外,符号的大小以清晰美观为原则,绘制时可根据图纸幅面大小酌情处理,但应保持图形本身的适当比例。

(2) 控制机构符号绘制规则

1) 单向控制机构符号

a) 阀的控制机构符号绘制在长方形端部的任意位置上(图 5.1-47)

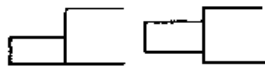


图 5.1-47 阀的控制机构符号

b) 表示可调节元件的可调箭头可以延长或转折,并与控制机构符号相连(图 5.1-48)

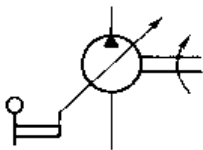


图 5.1-48 可调节元件与控制机构符号

c) 双向控制机构符号,原则上只需绘制一个(图 5.1-49a)。在双作用电磁铁控制符号中,当必须表示电信号和阀位置关系时,不采用双作用电磁铁符号(图 5.1-49b),而采用两个单作用电磁铁符号(图 5.1-49c)。

2) 复合控制机构符号

a) 单一控制方向的控制符号绘制在被控制符号要素的邻接处。

b) 三位或三位以上的阀的中间位置控制符号绘制在该长方形内边框线向上或向下的延长线上(图

5.1-50)。

c) 不会误解时三位阀中间位置的控制符号可绘制在长方形的端线上(图 5.1-51)。

d) 压力对中时,可将功能要素的正三角形绘制在长方形端线上(图 5.1-52)。

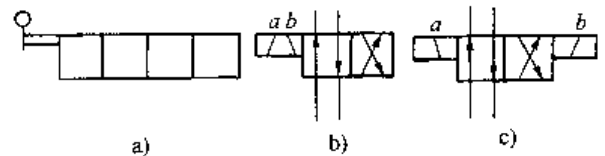


图 5.1-49 双向控制机构符号

图 5.1-50 三位或三位以上阀的中间位置控制符号

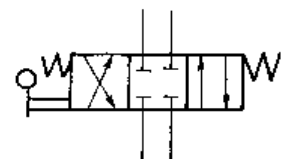


图 5.1-51 三位阀中间位置的控制符号可绘制在长方形端线上

e) 先导控制(间接压力控制)元件中的内部控制管道和内部泄油管道,在简化符号中通常可以省略(图 5.1-53)。

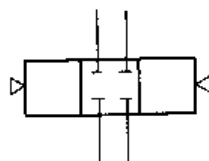


图 5.1-52 压力对中时,功能要素三角形的绘制



图 5.1-53 先导控制元件中内控、内泄管道在简化符号中省略

f) 先导控制(间接压力控制)元件中单一外部控制管道和外部泄油管道仅绘制在简化符号一端。任何附加控制管道和泄油管道绘制在另一端。元件符号中,必须绘制出所有外部接口(图 5.1-54)。

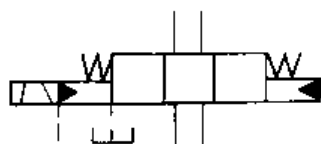


图 5.1-54 先导控制元件中各类管道、外部接口画法

g) 选择控制的控制符号并列绘制。必要时也可绘制在相应长方形边框线的延长线上(图 5.1-55)。

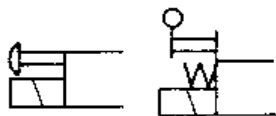


图 5.1-55 选择控制符号绘制

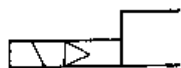


图 5.1-56 顺序控制符号绘制

h) 顺序控制的控制符号按顺序依次排列(图 5.1

56)。

3) 能量控制和调节元件符号绘制规则

a) 能量控制和调节元件符号由一长方形(包括正方形)或相互邻接的几个长方形构成(图 5.1-57)。

b) 流动通道,连接点、单向流路及节流等功能符号,除另有规定者外,均绘制在相应的主符号中(图 5.1-58)。

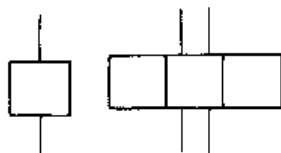


图 5.1-57 能控和调节元件符号

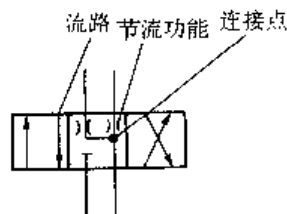


图 5.1-58 流动通道等功能符号

c) 外部接口以一定的间隔与长方形相交(图 5.1-59)。两通阀的外部接口绘制在长方形中间。

d) 泄油管道符号绘制在长方形的顶角处(图 5.1-60)。旋转型能量转换元件的泄油管道符号绘制在与主管道符号成  $45^\circ$  的方向,和主符号相交。

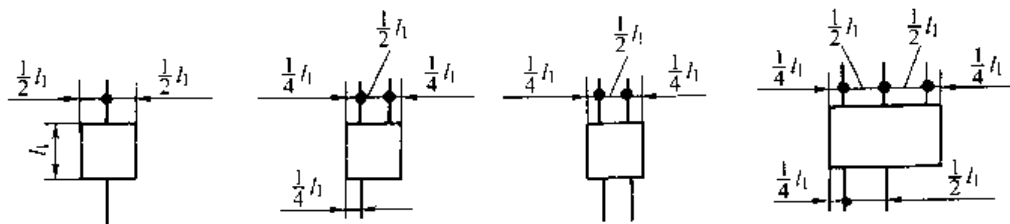


图 5.1-59 外部接口的画法

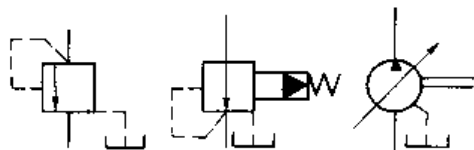


图 5.1-60 泄油管道符号的绘制

e) 过渡位置的绘制(图 5.1-61),把相邻动作位置的长方形拉开,其间上下边框用细虚线。

f) 具有数个不同动作位置及节流程度连接变化的中间位置的阀(图 5.1-62)在长方形上下外侧画上平行线。

为了便于绘制具有两个不同动作位置的阀,可用表 5.1-167 中的一般符号表示。表示流动方向的箭头应绘制在符号中。

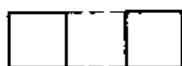


图 5.1-61 过渡位置绘制

4) 旋转式能量转换元件旋转方向、流动方向和控制位置的标注规则:



图 5.1-62 数个不同动作位置及节流程度连接变化的中间位置阀画法

a) 旋转方向围绕主符号的从功率输入指向功率输出的同心箭头表示。双向旋转的元件仅需标注其中一个旋转方向,通轴式元件应选定一端。

① 泵的旋转方向用从传动轴指向输出管路的箭头表示。

② 马达的旋转方向用从输入管路指向传动轴的箭头表示。

③ 泵—马达的旋转方向同泵的旋转方向。

b) 控制位置指示线及其上的标注表示。

① 控制位置指示线为垂直于可调节箭头的一根直线,其交点为元件的静止位置。

② 控制位置用  $M$ 、 $\phi$ 、 $N$  表示。 $\phi$  表示零排量位置; $M$  和  $N$  表示最大排量的极限控制位置(图 5.1-63)。

表 5.1-167 具有两个不同动作位置的阀

名称	详细符号	一般符号	备注
三通阀			常闭可 变节流
三通阀			常开可 变节流
三通阀			常开可 变节流

e) 旋转方向和控制位置关系必须表示时,控制位置的标注表示在同心箭头的顶端附近。两个旋转方向的特性不同时,在旋转方向箭头顶端附近分别表示出不同特性的标注,见图 5.1-64~图 5.1-66。

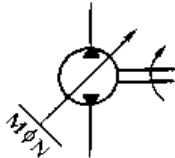
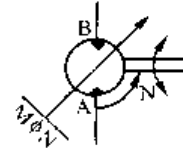
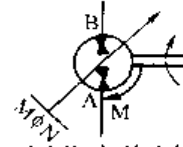


图 5.1-63 零排量 and 最大排量  
极限位置表示



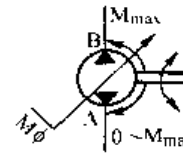
A 为入口时,输出轴向左转,变量机构在控制位置 N 处

图 5.1-64 旋转方向和控制位置



单向旋转,泵功能时,输入轴向右旋转, A 口为输出口,变量机构在控制位置 M 处

图 5.1-65 旋转方向和控制位置二



双向旋转,输入轴方向旋转时, A 口为输出口,变量液压泵功能。左向旋转时,为最大排量的定量泵

图 5.1-66 旋转方向和控制位置三

4.2.6 典型液压、气动系统回路图

典型液压系统回路图(图 5.1-67)

典型气动系统回路图(图 5.1-68)

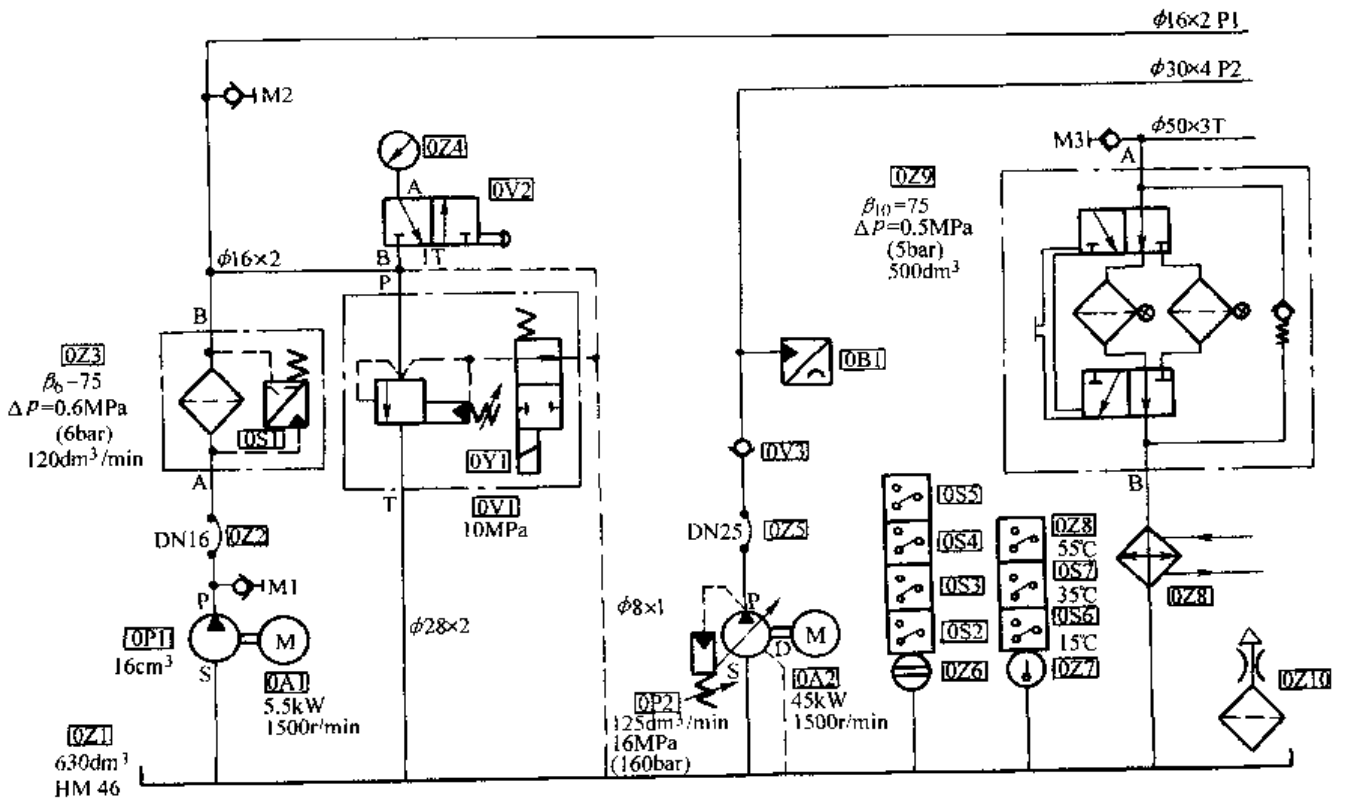


图 5.1-67 液压系统回路图

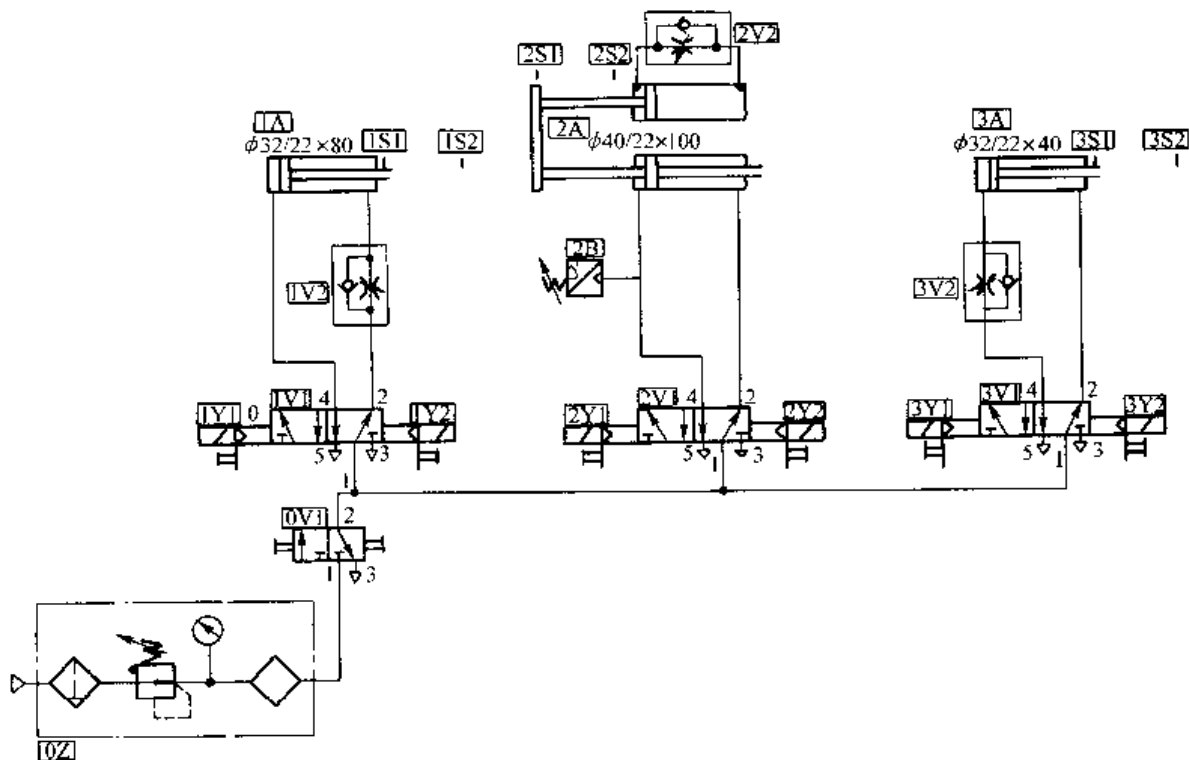


图 5.1-68 气动系统回路图

### 4.3 机构运动简图符号(GB/T 4460—1984)

将与运动无关的机器复杂外形和具体的结构加以简化,并以规定的符(代)号和简单线条表明整机或部件所属机构运动情况的非投影图称为机构运动简图。表明机械或机构的动力传递方式、过程及其组成的非投影图称传动简图。简图中的机构构件必须按实际尺寸或一定比例绘制,不严格按比例绘制的简图称示意图。

机器中各个运动单元称构件。构件可以是单一的零件,也可以是由几个零件组成的刚性结构。因此,构件和零件是两个不同的概念,构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

将实现预期的机械运动的各构件(包括不运动的机架)的基本组合称机构。组成机构的各构件之间具有确定的相对运动,当其中某一构件的位置确定后,其余各件的位置也随之而定,如四连杆机构、齿轮机构等。

凡是两个构件直接接触又能产生一定型式的相对运动的联结称运动副。如曲柄与连杆相互联结并能产生相对回转运动,即为一个运动副,齿轮与齿轮啮合,凸轮与从动杆的联结都构成运动副。

#### 4.3.1 机构构件的运动符号

用细直线或圆弧表示构件的直线运动或圆弧运动的轨迹。如需表示运动方向时应在轨迹线上加画箭头。

如在运动的中间位置有瞬时停顿,则在轨迹线中部加一小段竖直线,若在中间位置或极限位置有短暂停留,或有局部反向运动时,运动轨迹用折线表示。停止符号是轨迹线终端处加一小段竖线。机构构件运动符号,见表 5.1-168。机构构件运动符号示例,见表 5.1-169。

表 5.1-168 机构构件运动符号

名称	基本符号	可用符号	附注
运动轨迹	— —		直线运动 回转运动
运动指向	→		表示点沿轨迹运动的指向
中间位置的瞬时停顿	—+— —+—		直线运动 回转运动
中间位置的停留	—┐ —┐		
极限位置的停留	—┌ —┌		
局部反向运动	—Z— —Z—		直线运动 回转运动
停止	—┘ —┘		

表 5.1-169 机构构件运动符号示例

名称	基本符号	可用符号	附注	名称	基本符号	可用符号	附注
单向运动			直线运动 回转运动	具有停留的单向运动			直线运动 回转运动
具有瞬间停顿的单向运动			直线运动 回转运动	具有局部反向的单向运动			直线运动 回转运动
往复运动			直线运动 回转运动	在中间位置停留的往复运动			直线运动 回转运动
在一个极限位置停留的往复运动			直线运动 回转运动	具有局部反向及停留的单向运动			直线运动 回转运动
在两个极限位置停留的往复运动			直线运动 回转运动	运动停止			直线运动 回转运动

4.3.2 构件及其组成部分的联结

杆、轴的符号用二倍的粗实线绘制。机架通常不运动，常在符号下面用45°斜细线表示。构件组成部分的永久连接以涂黑表示不可拆；可调连接则需另加表征符号（表

5.1-170）。轴、杆与组成部分的固定连接要加表征符号元素“×”，但用单线表示的符号也可不加持此符号。

构件及其组成部分的联结，见表 5.1-170。

4.3.3 运动副（表 5.1-171）。

表 5.1-170 构件及其组成部分的连接

名称	基本符号	可用符号	附注
机架			
轴、杆			
构件组成部分的永久连接			
组成部分与轴(杆)的固定连接			
构件组成部分的可调连接			

4.3.4 多杆机构及构件

这部分符号由 4.3.2、4.3.3 节符号组合而成，并按运动副所有的副元素的多少分类。副元素是构成运动副的点、线、面，例如轴与轴承的联接为~运动副，轴与轴承接触的外圆柱面即为副元素；同样轴承的内圆柱面也是副元素。

单副元素构件是仅能与其他构件组成一个运动副

的构件，如机架可作为一个回转副的一部分，它就是单副元素构件。双副元素构件是联接两个运动副的构件。三副元素和多副元素构件是联接三个或多个运动副的构件。多杆机构及构件符号，见表 5.1-172。

4.3.5 摩擦机构与齿轮机构

1) 摩擦轮与齿轮的符号较接近，都以单线符号为主，也可用框形符号。齿轮与摩擦轮符号的区别是：表



表 5.1-171 运动副符号

名 称	基本符号	可用符号	名 称	基本符号	可用符号
具有一个自由度的运动副回转副 a) 平面机构 b) 空间机构			球销副		
				具有三个自由度的运动副球面副	
棱柱副(移动副)			平面副		
螺旋副			具有四个自由度的运动副球与圆柱副		
具有二个自由度的运动副圆柱副			具有五个自由度的运动副球与平面副		

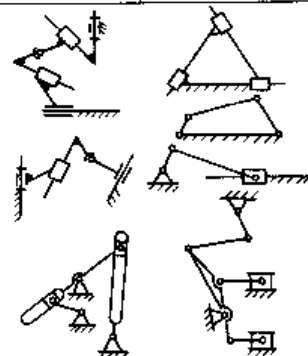
表 5.1-172 多杆机构及构件

名 称	基本符号	可用符号	附 注
单副元素构件: 构件是回转副的一部分 a) 平面机构 b) 空间机构			
机架是回转副的一部分 a) 平面机构 b) 空间机构			
构件是棱柱副的一部分			
构件是圆柱副的一部分			
构件是球面副的一部分			
双副元素构件: 连接两个回转副的构件 连杆 a) 平面机构 b) 空间机构			

(续)

名称	基本符号	可用符号	附注
曲柄(或摇杆) a)平面机构 b)空间机构			
偏心轮			
连接两个棱柱副的构件			
通用情况			
滑块			$\theta$ 为任意角
连接回转副与棱柱副的构件通用情况			
导杆			
滑块			
三副元素构杆			
多副元素构件			符号与双副元素、多副元素类似

示例:



示齿圈或摩擦表面的直线相对于表示轮幅平面的直线位置不同(图 5.1-69)。

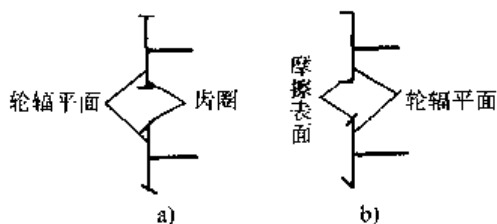


图 5.1-69 齿轮与摩擦轮符号

a) 齿轮 b) 摩擦轮

2) 采用单线符号表示摩擦传动或齿轮传动时,一般采用齿圈、摩擦表面相接触的画法,也可在接触处留出适当的空隙(图 5.1-70)。

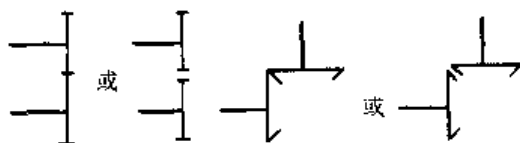


图 5.1-70 齿轮、摩擦轮接触

表面处的二种画法

3) 绘制摩擦轮或齿轮机构时,轮子和轴固定连接的符号,在采用框线表示时应画出,但在绘制摩擦机构时,轮子和轴固定连接的符号,只需画在一个轮子上。

摩擦轮与摩擦轮的传动符号,见表 5.1-173。齿轮与齿轮的传动符号,见表 5.1-174。

表 5.1-173 摩擦轮与摩擦轮传动符号

名称	基本符号	可用符号
摩擦轮 a) 圆柱轮		
b) 圆锥轮		
c) 曲线轮		
d) 冕状轮		
e) 挠性轮		
摩擦传动 a) 圆柱轮		
b) 圆锥轮		

(续)

名称	基本符号	可用符号
c) 双曲面轮		
d) 可调圆锥轮		
e) 可调冕状轮		

表 5.1-174 齿轮和齿轮传动符号

名称	基本符号	可用符号	附注
齿轮机构 齿轮(不指明齿线) a) 圆柱齿轮			
b) 圆锥齿轮			
c) 挠性齿轮			
齿轮符号 a) 圆柱齿轮 b) 直齿			
(2) 斜齿			
(3) 人字齿			
b) 圆锥齿轮 (1) 直齿			
(2) 斜齿			
(3) 弧齿			
齿条传动 a) 一般表示			
b) 蜗杆与蜗线齿条	同上	主视图同上 俯视图: 	

(续)

名称	基本符号	可用符号	附注
c) 齿条与蜗杆	同上	主视图同上 俯视图: 	
齿轮传动 (不指明齿线) a) 圆柱齿轮			
b) 非圆齿轮			
c) 圆锥齿轮			
d) 准双曲面齿轮			
e) 蜗轮与圆柱蜗杆			
f) 蜗轮与球面蜗杆			
g) 螺旋齿轮			
扇形齿轮			

4.3.6 凸轮机构、槽轮机构和棘轮机构

凸轮机构的符号,见表 5.1-175。槽轮机构和棘轮机构符号,见表 5.1-176。

表 5.1-175 凸轮机构

名称	基本符号	可用符号	附注
盘形凸轮			钩槽盘形凸轮 
移动凸轮			
与杆固定的凸轮			可调连接 
空间凸轮 a) 圆柱凸轮			
b) 圆锥凸轮			
c) 双曲面凸轮			
凸轮从动杆 a) 光顶从动杆(直动)			
b) 曲面从动杆(直动)			
c) 滚子从动杆(直动)			
d) 平底从动杆(直动)			

4.3.7 联轴器、离合器及制动器(表 5.1-177)

4.3.8 其他机构及组件

带传动、链传动等其他机构及其组件的符号,见表 5.1-178。

4.3.9 应用示例

例 1:图 5.1-71 为振动式造型机的翻台机构。它有滑块 1、连杆 2、摇杆 3、机架 6 组成的滑块摇杆机构和摇杆 3、连杆 4、另一摇杆 5 以及机架 6 组成的双摇杆机构组合而成。原动部分是滑块 1,执行部分是连杆 4。整个机构除活塞(滑块 1)和汽缸(机架 6)组成移动副外,其余各构件的联接均为转动副。摇杆 3 为 3 副元素构件。当压缩空气推动活塞向左作直线运动时,翻台(构件 4)将转动 180°,翻到起模工作台上,以备起模。排出压缩空气,活塞反向运动,翻台复位。

例 2:机床主轴箱传动示意图(图 5.1-72)。

例 3:单级圆柱齿轮减速器装配示意图(图 5.1-73)。

表 5.1-176 槽轮机构和棘轮机构

名 称	基本符号	可用符号	名 称	基本符号	可用符号
槽轮机构一般符号			棘轮机构		
a) 外啮合			b) 内啮合		
b) 内啮合			c) 棘齿条啮合		

表 5.1-177 联轴器、离合器及制动器

名 称	基本符号	可用符号	附 注
联轴器——一般符号(不指明类型)			
固定联轴器			
可移式联轴器			
弹性联轴器			
可控离合器			
啮合式离合器 a) 单向式			对于可控离合器、自动离合器、制动器,当需要表明操纵方式时,可使用下列符号: M——机动的 H——液动的 P——气动的 E——电动的(如电磁) 例:具有气动开关启动的单向摩擦离合器
b) 双向式			
摩擦离合器 a) 单向式			
b) 双向式			
液压离合器一般符号			
电磁离合器			
自动离合器一般符号			
离心摩擦离合器			

对于可控离合器、自动离合器、制动器,当需要表明操纵方式时,可使用下列符号:  
M——机动的  
H——液动的  
P——气动的  
E——电动的(如电磁)  
例:具有气动开关启动的单向摩擦离合器



(续)

名称	基本符号	可用符号	附注
超越离合器			对于可控离合器、自动离合器、制动器,当需要表明操纵方式时,可使用下列符号: M—机动的 H—液动的 P—气动的 E—电动的(如电磁) 例:具有气动开关启动的单向摩擦离合器 
安全离合器 a)带有易损元件			
b)不带易损元件			
制动器—般符号			不规定制动器外观

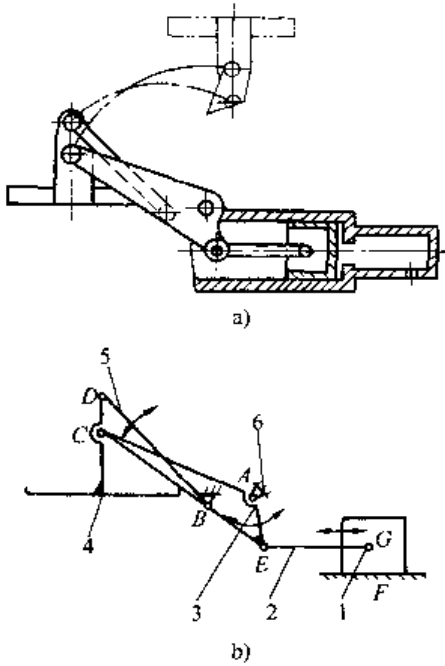


图 5.1-71 振动式造型机翻台机构  
a)装配图 b)示意图

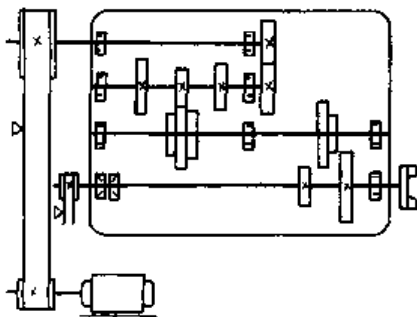


图 5.1-72 机床主轴箱传动示意图

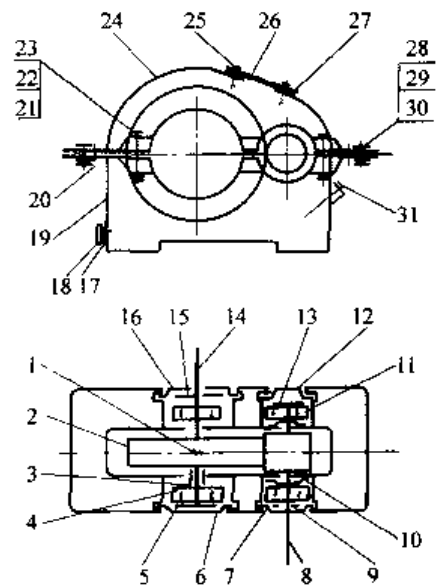
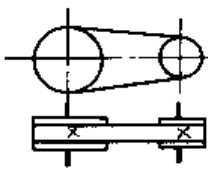



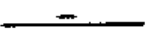
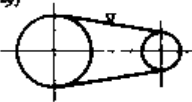
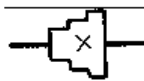
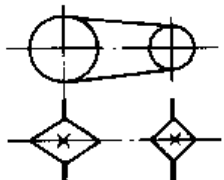
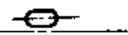





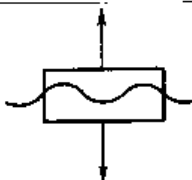
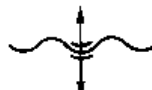

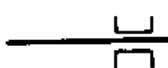
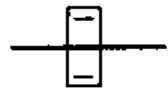
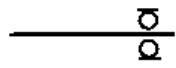
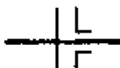
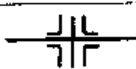

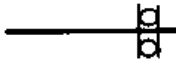
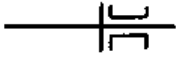


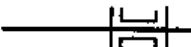
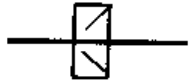




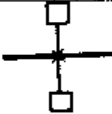


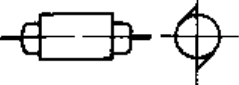
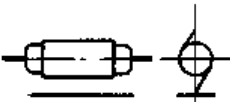
图 5.1-73 圆柱齿轮减速器装配示意图

- 1—键 2—从动齿轮 3—套筒
- 4—滚动轴承 5—调节环 6—端盖
- 7—端盖 8—主动齿轮轴 9—油封
- 10—挡油环 11—滚动轴承 12—端盖
- 13—调整环 14—从动轴 15—油封 16—透盖
- 17—垫圈 18—螺塞 19—箱体
- 20—圆锥销 21—垫圈 22—螺母
- 23—螺栓 24—箱盖 25—螺钉
- 26—视孔盖 27—垫片 28—螺栓
- 29—螺母 30—垫圈 31—油标

表 5.1-178 其他机构及其组件

名 称	基本符号	可用符号	附 注
带传动——一般符号(不指明带的类型)			若需指明带类型可采用下列符号: V带  圆带  同步齿形带  平带  例:V带传动 
轴上的宝塔轮			
链传动——一般符号(不指明链的类型)			若需指明链条类型,可采用下列符号: 环形链  滚子链  无声链  例:无声链传动 
螺杆传动 a) 整体螺母			
b) 开合螺母			
c) 滚珠螺母			
轴承 向心轴承 a) 普通轴承			
b) 滚动轴承			
推力轴承 a) 单向推力普通轴承			若有需要,可指明轴承型号
b) 双向推力普通轴承			
c) 推力滚动轴承			
向心推力轴承 a) 单向向心推力普通轴承			

(续)

名 称	基本符号	可用符号	附 注
b) 双向向心推力普通轴承			若有需要,可指明轴承型号
c) 向心推力滚动轴承			
挠性轴			可以只画一部分 
轴上飞轮			
分度头			$n$ 为分度数
原动机 a) 通用符号(不指明类型)			
b) 电动机——一般符号			
c) 装在支架上的电动机			



## 第 2 章 公差与配合

### 1 极限与配合

#### 1.1 极限与配合标准的主要内容

极限与配合国家标准目前共有 5 个, 即极限与配合 基础 第 1 部分: 词汇 (GB/T 1800.1—1997), 极限与配合 基础 第 2 部分: 公差、偏差和配合的基本规定 (GB/T 1800.2—1998), 极限与配合 基础 第 3 部分: 标准公差和基本偏差数值表 (GB/T 1800.3—1998), 极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表 (GB/T 1800.4—1999), 极限与配合 公差带和配合的选择 (GB/T 1801—1999)。现将其主要内容归纳介绍如下。

##### 1.1.1 术语和定义 (表 5.2-1)

表 5.2-1 术语和定义 (GB/T 1800.1—1997)

序号	术语	定 义
1	轴	通常, 指工件的圆柱形外表面, 也包括非圆柱形外表面 (由两平行平面或切面形成的被包容面)
2	基准轴	在基轴制配合中选用基准的轴 对本标准极限与配合制, 即上偏差为零的轴
3	孔	通常, 指工件的圆柱形内表面, 也包括非圆柱形内表面 (由两平行平面或切面形成的包容面)
4	基准孔	在基孔制配合中选用基准的孔 对本标准极限与配合制, 即下偏差为零的孔
5	尺寸	以特定单位表示线性尺寸值的数值
6	基本尺寸	通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸 注: 基本尺寸可以是一个整数或一个小数值, 例如 32; 15; 8.75; 0.5; …等等
7	实际尺寸	通过测量获得的某一孔、轴的尺寸
8	局部实际尺寸	一个孔或轴的任一横截面中的任一距离, 即任何两相对点之间测得的尺寸
9	极限尺寸	一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。实际尺寸应位于其中, 也可达到极限尺寸
10	最大极限尺寸	孔或轴允许的最大尺寸
11	最小极限尺寸	孔或轴允许的最小尺寸
12	极限制	经标准化的公差与偏差制度

(续)

序号	术语	定 义
13	零线	在极限与配合图解中, 表示基本尺寸的一条直线, 以其为基准确定偏差和公差 通常, 零线沿水平方向绘制, 正偏差位于其上, 负偏差位于其下
14	偏差	某一尺寸 (实际尺寸、极限尺寸、等等) 减其基本尺寸所得的代数差
15	极限偏差	上偏差和下偏差 注: 轴的上、下偏差代号用小写字母 $es, ei$ ; 孔的上、下偏差代号用大写字母 $ES, EI$ 表示
16	上偏差 ( $ES, es$ )	最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差
17	下偏差 ( $EI, ei$ )	最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差
18	基本偏差	在本标准极限与配合制中, 确定公差带相对零线位置的那个极限偏差 注: 它可以是上偏差或下偏差, 一般为靠近零线的那个偏差
19	尺寸公差 (简称公差)	最大极限尺寸减最小极限尺寸之差, 或上偏差减下偏差之差。它是允许尺寸的变动量 注: 尺寸公差是一个没有符号的绝对值
20	标准公差 (IT)	本标准极限与配合制中, 所规定的任一公差
21	标准公差等级	在本标准极限与配合制中, 同一公差等级 (例如 IT7) 对所有基本尺寸的一组公差被认为具有同等精确程度
22	公差带	在公差带图解中, 由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置, 如基本偏差来确定
23	标准公差因子 ( $i, I$ )	在本标准极限与配合制中, 用以确定标准公差的基本单位, 该因子是基本尺寸的函数 注: 1. 标准公差因子 $i$ 用于基本尺寸至 500mm 2. 标准公差因子 $I$ 用于基本尺寸大于 500mm
24	间隙	孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正
25	最小间隙	在间隙配合中, 孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差
26	最大间隙	在间隙配合或过渡配合中, 孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差

(续)

序号	术语	定义
27	过盈	孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负
28	最小过盈	在过盈配合中,孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差
29	最大过盈	在过盈配合或过渡配合中,孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差
30	配合	基本尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差带之间的关系
31	间隙配合	具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合,此时,孔的公差带在轴的公差带之上
32	过盈配合	具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合,此时,孔的公差带在轴的公差带之下
33	过渡配合	可能具有间隙或过盈的配合。此时,孔的公差带与轴的公差带相互交叠
34	配合公差	组成配合的孔、轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量
35	配合制	同一极限的孔和轴组成配合的一种制度
36	基轴制配合	基本偏差为一定的轴的公差带,与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度 对本标准极限与配合制,是轴的最大极限尺寸与基本尺寸相等,轴的上偏差为零的一种配合制
37	基孔制配合	基本偏差为一定的孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度 对本标准极限与配合制,是孔的最小极限尺寸与基本尺寸相等,孔的下偏差为零的一种配合制
38	最大实体极限(MML)	对应于孔或轴最大实体尺寸的那个极限尺寸,即: — 轴的最大极限尺寸 — 孔的最小极限尺寸 最大实体尺寸是孔或轴具有允许的材料量为最多时状态下的极限尺寸
39	最小实体极限(LML)	对应于孔或轴最小实体尺寸的那个极限尺寸,即: — 轴的最小极限尺寸 — 孔的最大极限尺寸 最小实体尺寸是孔或轴具有允许的材料量为最少时状态下的极限尺寸

部分有关术语和定义的进一步解释

## (1) 轴、孔

如图 5.2-1 上方的光滑圆柱形外、内表面是轴、

孔,这很容易理解;而它们也包括非圆柱形的外、内表面(由两平行平面或切面形成的被包容面、包容面)就较难理解了。图 5.2-1 中间注尺寸的普通平键键宽的两平行平面,按照轴的定义亦为轴;注尺寸键槽宽的两平行平面,按照孔的定义亦为孔。图 5.2-1 下方注尺寸的矩形花键轴键宽的两平行平面,以及其大、小径相对应的断续圆柱形外表面,按照轴的定义均为轴;注尺寸的矩形花键孔键槽宽的两平行平面,以及其大、小径相对应的断续圆柱形内表面,按照孔的定义均为孔。之所以把轴、孔的定义这样扩大,主要是为了便于对这种具有被包容面性质的单一尺寸采用轴的公差带,对这种具有包容面性质的单一尺寸采用孔的公差带。

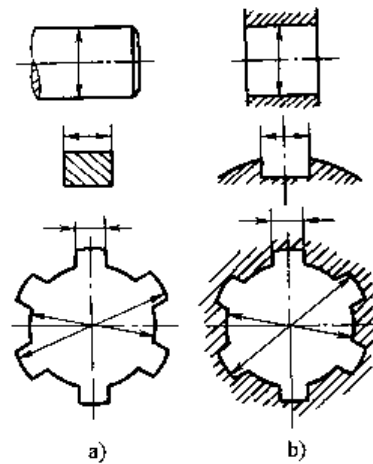


图 5.2-1 孔与轴图解

a) 轴 b) 孔

## (2) 基本尺寸

对于基本尺寸的定义,最好既能说明其来源——设计给定的,完整地说应当是由设计者根据使用要求确定,并按照标准尺寸系列进行圆整后的尺寸;又能说明通过它运用上、下偏差可以计算出极限尺寸的内涵。GB 1800—1979 强调的是前者,GB/T 1800.1—1997 强调的是后者,在国际标准草案 ISO/DIS 286—1 里,在公称尺寸的定义和注释中把这两方面的涵义就写得比较完善了。

## (3) 实际局部尺寸和实际尺寸

由表 5.2-1 可见,这两个术语的定义是不同的。按照实际局部尺寸的定义,一个孔或轴在轴向和径向可能有很多实际局部尺寸;但按照实际尺寸的定义,一个孔或轴只能有一个实际尺寸。实际局部尺寸直接按孔或轴的任一横截面中的任一距离测得的尺寸取值;而实际尺寸是对某一孔或轴的整体要素而言,可能按一次测量取值,也可能用多个实际局部尺寸按照一定方法进行数据处理后定值,虽然在标准中没这样明确,但这种道理是显而易见的。

#### (4) 偏差和尺寸公差

由表 5.2-1 可见,偏差是以某一尺寸为被减数,其基本尺寸为减数,两者相减所得的代数差。按照代数学定义:“ $a$  与  $b$  两个数无论是正还是负,  $a-b$  即称之为  $a$  与  $b$  的代数差;而算术差为一个大数减去一个较小的数之余”。最大极限尺寸、最小极限尺寸或实际尺寸都有可能比基本尺寸大,有可能比基本尺寸小,也可能与基本尺寸相等,所以此处用代数差是合适的。

尺寸公差是一个没有数学性质符号的绝对值。如图 5.2-2 所示,无论基本尺寸为 50mm 的两个极限偏差均为正、均为负、一正一负、一正一零或一零一负,其尺寸公差均为 0.02mm 这样一段允许尺寸的变动量。按照代数学定义,不管数的符号为正为负,数的绝对值只讲其大小。据此,不应把尺寸公差作为正值,不能在尺寸公差数值之前冠以正号,若把尺寸公差称作“正公差”或“负公差”,那就更是错误了。

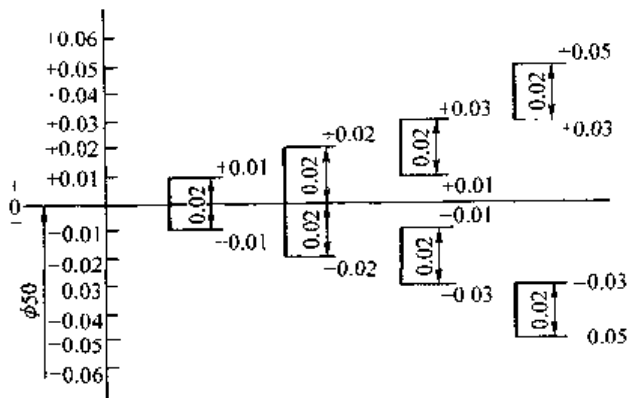


图 5.2-2 尺寸公差图解

#### (5) 标准公差等级

标准公差等级在极限与配合制中,应是对尺寸精确程度所作的一种排序,而“同一公差等级(例如 IT7)对所有基本尺寸的一组公差被认为具有同等精确程度”只是对其进一步说明,GB/T 1800.1-1997 只把上述进一步说明作为标准公差等级的定义,作者认为有所不足。

#### (6) 标准公差因子

标准公差因子是确定标准公差的基本单位,基本尺寸至 500mm 的标准公差因子计算式为:  $i = 0.45 \times \sqrt[3]{D} + 0.001D$ ; 基本尺寸大于 500mm 至 3150mm 的标准公差因子计算式为:  $I = 0.004D + 2.1$ ,由上述两个计算式可见,无论标准公差因子  $i$  或  $I$ ,它们都是基本尺寸  $D$ (基本尺寸段的几何平均值)的函数,式中  $D$  以 mm 为单位代入,计算结果以  $\mu\text{m}$  表示(式中已经过单位换算)。各标准公差等级的公差数值(基本尺寸至 500mm 的 IT01 至 IT4 除外)均为该标准公差因子  $i$  或  $I$  的若干倍,经过标准中规定的修约规则而

得。

#### (7) 间隙、过盈

由表 5.2-1 可见,无论间隙或过盈,孔的尺寸均作为被减数,相配合的轴的尺寸均作为减数,间隙是两者之差为正,过盈是两者之差为负。

在代数学中,一个数由其值与数学性质符号(正或负)所构成,如“-2”或“-2”这两个数,其大小均为 2。在间隙或过盈计算中,如孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为“+0.02mm”,则表示此配合的间隙为 0.02mm;如孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为“-0.02mm”,则表示配合的过盈为 0.02mm。如某一配合孔与轴之差为“-0.035mm”,另一配合孔与轴之差为“-0.001mm”,前者表示过盈为 0.035mm,后者表示过盈为 0.001mm。自然前者过盈大,后者过盈小。

#### (8) 最大实体极限、最小实体极限

这两个术语分别来自最大实体状态和最小实体状态。最大和最小实体状态是对孔或轴材料量的限制,也是对孔或轴实体状态的一种极限规定,任何一个具有尺寸和形状误差的合格实际实体(孔或轴),都应在其最大实体和最小实体这两个极限状态之内。

最大实体极限和最小实体极限分别是最大实体状态和最小实体状态相对应的极限尺寸的简称。最大实体极限为轴的最大极限尺寸,孔的最小极限尺寸,在此极限尺寸时,轴、孔均处于最大实体状态,即其材料量为最多。最小实体极限为轴的最小极限尺寸,孔的最大极限尺寸,在此极限尺寸时,轴、孔均处于最小实体状态,即其材料量为最少。在 ISO/286-1:1998 国际标准相应条款的注解中说:过去曾把最大实体极限称为“过(通)极限”,把最小实体极限称为“不过(止)极限”,这是借用“通”、“止”极限量规而得名。通端极限量规用来控制被检孔、轴的实际尺寸不要超越其最大实体极限;止端量规用来控制被检孔、轴的实际尺寸不要超越其最小实体极限。

#### (9) 配合

GB/T 1800.1-1997 对此术语采用原来标准 GB 1800-1979 的定义,该定义与 ISO/286-1:1988 国际标准相应术语的定义不同。由表 5.2-1 可见,它是指基本尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差带之间的相对位置关系,如图 5.2-3。它不是指单个孔与单个轴的结合关系,而是从区分配合类别的角度进行定义的。孔的公差带在轴的公差带之上的,为间隙配合(图 5.2-3a);孔的公差带在轴的公差带之下的,为过盈配合(图 5.2-3b);孔的公差带与轴的公差带相互交叠的,为过渡配合(图 5.2-3c)。单个孔与单个轴相互结合后只能具有间隙或者具有过盈,不可能过渡其间,如有间隙,则该结合可能属于间隙配合类,也可能属于过渡配

合类；如有过盈，则该结合可能属于过盈配合类，也可能属于过渡配合类。

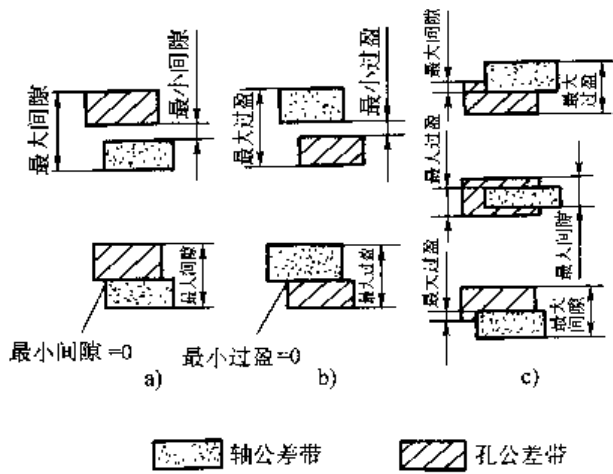


图 5.2-3 配合类别

a) 间隙配合 b) 过盈配合 c) 过渡配合

表 5.2-2 标准公差数值

基本尺寸 /mm		标准公差等级																	
大于	至	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
		$\mu\text{m}$																	
		mm																	
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：1. 基本尺寸大于 500mm 的 IT1 至 IT5 的标准公差数值为试行的。

2. 基本尺寸小于或等于 1mm 时，无 IT14 至 IT18。

### 1.1.3 基本偏差

GB/T 1800.2—1998 对基本偏差的代号规定为：孔用大写字母 A, …, ZC 表示；轴用小写字母 a, …, zc 表示（图 5.2-4），各 28 个。其中，H 代表基准孔的基本偏差代号，h 代表基准轴的基本偏差代号。

### 1.1.2 标准公差

GB/T 1800.2—1998 规定标准公差等级代号用符号 IT（国际公差 International Tolerance 的缩写）和数字组成，例如 IT7。当其与代表基本偏差的字母一起组成公差带时，省略 IT 字母，如 h7。

GB/T 1800.2—1998 将标准公差分为 IT01、IT0、IT1 至 IT18 共 20 级。GB/T 1800.3—1998 的正文列出了基本尺寸至 3150mm 的 IT1 至 IT18 级的标准公差数值，见表 5.2-2。标准公差等级 IT01 和 IT0 在工业中很少用到，所以在 GB/T 1800.3—1998 的正文中没有给出该两公差等级的标准公差数值，但为满足使用者需要，在 GB/T 1800.3—1998 的附录 A 中给出了这些数值，而且基本尺寸只至 500mm，见表 5.2-3。

GB/T 1801—1999 的附录 C（提示的附录）提供了基本尺寸大于 3150mm 至 10000mm IT6 至 IT18 的标准公差数值，见表 5.2-4，供参考使用。

GB/T 1800.3—1998 给出了基本尺寸至 3150mm 的轴的基本偏差数值，见表 5.2-5；以及孔的基本偏差数值，见表 5.2-6。

GB/T 1801—1999 的附录 C（提示的附录）提供了基本尺寸大于 3150mm 至 10000mm 的孔、轴基本偏差数值（表 5.2-7），供参考使用。

表 5.2-3 IT01 和 IT0 的标准公差数值

基本尺寸 /mm		标准公差等级		基本尺寸 /mm		标准公差等级	
大于	至	IT01	IT0	大于	至	IT01	IT0
		公差/ $\mu\text{m}$				公差/ $\mu\text{m}$	
—	3	0.3	0.5	80	120	1	1.5
3	6	0.4	0.6	120	180	1.2	2
6	10	0.4	0.6	180	250	2	3
10	18	0.5	0.8	250	315	2.5	4
18	30	0.6	1	315	400	3	5
30	50	0.6	1	400	500	4	6
50	80	0.8	1.2				

表 5.2-4 基本尺寸大于 3150 至 10000mm 的标准公差数值

基本尺寸/mm		公差等级												
大于	至	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
		$\mu\text{m}$						mm						
3150	4000	165	260	410	660	1050	1650	2.60	4.10	6.6	10.5	16.5	26.0	41.0
4000	5000	200	320	500	800	1300	2000	3.20	5.00	8.0	13.0	20.0	32.0	50.0
5000	6300	250	400	620	980	1550	2500	4.00	6.20	9.8	15.5	25.0	40.0	62.0
6300	8000	310	490	760	1200	1950	3100	4.90	7.60	12.0	19.5	31.0	49.0	76.0
8000	10000	380	600	940	1500	2400	3800	6.00	9.40	15.0	24.0	38.0	60.0	94.0

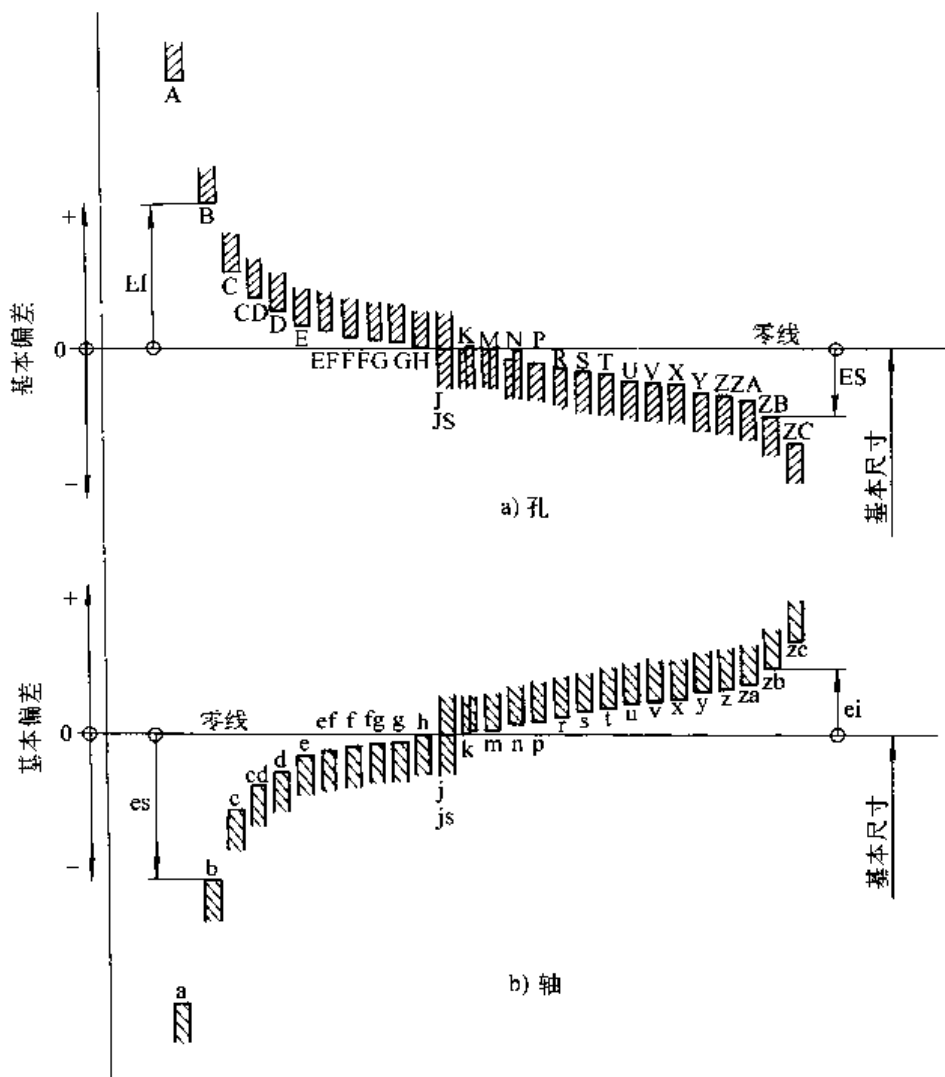


图 5.2-4 基本偏差系列示意图

表 5.2-5 轴的

基本尺寸 /mm		上偏差 es													基本偏差数值				
		所有标准公差等级													IT5 和 IT6	IT7	IT8	IT4 至 IT7	≤ IT3 >IT7
大于	至	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k			
—	3	-270	140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	4	2	0	偏差 ± $\frac{IT_n}{2}$ 式中 IT <sub>n</sub> 是 IT 值数	-2	-4	6	0	0	
3	6	-270	140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	6	-4	0		2	-4		+1	0	
6	10	-280	150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	8	-5	0		2	-5		-1	0	
10	14	-290	150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		-1	0	
14	18	-300	-160	-110		-65	-40		-20		7	0		4	-8		-2	0	
18	24	-310	-170	120		-80	-50		-25		-9	0		-5	10		-2	0	
24	30	-320	-180	-130		-100	-60		30		-10	0		-7	12		+2	0	
30	40	-340	-190	-140		-120	-72		-36		12	0		-9	-15		+3	0	
40	50	-360	200	-150		-145	-85		-43		-14	0		-11	18		+3	0	
50	65	-380	-220	-170		-170	100		50		-15	0		13	-21		+4	0	
65	80	-410	-240	-180		190	-110		-56		17	0		-16	-26		+4	0	
80	100	-460	260	-200		-210	125		-62		-18	0		18	-28		+4	0	
100	120	-520	-280	-210		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		+5	0	
120	140	-580	-310	-230		-260	-145		-76		-22	0					0	0	
140	160	-660	-340	-240		-290	-160		-80		-24	0					0	0	
160	180	-740	380	-260		-320	-170		-86		26	0					0	0	
180	200	-820	-420	-280		-350	-195		-98		-28	0					0	0	
200	225	-920	-480	-300		-390	-220		-110		-30	0					0	0	
225	250	-1050	-540	-330		-430	-240		-120		-32	0					0	0	
250	280	-1200	-600	-360		-480	260		130		-34	0					0	0	
280	315	-1350	-680	-400		-520	-290		-145		-38	0					0	0	
315	355	-1500	-760	-440															
355	400	-1650	840	-480															
400	450																		
450	500																		
500	560																		
560	630																		
630	710																		
710	800																		
800	900																		
900	1000																		
1000	1120																		
1120	1250																		
1250	1400																		
1400	1600																		
1600	1800																		
1800	2000																		
2000	2240																		
2240	2500																		
2500	2800																		
2800	3150																		

注：1. 基本尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 a 和 b 均不采用。

2. 公差带 js7 至 js11，若 IT<sub>n</sub> 值数是奇数，则取偏差 =  $\frac{IT_n - 1}{2}$ 。

基本偏差数值

( $\mu\text{m}$ )

下偏差 $e_i$													
所有标准公差等级													
m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
+4	-8	+12	+15	+19		+23		-28		+35	+42	+50	-80
+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97
+7	-12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+61	+90	+130
							+39			-60	+77	+108	+150
+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	-63	+73	+98	+136	+188
					+41	+48	-55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	-80	+94	+112	+148	+200
					+48	+60	+68	-80	+94	+112	+148	+200	+274
					+54	+70	-81	-97	+114	-136	+180	+242	+325
+11	+20	-32	-41	-53	-66	+87	+102	-122	+144	+172	+226	+300	+405
			+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
+13	+23	-37	-51	+71	+91	+124	+116	-178	+214	+258	+335	+445	+585
			+54	-79	-104	+144	+172	+210	-254	+310	+400	+525	+690
			+63	-92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
+15	+27	+43	+65	+100	+134	-190	+228	+280	-340	+415	+535	+700	+900
			+68	+108	+146	+210	-252	+310	+380	-465	+600	+780	+1000
			+77	+122	+166	+236	+284	+350	-420	+520	+670	+880	+1150
+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
			-84	+140	+196	+284	-340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
+20	+34	+56	+94	+138	+218	+315	+385	-475	+580	+710	+920	+1200	+1550
			+98	+170	+240	-350	+425	+525	-650	+790	+1000	+1300	+1700
+21	-37	+62	+108	+190	+268	-390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
			+114	+208	+294	+435	-530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
+23	+40	-68	+126	+232	+330	+490	+595	-740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
			+132	+252	+360	+540	-660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600
+26	+44	+78	+150	-280	+400	+600							
			+135	+310	+450	+660							
-30	+50	-88	+175	+340	+500	-740							
			+185	+380	+560	+840							
-34	+56	-100	+210	+430	+620	-940							
			+220	-470	+680	+1050							
+40	-66	+120	+250	+520	+780	+1150							
			+260	+580	+840	+1300							
+48	+78	+140	-300	+640	+960	+1450							
			-330	+720	+1050	+1600							
+58	+92	-170	+370	+820	+1200	+1850							
			+400	+920	+1350	+2000							
+68	+110	+195	+440	+1000	+1500	+2300							
			+460	-1100	+1650	+2500							
+76	-135	+240	+550	+1250	+1900	+2900							
			+580	+1400	+2100	-3200							

表 5.2-6 孔的

基本尺寸 /mm		下偏差 EI											基本偏差数值										
		所有标准公差等级											IT6	IT7	IT8	≤ IT8	> IT8	≤ IT8	> IT8	≤ IT8	> IT8		
大于	至	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J		K		M		N			
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	偏差 = ± $\frac{IT_n - 1}{2}$ 式中 IT <sub>n</sub> 是 IT 值数	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	-6	+10	-1		-4	-4	8	0	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1		-6	-6	-10	0	
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0		+6	+10	+15	-1		-7	7	-12	0	
14	18													+Δ	+Δ	-Δ	-Δ	-Δ	-Δ				
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		-20		+7	0		+8	+12	+20	2		-8	-8	-15	0	
24	30													+Δ	+Δ	+Δ	+Δ	+Δ	+Δ				
30	40	+310	+170	+120		-80	+50		+25		-9	0		-10	-14	+24	-2		9	-9	17	0	
40	50	+320	+180	+130										+13	+18	-28	-2		-11	-11	-20	0	
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+16	+22	+34	-Δ		+Δ	+Δ	+Δ	0	
65	80	+360	+200	+150										+16	+22	+34	-3		-13	-13	-23	0	
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		-36		+12	0		-18	-26	+41	-3		-15	-15	-27	0	
100	120	+410	+240	+180										+22	+30	+47	-4		-17	-17	-31	0	
120	140	+460	+260	+200		+170	+100		-50		+50	0		+25	+36	+55	+Δ		+Δ	20	+Δ	0	
140	160	+520	+280	+210										-29	-39	+60	-4		-21	-21	-37	0	
160	180	+580	+310	+230										+33	+43	+66	+Δ		+Δ	23	-23	-40	0
180	200	+660	+340	+240													0		-26	-26	-44	0	
200	225	+740	+380	+260															+Δ	+Δ	+Δ	0	
225	250	+820	+420	+280																		0	
250	280	+920	+480	+300		-190	+110		+56		-17	0										0	
280	315	+1050	+540	+330																		0	
315	355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0		-29	-39	+60	-4		-21	-21	-37	0	
355	400	+1350	+680	+400										+33	+43	+66	+Δ		+Δ	+Δ	+Δ	0	
400	450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0										0	
450	500	+1650	+840	+480																		0	
500	560					+260	+145		+76		+22	0										0	
560	630																					0	
630	710					+290	+160		+80		+24	0										0	
710	800																				0		
800	900					+320	+170		+86		+26	0									0		
900	1000																				0		
1000	1120					-350	+195		-98		+28	0									0		
1120	1250																				0		
1250	1400					+390	+220		+110		-30	0									0		
1400	1600																				0		
1600	1800					+430	+240		+120		+32	0									0		
1800	2000																				0		
2000	2240					+480	+260		+130		+34	0									0		
2240	2500																				0		
2500	2800					+520	+290		+145		+38	0									0		
2800	3150																				0		

注：1. 基本尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 A 和 B 及大于 IT8 的 N 均不采用。

2. 公差带 JS7 至 JS11，若 IT<sub>n</sub> 值数是奇数，则取偏差 = ±  $\frac{IT_n - 1}{2}$ 。

3. 对小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P 至 ZC，所需 Δ 值从表内右侧选取。例如：

18 至 30mm 段的 K7：Δ = 8μm，所以 ES = (-2 + 8) μm = +6μm

18 至 30mm 段的 S6：Δ = 4μm，所以 ES = (-35 + 4) μm = -31μm

4. 特殊情况：250 至 315mm 段的 M6，ES = -9μm (代替 -11μm)。





表 5.2-7 基本尺寸大于 3150 至 10000mm, 孔、轴的基本偏差数值 (μm)

轴的基本偏差		上偏差 (es)						下偏差 (ei)							
		d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	v
公差等级		6 至 18													
基本尺寸/mm		符 号													
大于	至	-	-	-	-			-	+	-	+	+	-	+	
3150	3550	580	320	160		0	偏差 = ± $\frac{IT}{2}$			290	680	1600	2400	3600	
3550	4000										720	1750	2600	4000	
4000	4500	640	350	175		0				360	840	2000	3000	4600	
4500	5000										900	2200	3300	5000	
5000	5600	720	380	190		0				440	1050	2500	3700	5600	
5600	6300	800	420	210		0					1100	2800	4100	6400	
6300	7100							880	460	230		0		540	1300
7100	8000	880	460	230		0									
8000	9000							880	460	230		0		680	
9000	10000														
大于	至	+	+	-	+			-	-	-	-	-	-		
基本尺寸/mm		符 号													
公差等级		6 至 18													
孔的基本偏差		D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U
		下偏差 (EI)							上偏差 (ES)						

1.1.4 公差带

GB/T 1800.2-1998 规定：公差带用基本偏差的字母和公差等级数字表示，例如 H7 表示一种孔的公差带，h7 表示一种轴的公差带；注公差尺寸用基本尺寸后跟所要求的公差带或（和）对应的偏差值表示，例如 32H7、80js15、100g6、100 $\frac{H7}{g6}$ 、100g6（ $\frac{H7}{g6}$ ）；当使用有限的字母组的装置传输标注公差尺寸信息时，例如电报，在标注前加注 H 或 h（对孔）、S 或 s（对轴），例如 50H5 可用 H50H5 或 h50h5，50h6 可用 S50H6 或 s50h6，但这种方法不能在图样上使用。

图 5.2-5 为各种公差带上、下偏差的归类图释，由于各种公差带的极限偏差值均可由标准公差数值表 5.2-2、表 5.2-4 和基本偏差数值表 5.2-5 至表 5.2-7 计算得到，此处仅举几个示例说明其计算方法，不再将各种公差带的极限偏差值一一列出。

例 1：计算轴  $\phi 40g11$  的极限偏差

标准公差 = 160μm (由表 5.2-2)

基本偏差 = -9μm (由表 5.2-5)

上偏差 = 基本偏差 = -9μm

下偏差 = 基本偏差 - 标准公差 = (-9 - 160) μm = -169μm

例 2：计算轴  $\phi 130n4$  的极限偏差

标准公差 = 12μm (由表 5.2-2)

基本偏差 = +27μm (由表 5.2-5)

下偏差 = 基本偏差 = +27μm

上偏差 = 基本偏差 + 标准公差 = (+27 + 12) μm = +39μm

例 3：计算孔  $\phi 130N4$  的极限偏差

标准公差 = 12μm (由表 5.2-2)

基本偏差 = -27 + Δ (由表 5.2-6) = (-27 + 4) μm = -23μm

上偏差 = 基本偏差 = -23μm

下偏差 = 基本偏差 - 标准公差 = (-23 - 12) μm = -35μm

1.1.5 配合

GB/T 1800.2-1998 规定：配合用相同的基本尺寸后跟孔、轴公差带表示，孔、轴公差带写成分数形式，分子为孔公差带，分母为轴公差带，例如 52H7/g6 或 52  $\frac{H7}{g6}$ ；当使用有限的字母组的装置传输配合信息时，例如电报，在标注前加注 H 或 h（对孔）、S 或 s（对轴），例如 52H7/g6 可用 H52H7/S52G6 或 h52h7/s52g6，但这种方法同样也不能在图样上使用。

配合分基孔制配合和基轴制配合（图 5.2-6），如有特殊需要，允许将任一孔、轴公差带组成配合。无论基孔制配合还是基轴制配合，都有间隙配合、过渡配合和过盈配合三类。属于哪一种配合取决于孔、轴公差带的相互位置关系。

1.1.6 公差带和配合的选择

(1) 公差带的选择

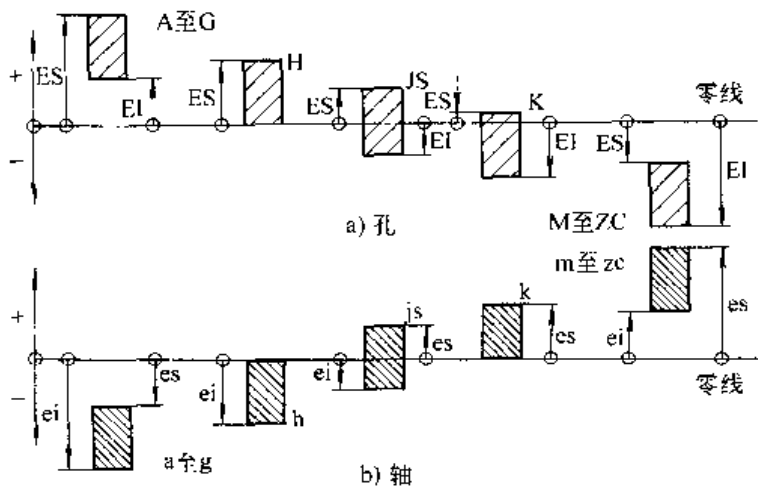


图 5.2-5 各种孔、轴公差带上偏差和下偏差归类图释

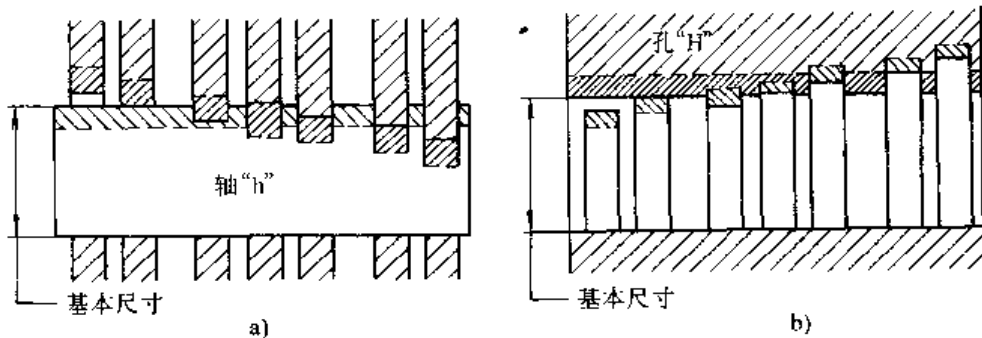


图 5.2-6 基孔制和基轴制配合  
a) 基轴制配合 b) 基孔制配合

BB C8	ES	EF3 F3	FG3 G3	H1 JS1	K3 M3 N3	P3 R3 S3	T5 U5	V5 X5	Z5 ZA5	ZB5 ZC5
AB B9 C9	E6	EF4 F4	FG4 G4	H2 JS2	K4 M4 N4	P4 R4 S4	T6 U6	V6 X6 Y6	Z6 ZA6	ZB6 ZC6
A10 B'0 C10	E7	EF5 F5	FG5 G5	H3 JS3	K5 M5 N5	P5 R5 S5	T7 U7	V7 X7 Y7	Z7 ZA7	ZB7 ZC7
A11 B'1 C11	E8	EF6 F6	FG6 G6	H4 JS4	K6 M6 N6	P6 R6 S6	T8 U8	V8 X8 Y8	Z8 ZA8	ZB8 ZC8
A12 B'2 C12	E9	EF7 F7	FG7 G7	H5 JS5	K7 M7 N7	P7 R7 S7	T9 U9	V9 X9 Y9	Z9 ZA9	ZB9 ZC9
A13 B'3 C13	E10	EF8 F8	FG8 G8	H6 JS6	K8 M8 N8	P8 R8 S8	T10 U10	V10 X10 Y10	Z10 ZA10	ZB10 ZC10
		EF9 F9	FG9 G9	H7 JS7	K9 M9 N9	P9 R9 S9			Z11 ZA11	ZB11 ZC11
		EF10 F10	FG10 G10	H8 JS8	K10 M10 N10	P10 R10 S10				
				H9 JS9						
				H10 JS10						
				H11 JS11						
				H12 JS12						
				H13 JS13						
				H14 JS14						
				H15 JS15						
				H16 JS16						
				H17 JS17						
				H18 JS18						

图 5.2-7 基本尺寸至 500mm 的孔的公差带

			H1 JS1				
			H2 JS2				
			H3 JS3				
			H4 JS4				
			H5 JS5				
D6 E6	F6	G6	H6 JS6	K6 M6 N6	P6 R6 S6	T6 U6	
D7 E7	F7	G7	H7 JS7	K7 M7 N7	P7 R7 S7	T7 U7	
D8 E8	F8	G8	H8 JS8	K8 M8 N8	P8 R8 S8	T8 U8	
D9 E9	F9		H9 JS9	N9	P9		
D10 E10			H10 JS10				
D11			H11 JS11				
D12			H12 JS12				
D13			H13 JS13				
			H14 JS14				
			H15 JS15				
			H16 JS16				
			H17 JS17				
			H18 JS18				

注：框格内的公差带H1至H5和JS1至JS5为试用的。

图 5.2-8 基本尺寸大于 500 至 3150mm 的孔的公差带

cd5	d5	e5	es	f5	fs	gs	gs	h1	js1
cd6	d6	e6	es	f6	fs	gs	gs	h2	js2
cd7	d7	e7	es	f7	fs	gs	gs	h3	js3
cd8	d8	e8	es	f8	fs	gs	gs	h4	js4
cd9	d9	e9	es	f9	fs	gs	gs	h5	js5
cd10	d10	e10	es	f10	fs	gs	gs	h6	js6
								h7	js7
								h8	js8
								h9	js9
								h10	js10
								h11	js11
								h12	js12
								h13	js13
								h14	js14
								h15	js15
								h16	js16
								h17	js17
								h18	js18
									js1
									js2
									js3
									js4
									js5
									js6
									js7
									js8
									js9
									js10
									js11
									js12
									js13
									js14
									js15
									js16
									js17
									js18

图 5.2.9 基本尺寸至 500mm 的轴的公差带

d7	e6	f6	g6	h1	js1	k6	m6	n6	p6	r6	s6	u6	u6
d8	e7	f7	g7	h2	js2	k7	m7	n7	p7	r7	s7	u7	u6
d9	e8	f8	g8	h3	js3	k8			p8	r8	s8	u8	
d10	e9	f9	g9	h4	js4	k9							
d11	e10			h5	js5	k10							
				h6	js6	k11							
				h7	js7	k12							
				h8	js8	k13							
				h9	js9								
				h10	js10								
				h11	js11								
				h12	js12								
				h13	js13								
				h14	js14								
				h15	js15								
				h16	js16								
				h17	js17								
				h18	js18								

注：框格内的公差带h1至h5和js1至js5为试用的。

图 5.2-10 基本尺寸大于 500 至 3150mm 的轴的公差带

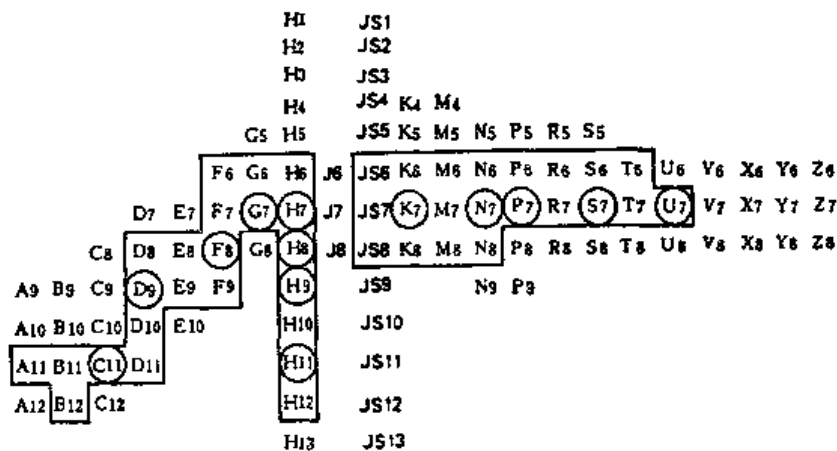


图 5.2-11 基本尺寸至 500mm 的孔的常用、优先公差带

按照表 5.2-2、表 5.2-5 和表 5.2-6 所列的标准公差和基本偏差数值，在基本尺寸至 3150mm 内可以组成大量不同大小与位置的公差带，具有非常广泛选用的可能性。从经济性出发，为避免定值刀具、量具的品种、规格不必要的繁杂，GB/T 1800.4—1999 虽对公差带的选择作了限制（见图 5.2-7 至图 5.2-10），但仍然很广，需进一步对公差带的选择加以限制。

GB/T 1801—1999 对公差带的选择进一步限定如下：

1) 孔公差带 基本尺寸至 500mm 的孔公差带见

图 5.2-11，相应的极限偏差见表 5.2-8。选择时，应优先选用图 5.2-11 中圆圈中的公差带，其次选用方框中的公差带，最后选用其他公差带。

基本尺寸大于 500mm 至 3150mm 的孔公差带见图 5.2-12，相应的极限偏差见表 5.2-9。

2) 轴公差带 基本尺寸至 500mm 的轴公差带见图 5.2-13，相应的极限偏差见表 5.2-10。选择时，应优先选用图 5.2-13 中圆圈中的公差带，其次选用方框中的公差带，最后选用其他公差带。

基本尺寸大于 500mm 至 3150mm 的轴公差带见图 5.2-14，相应的极限偏差见表 5.2-11。

( $\mu\text{m}$ )

表 5.2.8 孔的极限偏差 (500mm 以下)

基本尺寸 /mm	A										B										C									
	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	
大于 3	+295 +270	+310 +270	+330 +270	+370 +270	+410 +270	+154 +140	+165 +140	+180 +140	+200 +140	+240 +140	+280 +140	+74 -60	+85 -60	+100 +60	+120 -60	+160 -60	+200 +60	+154 +140	+165 +140	+180 +140	+200 +140	+240 +140	+280 +140	+74 -60	+85 -60	+100 +60	+120 -60	+160 -60	+200 +60	
3	+300 +270	+318 -270	+345 -270	+390 +270	+450 +270	+188 +140	+170 +140	+188 +140	+215 +140	+260 +140	+320 +140	+88 +70	+100 +70	+118 +70	+145 +70	+190 +70	+250 +70	+188 +140	+170 +140	+188 +140	+215 +140	+260 +140	+320 +140	+88 +70	+100 +70	+118 +70	+145 +70	+190 +70	+250 +70	
6	+316 +280	+338 +280	+370 +280	+430 +280	+500 +280	+172 +150	-186 +150	+208 -150	+240 +150	+300 +150	-370 +150	-102 +80	-116 +80	+138 +80	+170 +80	+230 +80	+300 +80	+172 +150	-186 +150	+208 -150	+240 +150	+300 +150	-370 +150	-102 +80	-116 +80	+138 +80	+170 +80	+230 +80	+300 +80	
10	+333 +290	+360 +290	+400 +290	+470 +290	+560 +290	+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150	+330 +150	+420 +150	+122 +95	+138 +95	+165 +95	+205 +95	+275 +95	+365 +95	+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150	+330 +150	+420 +150	+122 +95	+138 +95	+165 +95	+205 +95	+275 +95	+365 +95	
18	+352 -300	+384 +300	+430 +300	+510 +300	+630 +300	+193 -160	+212 -160	+244 +160	+290 +160	+370 +160	+490 +160	+143 -110	+162 +110	+194 +110	+240 +110	+320 +110	+440 +110	+193 -160	+212 -160	+244 +160	+290 +160	+370 +160	+490 +160	+143 -110	+162 +110	+194 +110	+240 +110	+320 +110	+440 +110	
30	+372 +310	+410 +310	+470 +310	+550 +310	+700 +310	+209 +170	+232 +170	+270 +170	+330 +170	+420 +170	+550 +170	+159 +120	+182 +120	+220 +120	+280 +120	+370 +120	+510 +120	+209 +170	+232 +170	+270 +170	+330 +170	+420 +170	+550 +170	+159 +120	+182 +120	+220 +120	+280 +120	+370 +120	+510 +120	
40	+382 +320	+420 +320	+480 +320	+570 +320	+710 +320	+219 +180	+242 +180	+280 +180	+340 +180	+430 +180	+570 +180	+169 +130	+192 +130	+230 +130	+290 +130	+380 +130	+520 +130	+219 +180	+242 +180	+280 +180	+340 +180	+430 +180	+570 +180	+169 +130	+192 +130	+230 +130	+290 +130	+380 +130	+520 +130	
50	+414 +340	+460 +340	+530 +340	+640 +340	+800 +340	+236 +190	+264 +190	+310 +190	+380 +190	+490 +190	+650 +190	+186 +140	+214 +140	+260 +140	+330 +140	+440 +140	+600 +140	+236 +190	+264 +190	+310 +190	+380 +190	+490 +190	+650 +190	+186 +140	+214 +140	+260 +140	+330 +140	+440 +140	+600 +140	
65	+434 +360	+480 +360	+550 +360	+660 +360	+820 +360	+246 +200	+274 +200	+320 +200	+390 +200	+500 +200	+660 +200	+196 +150	+224 +150	+270 +150	+340 +150	+450 +150	+610 +150	+246 +200	+274 +200	+320 +200	+390 +200	+500 +200	+660 +200	+196 +150	+224 +150	+270 +150	+340 +150	+450 +150	+610 +150	
80	+467 +380	+520 +380	+600 +380	+730 +380	+920 +380	+274 +220	+307 +220	+360 +220	+440 +220	+570 +220	+760 +220	+224 +170	+257 +170	+310 +170	+390 +170	+520 +170	+710 +170	+274 +220	+307 +220	+360 +220	+440 +220	+570 +220	+760 +220	+224 +170	+257 +170	+310 +170	+390 +170	+520 +170	+710 +170	
100	+497 +410	+550 +410	+630 +410	+760 +410	+950 +410	+294 +240	+327 +240	+380 +240	+460 +240	+590 +240	+780 +240	+234 +180	+267 +180	+320 +180	+400 +180	+530 +180	+720 +180	+294 +240	+327 +240	+380 +240	+460 +240	+590 +240	+780 +240	+234 +180	+267 +180	+320 +180	+400 +180	+530 +180	+720 +180	
120	+560 +460	+620 +460	+710 +460	+860 +460	+1090 +460	+323 +260	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+660 +260	+890 +260	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200	+830 +200	+323 +260	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+660 +260	+890 +260	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200	+830 +200	

(续)

基本尺寸 /mm	A						B						C					
	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	
大于至																		
140	+520	+520	+520	+520	+520	+280	+380	+440	+530	+680	+910	+273	+310	+370	+460	+610	+840	
160	+580	+740	+830	+980	+1210	+373	+410	+470	+560	+710	+940	+293	+330	+390	+480	+630	+860	
180	+580	+580	+580	+580	+580	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+230	+230	+230	+230	+230	+230	
180	+775	+845	+950	+1120	+1380	+412	+455	+525	+630	+800	+1060	+312	+355	+425	+530	+700	+960	
200	+660	+660	+660	+660	+660	+340	+340	+340	+340	+340	+340	+240	+240	+240	+240	+240	+240	
200	+855	+925	+1030	+1200	+1460	+452	+495	+565	+670	+840	+1100	+332	+375	+445	+550	+720	+980	
225	+740	+740	+740	+740	+740	+380	+380	+380	+380	+380	+380	+260	+260	+260	+260	+260	+260	
225	+935	+1005	+1110	+1280	+1540	+492	+535	+605	+710	+880	+1140	+352	+395	+465	+570	+740	+1100	
250	+820	+820	+820	+820	+820	+420	+420	+420	+420	+420	+420	+280	+280	+280	+280	+280	+280	
250	+1050	+1130	+1240	+1440	+1730	+561	+610	+690	+800	+1000	+1290	+381	+430	+510	+620	+820	+1110	
280	+920	+920	+920	+920	+920	+480	+480	+480	+480	+480	+480	+300	+300	+300	+300	+300	+300	
280	+1180	+1260	+1370	+1570	+1860	+621	+670	+750	+860	+1060	+1350	+411	+460	+540	+650	+850	+1140	
315	+1050	+1050	+1050	+1050	+1050	+540	+540	+540	+540	+540	+540	+330	+330	+330	+330	+330	+330	
315	+1340	+1430	+1560	+1700	+2000	+689	+740	+830	+960	+1170	+1490	+449	+500	+590	+720	+930	+1250	
355	+1200	+1200	+1200	+1200	+1200	+600	+600	+600	+600	+600	+600	+360	+360	+360	+360	+360	+360	
355	+1490	+1580	+1710	+1920	+2240	+769	+820	+910	+1040	+1250	+1570	+489	+540	+630	+760	+970	+1290	
400	+1350	+1350	+1350	+1350	+1350	+680	+680	+680	+680	+680	+680	+400	+400	+400	+400	+400	+400	
400	+1655	+1750	+1900	+2130	+2470	+857	+915	+1010	+1160	+1390	+1730	+537	+595	+690	+840	+1070	+1410	
450	+1500	+1500	+1500	+1500	+1500	+760	+760	+760	+760	+760	+760	+440	+440	+440	+440	+440	+440	
450	+1805	+1900	+2050	+2280	+2620	+937	+995	+1090	+1240	+1470	+1810	+577	+635	+730	+880	+1110	+1450	
500	+1650	+1650	+1650	+1650	+1650	+840	+840	+840	+840	+840	+840	+480	+480	+480	+480	+480	+480	

注：基本尺寸小于1mm时，各级的A和B均不采用。

(续)

基本尺寸 /mm	CD										D										E									
	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10		
—	+40	-44	+48	+59	+74	+26	+30	+34	+45	+60	+80	+120	+180	+18	+29	+24	-28	-39	-54	+34	+34	-34	-34	-34	+14	+14	+14	-14	-14	-11
3	+54	+53	+64	+76	+94	+38	-42	-48	+60	-78	+105	-150	-210	+25	+28	+32	+38	+50	+68	+46	+45	+46	+46	+46	+20	+20	+20	-20	-20	+20
6	+65	-71	+78	+92	+114	+49	+55	+62	+76	+98	-130	+190	+260	+31	-34	-40	-47	-61	+83	+56	+56	+56	+56	+56	+25	-25	+25	+25	+25	+25
10						+61	+68	+77	+93	+120	+160	+230	+320	-40	-43	+50	+59	+75	+102						+32	-32	+32	-32	-32	+32
18						+78	-86	-98	+117	+148	+195	+275	+395	+19	+63	+61	-73	-92	-124						+40	+40	+40	+40	+40	+40
30						+89	+80	+80	+89	+89	+80	+80	+80	+50	+50	+50	+50	+50	+50						+50	+50	+50	+50	+50	+50
50						+119	-130	+146	+174	+220	+290	+400	+560	-73	+79	+90	-106	+134	+180						+60	+69	+60	-60	-60	-60
80						+142	+155	+174	+207	+260	+340	+470	+660	-87	-94	+107	-125	+159	+212						+72	-72	+72	+72	+72	+72
120						+170	+185	+208	+245	+305	-395	-545	-775	+103	+110	+125	+148	+185	+245						+85	-85	+85	-85	+85	-85
180						+199	-216	+242	+285	+355	+460	+630	+890	+120	-129	+146	-172	+215	+285						+100	-100	+100	-100	+100	+100
250						+222	+242	+271	+320	+400	+510	+710	+1000	+133	+142	+162	+191	+240	+320						+110	+110	+110	+110	+110	+110
315						+246	+267	+299	+350	+440	+570	+780	+1100	+150	+161	+182	+214	+265	+355						+125	+125	+125	+125	+125	+125
400						+270	+293	+327	+385	+480	+630	+860	+1200	+162	+175	-198	+232	+290	+385						+135	+135	+135	+135	+135	+135
500						+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230	+230						+135	+135	+135	+135	+135	+135







(续)

基本尺寸 /mm		JS																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	至	μm									mm								
		偏差																	
—	3	+0.4	-0.6	+1	+1.5	+2	+3	+5	+7	+12	+20	-30	+0.05	+0.07	+0.125	+0.2	+0.3		
	6	-0.4	0.6	-1	-1.5	-2	-3	-5	-7	-12	-20	-30	-0.05	-0.07	-0.125	-0.2	-0.3		
3	6	+0.5	+0.75	+1.25	+2	+2.5	+4	+6	+9	+15	+24	+37	+0.06	+0.09	+0.15	+0.24	+0.375	+0.6	+0.9
	10	-0.5	-0.75	-1.25	-2	-2.5	-4	-6	-9	-15	-24	-37	-0.06	-0.09	-0.15	-0.24	-0.375	-0.6	-0.9
6	10	+0.5	+0.75	+1.25	+2	+3	+4.5	+7	+11	+18	+29	+46	-0.075	-0.11	+0.18	+0.29	+0.45	+0.75	+1.1
	18	-0.5	-0.75	-1.25	-2	-3	-4.5	-7	-11	-18	-29	-46	-0.075	-0.11	-0.18	-0.29	-0.45	-0.75	-1.1
10	18	+0.6	+1	+1.5	+2.5	+4	+5.5	+9	+13	+21	+36	+55	+0.09	+0.135	+0.215	+0.35	+0.55	+0.9	+1.35
	30	-0.6	-1	-1.5	-2.5	-4	-5.5	-9	-13	-21	-36	-55	-0.09	-0.135	-0.215	-0.35	-0.55	-0.9	-1.35
18	30	+0.75	+1.25	+2	+3	+4.5	+6.5	+10	+16	+26	+42	+65	+0.105	+0.165	+0.26	+0.42	+0.65	+1.05	+1.65
	50	-0.75	-1.25	-2	-3	-4.5	-6.5	-10	-16	-26	-42	-65	-0.105	-0.165	-0.26	-0.42	-0.65	-1.05	-1.65
30	50	+0.75	+1.25	+2	+3.5	+5.5	+8	+12	+19	+31	+50	+80	+0.125	+0.195	+0.31	+0.5	+0.8	+1.25	+1.95
	80	-0.75	-1.25	-2	-3.5	-5.5	-8	-12	-19	-31	-50	-80	0.125	0.195	0.31	0.5	0.8	1.25	1.95
50	80	+1	+1.5	+2.5	+4	+6.5	+9.5	+15	+23	+37	+60	+95	+0.15	+0.23	+0.37	+0.6	+0.95	+1.5	+2.3
	120	-1	-1.5	-2.5	-4	-6.5	-9.5	-15	-23	-37	-60	-95	-0.15	-0.23	-0.37	-0.6	-0.95	-1.5	-2.3
80	120	+1.25	+2	+3	+5	+7.5	+11	+17	+27	+43	+70	+110	+0.175	+0.27	+0.435	+0.7	+1.1	+1.75	+2.7
	180	-1.25	-2	-3	-5	-7.5	-11	-17	-27	-43	-70	-110	-0.175	-0.27	-0.435	-0.7	-1.1	-1.75	-2.7
120	180	+1.75	+2.5	+4	+6	+9	+12.5	+20	+31	+50	+80	+125	+0.2	+0.315	+0.5	+0.8	+1.25	+2	+3.15
	250	-1.75	-2.5	-4	-6	-9	-12.5	-20	-31	-50	-80	-125	-0.2	-0.315	-0.5	-0.8	-1.25	-2	-3.15
180	250	+2.25	+3.5	+5	+7	+10	+14.5	+23	+36	+57	+92	+145	+0.23	+0.36	+0.575	+0.925	+1.45	+2.3	+3.6
	315	-2.25	-3.5	-5	-7	-10	-14.5	-23	-36	-57	-92	-145	-0.23	-0.36	-0.575	-0.925	-1.45	-2.3	-3.6
250	315	+3	+4	+6	+8	+11.5	+16	+26	+40	+65	+105	+160	+0.28	+0.405	+0.65	+1.05	+1.6	+2.6	+4.05
	400	-3	-4	-6	-8	-11.5	-16	-26	-40	-65	-105	-160	-0.28	-0.405	-0.65	-1.05	-1.6	-2.6	-4.05
315	400	+3.5	+4.5	+6.5	+9	+12.5	+18	+28	+44	+70	+115	+180	+0.285	+0.445	+0.7	+1.15	+1.8	+2.85	+4.45
	500	-3.5	-4.5	-6.5	-9	-12.5	-18	-28	-44	-70	-115	-180	-0.285	-0.445	-0.7	-1.15	-1.8	-2.85	-4.45
400	500	+4	+5	+7.5	+10	+13.5	+20	+31	+48	+77	+125	+200	+0.315	+0.485	+0.775	+1.25	+2	+3.15	+4.85
	—	-4	-5	-7.5	-10	-13.5	-20	-31	-48	-77	-125	-200	-0.315	-0.485	-0.775	-1.25	-2	-3.15	-4.85



(续)

基本尺寸 /mm	N											P									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	10				
—	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6	-6	6	6	6				
3	-6	-7	-8	-10	14	-18	-29	-44	-64	-8	-9	-10	-12	16	-20	-31	46				
3	-7	-6.5	-7	-5	-4	-2	0	0	0	11	10.5	-11	9	-8	-12	12	-12				
6	-9.5	-10.5	-12	-13	-16	20	-30	-48	-75	-13.5	-14.5	16	-17	-20	-30	-42	-60				
6	-9	-8.5	8	-7	-4	-3	0	0	0	-14	-13.5	-13	-12	9	15	-15	-15				
10	11.5	-12.5	-14	-16	-19	-25	-36	-58	-90	-16.5	17.5	-19	21	-24	-37	51	73				
10	-11	-10	-9	-9	-5	-3	0	0	0	-17	-16	-15	-15	-11	-18	-18	18				
18	-14	-15	-17	-20	-23	30	-43	-70	110	-20	-21	23	-26	-29	-45	-61	-88				
18	-13.5	-13	12	-11	-7	-3	0	0	0	-20.5	-20	-19	-18	-14	22	-22	-22				
30	-17.5	-19	-21	-24	-28	-36	-52	-84	-130	-24.5	26	-28	-31	35	-55	-74	106				
30	-15.5	-14	-13	12	-8	-3	0	0	0	24.5	-23	-22	21	-17	-26	26	26				
30	-19.5	-21	24	-28	-33	42	-62	-100	-160	-28.5	-30	33	-37	-42	-65	-88	-126				
50			-15	-14	-9	-4	0	0	0			-27	-26	21	32	-32					
80			-28	-33	-39	-50	-74	-120	190			-40	-45	-51	-78	106					
80			-18	-16	-10	4	0	0	0			32	-30	-24	-37	37					
120			-33	38	-45	-58	-87	-140	-220			-47	-52	59	91	-124					
120			21	-20	-12	-4	0	0	0			-37	36	28	-43	-43					
180			-39	-45	52	-67	-100	160	-250			55	-61	-68	-106	143					
180			-25	-22	-14	-5	0	0	0			-44	-41	-33	-50	50					
250			45	-51	-60	-77	-115	-185	-290			-64	-70	79	122	-165					
250			-27	-25	-14	-5	0	0	0			-49	-47	-36	-56	-56					
315			-50	-57	-66	-86	-130	-210	-320			72	-79	-88	-137	-186					
315			-30	-26	-16	-5	0	0	0			-55	-51	-41	-62	-62					
400			-55	-62	-73	-94	-140	-230	-360			-80	-87	-98	-151	-202					
400			-33	-27	-17	-6	0	0	0			-61	-55	-45	-68	-68					
500			-60	-67	-80	-103	-155	-250	-400			-88	-95	-108	-165	-223					

(续)

基本尺寸 /mm	R										S									
	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10				
大于至																				
3	-10 12	-10 13	10 -14	10 -16	10 -20	10 -24	10 35	-10 -50	-14 -16	-14 -17	-14 -18	-14 -20	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-14 -54				
6	-14 -16.5	-13.5 -17.5	-14 -19	-12 -20	-11 -23	-15 -33	-15 -45	-15 -63	-18 -20.5	-17.5 21.5	-18 -23	-16 -24	-15 -27	-19 -37	-19 -49	-19 67				
10	18 -20.5	17.5 -21.5	-17 -23	-16 -25	13 -28	19 -41	19 -55	-19 77	-22 -24.5	-21.5 -25.5	-21 -27	-20 -29	17 -32	-23 45	-23 -59	-23 -81				
18	-22 25	21 -26	20 -28	20 -31	-16 34	-23 50	-23 66	-23 -93	-27 -30	-26 -31	25 -33	25 36	-21 39	-28 -55	-28 -71	28 -98				
30	-26.5 -30.5	-26 32	-25 34	-24 37	-20 41	-28 61	-28 -80	-10 -112	33.5 -37.5	33 -39	-32 41	-31 44	-27 -48	-35 -68	35 -87	-35 119				
50	-32.5 -36.5	-31 38	-30 41	-29 45	-25 -50	-34 -73	-34 -96	34 -131	41.5 -45.5	40 -47	-39 50	-38 -54	34 -59	43 -82	43 -105	-43 -143				
65			-36 49	-35 54	-30 -60	-41 -87					-48 61	-47 -66	42 -72	-53 -99	-53 127					
80			-38 51	-37 56	-32 62	-43 89					-54 67	-53 -72	48 -78	-59 105	-59 -133					
100			-46 61	-44 66	-38 73	-51 105					-66 81	64 -86	-58 -93	-71 125	-71 -158					
120			-49 64	-47 69	-41 -76	-54 -108					-74 89	-72 -94	-66 -101	-79 -133	79 -166					
140			-57 75	-56 81	-48 88	-63 126					86 -104	-85 110	-77 -117	-92 -155	-92 -192					

(续)

基本尺寸 /mm	R										S									
	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10				
140			-59	-58	50	-65					-94	93	-85	100	-100					
160			-77	-83	-90	-128					-112	-118	-125	-163	-200					
180			-62	-61	-53	-68					-102	-101	-93	108	-108					
200			-80	-86	-93	131					-120	-126	-133	-171	208					
225			-71	-68	-60	-77					116	-113	-105	122	-122					
250			-91	-97	106	149					-136	142	-151	-194	237					
280			-74	-71	-63	-80					124	-121	113	-130	-130					
315			-94	-100	109	-152					144	-150	-159	202	-245					
355			-78	75	-67	-84					-134	-131	-123	-140	-140					
400			-98	-104	-113	-156					154	-160	-169	212	-255					
450			-87	85	-74	-94					-151	-149	-138	-158	158					
500			-110	-117	-126	-175					-174	-181	190	-239	-288					
			-91	89	-78	-98					-163	-161	-150	-170	170					
			-114	-121	130	-179					-186	-193	202	-251	-309					
			101	97	-87	-108					-183	179	-169	190	-190					
			-126	-133	-144	-197					-208	-215	-226	-279	330					
			-107	-103	-93	-114					201	-197	-187	-208	-208					
			132	139	-150	-203					-226	-233	-244	297	-348					
			-119	-113	-103	-126					-225	-219	-209	-232	-232					
			146	153	-166	-223					-252	-259	-272	-329	-387					
			-125	-119	-109	-132					-245	-239	-229	252	-252					
			-152	-159	-172	-229					272	-279	-292	-349	-407					

(续)

基本尺寸 /mm	T					U					V					X					Y														
	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10					
大于至																																			
3					-18	18	-18	-18	18	-18																									
3					22	-24	-28	32	-43	-58																									
6					-22	-20	19	-23	-23	23																									
6					-27	28	-31	-41	53	-71																									
10					26	-25	-22	-28	-28	-28																									
10					-32	-34	37	-50	-64	86																									
14					30	-30	-26	33	-33	-33																									
14					-38	-41	44	-60	-76	-103																									
18					38	-37	-33	41	41	-41																									
18					-47	-50	54	-74	-93	-125																									
24					-38	-45	-44	-10	-48	48																									
24					-47	50	-54	74	81	100																									
30					44	-43	39	-48	-51	-60																									
30					-55	-59	-61	-87	-76	-99																									
40					-50	-49	-45	-54	-65	61																									
40					-61	-63	-70	-93	77	-81																									
50					-60	-55	-66	-66	-81	76																									
50					-79	-85	-112	-100	-106	-133																									
65					-69	-64	-75	-96	91	102																									
65					-88	-94	-121	115	-121	-148																									
80					-84	-78	-91	-117	-111	-124																									
80					-106	-113	-145	-139	-146	-178																									
100					-97	-91	-104	-137	-131	-144																									
100					-119	-126	-158	-159	-166	-198																									
120					-115	-107	-122	-163	-155	-170																									
120					-140	-147	-185	-188	-195	-233																									
140					-115	-107	-122	-163	-155	-170																									
140					-140	-147	-185	-188	-195	-233																									

(续)

基本尺寸 /mm	T										U										V					X										Y									
	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10											
大于 140	-127	-119	134		-183	-175	-190	-190	-190	-190	-208	215	253	290	350		221	-213	-228		-273	-265	-280	-280	-280	-298	-305	-343	-380		-333	-325	-340				358	365	403						
160	-139	-131	146		-203	-195	-210	-210	-210	-210	228	235	273	310	370		245	-237	-252		-303	-295	-310	-310	-310	-328	-335	-373	-410		-373	-365	-380				398	405	443						
180	-157	-149	-166		-227	-219	-236	-236	236	236	256	265	308	351	421		275	-267	-284		-341	-333	-350	-350	-350	-370	-379	-422	-465		-416	-408	-423				445	454	497						
200	-171	-163	-180		-249	-241	-258	-258	258	258	278	287	330	373	443		301	-293	-310		-376	-368	-385	-385	-385	-405	-414	-457	-500		-461	-453	-470				490	499	542						
225	-187	-179	-196		-275	-267	-284	-284	284	284	304	313	356	399	469		331	323	340		416	-408	-425	-425	-425	416	-454	-497	-540		-511	-503	-520				540	549	592						
250	-209	-198	-218		-306	-295	-315	-315	315	315	338	347	396	445	525		376	365	385		466	-455	-475	-475	-475	498	-507	-556	-605		571	-560	-580				603	612	661						
280	-231	-220	-240		-341	-330	-350	-350	350	350	373	382	431	480	560		416	405	425		516	-505	-525	-525	-525	548	-557	-606	-655		641	-630	-650				673	682	731						
315	-257	-247	-268		-379	-369	-390	-390	390	390	415	-426	-479	-530	620		464	-454	475		579	-569	-590	-590	-590	615	-626	-679	-730		719	709	730				755	766	819						
355	-293	-304	-357		-424	-414	-435	-435	435	435	460	-471	-524	-575	665		519	-509	530		649	639	660	660	660	685	-696	-749	-800		809	-799	820				845	856	909						
400	-317	-307	-330		-477	-467	-490	-490	490	490	517	-530	-587	-645	740		582	-572	595		727	717	740	740	740	767	-780	-837	-895		907	-897	920				947	960	1 017						
450	-347	-337	-360		-527	-517	-540	-540	540	540	567	-580	-637	-695	790		647	637	660		807	-797	-820	-820	-820	847	-860	-917	-975		987	-977	1 000				1 027	1 040	1 097						



(续)

基本尺寸 /mm	Z											ZA							
	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11	
3	-26	26	-26	-26	26	26	-32	-32	32	32	26	-32	-32	32	32	32	32	32	-32
6	-32	-36	-40	51	66	86	-38	42	37	37	86	-46	42	37	-46	37	-72	-92	
3	-32	31	-35	-35	35	35	-39	-38	42	42	35	-42	-38	42	42	42	42	-42	
6	-40	-43	-53	65	-83	-110	-47	50	-72	-72	-110	60	50	-72	-72	-72	-90	-117	
10	-39	-36	-42	42	42	-42	-49	-46	-52	-52	-42	-52	-46	-52	-52	-52	-52	-52	
14	48	-51	64	-78	-100	-132	58	61	-88	-88	-132	-74	61	-88	-88	-88	-110	-142	
18	-47	-43	-50	50	-50	-50	-61	57	-64	-64	-50	64	57	-64	-64	-64	-64	-64	
24	-58	-61	77	-93	-120	-160	72	75	-107	-107	-160	-91	75	-107	-107	-107	-134	174	
30	-57	-53	60	-60	-60	-60	74	-70	-77	-77	-60	-77	-70	-77	-77	-77	-77	-77	
40	-68	71	-87	-103	130	170	-85	-88	-104	-104	170	-104	-88	-104	-104	-120	147	187	
50	-69	65	73	-73	-73	73	94	-90	-98	-98	73	-98	-90	-98	-98	-98	98	-98	
65	-82	-86	-106	125	157	-203	-107	-111	-131	-131	-203	-131	-111	-131	-131	150	-182	-228	
90	-84	-80	-88	88	88	-88	-114	-110	-118	-118	-88	118	-110	-118	-118	118	-118	118	
120	-97	-101	121	-140	-172	-218	127	131	-151	-151	-218	-151	131	-151	-151	-170	-202	-248	
160	-107	-103	112	-112	-112	-112	-143	139	-148	-148	-112	-143	139	-148	-148	-148	-148	-148	
200	-123	-128	-151	-174	212	-272	-159	-164	-187	-187	-272	-159	-164	-187	-187	-210	-248	-308	
250	-131	-127	-136	-136	136	-136	-175	-171	-180	-180	-136	-175	-171	-180	-180	-180	-180	-180	
315	-147	-152	175	-198	-236	-296	-191	196	-219	-219	-296	-191	196	-219	-219	242	280	340	
400		-161	172	-172	-172	-172	-246	-245	-272	-272	-172	-246	-245	-272	-272	226	226	226	
500		-191	-218	-246	292	-362					-362				-300	-346	-416		

注:1. 各级的 CD、EF、FG 主要用于精密机械和钟表制造业。

2. IT14 至 IT18 只用于大于 1mm 的基本尺寸。

3. JS、J10 等公差带对称于零线,其偏差值可见 JS9、JS10 等。

4. 基本尺寸大于 3mm 时,大于 IT8 的 K 的偏差值不作规定。

5. 基本尺寸大于 3~6mm 的 J7 的偏差值与对应尺寸段的 JS7 等值。

6. 公差带 N9、N10 和 N11 只用于大于 1mm 的基本尺寸。

7. 基本尺寸至 24mm 的 T5 至 T8 的偏差值未列入表内,建议以 U5 至 U8 代替。如非要 T5 至 T8,则可按 GB/T 1800.3 计算。

8. 基本尺寸至 14mm 的 V5 至 V8 的偏差值未列入表内,建议以 X5 至 X8 代替。如非要 V5 至 V8,则可按 GB/T 1800.3 计算。

9. 基本尺寸至 18mm 的 Y6 至 Y10 的偏差值未列入表内,建议以 Z6 至 Z10 代替。如非要 Y6 至 Y10,则可按 GB/T 1800.3 计算。

表 5.2-9 孔的极限偏差 (500mm 以上)

( $\mu\text{m}$ )

基本尺寸 /mm	D										E				F				G		
	6	7	8	9	10	11	12	13	6	7	8	9	10	6	7	8	9	6	7	8	
大于 500	+304 +280	+330 +260	+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260	+1360 +260	+189 +145	+215 -145	+255 +145	+320 +145	+425 +145	+120 +76	+146 +76	+186 +76	+251 +76	+66 +22	+92 +22	+132 +22	
630 800	+340 +290	+370 +290	+415 +290	+490 +290	+610 +290	+790 +290	+1090 +290	+1510 +290	+210 +160	+240 +160	+285 +160	+360 +160	+480 +160	+130 +80	+160 +80	+205 +80	+280 +80	+74 +24	+104 -24	+149 -24	
800 1000	+376 +320	+410 +320	+460 +320	+550 +320	+680 +320	+880 +320	+1220 +320	+1720 +320	+226 +170	+260 +170	+310 +170	+400 +170	+530 +170	+142 +86	+176 +86	+226 +86	+316 +86	-82 +26	+116 +26	+166 +26	
1000 1250	+416 +350	+455 +350	+515 +350	+610 +350	+770 +350	+1010 +350	+1400 +350	+2000 +350	-261 +195	-300 +195	+360 +195	+455 +195	+615 +195	+164 +98	+203 +98	+263 +98	+358 +98	+94 +28	+133 +28	+193 +28	
1250 1600	+468 +390	+515 +390	+585 +390	+700 +390	+890 +390	+1170 +390	+1640 +390	+2340 +390	+298 +220	-345 +220	+415 +220	+530 +220	+720 +220	+188 +110	+235 +110	-305 +110	+420 +110	+108 +30	+155 +30	+225 +30	
1600 2000	+522 +430	+580 +430	+660 +430	+800 +430	+1030 +430	+1350 +430	+1930 +430	+2730 +430	+332 +240	+390 +240	+470 +240	+610 +240	+840 +240	-212 -120	+270 +120	+350 +120	+490 +120	+124 +32	+182 +32	+262 +32	
2000 2600	+590 +480	+655 +480	+760 +480	+920 +480	+1180 +480	+1580 +480	+2230 +480	+3280 +480	+435 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260	+240 +130	+305 +130	+410 +130	+570 +130	+144 +34	+209 +34	+314 +34	
2500 3150	+655 +520	+730 +520	+850 +520	+1060 +520	+1380 +520	+1870 +520	+2620 +520	+3820 +520	+425 +290	+500 +290	+620 +290	+830 +290	+1150 +290	+280 +145	+355 +145	+475 +145	+685 +145	+173 +38	+248 +38	+368 +38	

(续)

基本尺寸 /mm	H																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	至																	
	$\mu\text{m}$									mm								
500 630	+9 0	+11 0	+16 0	+22 0	+32 0	+44 0	+70 0	+110 0	-175 0	+280 0	+440 0	+0.7 0	+1.1 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7 0	i 11 0
630 800	+10 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+50 0	+80 0	+125 0	+200 0	+320 0	+500 0	+0.8 0	+1.25 0	+2 0	+3.2 0	+5 0	-8 0	+12.5 0
800 1 000	+11 0	+15 0	+21 0	+28 0	+40 0	+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0	+560 0	+0.9 0	+1.4 0	+2.3 0	+3.6 0	+5.6 0	+9 0	+14 0
1 000 1 250	+13 0	+18 0	+24 0	+33 0	+47 0	+66 0	+105 0	+165 0	+260 0	+420 0	+680 0	+1.05 0	+1.65 0	-2.6 0	-4.2 0	-6.6 0	+10.5 0	+16.5 0
1 250 1 600	+15 0	+21 0	+29 0	+39 0	+55 0	+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0	+780 0	+1.25 0	+1.95 0	+3.1 0	+5 0	+7.8 0	-12.5 0	+19.5 0
1 600 2 000	+18 0	+25 0	+35 0	+46 0	+65 0	+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0	+920 0	+1.5 0	+2.3 0	+3.7 0	+6 0	+9.2 0	+15 0	+23 0
2 000 2 500	+22 0	+30 0	+41 0	+55 0	+78 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1 100 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7 0	+11 0	+17.5 0	+28 0
2 500 3 150	+26 0	+36 0	+50 0	+68 0	+96 0	+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0	+1 350 0	+2.1 0	+3.3 0	+5.4 0	+8.6 0	+13.5 0	+21 0	+33 0

(续)

基本尺寸 /mm	JS																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	μm									mm								
至	偏差																	
500	+4.5 -4.5	+5.5 -5.5	+8 -8	+11 -11	+16 -16	+22 -22	+35 -35	+55 -55	+87 -87	+140 -140	+220 -220	+0.35 -0.35	+0.55 -0.55	+0.875 -0.875	+1.4 -1.4	+2.2 -2.2	+3.5 -3.5	+5.5 -5.5
630	+5 -5	+6.5 -6.5	+9 -9	+12.5 -12.5	+18 -18	+25 -25	+40 -40	+62 -62	+100 -100	+160 -160	+250 -250	+0.4 -0.4	+0.625 -0.625	+1 -1	+1.6 -1.6	+2.5 -2.5	+4 -4	+6.25 -6.25
800	+5.5 -5.5	+7.3 -7.3	+10.5 -10.5	+14 -14	+20 -20	+28 -28	+45 -45	+70 -70	+113 -113	+180 -180	+280 -280	+0.45 -0.45	+0.7 -0.7	+1.15 -1.15	+1.8 -1.8	+2.8 -2.8	+4.5 -4.5	+7 -7
1 000	+6.5 -6.5	+9 -9	+12 -12	+16.5 -16.5	+23.5 -23.5	+33 -33	+52 -52	+82 -82	+130 -130	+210 -210	+330 -330	+0.525 -0.525	+0.825 -0.825	+1.3 -1.3	+2.1 -2.1	+3.3 -3.3	+5.25 -5.25	+8.25 -8.25
1 250	+7.5 -7.5	+10.5 -10.5	+14.5 -14.5	+19.5 -19.5	+27.5 -27.5	+39 -39	+62 -62	+97 -97	+155 -155	+250 -250	+390 -390	+0.625 -0.625	+0.975 -0.975	+1.55 -1.55	+2.5 -2.5	+3.9 -3.9	+6.25 -6.25	+9.75 -9.75
1 600	+9 -9	+12.5 -12.5	+17.5 -17.5	+23 -23	+32.5 -32.5	+46 -46	+75 -75	+115 -115	+185 -185	+300 -300	+460 -460	+0.75 -0.75	+1.15 -1.15	+1.85 -1.85	+3 -3	+4.6 -4.6	+7.5 -7.5	+11.5 -11.5
2 000	+11 -11	+15 -15	+20.5 -20.5	+27.5 -27.5	+39 -39	+55 -55	+87 -87	+140 -140	+220 -220	+350 -350	+550 -550	+0.875 -0.875	+1.4 -1.4	+2.2 -2.2	+3.5 -3.5	+5.5 -5.5	+8.75 -8.75	+14 -14
2 500	+13 -13	+18 -18	+25 -25	+34 -34	+48 -48	+67.5 -67.5	+105 -105	+165 -165	+270 -270	+430 -430	+675 -675	+1.05 -1.05	+1.65 -1.65	+2.7 -2.7	+4.3 -4.3	+6.75 -6.75	+10.5 -10.5	+16.5 -16.5

(续)

基本尺寸 /mm	K								M								N								P							
	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8	9							
大于 500	0	0	0	-44	-26	-26	-70	-110	-70	-26	-26	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-78	-78	-78	-78	-122	-138	-138	-188							
500 630	-44	-70	-110	-70	-26	-26	-110	-136	-96	-26	-26	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-122	-138	-138	-138	-122	-138	-138	-188							
630 800	0	0	0	-50	-30	-30	80	-125	-80	-30	-30	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-88	-88	-88	-88	138	-168	-168	-288							
800 1 000	0	0	0	-56	-34	-34	90	-140	-90	-34	-34	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-100	-100	-100	-100	-156	-190	-190	-330							
1 000 1 250	0	0	0	-66	-40	-40	-105	-165	-106	-40	-40	-66	-66	-66	-66	-66	-66	-186	-186	-186	-186	-225	-225	-225	-380							
1 250 1 600	0	0	0	-78	-48	-48	-125	-195	-126	-48	-48	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-218	-218	-218	-218	-265	-265	-265	-450							
1 600 2 000	0	0	0	-92	-58	-58	-150	-230	-150	-58	-58	-92	-92	-92	-92	-92	-92	-322	-322	-322	-322	-320	-320	-320	-540							
2 000 2 500	0	0	0	-110	-68	-68	-175	-280	-178	-68	-68	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-462	-462	-462	-462	-475	-475	-475	-635							
2 500 3 150	0	0	0	-135	-76	-76	-210	-330	-211	-76	-76	-135	-135	-135	-135	-135	-135	-675	-675	-675	-675	-450	-450	-450	-780							

(续)

基本尺寸 /mm	R				S				T				U				
	6	7	8		6	7	8		6	7	8		6	7	8		
大于至																	
500	-150 -194	-150 -220	-150 -260		-280 324	-280 -350	280 -390		-400 -444	-400 -470	400 -510		600 -644	600 -670	600 710		
560	-155 -199	-155 -225	-155 -265		-310 -354	-310 -380	-310 -420		-450 -494	-450 -520	-450 560		-660 -704	-660 730	-660 -770		
630	-175 -225	-175 -255	-175 -300		-340 -390	-340 -420	-340 -465		-500 -550	-500 580	-500 -625		-740 -790	-740 -820	740 -865		
710	185 -235	-185 265	-185 -310		380 -430	380 -460	380 -505		560 -610	-560 -640	560 -685		-840 -890	840 -920	840 -965		
800	210 -266	-210 300	-210 -350		-430 -486	-430 -520	-430 -570		-620 -676	620 -710	-620 -760		-940 -996	-940 -1 030	-940 1 080		
900	220 -276	-220 -310	-220 360		-470 -526	-470 -560	-470 610		-680 -736	-680 770	-680 820		-1 050 -1 106	-1 050 -1 140	1 050 -1 190		
1 000	250 -316	-250 -355	-250 415		-520 586	-520 625	-520 685		-780 846	-780 865	-780 -945		1 150 -1 216	1 150 -1 255	-1 150 -1 315		
1 120	260 -326	-260 -365	-260 425		-580 646	-580 685	-580 745		840 906	840 -945	840 -1 005		1 300 -1 366	1 300 -1 405	-1 300 1 465		
1 250	300 -378	-300 -425	-300 495		-640 718	-640 765	-640 835		950 -1 038	950 -1 085	950 -1 155		-1 450 -1 528	-1 450 1 575	-1 450 -1 645		
1 400	330 -408	-330 455	-330 525		-720 798	-720 845	-720 915		1 050 -1 128	-1 050 -1 175	-1 050 1 245		-1 600 1 678	-1 600 1 725	1 600 -1 795		
1 600	370 -462	-370 520	-370 600		-820 912	-820 970	-820 1 050		-1 200 -1 292	-1 200 -1 360	-1 200 1 430		-1 850 1 942	-1 850 -2 000	-1 850 -2 080		
1 800	400 -492	-400 550	-400 630		-920 -1 012	-920 -1 070	-920 1 150		-1 350 -1 442	-1 350 -1 500	-1 350 -1 580		-2 000 -2 092	2 000 -2 150	-2 000 2 230		
2 000	440 550	-440 615	-440 720		-1 000 -1 110	-1 000 -1 175	-1 000 1 280		-1 500 -1 610	-1 500 1 675	-1 500 -1 780		2 300 -2 410	-2 300 -2 475	-2 300 -2 580		
2 240	460 570	-460 635	-460 740		-1 100 -1 210	-1 100 -1 275	-1 100 1 380		-1 650 -1 760	-1 650 -1 825	-1 650 -1 930		-2 500 -2 610	-2 500 2 675	2 500 -2 780		
2 500	550 685	550 -760	550 -880		-1 250 -1 385	-1 250 -1 460	-1 250 -1 580		-1 900 -2 035	-1 900 -2 110	-1 900 -2 230		-2 900 -3 035	-2 900 -3 110	-2 900 -3 230		
2 800	580 715	-580 790	-580 910		-1 400 -1 535	-1 400 -1 610	-1 400 -1 730		-2 100 -2 235	-2 100 -2 310	-2 100 -2 430		-3 200 -3 335	-3 200 -3 410	-3 200 -3 530		

注: 表格中的数值,即基本尺寸于1 500~3 150mm,IT1至IT5的偏差值,为试用的。

表 5.2-10 轴的极限偏差 (500mm 以下) (摘自 GB 1800.4 -1999)

基本尺寸 /mm	a						b						c					
	9	10	11	12	13		8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	
—	-270	-270	270	270	-270		-140	-140	-140	140	-140	-140	60	-60	-60	60	-60	
3	-295	310	-330	-370	410		154	-165	-180	-200	240	-280	-74	85	-100	-120	-160	
3	-270	-270	270	270	-270		-140	-140	-140	-140	-140	-140	70	-70	-70	-70	-70	
6	-300	318	-345	-390	450		-158	-170	-188	215	-260	-320	-88	-100	-118	145	-190	
f	-280	-280	-280	-280	-280		-150	150	150	-150	-150	150	-80	-80	80	-80	80	
10	-316	-338	370	430	-500		-172	-186	208	-240	-300	-370	-102	-116	-138	-170	-230	
10	-290	-290	-290	-290	-290		-150	150	-150	-150	150	-150	-95	95	-95	-95	95	
18	333	360	400	470	-560		-177	-193	220	-260	-330	420	-122	-138	165	-205	275	
18	-300	-300	-300	-300	300		160	-160	-160	160	-160	160	110	-110	-110	110	-110	
30	-352	-384	430	510	-630		-193	212	-244	-290	370	-490	-143	162	-194	-240	-320	
30	-310	-310	-310	-310	-310		-170	-170	-170	170	-170	170	120	-120	120	-120	120	
40	372	410	470	560	-700		-209	232	-270	-330	420	-560	-159	182	-220	280	370	
40	-320	-320	-320	-320	-320		180	-180	-180	180	-180	180	130	-130	130	-130	130	
50	382	420	480	570	-710		-219	242	-280	-340	430	-570	-169	192	-230	290	-380	
50	-340	-340	-340	-340	-340		190	-190	-190	190	-190	190	-140	-140	140	-140	140	
65	414	460	530	640	-800		-236	264	-310	-380	490	-650	186	-214	-260	-330	-440	
65	-360	-360	-360	-360	-360		200	-200	-200	200	-200	200	-150	-150	150	-150	150	
80	434	480	550	660	-820		-246	274	-320	-390	500	-660	196	-224	-270	-340	-450	
80	-380	-380	-380	-380	-380		220	-220	-220	220	-220	220	-170	-170	170	-170	170	
100	467	520	600	730	-920		-274	307	-360	-440	570	-760	224	-257	310	-390	520	
100	-410	-410	-410	-410	-410		240	-240	-240	240	-240	240	-180	-180	180	-180	180	
120	497	550	630	760	950		-294	327	-380	-460	590	-780	234	-267	320	-400	530	
120	460	460	460	460	460		260	-260	-260	260	-260	260	-200	-200	200	-200	200	
140	560	620	710	860	-1 090		-323	360	-420	-510	660	-890	263	-300	360	-450	600	

(续)

基本尺寸 /mm	a													b													c												
	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12											
大于 140	-520	-520	-520	-520	-520	-280	-280	-280	-280	-280	-520	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210										
140 160	-620	-680	-770	-920	-1 150	-343	-380	-440	-530	-680	-910	-273	-310	-370	-460	-610	-910	-273	-310	-370	-460	-610	-910	-273	-310	-370	-460	-610											
160 180	-580	-580	-580	-580	-580	-310	-310	-310	-310	-310	-580	-310	-310	-310	-310	-310	-310	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230										
180 200	-660	-660	-660	-660	-660	-340	-340	-340	-340	-340	-660	-340	-340	-340	-340	-340	-340	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240										
200 225	-740	-740	-740	-740	-740	-380	-380	-380	-380	-380	-740	-380	-380	-380	-380	-380	-380	-260	-260	-260	-260	-260	-260	-260	-260	-260	-260	-260	-260										
225 250	-820	-820	-820	-820	-820	-420	-420	-420	-420	-420	-820	-420	-420	-420	-420	-420	-420	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-280	-280										
250 280	-920	-920	-920	-920	-920	-480	-480	-480	-480	-480	-920	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300										
280 315	-1 050	-1 050	-1 050	-1 050	-1 050	-540	-540	-540	-540	-540	-1 050	-540	-540	-540	-540	-540	-540	-330	-330	-330	-330	-330	-330	-330	-330	-330	-330	-330	-330										
315 355	-1 200	-1 200	-1 200	-1 200	-1 200	-600	-600	-600	-600	-600	-1 200	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-360	-360	-360	-360	-360	-360	-360	-360	-360	-360	-360	-360										
355 400	-1 350	-1 350	-1 350	-1 350	-1 350	-680	-680	-680	-680	-680	-1 350	-680	-680	-680	-680	-680	-680	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400										
400 450	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500	-760	-760	-760	-760	-760	-1 500	-760	-760	-760	-760	-760	-760	-440	-440	-440	-440	-440	-440	-440	-440	-440	-440	-440	-440										
450 500	-1 650	-1 650	-1 650	-1 650	-1 650	-840	-840	-840	-840	-840	-1 650	-840	-840	-840	-840	-840	-840	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-480	-480										

注:基本尺寸小于1mm时,各级的a和b均不采用。



(续)

基本尺寸 /mm	cd										d							e		
	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7		
3	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	20	20	20	-20	-20	20	-14	-14	-14		
6	-38	-40	-44	48	59	74	24	-26	-30	34	45	60	80	120	160	18	20	24		
10	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-20	-20	-20		
18	-51	-54	-58	-64	-76	94	-35	38	42	-48	60	78	105	-150	-210	-25	-28	-32		
30	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-25	-25	-25		
50	-62	-65	-71	-78	-92	-114	-46	-49	-55	-62	-76	-98	-130	-190	-260	-31	-34	-40		
80							50	-50	-50	50	50	50	50	50	50	32	-32	32		
120							-58	-61	-68	-77	-93	-120	-160	-230	-320	-40	-43	-50		
180							65	65	65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-40	-40	-40		
250							74	-78	-86	-98	117	149	195	275	395	49	53	61		
315							-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-50	-50	-50		
400							91	-96	-105	119	142	180	240	330	470	61	66	75		
500							-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-60	-60	-60		
							113	119	-130	-146	174	220	290	400	-560	-73	-79	-90		
							-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-72	-72	-72		
							-135	-142	-155	-174	207	260	340	470	-660	-87	-94	-107		
							-145	-145	-145	-145	-145	-145	-145	-145	-145	-85	-85	85		
							-163	-170	-183	-208	245	305	395	-545	-775	-103	-110	-125		
							-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-100	-100	100		
							-190	-199	-216	-242	-285	-355	-460	-630	-890	-120	-129	146		
							-190	-190	-190	-190	-190	-190	-190	-190	-190	-110	-110	-110		
							-213	-222	-242	-271	-320	-400	-510	-710	-1 000	-133	-142	162		
							-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-210	-125	-125	-125		
							-235	-246	-267	-299	-350	-440	-570	-780	-1 100	-150	-161	182		
							-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-230	-135	-135	-135		
							257	-270	293	-327	-365	-460	-630	860	-1 200	-162	-175	198		



(续)

基本尺寸 $\frac{g}{mm}$		f										fg									
		3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10				
3	至	-4	4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2				
3		-6	7	-8	-10	-14	-18	-29	-44	-4	-5	-6	-8	12	-16	-27	42				
3	6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	6	-6	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-1				
6	10	-8.5	-10	-11	-14	-18	-24	36	-34	-6.5	-8	9	-12	-16	-22	-34	-52				
6		-8	8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-5	5	-5	-5	-5	-5	-5	5				
10	18	-10.5	-12	-14	17	-23	30	-44	-66	-7.5	9	-11	14	20	-27	-41	63				
18	30									6	-6	-6	-6	-6	-6	6	-6				
18										-9	-11	14	-17	-24	33	-49	-76				
30	50									-7	7	-7	-7	-7	7	-7	-7				
30										-11	13	-16	20	28	-40	-59	91				
50	80									-9	-9	9	-9	-9	9	-9	-9				
50										-13	-16	-20	-25	-34	48	-71	-109				
80	120											-10	-10	10	-10	-10					
80											18	-23	-29	-29	-40	56					
120	180										-12	12	12	-12	12	-12					
120											22	-27	34	-47	-66						
180	250										-14	-14	-14	-14	-14	14					
180											-26	32	-39	54	-77						
250	315										-15	-15	-15	-15	-15	-15					
250											-29	35	-44	-61	87						
315	400										-17	-17	-17	17	-17	17					
315											-33	-40	-49	-69	-98						
400	500										-18	-18	-18	-18	-18	-18					
400											-36	-43	-54	-75	-107						
500											-20	-20	20	20	20	20					
											40	47	60	83	117						

(续)

基本尺寸 /mm	h																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	偏差																	
至	μm									mm								
—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-0.8	-1.2	-2	-3	-4	-6	10	-14	-25	-40	-60	-6.1	-0.14	-0.25	-0.4	-0.6	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	-1	-1.5	-2.5	-4	-5	-8	-12	-18	-30	-48	-75	0.12	-0.18	-0.3	-0.48	-0.75	-1.2	-1.8
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	-1	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	-15	22	-36	-58	-90	-0.15	0.22	0.36	0.58	-0.9	-1.5	-2.2
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	-1.2	2	-3	-5	-8	-11	-18	-27	43	70	-110	-0.18	-0.27	-0.43	-0.7	-1.1	1.8	2.7
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	13	-21	-33	-52	-84	-130	0.21	-0.33	-0.52	-0.84	-1.3	-2.1	-3.3
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
315	1.5	-2.5	-4	-7	-11	-16	25	-39	-62	-100	-160	-0.25	0.39	-0.62	-1	1.6	2.5	3.9
400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	2	-3	-5	-8	-13	-19	30	-46	-74	-120	-190	-0.3	-0.46	-0.74	-1.2	-1.9	-3	-4.6
630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
800	-2.5	-4	6	-10	-15	-22	-35	54	87	140	220	-0.35	-0.54	-0.87	1.4	2.2	-3.3	5.4
1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1250	-3.5	-5	-8	12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-0.4	-0.63	-1	-1.6	-2.5	-4	-6.3
1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	-4.5	-7	-10	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-0.46	-0.72	-1.15	-1.85	2.9	4.6	7.2
2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3150	-6	-8	-12	-16	-23	-32	-52	-81	-130	210	320	0.52	-0.81	-1.3	-2.1	-3.2	-5.2	-8.1
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5000	-7	-9	-13	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	-360	-0.57	-0.89	-1.4	-2.3	3.6	5.7	8.9
6300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8000	-8	-10	-15	-20	-27	-40	-63	-97	155	-250	-400	-0.63	-0.97	-1.55	2.5	-4	-6.3	-9.7

(续)

基本尺寸 /mm		js																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于 至		μm									mm								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	+0.4	+0.6	+1	+1.5	+2	+3	+5	+7	+12	+20	+30	+0.05	+0.07	-0.125	+0.2	+0.3			
	-0.4	-0.6	-1	-1.5	-2	-3	-5	-7	-12	-20	-30	-0.05	-0.07	-0.125	-0.2	-0.3			
6	+0.5	+0.75	+1.25	+2	+2.5	+4	+6	+9	+15	+24	+37	+0.06	+0.09	+0.15	+0.24	+0.375	+0.6	+0.9	
	-0.5	-0.75	-1.25	-2	-2.5	-4	-6	-9	-15	-24	-37	0.06	0.09	-0.15	-0.24	-0.375	-0.6	-0.9	
10	+0.5	+0.75	+1.25	+2	+3	+4.5	+7	+11	+18	+29	+45	+0.075	+0.11	+0.18	+0.29	+0.45	+0.75	+1.1	
	0.5	-0.75	-1.25	-2	3	4.5	-7	-11	-18	-29	-45	-0.075	-0.11	-0.18	-0.29	0.45	0.75	1.1	
18	+0.6	+1	+1.5	+2.5	+4	+5.5	+9	+13	+21	+35	+55	+0.09	+0.135	+0.215	+0.35	+0.55	+0.9	+1.35	
	-0.6	-1	-1.5	-2.5	-4	-5.5	-9	-13	-21	-35	-55	-0.09	-0.135	-0.215	-0.35	-0.55	-0.9	-1.35	
30	+0.75	+1.25	+2	+3	+4.5	+6.5	+10	+16	+26	+42	+65	+0.105	+0.165	+0.26	+0.42	+0.65	+1.05	+1.65	
	-0.75	-1.25	-2	-3	-4.5	-6.5	-10	-16	-26	-42	-65	-0.105	-0.165	-0.26	-0.42	0.65	1.05	1.65	
50	+0.75	+1.25	+2	+3.5	+5.5	+8	+12	+19	+31	+50	+80	+0.125	+0.195	+0.31	+0.5	+0.8	+1.25	+1.95	
	-0.75	-1.25	-2	3.5	5.5	8	12	19	-31	-50	-80	0.125	-0.195	-0.31	-0.5	-0.8	-1.25	-1.95	
80	+1	+1.5	+2.5	+4	+6.5	+9.5	+15	+23	+37	+60	+95	+0.15	+0.23	+0.37	+0.6	+0.95	+1.5	+2.3	
	-1	-1.5	-2.5	-4	-6.5	-9.5	-15	-23	37	60	95	-0.15	0.23	0.37	0.6	-0.95	-1.5	-2.3	
120	+1.25	+2	+3	+5	+7.5	+11	+17	+27	+43	+70	+110	+0.175	+0.27	+0.435	+0.7	+1.1	+1.75	+2.7	
	-1.25	-2	-3	-5	-7.5	-11	-17	-27	-43	-70	-110	-0.175	-0.27	-0.435	-0.7	-1.1	-1.75	-2.7	
180	+1.75	+2.5	+4	+6	+9	+12.5	+20	+31	+50	+80	+125	+0.2	+0.315	+0.5	+0.8	+1.25	+2	+3.15	
	-1.75	-2.5	-4	-6	-9	-12.5	-20	-31	-50	-80	-125	-0.2	-0.315	0.5	-0.8	-1.25	-2	-3.15	
250	+2.25	+3.5	+5	+7	+10	+14.5	+23	+36	+57	+92	+145	+0.23	+0.36	+0.575	+0.925	+1.45	+2.3	+3.6	
	-2.25	-3.5	-5	-7	-10	-14.5	-23	-36	-57	-92	-145	-0.23	-0.36	-0.575	-0.925	-1.45	-2.3	-3.6	
315	+3	+4	+6	+8	+11.5	+16	+26	+40	+65	+105	+160	+0.26	+0.405	+0.65	+1.05	+1.6	+2.6	+4.05	
	-3	-4	-6	-8	-11.5	-16	-26	-40	-65	-105	-160	-0.26	-0.405	-0.65	-1.05	-1.6	-2.6	-4.05	
400	+3.5	+4.5	+6.5	+9	+12.5	+18	+28	+44	+70	+115	+180	+0.285	+0.445	+0.7	+1.15	+1.8	+2.85	+4.45	
	-3.5	-4.5	-6.5	-9	-12.5	-18	-28	-44	-70	-115	-180	-0.285	-0.445	0.7	1.15	1.8	-2.85	-4.45	
500	+4	+5	+7.5	+10	+13.5	+20	+31	+48	+77	+125	+200	+0.315	+0.485	+0.775	+1.25	+2	+3.15	+4.85	
	-4	-5	-7.5	-10	-13.5	-20	-31	-48	-77	-125	-200	-0.315	-0.485	0.775	-1.25	-2	-3.15	-4.85	

(续)

基本尺寸 /mm	j								k													m					
	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6									
—	+2	+4	+6	+8	+2	+3	+4	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100	+140	+5	+6	+8									
3	-2	-2	-4	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+2	+2	+2									
6	-3	+6	+8		+2.5	+5	+5	+9	+13	+18	+30	+48	+75	+120	+180	+6.5	+8	+12									
10	-2	-2	-4		0	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	0	+4	+4	+4									
18	+5	+8	+12		+2.5	+5	+7	+10	+16	+22	+36	+58	+90	+150	+220	+8.5	+10	+15									
30	-3	-3	-6		0	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	0	+6	+6	+6									
50	+6	+11	+15		+3	+6	+9	+12	+19	+27	+43	+70	+110	+180	+270	+10	+12	+18									
80	-4	-4	-8		0	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	0	+7	+7	+7									
120	+6	+12	+18		+4	+8	+11	+15	+23	-33	+52	+84	+130	+210	+330	-12	-14	+21									
180	-5	-5	-10		0	+2	+2	+2	+2	0	0	0	0	0	0	+8	+8	+8									
250	+6	+12	+18		+4	+8	+13	+18	+27	+39	+62	+100	+160	+250	+390	-13	+16	+25									
315	-7	-7	-12		+10	+2	+2	+2	+2	+6	+74	+120	+190	+300	+450	+9	+9	+9									
400	+6	+13	+20		+13	+18	+25	+38	+54	+87	+140	+220	+350	+540		+19	+24	+30									
500	-9	-9	-15		+3	+3	+3	+3	+3	0	0	0	0	0	0	+11	+11	+11									
630	+7	+14	+22		+15	+21	+28	+43	+63	+100	+160	+250	+400	+630		+23	+28	+35									
800	-11	-11	-18		+3	+3	+3	+3	+3	0	0	0	0	0	0	13	+13	+13									
1000	+7	+16	+25		+18	+24	+33	+50	+72	+115	+185	+290	+460	+720		+27	+33	+40									
1250	-13	-13	-21		+4	+4	+4	+4	+4	0	0	0	0	0	0	+15	+15	+15									
1600	+7	+16	+25		+20	+27	+36	+56	+81	+130	+210	+320	+520	+810		+36	+43	+52									
2000	-16	-16	-24		+4	+4	+4	+4	+4	0	0	0	0	0	0	+20	+20	+20									
2500	+7	+18	+29		+22	+29	+40	+61	+89	+140	+230	+360	+570	+890		+39	+46	+57									
3150	-18	-18	-28		+4	+4	+4	+4	+4	0	0	0	0	0	0	+21	+21	+21									
4000	+7	+20	+31		+25	+32	+45	+68	+97	+155	+250	+400	+630	+970		+43	+50	+63									
5000	-20	-20	-32		+5	+5	+5	+5	+5	0	0	0	0	0	0	+23	+23	+23									

(续)

基本尺寸 /mm	m							n							p						
	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9	10			
大于 3	+12 +2	+16 +2	+27 +2	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 -4	+18 +4	+29 +4	-8 +6	+9 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6	+46 +6			
3	+16 +4	+22 +4	+34 +4	+10.5 +8	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8	+38 8	+14.5 +12	-16 +12	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+30 +12	+42 +12	+60 +12			
6	+21 +6	+28 +6	+42 +6	+12.5 +10	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10	+46 -10	+17.5 +15	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+37 +15	+51 +15	+73 +15			
10	+25 +7	+34 +7	+50 +7	+15 +12	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12	+55 +12	+21 +18	+23 +18	+26 +18	+29 +18	+36 +18	+45 +18	+61 +18	+88 +18			
18	+29 -8	+41 +8	+60 +8	+19 +15	-21 -15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15	+67 +15	+26 +22	+28 +22	+31 +22	+35 +22	+43 +22	+55 +22	+74 +22	+106 +22			
30	+34 +9	+48 +9	+71 +9	+21 +17	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17	+79 +17	+30 +26	+33 +26	+37 +26	+42 +26	+51 +26	+65 +26	+88 +26	+126 +26			
50	+41 +11				+28 +20	+33 +20	+39 +20	-50 +20				+40 +32	+45 +32	+51 +32	+62 +32	+78 +32					
80	+48 +13				+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23				+47 +37	+52 +37	+59 +37	+72 +37	+91 +37					
120	+55 +15				-39 +27	+45 +27	+52 +27	-67 +27				-55 +43	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43					
180	+63 +17				+45 +31	+51 +31	+60 +31	+77 +31				+64 +50	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50					
250	+72 +20				+50 +34	+57 +34	+66 +34	+86 +34				+72 +56	+79 +56	+88 +56	+108 +56	+137 +56					
315	+78 +21				+55 +37	+62 +37	+73 +37	+94 +37				+80 +62	+87 +62	+98 +62	+119 +62	+151 +62					
400	+86 +23				+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 +40				+88 +68	+95 +68	+108 +68	+131 +68	+165 +68					

(续)

基本尺寸 /mm	r										s										t					u				
	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	5	6	7	8	9					
大于																														
3	+12	+13	+14	+16	+20	+24	+35	+50	+16	+17	+18	+20	+24	+28	+39	+54					+22	+24	+28	+32	+43					
6	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+14	+14	+14	+14	+14	+14	+14	+14					+18	+18	+18	+18	+18					
10	+17.5	+19	+20	+23	+27	+33	+45	+63	+21.5	+23	+24	+27	+31	+37	+49	+67					+28	+31	+35	+41	+53					
18	+15	+15	+15	+15	+15	+15	+15	+15	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19					+23	+23	+23	+23	+23					
30	+21.5	+23	+25	+28	+34	+41	+55	+77	-25.5	+27	+29	+32	+38	+45	+59	+81					+34	+37	+43	+50	+61					
40	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+19	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23					+28	+28	+28	+28	+28					
60	+26	+28	+31	+34	+41	+50	+66	+93	+31	+33	+36	+39	+46	+55	+71	+98					+41	+44	+51	+60	+76					
80	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+28	+28	+28	+28	+28	+28	+28	+28					+33	+33	+33	+33	+33					
100	+32	+34	+37	+41	+49	+61	+80	+112	-39	+41	+44	+48	+56	+68	+87	+119					+50	+54	+62	+74	+93					
120	+28	+28	+28	+28	+28	+28	+28	+28	+28	+35	+35	+35	+35	+35	+35	+35					+41	+41	+41	+41	+41					
150																					+59	+64	+73	+87	+122					
180	+38	+41	+45	+50	+59	+73	+96	+134	+47	+50	+54	+59	+68	+82	+105	+143					+60	+60	+60	+60	+60					
200	+34	+34	+34	+34	+34	+34	+34	+34	+43	+43	+43	+43	+43	+43	+43	+43					+81	+86	+95	+109	+132					
250																					+54	+54	+70	+70	+70					
300																					+79	+85	+106	+117	+161					
350																					+66	+66	+87	+87	+87					
400																					+88	+94	+121	+132	+176					
450																					+75	+75	+102	+102	+102					
500																					+106	+113	+145	+159	+211					
550																					+91	+91	+124	+124	+124					
600																					+119	+126	+166	+179	+231					
650																					+104	+104	+144	+144	+144					
700																					+104	+104	+144	+144	+144					
750																					+158	+159	+198	+198	+231					
800																					+104	+104	+144	+144	+144					
850																					+104	+104	+144	+144	+144					
900																					+104	+104	+144	+144	+144					
950																					+104	+104	+144	+144	+144					
1000																					+104	+104	+144	+144	+144					





(续)

基本尺寸 /mm	v					x					y					
	5	6	7	8		5	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
大于 3						+24	+26	+30	+34	+45	+50					
3						+20	+20	+20	+20	+20	+20					
6						+33	+36	+40	+46	+58	+76					
10						+28	+28	+28	+28	+28	+28					
14						+40	+43	+49	+56	+70	+92					
18						+34	+34	+34	+34	+34	+34					
24						+48	+51	+58	+67	+83	+110					
30						+40	+40	+40	+40	+40	+40					
40						+53	+56	+63	+72	+88	+115					
50						+39	+45	+45	+45	+45	+45					
65						+56	+60	+68	+80	+106	+138					
80						+47	+47	+47	+54	+54	+54					
100						+64	+68	+76	+88	+97	+148					
120						+55	+55	+55	+64	+64	+64					
						+79	+84	+93	+107	+119	+180					
						+68	+68	+68	+68	+80	+80					
						+92	+97	+106	+129	+136	+197					
						+81	+81	+81	+81	+97	+97					
						+115	+121	+132	+148	+168	+242					
						+102	+102	+102	+102	+122	+122					
						+133	+139	+150	+166	+192	+220					
						+120	+120	+120	+120	+146	+146					
						+161	+168	+181	+200	+232	+265					
						+146	+146	+146	+146	+178	+178					
						+187	+191	+207	+226	+245	+297					
						+172	+172	-172	+172	+210	+210					
										+276	+276					
										+251	+251					
										+289	+289					
										+254	+254					
										+308	+308					
										+251	+251					
										+214	+214					
										+268	+268					
										+174	+174					
										+220	+220					
										+190	+190					
										+134	+134					
										+174	+174					
										+190	+190					
										+114	+114					
										+176	+176					
										+111	+111					
										+194	+194					
										+94	+94					
										+127	+127					
										+75	+75					
										+63	+63					
										+115	+115					
										+65	+65					

(续)

基本尺寸 /mm	y								x								y										
	5	6	7	8	5	6	7	8	7	6	5	4	3	2	1	0	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
大于 至																											
120	+220	+227	+242	+265	+266	+273	+288	+311	+288	+248	+248	+311	+348	+408	+340	+363	+325	+348	+340	+340	+325	+300	+300	+340	+380	+403	+363
140	+202	+202	+202	+202	+248	+248	+248	+248	+248	+248	+248	+248	+248	+248	+300	+300	+300	+248	+300	+300	+300	+300	+300	+340	+380	+403	+363
140	+246	+253	+268	+291	+298	+305	+320	+343	+320	+280	+280	+280	+380	+440	+380	+403	+365	+380	+380	+340	+365	+340	+340	+340	+380	+403	+365
160	+228	+228	+228	+228	+280	+280	+280	+280	+280	+280	+280	+280	+280	+280	+280	+340	+340	+280	+280	+280	+340	+280	+280	+280	+340	+380	+340
160	+270	+277	+292	+315	+328	+335	+350	+373	+350	+310	+310	+310	+410	+470	+420	+443	+405	+410	+420	+380	+405	+380	+380	+380	+443	+443	+405
180	+252	+252	+252	+252	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+380	+380	+310	+310	+310	+380	+310	+310	+310	+380	+380	+310
180	+304	+313	+330	+356	+370	+379	+396	+422	+396	+350	+350	+350	+465	+535	+471	+497	+454	+465	+471	+425	+454	+425	+425	+425	+497	+497	+425
200	+284	+284	+284	+284	+350	+350	+350	+350	+350	+350	+350	+350	+350	+350	+350	+425	+425	+350	+350	+350	+425	+350	+350	+350	+425	+425	+350
200	+330	+339	+356	+382	+405	+414	+431	+457	+431	+385	+385	+385	+500	+570	+516	+542	+499	+500	+516	+470	+499	+470	+470	+470	+542	+542	+470
225	+310	+310	+310	+310	+385	+385	+385	+385	+385	+385	+385	+385	+385	+385	+385	+470	+470	+385	+385	+385	+470	+385	+385	+385	+470	+470	+385
225	+360	+369	+386	+412	+445	+454	+471	+497	+471	+425	+425	+425	+540	+610	+566	+592	+519	+540	+566	+520	+519	+520	+520	+520	+592	+592	+520
250	+340	+340	+340	+340	+425	+425	+425	+425	+425	+425	+425	+425	+425	+425	+425	+520	+520	+425	+425	+425	+520	+425	+425	+425	+520	+520	+425
250	+408	+417	+437	+466	+498	+507	+527	+556	+527	+475	+475	+475	+605	+685	+632	+661	+612	+605	+632	+580	+612	+580	+580	+580	+661	+661	+580
280	+385	+385	+385	+385	+475	+475	+475	+475	+475	+475	+475	+475	+475	+475	+475	+580	+580	+475	+475	+475	+580	+475	+475	+475	+580	+580	+475
280	+448	+457	+477	+506	+548	+557	+577	+606	+577	+525	+525	+525	+655	+735	+702	+731	+682	+655	+702	+650	+682	+650	+650	+650	+731	+731	+650
315	+425	+425	+425	+425	+525	+525	+525	+525	+525	+525	+525	+525	+525	+525	+525	+630	+630	+525	+525	+525	+630	+525	+525	+525	+630	+630	+525
315	+500	+511	+532	+564	+615	+626	+647	+679	+647	+590	+590	+590	+730	+820	+787	+819	+766	+730	+787	+730	+766	+730	+730	+730	+819	+819	+730
355	+475	+475	+475	+475	+590	+590	+590	+590	+590	+590	+590	+590	+590	+590	+590	+730	+730	+590	+590	+590	+730	+590	+590	+590	+730	+730	+590
355	-555	+566	+587	+619	+685	+696	+717	+749	+717	+660	+660	+660	+800	+890	+877	+909	+856	+800	+877	+820	+856	+820	+820	+820	+909	+909	+820
400	+530	+530	+530	+530	+660	+660	+660	+660	+660	+660	+660	+660	+660	+660	+660	+820	+820	+660	+660	+660	+820	+660	+660	+660	+820	+820	+660
400	+622	+635	+658	+692	+767	+780	+803	+837	+803	+740	+740	+740	+895	+990	+983	+1 017	+960	+895	+983	+920	+960	+920	+920	+920	+1 017	+1 017	+920
450	+595	+595	+595	+595	+740	+740	+740	+740	+740	+740	+740	+740	+740	+740	+740	+920	+920	+740	+740	+740	+920	+740	+740	+740	+920	+920	+740
450	+687	+700	+723	+757	+847	+860	+883	+917	+883	+820	+820	+820	+975	+1 070	+1 063	+1 097	+1 040	+975	+1 063	+1 000	+1 040	+1 000	+1 000	+1 000	+1 097	+1 097	+1 000
500	+660	+660	+660	+660	+820	+820	+820	+820	+820	+820	+820	+820	+820	+820	+820	+1 000	+1 000	+820	+820	+820	+1 000	+820	+820	+820	+1 000	+1 000	+820

(续)

基本尺寸 /mm	z											za										
	大于	至	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11		
-	3		+32	+36	-40	+51	+66	+86	+38	+42	+46	+57	+72	+92								
		3	+26	+26	+26	+26	+26	+26	+32	+32	+32	+32	+32	+32								
3	6		+43	+47	+53	+65	+83	+110	+50	+54	+60	+72	+90	+117								
		6	+35	+35	-35	+35	+35	+35	+42	+42	+42	+42	+42	+42								
6	10		+51	+57	+64	+78	+100	+132	+61	+67	+74	+88	+110	+142								
		10	+42	+42	+42	+42	+42	+42	+52	+52	+52	+52	+52	+52								
10	14		+61	+68	+77	+93	+120	+160	+75	+82	+91	+107	+134	+171								
		14	+50	+50	+50	+50	+50	+50	+64	+64	+64	+64	+64	+64								
14	18		+71	+78	+87	+103	+130	+170	+88	+95	+104	+120	+147	+187								
		18	+60	+60	+60	+60	+60	+60	+77	+77	+77	+77	+77	+77								
18	24		+86	+91	+106	+125	+157	+203	+111	+119	+131	+150	+182	+228								
		24	+73	+73	+73	+73	+73	+73	+98	+98	+98	+98	+98	+98								
24	30		+101	+109	+121	+140	+172	+218	+131	+139	+151	+170	+202	+248								
		30	+88	+88	+88	+88	+88	+88	+118	+118	+118	+118	+118	+118								
30	40		+128	+137	+151	+174	+212	+272	+164	+173	+187	+210	+248	+308								
		40	+112	+112	+112	+112	+112	+112	+148	+148	+148	+148	+148	+148								
40	50		+152	+161	+175	+198	+236	+296	+196	+205	+219	+242	+280	+340								
		50	+136	+136	+136	+136	+136	+136	+180	+180	+180	+180	+180	+180								
50	65		+191	+202	+218	+246	+292	+362	+245	+256	+272	+300	+346	+416								
		65	+172	+172	+172	+172	+172	+172	+226	+226	+226	+226	+226	+226								
65	80		+229	+240	+256	+284	+330	+400	+293	+304	+320	+348	+394	+464								
		80	+210	+210	+210	+210	+210	+210	+274	+274	+274	+274	+274	+274								
80	100		+280	+293	+312	+345	+398	+478	+357	+370	+389	+422	+475	+555								
		100	+258	+258	+258	+258	+258	+258	+335	+335	+335	+335	+335	+335								

(续)

基本尺寸 /mm	z											za										
	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11				
100	+332	+345	+364	+397	+450	+530	+422	+435	+454	+487	+540	+620	+310	+310	+400	+400	+400	+400				
120	+390	+405	+428	+465	+525	+615	+495	+510	+533	+570	+630	+720	+365	+365	+470	+470	+470	+470				
140	+440	+455	+478	+515	+575	+665	+560	+575	+598	+635	+695	+785	+415	+415	+535	+535	+535	+535				
160	+490	+505	+528	+565	+625	+715	+625	+640	+663	+700	+760	+850	+465	+465	+600	+600	+600	+600				
180	+549	+566	+595	+635	+705	+810	+699	+716	+742	+785	+855	+960	+520	+520	+670	+670	+670	+670				
200	+604	+621	+647	+690	+760	+865	+769	+786	+812	+855	+925	+1030	+575	+575	+740	+740	+740	+740				
225	+669	+686	+712	+755	+825	+930	+849	+866	+892	+935	+1005	+1110	+640	+640	+820	+820	+820	+820				
250	+742	+762	+791	+840	+920	+1030	+952	+972	+1001	+1050	+1130	+1240	+710	+710	+920	+920	+920	+920				
280	+822	+842	+871	+920	+1000	+1110	+1032	+1052	+1081	+1130	+1210	+1320	+790	+790	+1000	+1000	+1000	+1000				
315	+936	+957	+989	+1040	+1130	+1260	+1186	+1207	+1239	+1290	+1380	+1510	+900	+900	+1150	+1150	+1150	+1150				
355	+1036	+1057	+1089	+1140	+1230	+1360	+1336	+1357	+1389	+1440	+1530	+1660	+1000	+1000	+1300	+1300	+1300	+1300				
400	+1140	+1163	+1197	+1255	+1350	+1500	+1490	+1513	+1547	+1605	+1700	+1850	+1100	+1100	+1450	+1450	+1450	+1450				
450	+1290	+1313	+1347	+1405	+1500	+1650	+1640	+1663	+1697	+1755	+1850	+2000	+1250	+1250	+1600	+1600	+1600	+1600				

(续)

基本尺寸 /mm		zc										
		ab						zc				
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11	
—	3	+50 +40	+54 +40	+65 +40	+80 +40	+100 +40	+70 +60	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+120 +60	
3	6	+62 +50	+68 +50	+80 +50	+98 +50	+125 +50	+92 +80	+98 +80	+110 +80	+128 +80	+155 +80	
6	10	+82 +67	+89 +67	+103 +67	+125 +67	+157 +67	+112 +97	+119 +97	+133 +97	+155 +97	+187 +97	
10	14	+108 +90	+117 +90	+133 +90	+160 +90	+200 +90	+148 +130	+157 +130	+173 +130	+200 +130	+240 +130	
14	18	+126 +108	+135 +108	+151 +108	+178 +108	+218 +108	+168 +150	+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150	
18	24	+157 +136	+169 +136	+188 +136	+220 +136	+266 +136	+209 +188	+221 +188	+240 +188	+272 +188	+318 +188	
24	30	+181 +160	+193 +160	+212 +160	+244 +160	+290 +160	+239 +218	+251 +218	+270 +218	+302 +218	+348 +218	
30	40	+225 +200	+239 +200	+262 +200	+300 +200	+360 +200	+299 +274	+313 +274	+336 +274	+374 +274	+434 +274	
40	50	+267 +242	+281 +242	+304 +242	+342 +242	+402 +242	+330 +325	+361 +325	+387 +325	+425 +325	+485 +325	
50	65	+330 +300	+346 +300	+374 +300	+420 +300	+490 +300	+435 +405	+451 +405	+479 +405	+525 +405	+595 +405	
65	80	+390 +360	+406 +360	+434 +360	+480 +360	+550 +360	+510 +480	+526 +480	+554 +480	+600 +480	+670 +480	
80	100	+480 +445	+499 +445	+532 +445	+585 +445	+665 +445	+620 +585	+639 +585	+672 +585	+725 +585	+805 +585	
100	120	+560 +525	+579 +525	+612 +525	+665 +525	+745 +525	+725 +690	+744 +690	+777 +690	+830 +690	+910 +690	
120	140	+660 +620	+683 +620	+720 +620	+780 +620	+870 +620	+840 +800	+863 +800	+900 +800	+960 +800	+1050 +800	

(续)

基本尺寸 /mm	zb										zc									
	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11					
大于 140	+740 +700	-763 +700	+800 +700	+860 +700	+950 +700	+940 +900	-963 +900	+1 000 +900	+1 060 +900	+1 150 +900	+820 +780	+1 063 +1 000	+1 100 +1 000	+1 160 +1 000	+1 250 +1 000					
140 160	+740 +700	-763 +700	+800 +700	+860 +700	+950 +700	+940 +900	-963 +900	+1 000 +900	+1 060 +900	+1 150 +900	+820 +780	+1 063 +1 000	+1 100 +1 000	+1 160 +1 000	+1 250 +1 000					
160 180	+820 +780	+843 +780	+880 +780	+940 +780	-1 030 +780	+1 040 +1 000	+1 063 +1 000	+1 100 +1 000	+1 160 +1 000	+1 250 +1 000	+926 +880	+1 032 +880	+1 095 +880	+1 160 +880	+1 250 +880					
180 200	+926 +880	+952 +880	+995 +880	+1 065 +880	+1 170 +880	+1 196 +1 150	+1 222 +1 150	+1 265 +1 150	+1 335 +1 150	+1 410 +1 150	+1 160 +960	+1 032 +960	+1 100 +960	+1 160 +960	+1 250 +960					
200 225	+1 160 +960	+1 032 +960	+1 075 +960	+1 450 +960	+1 250 +960	+1 296 +1 250	+1 322 +1 250	+1 365 +1 250	+1 435 +1 250	+1 510 +1 250	+1 096 +1 050	+1 122 +1 050	+1 165 +1 050	+1 235 +1 050	+1 310 +1 050					
225 250	+1 096 +1 050	+1 122 +1 050	+1 165 +1 050	+1 235 +1 050	+1 340 +1 050	+1 396 +1 350	+1 422 +1 350	+1 465 +1 350	+1 535 +1 350	+1 610 +1 350	+1 252 +1 200	+1 281 +1 200	+1 380 +1 200	+1 410 +1 200	+1 480 +1 200					
250 280	+1 252 +1 200	+1 281 +1 200	+1 380 +1 200	+1 410 +1 200	+1 520 +1 200	+1 602 +1 550	+1 631 +1 550	+1 680 +1 550	+1 760 +1 550	+1 870 +1 550	+1 352 +1 300	+1 381 +1 300	+1 430 +1 300	+1 510 +1 300	+1 600 +1 300					
280 315	+1 352 +1 300	+1 381 +1 300	+1 430 +1 300	+1 510 +1 300	+1 620 +1 300	+1 732 +1 700	+1 781 +1 700	+1 830 +1 700	+1 910 +1 700	+2 020 +1 700	+1 557 +1 500	+1 589 +1 500	+1 640 +1 500	+1 730 +1 500	+1 820 +1 500					
315 355	+1 557 +1 500	+1 589 +1 500	+1 640 +1 500	+1 730 +1 500	+1 860 +1 500	+1 957 +1 900	+1 989 +1 900	+2 010 +1 900	+2 130 +1 900	+2 260 +1 900	+1 707 +1 650	+1 739 +1 650	+1 790 +1 650	+1 880 +1 650	+1 980 +1 650					
355 400	+1 707 +1 650	+1 739 +1 650	+1 790 +1 650	+1 880 +1 650	+2 010 +1 650	+2 157 +2 100	+2 189 +2 100	+2 210 +2 100	+2 330 +2 100	+2 460 +2 100	+1 913 +1 850	+1 947 +1 850	+2 005 +1 850	+2 100 +1 850	+2 200 +1 850					
400 450	+1 913 +1 850	+1 947 +1 850	+2 005 +1 850	+2 100 +1 850	+2 250 +1 850	+2 463 +2 400	+2 497 +2 400	+2 555 +2 400	+2 650 +2 400	+2 780 +2 400	+2 163 +2 100	+2 197 +2 100	+2 255 +2 100	+2 350 +2 100	+2 450 +2 100					
450 500	+2 163 +2 100	+2 197 +2 100	+2 255 +2 100	+2 350 +2 100	+2 500 +2 100	+2 663 +2 600	+2 697 +2 600	+2 755 +2 600	+2 850 +2 600	+3 000 +2 600										

注: 1. 各级的 cd, cf, fg 主要用于精密机械和钟表制造业。

2. IT14 至 IT18 只用于大于 1mm 的基本尺寸。

3. 基本尺寸至 24mm 的 t5 至 t8 的偏差值未列入表内, 建议以 u5 至 u8 代替。如非要 t5 至 t8, 则可按 GB/T 1800.3 计算。

4. 基本尺寸至 14mm 的 v5 至 v8 的偏差值未列入表内, 建议以 x5 至 x8 代替。如非要 v5 至 v8, 则可按 GB/T 1800.3 计算。

5. 基本尺寸至 18mm 的 y6 至 y10 的偏差值未列入表内, 建议以 z6 至 z10 代替。如非要 y6 至 y10, 则可按 GB/T 1800.3 计算。

表 5.2-11 轴的极限偏差(500mm 以上)

基本尺寸 /mm	d							c							f							g						
	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7	8							
大于 至																												
500	-260 -330	-260 -370	-290 -435	-260 -540	-260 -700	-145 -189	-145 -215	-145 -255	-145 -320	-145 -425	-76 -120	-76 -146	-76 -186	-76 -251	22 -66	-22 -92	22 -132											
630	-290 -370	-290 -415	-290 -490	-290 610	-290 -790	-160 -210	-160 -240	-160 -285	-160 360	-160 -480	-80 130	-80 -160	-80 -205	-80 -280	24 -74	-24 -104	24 -149											
800	-320 -410	-320 -460	-320 -550	-320 -680	-320 -880	-170 226	-170 -260	-170 -310	-170 -400	-170 -530	-86 -142	-86 -176	-86 226	-86 -316	-26 82	-26 -116	-26 166											
1000	-350 -455	-350 -515	-350 610	-350 -770	-350 -1 010	-195 261	-195 -300	-195 360	-195 -455	-195 615	-98 203	-98 -263	-98 338	-98 -338	-28 -94	28 133	-28 -193											
1250	-390 -515	-390 -585	-390 -700	-390 -890	-390 -1 170	-220 298	-220 -345	-220 415	-220 -530	-220 -720	110 -188	110 235	110 -305	110 420	-30 -108	155 -225	30 -225											
1600	-430 -580	-430 -660	-430 -800	-430 -1 030	-430 -1 350	-240 332	-240 -390	-240 470	-240 -610	-240 840	120 -212	120 270	120 -350	120 490	32 -124	-32 -182	32 262											
2000	-480 -655	-480 -760	-480 -920	-480 -1 180	-480 -1 580	-260 -370	-260 -435	-260 540	-260 -700	-260 -960	130 -240	130 -305	130 410	130 -570	-34 144	-34 -209	-34 -314											
2500	-520 -730	-520 -850	-520 -1 060	-520 -1 380	-520 -1 870	-290 -425	-290 -500	-290 620	-290 -830	-290 -1 150	-145 -280	-145 -355	-145 -475	145 -685	-38 -173	-38 -248	-38 368											



(续)

基本尺寸 /mm	h																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	18
大于至	$\mu\text{m}$									$\text{mm}$								
500 630	0 -9	0 -11	0 16	0 -22	0 -32	0 -44	0 -70	0 -110	0 -175	0 -280	0 -440	0 -0.7	0 -1.1	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7	0 -11
630 800	0 -10	0 -13	0 -18	0 -25	0 -36	0 -50	0 -80	0 -125	0 -200	0 -320	0 -500	0 -0.8	0 -1.25	0 -2	0 -3.2	0 -5	0 -8	0 -12.5
800 1 100	0 11	0 -15	0 -21	0 -28	0 -40	56 56	90 90	0 -140	0 -230	0 -360	0 -560	0 -0.9	0 -1.4	0 -2.3	0 -3.6	0 -5.6	0 -9	0 -14
1 000 1 250	0 13	0 -18	0 -24	0 -33	0 47	66 66	105 105	0 165	0 260	0 -420	0 -660	0 -1.05	0 -1.65	0 -2.6	0 -4.2	0 -6.6	0 -10.5	0 -16.5
1 250 1 600	0 -15	0 -21	0 -29	0 39	0 -55	0 -78	0 -125	0 -195	0 -310	0 -500	0 -780	0 -1.25	0 -1.95	0 -3.1	0 -5	0 -7.8	0 -12.5	0 -19.5
1 600 2 000	0 -18	0 -25	0 -35	0 -46	0 -65	0 -92	0 -150	0 -230	0 -370	0 -600	0 -920	0 -1.5	0 -2.3	0 -3.7	0 -6	0 -9.2	0 -15	0 -23
2 000 2 500	0 -22	0 -30	0 -41	0 -55	0 -78	0 -110	0 -175	0 -280	0 -440	0 -700	0 -1 100	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7	0 -11	0 -17.5	0 -28
2 500 3 150	0 -26	0 -36	0 -50	0 -68	0 -96	0 -135	0 -210	0 -330	0 -540	0 -860	0 -1 350	0 -2.1	0 3.3	0 -5.4	0 -8.6	0 -13.5	0 21	0 33

(续)

基本尺寸 /mm	js																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于 至	偏差																	
	μm																	
	mm																	
500 630	+4.5 -4.5	+5.5 5.5	+8 -8	+11 11	+16 -16	+22 -22	+35 -35	+55 55	+87 -87	+140 140	+220 -220	+0.35 -0.35	+0.55 0.55	+0.875 -0.875	+1.4 1.4	+2.2 -2.2	+3.5 -3.5	+5.5 -5.5
630 800	+5 -5	+6.5 6.5	+9 -9	+12.5 12.5	+18 18	+25 -25	+40 -40	+62 62	+100 -100	+160 160	+250 -250	+0.1 0.1	+0.625 0.625	+1 1	+1.6 1.6	+2.5 -2.5	+4 4	+6.25 -6.25
800 1000	+5.5 -5.5	+7.5 7.5	+10.5 -10.5	+14 -14	+20 -20	+28 -28	+45 -45	+70 70	+115 -115	+180 180	+280 -280	+0.45 -0.45	+0.7 0.7	+1.15 -1.15	+1.8 1.8	+2.8 -2.8	+4.5 -4.5	+7 -7
1000 1250	+6.5 -6.5	+9 9	+12 -12	+16.5 16.5	+23.5 -23.5	+33 -33	+52 -52	+82 82	+130 -130	+210 -210	+330 330	+0.525 -0.525	+0.825 -0.825	+1.3 -1.3	+2.1 -2.1	+3.3 3.3	+5.25 -5.25	+8.25 -8.25
1250 1600	+7.5 -7.5	+10.5 10.5	+14.5 -14.5	+19.5 -19.5	+27.5 -27.5	+39 -39	+62 -62	+97 97	+155 -155	+250 -250	+390 390	+0.625 -0.625	+0.975 -0.975	+1.55 1.55	+2.5 -2.5	+3.9 3.9	+6.25 6.25	+9.75 -9.75
1600 2000	+9 -9	+12.5 12.5	+17.5 -17.5	+23 -23	+32.5 -32.5	+46 -46	+75 -75	+115 115	+185 -185	+300 -300	+460 460	+0.75 -0.75	+1.15 -1.15	+1.85 1.85	+3 -3	+4.6 -4.6	+7.5 7.5	+11.5 -11.5
2000 2500	+11 -11	+15 -15	+20.5 -20.5	+27.5 -27.5	+39 -39	+55 -55	+87 -87	+140 -140	+220 -220	+350 -350	+550 550	+0.875 -0.875	+1.4 -1.4	+2.2 2.2	+3.5 -3.5	+5.5 -5.5	+8.75 -8.75	+14 14
2500 3150	+13 -13	+18 -18	+25 25	+34 -34	+48 -48	+67.5 -67.5	+105 -105	+165 -165	+270 -270	+430 -430	+675 -675	+1.05 -1.05	+1.65 -1.65	+2.7 2.7	+4.3 -4.3	+6.75 -6.75	+10.5 -10.5	+16.5 16.5

(续)

基本尺寸 /mm	k													m			n		p	
	6	7	8	9	10	11	12	13	6	7	6	7	6	7	6	7	8			
大于 500	+44 0	+70 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1 100 0	+70 26	+96 +26	+88 +44	+114 +44	+122 +78	+148 +78	+188 -78					
650	+50 0	+80 0	+125 0	+206 0	+320 0	+500 0	+800 0	+1 250 0	+80 -30	+110 +30	+100 +50	+130 +50	+138 -88	+168 +88	+213 -88					
800	+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0	+560 0	-900 0	+1 400 0	+90 +34	+121 +34	+112 +56	+146 +56	+156 +100	+190 +100	+240 +100					
1 000	-66 0	+105 0	+165 0	+260 0	+420 0	+660 0	+1 050 0	+1 650 0	+106 +40	+145 +40	+132 +66	+171 +66	+186 +120	+225 +120	+285 -120					
1 250	+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0	+780 0	+1 250 0	+1 950 0	+126 +48	+173 +48	+156 +78	+203 +78	+218 +140	+265 +140	+335 +140					
1 600	+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0	+920 0	+1 500 0	+2 300 0	+150 +58	+208 +58	+184 +92	+242 +92	+262 +170	+320 +170	+400 +170					
2 000	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1 100 0	+1 750 0	+2 800 0	+178 +68	+243 +68	+220 +110	+285 +110	+305 +195	+370 +195	+475 +195					
2 500	+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0	+1 350 0	+2 100 0	+3 300 0	+211 +76	+286 +76	+270 +135	+345 +135	+375 +240	+450 +240	+570 +240					

(续)

基本尺寸 /mm	r			s				t			u		
	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	
大于至													
500	+194 +150	+220 +150	-260 +130	+324 +280	+350 +280	+390 +280	+444 +400	+470 +400	+570 +600	+644 +600	+670 +600	+710 +600	
560	+199 +155	+225 +155	+265 +155	+354 +310	+380 +310	+420 +310	+494 +450	+520 +450	+730 +660	+704 +660	+730 +660	+770 +660	
630	+225 +175	+255 +175	+300 +175	+390 +340	+420 +340	+465 +349	+550 +500	+580 +500	+820 +740	+790 +740	+820 +740	+865 +740	
710	+235 +185	+265 +185	+310 +185	+430 +380	+460 +380	+505 +380	+610 +560	+640 +560	+920 +840	+890 +840	+920 +840	+965 +840	
800	+266 +210	+300 +210	+350 +210	+486 +430	+520 +430	+570 +430	+676 +620	+710 +620	+1030 +940	+996 +940	+1030 +940	-1080 +940	
900	+276 +220	+310 +220	+360 +220	+526 +470	+560 +470	+610 +470	+736 +680	+770 +680	+1140 +1050	+1106 +1050	+1140 +1050	+1190 +1050	
1000	+316 +250	+355 +250	+415 +250	+586 +520	+625 +520	+685 +520	+846 +780	+885 +780	+1255 +1150	+1216 +1150	+1255 +1150	+1315 +1150	
1120	+326 +260	+365 +260	+425 +250	+646 +580	+685 +580	+745 +580	+906 +840	+945 +840	+1405 +1300	+1366 +1300	+1405 +1300	+1465 +1300	
1250	+378 +300	+425 +300	+495 +300	+718 +640	+765 +640	+835 +640	+1038 +960	+1085 +960	+1575 +1450	+1528 +1450	+1575 +1450	+1645 +1450	
1400	+408 +330	+455 +330	+525 +330	+798 +720	+845 +720	+915 +720	+1128 +1050	+1175 +1050	+1725 +1600	+1678 +1600	+1725 +1600	+1795 +1600	
1600	+462 +370	+520 +370	+600 +370	+912 +820	+970 +820	+1050 +820	+1292 +1200	+1350 +1200	+2000 +1850	+1942 +1850	+2000 +1850	+2080 +1850	
1800	+492 +400	+550 +440	+630 +400	+1012 +920	+1070 +920	+1150 +920	+1442 +1350	+1500 +1350	+2150 +2000	+2092 +2000	+2150 +2000	+2230 +2000	
2000	+550 +440	+615 +400	+720 +440	+1110 +1000	+1175 +1000	+1280 +1000	+1610 +1500	+1675 +1500	+2475 +2300	+2410 +2300	+2475 +2300	+2580 +2300	
2240	+570 +460	+635 +460	+740 +460	+1210 +1100	+1275 +1100	+1380 +1100	+1760 +1650	+1825 +1650	+2675 +2500	+2610 +2500	+2675 +2500	+2780 +2500	
2500	+685 +550	+760 +550	+880 +550	+1385 +1250	+1460 +1250	+1580 +1250	+2035 +1930	+2110 +1900	+3110 +2900	+3035 +2900	+3110 +2900	+3230 +2900	
2800	+715 +580	+790 +580	+910 +580	+1535 +1400	+1610 +1400	+1730 +1400	+2235 +2100	+2310 +2100	+3410 +3200	+3335 +3200	+3410 +3200	+3530 +3200	

注：黑框中的数值，即基本尺寸大于500~3150mm，IT1至IT5的偏差值，为试用的。

表 5-2-12 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$													
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：1.  $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸小于或等于 3mm 和  $\frac{H8}{r7}$ 在小于或等于 100mm 时，为过渡配合。

2. 标注 ▽ 的配合为优先配合。

表 5-2-13 基轴制优先、常用配合

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{Js6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{Js6}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：标注 ▽ 的配合为优先配合。

表 5.2-14 基孔制与基轴制优先

基孔制		$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{d9}$
基轴制		$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$		$\frac{D9}{h9}$
基本尺寸 /mm		间 隙															
大于	至																
--	3	+16 +6	+12 +2	+10 0	-22 +6	+18 +2	+16 0	+38 +14	+30 +6	+26 -2	+24 0	+48 +20	+42 +14	+34 +6	+28 0	+110 +60	+70 +20
3	6	+23 +10	+17 +4	+13 0	-30 -10	+24 +4	+20 0	+50 +20	+40 +10	+34 -4	+30 0	+66 +30	+56 +20	+46 +10	+36 0	+130 +70	+90 +30
6	10	+28 +13	+20 +5	+15 0	-37 -13	+29 +5	+24 0	+62 +25	+50 +13	+42 +5	+37 0	+84 +40	+69 +25	+57 +13	+44 0	+152 +80	+112 +40
10	14	+35 +16	+25 +6	+19 0	+45 +16	+35 +6	+29 0	+77 +32	+61 -16	+51 +6	+45 0	+104 +50	+86 -32	+70 +16	+54 0	+181 +95	+136 +50
14	18	+42 +20	+29 +7	+22 0	+54 +20	+41 +7	+34 0	+94 +40	+74 -20	+61 +7	+54 0	+131 +65	+106 +40	+86 +20	+66 0	+214 +110	+169 +65
18	24	+42 +20	+29 +7	+22 0	+54 +20	+41 +7	+34 0	+94 +40	+74 -20	+61 +7	+54 0	+131 +65	+106 +40	+86 +20	+66 0	+214 +110	+169 +65
24	30	+52 +25	+36 +9	+27 0	+66 +25	+50 +9	+41 0	+114 +50	+89 -25	+73 +9	+64 0	+158 +80	+128 -50	+103 +25	+78 0	+244 +120 +254 +130	+204 +80
30	40	+52 +25	+36 +9	+27 0	+66 +25	+50 +9	+41 0	+114 +50	+89 -25	+73 +9	+64 0	+158 +80	+128 -50	+103 +25	+78 0	+244 +120 +254 +130	+204 +80
40	50	+52 +25	+36 +9	+27 0	+66 +25	+50 +9	+41 0	+114 +50	+89 -25	+73 +9	+64 0	+158 +80	+128 -50	+103 +25	+78 0	+244 +120 +254 +130	+204 +80
50	65	+62 +30	+42 +10	+32 0	+79 +30	+59 +10	+49 0	+136 +60	+106 +30	+86 +10	+76 0	+192 +100	+152 +60	+122 +30	+92 0	+288 +140 +298 -150	+248 +100
65	80	+62 +30	+42 +10	+32 0	+79 +30	+59 +10	+49 0	+136 +60	+106 +30	+86 +10	+76 0	+192 +100	+152 +60	+122 +30	+92 0	+288 +140 +298 -150	+248 +100
80	100	+73 +36	+49 +12	+37 0	+93 +36	+69 +12	+57 0	+161 +72	+125 +36	+101 +12	+89 0	+228 +120	+180 +72	+144 +36	+108 0	+344 +170 +354 +180	+294 +120
100	120	+73 +36	+49 +12	+37 0	+93 +36	+69 +12	+57 0	+161 +72	+125 +36	+101 +12	+89 0	+228 +120	+180 +72	+144 +36	+108 0	+344 +170 +354 +180	+294 +120
120	140	+86 +43	+57 +14	+43 0	+108 +43	+79 +14	+65 0	+188 +85	+146 +43	+117 -14	+103 0	+271 +145	+211 +85	+169 -43	+126 0	+400 +200 +410 +210 +430 +230	+345 +145
140	160	+86 +43	+57 +14	+43 0	+108 +43	+79 +14	+65 0	+188 +85	+146 +43	+117 -14	+103 0	+271 +145	+211 +85	+169 -43	+126 0	+400 +200 +410 +210 +430 +230	+345 +145
160	180	+86 +43	+57 +14	+43 0	+108 +43	+79 +14	+65 0	+188 +85	+146 +43	+117 -14	+103 0	+271 +145	+211 +85	+169 -43	+126 0	+400 +200 +410 +210 +430 +230	+345 +145
180	200	+99 +50	+64 +15	+49 0	+125 +50	+90 -15	+75 0	+218 +100	+168 +50	+133 +15	+118 0	+314 +170	+244 +100	+194 +50	+144 0	+470 +240 +490 +260 +510 +280	+400 +170
200	225	+99 +50	+64 +15	+49 0	+125 +50	+90 -15	+75 0	+218 +100	+168 +50	+133 +15	+118 0	+314 +170	+244 +100	+194 +50	+144 0	+470 +240 +490 +260 +510 +280	+400 +170
225	250	+99 +50	+64 +15	+49 0	+125 +50	+90 -15	+75 0	+218 +100	+168 +50	+133 +15	+118 0	+314 +170	+244 +100	+194 +50	+144 0	+470 +240 +490 +260 +510 +280	+400 +170
250	280	+111 +56	+72 -17	+55 0	+140 +56	+101 +17	+84 0	+243 +110	+189 +56	+150 +17	+133 0	+352 +190	+272 +110	+218 -56	+162 0	+560 +300 +590 +330	+450 +190
280	315	+111 +56	+72 -17	+55 0	+140 +56	+101 +17	+84 0	+243 +110	+189 +56	+150 +17	+133 0	+352 +190	+272 +110	+218 -56	+162 0	+560 +300 +590 +330	+450 +190
315	355	+123 +62	+79 +18	+61 0	+155 +62	+111 -18	+93 0	+271 +125	+208 -62	+164 +18	+146 0	+388 +210	+303 +125	+240 +62	+178 0	+640 +360 +680 +400	+490 +210
355	400	+123 +62	+79 +18	+61 0	+155 +62	+111 -18	+93 0	+271 +125	+208 -62	+164 +18	+146 0	+388 +210	+303 +125	+240 +62	+178 0	+640 +360 +680 +400	+490 +210
400	450	+135 +68	+87 +20	+67 0	+171 +68	+123 +20	+103 0	+295 +135	+228 +68	+180 +20	+160 0	+424 -230	+329 +135	+262 +68	+194 0	+750 +440 +790 +480	+540 +230
450	500	+135 +68	+87 +20	+67 0	+171 +68	+123 +20	+103 0	+295 +135	+228 +68	+180 +20	+160 0	+424 -230	+329 +135	+262 +68	+194 0	+750 +440 +790 +480	+540 +230

注：1. 表中“+”值为间隙量，“-”值为过盈量。  
2. 标注▽的配合为优先配合。

常用配合极限间隙或极限过盈

( $\mu\text{m}$ )

$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{b12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H6}{js5}$	
$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$		$\frac{D10}{h10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$		$\frac{js6}{h5}$
配 合													过渡配合	
-64 -14	+56 -6	+50 0	+140 +160	+100 +120	-80 0	+390 +270	-260 -140	+180 +160	-140 -20	+120 0	+340 +140	+200 0	-8 -2	+7 -3
+80 +20	-70 -10	-60 0	+166 +70	+126 +30	+96 0	-420 +270	+290 +140	-220 -70	+180 +30	+150 0	-380 -140	+240 0	+10.5 -2.5	+9 -4
+97 +25	-85 +13	-72 0	+196 +80	+156 +40	+116 0	+460 +280	+330 +150	+260 +80	+220 +40	+180 0	-450 +150	+300 0	+12 -3	+10.5 -4.5
+118 +32	+102 +16	+86 0	-233 -95	+190 +50	+140 0	+310 -290	-370 -150	+315 +95	+270 +50	-220 0	+510 +150	+360 0	+15 -4	+13.5 -5.5
+144 +40	+124 +20	+104 0	+278 +110	+233 +65	+168 0	+560 +300	-420 -160	+370 +110	+325 +65	-260 0	+580 +160	+420 0	+17.5 -4.5	+15.5 -6.5
+174 +50	+149 +25	+124 0	+320 +120 +330 +130	+280 +80	-200 0	+630 +310 -640 -320	+490 +170 +500 +180	+440 +120 -450 -130	-400 +80	+320 0	+670 +170 +680 +180	+500 0	+21.5 -5.5	+19 -8
+208 +60	+178 +30	+148 0	+380 +140 -390 -150	+340 +100	+240 0	+340 +740 +360	+190 -580 -200 +150	+140 +530 +150	+480 +100	+380 0	+790 +190 +800 +200	+600 0	+25.5 -6.5	+22.5 -9.5
+246 +72	+210 +36	+174 0	+450 +170 +460 +180	+400 +120	+280 0	+820 +380 +850 +410	-660 +220 +680 +240	+610 +170	-560 +120	+440 0	-920 +220 +940 +240	+700 0	+29.5 -7.5	+26 -11
+285 -85	+243 +43	+200 0	+520 +200 +530 +210 +550 +230	-465 -145	+320 0	-960 -460 +1020 -520 +1080 +580	+760 +260 +780 +280 -810 -310	-700 -200 +710 +210 +730 +230	+645 +145	+500 0	+1060 +260 +1080 +280 -1110 -310	+800 0	+34 -9	+30.5 -12.5
+330 +100	+280 -50	+230 0	+610 +240 +630 +260 +650 +280	+540 +170	-370 0	+1240 +660 +1320 +740 +1400 +820	-920 -340 +960 +380 -1000 +420	+820 +240	-750 -170	+580 0	+1260 -340 +1300 +380 +1340 +420	+920 0	+39 -10	+34.5 -14.5
+370 +110	+316 +56	+260 0	-720 -300 +750 +330	+610 +190	+420 0	-1560 +920 -1690 +1050	+1120 +480 +1180 +540	-940 -300 -970 +330	+830 +190	+640 0	+1520 +480 +1580 +540	+1040 0	+43.5 -11.5	+39 -16
+405 +125	+342 +62	-280 0	+820 +360 +860 +400	-670 +210	+460 0	+1920 +1200 +2070 +1350	-1320 +600 -1400 +680	+1080 +360 +1120 +400	+930 -210	+720 0	+1740 +600 +1820 -680	+1140 0	+48.5 -12.5	+43 -18
+445 +135	+378 -68	+310 0	+940 +440 +980 +480	+730 +230	+500 0	+2300 +1500 +2450 +1650	+1560 -760 +1640 +840	-1240 +440	+1030 +230	+800 0	+2020 +760 -2100 +840	+1260 0	+53.5 -13.5	+47 -20

基孔制		$\frac{H6}{k5}$		$\frac{H6}{m5}$		H7 js6		$\frac{H7}{k6}$		$\frac{H7}{m6}$		$\frac{H7}{n6}$		$\frac{H8}{js7}$		$\frac{H8}{k7}$	
基轴制		$\frac{K6}{h5}$		$\frac{M6}{h5}$		Js7 h6		$\frac{K7}{h6}$		$\frac{M7}{h6}$		$\frac{N7}{h6}$		Js8 h7		$\frac{K8}{h7}$	
基本尺寸 /mm		过 渡															
大于	至																
—	3	+6 -4	+4 -6	+4 -6	-2 -8	+13 3	+11 -5	+10 -6	+6 -10	=8	+4 -12	+6 -10	+2 -14	-19 -5	+17 -7	+14 -10	+10 -14
3	6	+7 -6	+4 -9	+4 -9	+16 -4	+14 -6	+11 -9	+8 12	+4 -16	+4 -24	+21 -9	+17 -13					
6	10	+8 -7	+3 -12	+19.5 -4.5	+16 -7	+14 -10	+9 -15	+5 -19	+29 -7	+26 -11	+21 -16						
10	14	+10 -9	+4 -15	+23.5 -5.5	+20 9	+17 -12	+11 -18	+6 -23	+36 -9	+31 -13	+26 -19						
14	18																
18	24	±11		+5 -17	+27.5 -6.5	+23 -10	+19 -15	+13 -21	+6 -28	+43 -10	+37 -16	+31 -23					
24	30																
30	40	+14 -13	+7 -20	+33 -8	+28 -12	+23 -18	+16 -25	+8 -33	+51 -12	+44 -19	+37 -27						
40	50																
50	65	-17 -15	+8 -24	+39.5 -9.5	+34 -15	+28 -21	+19 -30	+10 -39	+61 -15	+53 -23	+44 -32						
65	80																
80	100	+19 18	+9 -28	+46 -11	+39 -17	+32 -25	+22 -35	+12 -45	+71 -17	+62 -27	+51 -38						
100	120																
120	140																
140	160	+22 -21	+10 -33	+52.5 -12.5	-45 -20	+37 28	-25 -40	+13 -52	+83 -20	+71 -31	+60 -43						
160	180																
180	200																
200	225	+25 -24	+12 -37	+60.5 -14.5	+52 -23	+42 -33	+29 -46	+15 -60	+95 -23	+82 -36	+68 -50						
225	250																
250	280	+28 -27	+12 -43	+14 -41	+68 -16	+58 -26	+48 -36	+32 -52	+18 -66	+107 -26	+92 -40	+77 -56					
280	315																
315	355	+32 -29	+15 -46	+75 -18	+64 -28	+53 -40	+36 -57	+20 -73	+117 -28	+101 -44	+85 -61						
355	400																
400	450	+35 -32	+17 -50	+83 -20	+71 -31	+58 45	+40 -63	+23 -80	+128 -31	+111 -48	+92 -68						
450	500																

注： $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸小于或等于 3mm 时，为过渡配合。



(续)

$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$	$\frac{H7}{p6}$							
$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$	$\frac{P7}{h6}$								
配 合				过 盈 配 合											
+12 -12	+8 -16	+10 -14	+6 -18	+8 -16	+2 -8	0 -10	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-8 -18	-10 -20	-	+4 -12	0 -16
+14 -16	+10 -20	+6 -21	0 -13	-4 -17	-7 -20	-11 -24	-	0 -20							
+16 -21	+12 -25	-7 -30	-1 -16	-6 21	-10 -25	14 -29	-	0 -24							
+20 -25	+15 -30	+9 -36	1 -20	7 -26	12 -31	-17 -36	-	0 -29							
+25 -29	-18 -36	-11 43	-2 -24	9 -31	15 -37	-22 -44	-	-1 -35							
+30 -34	-22 -42	+13 -51	-1 -28	-10 -37	-18 -45	-27 -54	-	-1 -42							
-35 -41	+26 -50	+14 -62	-1 -33	13 -45	-22 -54	-34 -66	-	-2 -51							
+41 -48	+31 -58	-17 -72	-1 -38	-15 52	-29 -66	-49 -86	-	-2 -59							
+48 55	-36 -67	-20 83	-2 -45	-18 -61	-38 -81	-67 -110	-	-3 -68							
+55 63	+41 -77	-22 -96	2 51	21 -70	-48 -97	-93 -142	-	-4 -79							
-61 -72	+47 -86	-25 -108	-2 -57	-24 -79	-62 -117	-126 -181	-	-4 -88							
+68 -78	+52 -91	+27 -119	-1 -62	-26 -87	-72 -133	-154 -215	-	-5 -98							
+74 -86	+57 -103	+29 -131	0 -67	-28 -95	-86 -153	-192 -259	-	-5 -108							

(续)

基孔制	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
基轴制	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$												
基本尺寸 /mm		过 盈 配 合														
大于	至															
—	3	0 -16	-4 -20	4 -20	-8 -24	—	-8 -24	-12 -28	—	-10 26	—	-16 -32	-4 -20	0 -24	—	-4 -28
3	6	-3 -23	-7 -27	—	—	—	11 -31	—	-16 -36	—	23 -43	+3 -27	-1 -31	—	-5 -35	
6	10	4 28	-8 -32	—	—	—	-13 -37	—	19 43	—	-27 -51	+3 -34	1 -38	—	-6 -43	
10	14	5 -34	-10 -39	—	—	—	-15 -44	—	-22 -51	—	-32 -61	-4 -41	-1 -46	—	6 -51	
14	18	—	—	—	—	—	-20 -44	26 -21	-33 27	-42 —	52 -42	+5 -41	-2 -46	—	-8 -51	
18	24	-7 -41	-14 -48	—	—	—	54 -27	-60 -34	67 -43	-76 -54	86 -67	+5 -49	-2 -56	—	-8 -15	
24	30	—	—	20 -54	-27 -61	—	-27 -61	-34 -68	-43 77	-54 -88	-67 -101	—	-2 -56	-8 -62	-15 -69	
30	40	-9 -50	-18 -59	-23 -64	-35 -76	-43 -84	-55 -96	69 -110	87 -128	—	87 -128	+5 -59	-4 -68	9 -73	-21 -85	
40	50	—	—	-29 -70	45 -86	-56 -97	72 -113	-89 130	-111 -152	—	-111 -152	-59 -68	-68 -73	-15 -79	-31 -95	
50	65	-11 -60	-23 72	-36 -85	57 -106	-72 -121	-92 -141	114 -163	-142 -191	-142 -191	-142 -191	+5 -71	-7 83	-20 -96	-41 -117	
65	80	-13 62	29 -78	-45 -94	-72 -121	-90 139	116 -165	-144 -193	-180 -229	+3 -73	-13 -89	-29 -105	-56 -132	—	—	
80	100	-16 -73	-36 -93	-56 113	-89 -146	-111 -168	-143 -200	-179 -236	-223 -280	+3 -86	-17 -106	-37 -126	-70 -159	—	—	
100	120	-19 76	44 -101	-69 -126	-109 -166	-137 -194	175 -232	-219 -276	-275 -332	0 -89	-25 -114	-50 -139	90 179	—	—	
120	140	-23 -88	-52 -117	-82 -147	-130 -195	162 -227	-208 -273	-260 325	-325 -390	0 103	-29 -132	-59 -162	-107 210	—	—	
140	160	-25 -90	-60 -125	-94 -159	-150 -215	-188 -253	-240 -305	-300 -365	375 440	-2 -105	-37 -140	-127 -230	—	—	—	
160	180	28 -93	-68 -133	-106 171	170 -235	-212 -277	270 -335	-340 -405	-425 -490	-5 108	-45 -148	-83 -186	-147 250	—	—	
180	200	-31 -106	76 -151	-120 -195	-190 265	-238 -313	-304 379	-379 -454	-474 549	-5 -123	-50 -168	-94 -212	-164 -282	—	—	
200	225	-34 -109	-84 -159	-134 -209	-212 -287	264 -339	-339 -414	-424 -499	-529 -604	-8 126	-58 -176	-108 -226	-186 304	—	—	
225	250	-38 -113	-94 -169	-150 -225	238 313	-294 -369	379 454	-474 -549	594 -669	-12 -130	-68 -186	-124 -242	-212 -330	—	—	
250	280	-42 -126	-106 -190	-166 -250	-263 -347	-333 417	-423 -507	-528 612	-658 -742	-13 146	-77 -210	-137 -270	-234 367	—	—	
280	315	-46 -130	-118 -202	-188 -272	-298 -382	-373 -457	-473 557	-598 -682	-738 822	-17 -150	-89 -222	-159 -292	-269 402	—	—	
315	355	-51 -144	-133 -226	-211 304	-333 -426	-418 -511	-533 626	-673 -766	-843 936	-19 -165	-101 -247	-179 -325	-301 447	—	—	
355	400	57 -150	-151 -244	-237 -330	-378 -471	-473 -566	-603 -696	-763 856	-943 -1036	-25 -171	-119 -265	-205 -351	-346 492	—	—	
400	450	-63 -166	-169 -272	-267 -370	-427 -530	532 635	-677 -780	857 960	-1037 -1140	-29 -189	-135 -295	-233 -393	-393 553	—	—	
450	500	-69 -172	-189 -292	-297 -400	-477 -580	-597 -700	-757 -860	-937 -1040	-1187 -1290	-35 -195	-155 -315	-263 -423	-443 603	—	—	

注:  $\frac{H8}{r7}$  在小于或等于 100mm 时, 为过渡配合。

	G8	H6	JS6	K6	M6	N6	
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7
D8	E8	F8	H8	JS8			
D9	E9	F9	H9	JS9			
D10			H10	JS10			
D11			H11	JS11			
			H12	JS12			

图 5.2-12 基本尺寸大于 500 至 3150mm 的孔的常用公差带

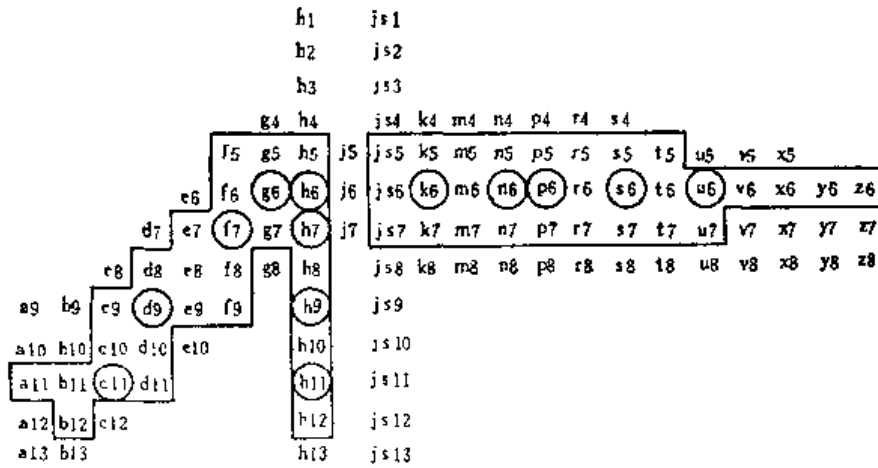


图 5.2-13 基本尺寸至 500mm 轴的常用、优先公差带

	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	
	f7	g7	h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
d8	e8	f8	h8	js8								
d9	e9	f9	h9	js9								
d10			h10	js10								
d11			h11	js11								
			h12	js12								

图 5.2-14 基本尺寸大于 500 至 3150mm 的轴的常用公差带

基本尺寸至 500mm 的基孔制优先和常用配合见表 5.2-12，基轴制优先和常用配合见表 5.2-13。表 5.2-14 为这些配合的极限间隙或极限过盈。选择时，首先选用表中的优先配合，其次选用常用配合。

基本尺寸大于 500mm 至 3150mm 的配合一般采用基孔制的孔、轴同级配合。根据零件制造特点，可采用配制配合。

**配制配合：**

GB/T 1801—1999 的附录 B (提示的附录) 中，提出了基本尺寸大于 500mm 的零件除采用互换性生产外，根据其制造特点，可采用配制配合，该附录对配制配合的应用提供了指导。

配制配合是以一个零件的实际尺寸为基数，来配制另一个零件的一种工艺措施。一般用于公差等级较高，单件小批生产的配合零件。

对配制配合零件的一般要求为：

**(2) 配合的选择**

按照表 5.2-2、表 5.2-6 和表 5.2-7 所列的标准公差和基本偏差数值，在基本尺寸至 3150mm 内可以组成大量不同大小和位置的公差带，按照这些孔、轴公差带更可组成很多种配合。与公差带选择同理，从经济性出发，亦应对配合的选择加以限定。GB/T 1801—1999 在其选定的孔、轴公差带里，进一步从中选取了少量孔、轴公差带组成了一些优先和常用配合。

1) 先按互换性生产选取配合；配制的结果应满足此配合公差；

2) 一般选择较难加工，但能得到较高测量精度的那个零件（在多数情况下是孔）作为先加工件，给它一个比较容易达到的公差或按“线性尺寸的未注公差”加工；

3) 配制件（多数情况下是轴）的公差可按所定的配合公差来选取，所以配制件的公差比采用互换性生产时单个零件的公差要宽，配制件的偏差和极限尺寸以先加工件的实际尺寸为基数来确定；

4) 配制配合是关于尺寸公差方面的技术规定，不涉及其他技术要求，如零件的形状和位置公差、表面粗糙度等，不因采用配制配合而降低；

5) 测量对保证配合性质有很大关系，要注意温度、形状和位置误差对测量结果的影响，要采用尺寸相互比较的测量方法，并在同样条件下，使用同一基准装置或校对量具，由同一组计量人员进行测量，以提高测量精度。

在图样上用代号 MF (Matched Fit) 表示配制配合，借用基准孔的基本偏差代号 H 或基准轴的基本偏差代号 h 表示先加工件。

**举例：**

基本尺寸为  $\phi 3000\text{mm}$  的孔和轴，要求配合的最大间隙量为 0.45mm，最小间隙量为 0.14mm。按互换性生产可选用  $\phi 3000\text{H}6/\text{f}6$  或  $\phi 3000\text{F}6/\text{h}6$ ，其最大间隙



(续)

加工方法	IT 等 级																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
拉 削																		
铰 孔																		
车																		
镗																		
铣																		
刨 插																		
钻 孔																		
滚压、挤压																		
冲 压																		
压 铸																		
粉末冶金成型																		
粉末冶金烧结																		
砂型铸造、气割																		
锻 造																		

表 5.2-17 常用加工方法能达到的标准公差等级和加工成本的关系<sup>①</sup>

----- 5 ----- 2.5 ----- 1

尺寸	加工方法	IT 等 级																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
外 径	普通车削																	
	转塔车床车削																	
	自动车削																	
	外圆磨																	
	无心磨																	
内 径	普通车削																	
	转塔车床车削																	
	自动车削																	
	钻																	
	铰																	
	镗																	
	精 镗																	
	内圆磨																	
长 度	研 磨																	
	普通车削																	
	转塔车床车削																	
	自动车削																	
	铣																	

① 虚线、实线、点划线表示成本比例为 1 : 2.5 : 5。

### 1.2.2 配合的选用

当设计者应用类比法、计算法或试验法确定配合的间隙或过盈及其范围后，就要在极限与配合标准中选用适当的配合代号。选用配合代号时，要同时考虑选用什么基准制，选用什么标准公差等级，以及非基准件（基孔制中的轴或基轴制中的孔）选用什么基准偏差代号等问题。

#### (1) 基准制的选用

基准制的选用应从结构、工艺、经济等方面综合考虑。GB/T1800.2-1998 提出：一般情况下，优先选用基孔制配合，如有特殊需要，允许将任一孔、轴公差带组成配合。之所以提出优先选用基孔制配合，主要出自工艺、经济的考虑。一般中等尺寸有较高公差等级要求的孔，常用定值刀具（如铰刀、拉刀等）加工，用定值量具（如光滑极限量规）检验，如用基孔制配合，既可减少定值刀、量具的品种，又利于提高效率和保证质量。

当轴采用型材,其结合面无需再进行切削加工时,则选用基轴制配合较为经济。在仪器仪表和钟表中,对于小尺寸的配合,由于改变孔径大小比改变轴径大小在技术和经济上更为合理,所以也多采用基轴制配合。

对于同一基本尺寸、同一个轴上有多孔与之配合,或同一基本尺寸、同一个孔上有多轴与之配合,且配合要求不同时,采用基孔制、基轴制、甚或非基准制,应视具体结构、工艺等情况而定。与标准件(如滚动轴承)的配合,基准制的选用应视标准件的配合面是孔还是轴而定,是孔的采用基孔制,是轴的采用基轴制。

例如图 5.2-15 所示的结构,滚动轴承外圈与机座孔的配合只能采用基轴制。内圈与轴的配合只能采用基孔制。为便于加工,与内圈配合的轴均按  $\phi 50k6$  制造,齿轮孔与轴要求采用过渡配合,采用基孔制  $\phi 50H7/k6$  配合可满足要求;而挡环孔与轴要求采用间隙配合时,由于轴公差带已经采用了  $\phi 50k6$ ,挡环孔的公差带就不能再用基准孔的,只能在高于  $\phi 50k6$  公差带的位置上选取一个合适的孔公差带  $\phi 50F8$ ,这样一来,挡环孔与轴的配合  $\phi 50F8/k6$  便成了非基准制的间隙配合。机座孔与端盖  $\phi 110\text{mm}$  外表而也要求采用间隙配合,由于机座孔公差带已经采用了  $\phi 110J7$ ,端盖  $\phi 110\text{mm}$  外表面的公差带就不能采用基准轴的,只能在低于  $\phi 110j7$  公差带的位置下选取一个合适的轴公差带  $\phi 110f9$ ,这样一来,机座孔与端盖的配合  $\phi 110J7/f9$  也成为非基准制的间隙配合了。图 5.2-16 为这些配合的公差带图解。

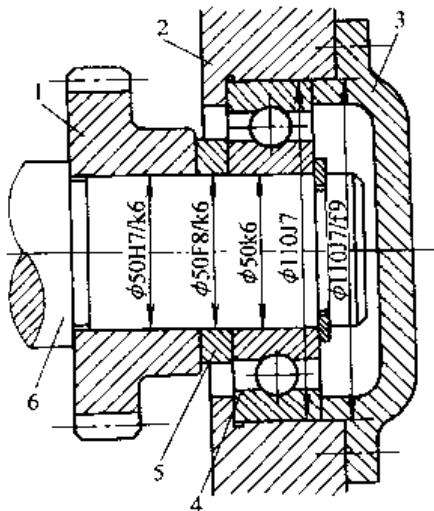


图 5.2-15 基准制应用分析示例

- 1—齿轮 2—机座 3—端盖
- 4—滚动轴承 5—挡环 6—轴

(2) 标准公差等级的选用

由于配合公差等于孔、轴公差之和,所以当设计者

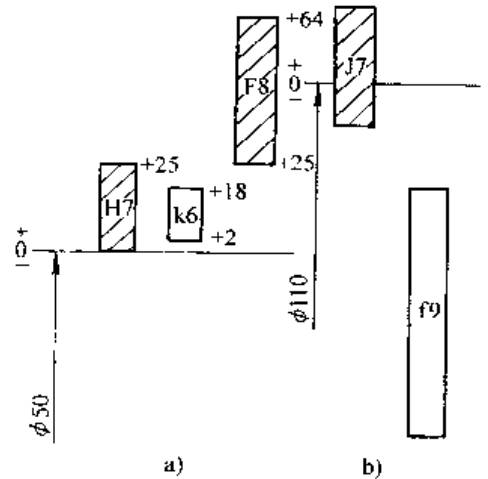


图 5.2-16 图 5.2-15 中有关配合的公差带图

- a) 轴与齿轮孔、挡环孔的配合
- b) 机座孔与端盖凸缘的配合

按照类比法、计算法或试验法确定配合间隙或过盈的变化量(配合公差)之后,便可依此配合公差对照表 5.2-2 所列的标准公差数值,确定孔、轴配合尺寸所用的标准公差等级。当配合尺寸  $\leq 500\text{mm}$  时,配合公差  $< 2$  倍 IT8 的,推荐孔比轴低一级,如轴为 IT7、孔为 IT8;配合公差  $\geq 2$  倍 IT8 的,推荐孔、轴同级。当配合尺寸  $> 500\text{mm}$  时,一般采用孔、轴同级配合。

(3) 非基准件基本偏差代号的选用

由基准孔 H 与 a 至 h 各种轴的基本偏差形成的间隙配合,或由基准轴 h 与 A 至 H 各种孔的基本偏差形成的间隙配合,其最小间隙的绝对值与 a 至 h 各种轴的基本偏差(上偏差 es)的绝对值相等,或与 A 至 H 各种孔的(下偏差 EI)的绝对值相等。为此,对这些基孔制或基轴制间隙配合,可直接按照允许的最小间隙量在表 5.2-6、7 中查出数值相近的非基准件(基轴制中的孔或基孔制中的轴)的基本偏差代号。由基准孔 H 与 k 至 zc 各种轴的基本偏差形成过渡配合或过盈配合的,或由基准轴 h 与 K 至 ZC 各种孔的基本偏差形成过渡配合或过盈配合的,基孔制或基轴制过渡配合中各种非基准件(轴或孔)的基本偏差 ei 或 ES 按式 (5.2-1) 求得;基孔制或基轴制过盈配合中各种非基准件(轴或孔)的基本偏差 ei 或 ES 按式 (5.2-2) 求得。

$$ei = T_H - X_{\max} \text{ 或 } ES = -(T_s - X_{\max}) \tag{5.2-1}$$

$$ei = T_H - Y_{\min} \text{ 或 } ES = -(T_s - Y_{\min}) \tag{5.2-2}$$

式中  $X_{\max}$ ——过渡配合的最大间隙;

$Y_{\min}$ ——过盈配合的最小过盈。

$T_H$ ——孔公差;

$T_s$ ——轴公差。

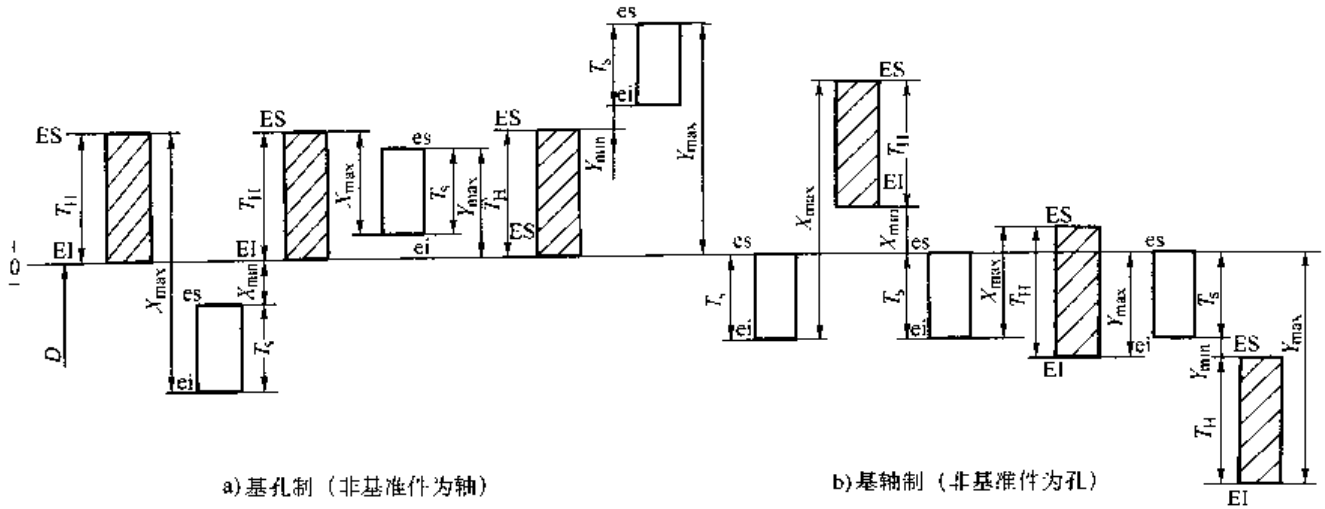


图 5.2-17 各类配合基准件和非基准件的上偏差、下偏差、公差、极限间隙或极限过盈、配合公差的归类图解

$T_H$ —孔公差  $T_s$ —轴公差  $X_{max}$ —最大间隙  $X_{min}$ —最小间隙  $Y_{max}$ —最大过盈  $Y_{min}$ —最小过盈

$T_f = T_H + T_s = X_{max} - X_{min}$  (对间隙配合)  $= X_{max} - Y_{max}$  (对过渡配合)  $= Y_{min} - Y_{max}$  (对过盈配合)

表 5.2-18 配合代号选用示例

参数和要求		例 1	例 2	例 3
已知条件	基本尺寸/mm	φ30	φ30	φ30
	配合类别	间隙配合	过渡配合	过盈配合
	允许间隙或过盈/mm	+0.02~+0.06	-0.030~+0.025	-0.007~0.041
	配合公差 $T_f$	$X_{max} - X_{min} = T_H - T_s = +0.06 - (+0.02) = 0.04$	$X_{max} - Y_{max} = T_H + T_s = +0.025 - (-0.03) = 0.055$	$Y_{min} - Y_{max} = T_H + T_s = -0.007 - (-0.041) = 0.035$
特定参数和要求	基准制	选用基孔制	选用基孔制	选用基孔制
	孔用公差等级	由于 $T_H + T_s = 0.04 <$ 该尺寸段 2 倍 IT8 标准公差 $2 \times 33\mu\text{m} = 0.066\text{mm}$ , 所以孔用 IT7	由于 $T_H + T_s = 0.055 <$ 该尺寸段 2 倍 IT8 标准公差 $2 \times 33\mu\text{m} = 0.066\text{mm}$ , 所以孔用 IT7	由于 $T_H + T_s = 0.035 <$ 该尺寸段 2 倍 IT8 标准公差 $2 \times 33\mu\text{m} = 0.066\text{mm}$ , 所以孔用 IT7
	轴用公差等级	由于 $T_H + T_s = 0.04 <$ 该尺寸段 2 倍 IT8 标准公差, 轴宜比孔高一级, 故选用 IT6	由于 $T_H + T_s = 0.055 <$ 该尺寸段 2 倍 IT8 标准公差, 轴宜比孔高一级, 故选用 IT6	由于 $T_H + T_s = 0.035 <$ 该尺寸段 2 倍 IT8 标准公差, 轴宜比孔高一级, 故用 IT6
	非基准件(轴)的基本偏差值/ $\mu\text{m}$	$es = -20$	$ei = 30 - 25 = +5$ (取 +8)	$ei = 21 - (-7) = +28$
	非基准件(轴)的基本偏差代号	f	m	r
	配合代号	φ30H7/f6	φ30H7/m7	φ30H7/r6

表 5.2-19 轴的各种基本偏差的应用

配合	基本偏差	配合特性及应用	配合	基本偏差	配合特性及应用
间隙配合	a, b	可得到特别大的间隙, 应用很少	间隙配合	e	多用于 IT7~9 级, 通常适用于要求有明显间隙, 易于转动的支承配合, 如大跨距支承, 多支点支承等配合, 高等级的 e 轴适应于大的、高速重载支承, 如涡轮发电机, 大的电动机支承等, 也适用于内燃机主要轴承, 凸轮轴支承、摇臂支承等配合
	c	可得到很大间隙, 一般适用于缓慢、松弛的动配合, 用于工作条件较差(如农业机械), 受力变形, 或为了便于装配, 而必须有较大间隙时。推荐配合为 H11/c11。其较高等级的配合, 如 H8/c7 适用于轴在高温工作的紧密动配合, 例如内燃机排气阀和导管		f	多用于 IT6~8 级的一般转动配合。当温度差别不大, 对配合基本上没影响时, 被广泛用于普通润滑油(或润滑脂)润滑的支承, 如齿轮箱、小电动机、泵等的转轴与滑动支承的配合
	d	一般用于 IT7~11 级, 适用于松的转动配合, 如密封盖、滑轮、空转带轮等与轴的配合。也适用于大直径滑动轴承配合, 如透平机、球磨机、轧滚成型和重型弯曲线及其他重型机械中的一些滑动支承			

(续)

配合	基本偏差	配合特性及应用	配合	基本偏差	配合特性及应用
间隙配合	g	多用于 IT5~7 级, 配合间隙很小, 制造成本高, 除很轻载荷的精密装置外, 不推荐用于转动配合, 最适合不回转的精密滑动配合, 也用于插销等定位配合, 如精密连杆轴承、活塞及滑阀、连杆销等	过盈配合	p	与 H6 或 H7 孔配合时是过盈配合, 而与 H8 孔配合时为过渡配合。对非铁类零件, 为较轻的压入配合, 当需要时易于拆卸。对钢、铸铁或铜—钢组件装配是标准压入配合。对弹性材料, 如轻合金等, 往往要求很小的过盈, 可采用 p 轴配合
	h	多用于 IT4~11 级, 广泛应用于无相对转动的零件, 作为一般的定位配合。若没有温度、变形的影响, 也用于精密滑动配合		r	对铁类零件, 为中等打入配合, 对非铁类零件, 为轻的打入配合, 当需要时可以拆卸。与 H8 孔配合, 直径在 $\phi 100\text{mm}$ 以上时为过盈配合, 直径小时为过渡配合
过渡配合	js	为完全对称偏差 ( $\pm IT/2$ ), 平均起来为稍有间隙的配合, 多用于 IT4~7 级, 要求间隙比 h 轴配合时小, 并允许略有过盈的定位配合, 如联轴器、齿圈与钢制轮毂, 一般可用手或木锤装配		s	用于钢和铁制零件的永久性和半永久性装配, 过盈量充分, 可产生相当大的结合力。当用弹性材料, 如轻合金时, 配合性质与铁类零件的 p 轴相当, 例如套环压在轴上、阀座等配合。尺寸较大时, 为了避免损伤配合表面, 需用热胀或冷缩法装配
	k	平均起来没有间隙的配合, 适用于 IT4~7 级, 推荐用于要求稍有过渡的定位配合, 例如为了消除振动用的定位配合。一般用木锤装配		t, u	过盈量依次增大, 除 u 外, 一般不推荐
	m	平均起来具有不大过盈的过渡配合, 适用于 IT4~7 级。一般可用木锤装配, 但在最大过盈时, 要求相当的压入力	v, x		
	n	平均过盈比用 m 轴时稍大, 很少得到间隙, 适用于 IT4~7 级。用锤或压力机装配。通常推荐用于紧密的组件配合。H6/n5 为过盈配合	y, z		

表 5.2-20 优先配合、常用配合的特征及应用

基本偏差		轴 或 孔						
		a A	b B	c C	d D	e E	f F	g G
配合种类  配合特征  基准孔 或基准轴	间 隙 配 合							
	可得到特别大的间隙, 用于高温工作。很少用		可得到特大的间隙, 用于高温工作。一般少用		可得到很大的间隙, 高温工作时用		具有显著的间隙, 适用于松动的配合	
	有相当的间隙, 适用于高速运动, 大跨距、多支承配合		配合间隙适中, 用于一般转速的动配合		配合间隙很小, 用于不回转的精密滑动配合			
	H6	h5				$\frac{H6}{f5} \frac{F6}{h5}$	$\frac{H6}{g5} \frac{G6}{h5}$	
	H7	h6				$\frac{H7}{f6} \frac{F7}{h6}$	$\frac{H7}{g6} \frac{G7}{h6}$	
	H8	h7				$\frac{H8}{e7} \frac{E8}{h7}$	$\frac{H8}{f7} \frac{F8}{h7}$	$\frac{H8}{g7}$
		h8			$\frac{H8}{d8} \frac{D8}{h8}$	$\frac{H8}{e8} \frac{E8}{h8}$	$\frac{H8}{f8} \frac{F8}{h8}$	
	H9	h9		$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9} \frac{D9}{h9}$	$\frac{H9}{e9} \frac{E9}{h9}$	$\frac{H9}{f9} \frac{F9}{h9}$	
	H10	h10		$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10} \frac{D10}{h10}$			
	H11	h11	$\frac{H11}{a11} \frac{A11}{h11}$	$\frac{H11}{b11} \frac{B11}{h11}$	$\frac{H11}{c11} \frac{C11}{h11}$	$\frac{H11}{d11} \frac{D11}{h11}$		
H12	h12		$\frac{H12}{b12} \frac{B12}{h12}$					
按配合特征、装配方法及其应用分类		液体摩擦情况较差, 有紊流。间隙非常大, 用于高温工作和很松的转动配合; 要求大公差、大间隙的外露组件、要求装配很松的配合			液体摩擦情况尚好, 用于精度非主要要求有大的温度变动, 高转速或大的轴径压力时的自由转动配合		带层流、流体摩擦情况良好, 配合间隙适中, 能保证轴与孔相对旋转时最好的润滑条件	



(续)

基本偏差		轴 或 孔							
		h H	js Js	k K	m M	n N	p P	r R	
配合种类	配合特征	间隙配合		过渡配合			过盈配合		
		装配后多少有点间隙,但在最大实体状态下间隙为零,一般用于间隙定位配合	为完全对称偏差,平均起来稍有间隙的过渡配合(约有2%的过盈)	平均起来没有间隙的过渡配合(约有30%的过盈)	平均起来具有不大过盈的过渡配合(约有10%至60%的过盈)	平均过盈稍大,很少得到间隙(约有60%至84%的过盈)	与H6、H7配合时是真正的过盈配合,但与H8配合时是过渡配合	与H6、H7配合是过盈配合,但当基本尺寸至100mm时与H8配合为过渡配合(约80%的过盈)	
H6	h5	$\frac{H6}{h5}$ $\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$ $\frac{Js6}{h5}$	$\frac{H6}{k5}$ $\frac{K6}{h5}$	$\frac{H6}{m5}$ $\frac{M6}{h5}$	$\frac{H6}{n5}$ $\frac{N6}{h5}$	$\frac{H6}{p5}$ $\frac{P6}{h5}$	$\frac{H6}{r5}$ $\frac{R6}{h5}$	
H7	h6	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$ $\frac{Js7}{h6}$	$\frac{H7}{k6}$ $\frac{K7}{h6}$	$\frac{H7}{m6}$ $\frac{M7}{h6}$	$\frac{H7}{n6}$ $\frac{N7}{h6}$	$\frac{H7}{p6}$ $\frac{P7}{h6}$	$\frac{H7}{r6}$ $\frac{R7}{h6}$	
H8	h7	$\frac{H8}{h7}$ $\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$ $\frac{Js8}{h7}$	$\frac{H8}{k7}$ $\frac{K8}{h7}$	$\frac{H8}{m7}$ $\frac{M8}{h7}$	$\frac{H8}{n7}$ $\frac{N8}{h7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	
	h8	$\frac{H8}{h8}$ $\frac{H8}{h8}$							
H9	h9	$\frac{H9}{h9}$ $\frac{H9}{h9}$							
H10	h10				$\frac{H10}{h10}$ $\frac{H10}{h10}$				
H11	h11	$\frac{H11}{h11}$ $\frac{H11}{h11}$							
H12	h12	$\frac{H12}{h12}$ $\frac{H12}{h12}$							
按配合特征、装配方法及其应用分类		有较好的保持孔、轴的同轴度,但无法容纳足够的润滑油,不适于自由转动的配合	用手或木锤装配是略有过盈的定位配合	用木锤装配,是稍有过盈的定位配合,消除振动时用	用铜锤装配,在最大实体状态时要有相当的压入力	用铜锤或压力机装配,用于紧密的组件配合	约有67%至94%的过盈,用压力机装配	属于轻型压入配合,用在传递较小转矩或轴向力时(较中型压入配合小一半左右)若承受冲击载荷,则应加辅助紧固件	

基本偏差		轴 或 孔						
		s S	t T	u U	v V	x X	y Y	z Z
配合种类	配合特征	过 盈 配 合						
		相对平均过盈为大于0.0005至0.0018	相对平均过盈为大于0.00072至0.0018;相对最小过盈大于0.00026至0.00105	相对平均过盈为大于0.00095至0.0022;相对最小过盈大于0.00038至0.00112	相对平均过盈为大于0.00117至0.00125;相对最小过盈大于0.00125至0.00132	相对平均过盈为大于0.0017至0.0031;相对最小过盈大于0.0016至0.0019	相对平均过盈为大于0.0021至0.0029;相对最小过盈为0.002左右	相对平均过盈为大于0.0026至0.004;相对最小过盈为大于0.00244至0.0027
H6	h5	$\frac{H6}{s5}$ $\frac{S6}{h5}$	$\frac{H6}{t5}$ $\frac{T6}{h5}$					
H7	h6	$\frac{H7}{s6}$ $\frac{S7}{h6}$	$\frac{H7}{u6}$ $\frac{U7}{h6}$	$\frac{H7}{u6}$ $\frac{U7}{h6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8	h7	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
	h8							
H9	h9							
H10	h10							
H11	h11							
H12	h12							
按配合特征、装配方法及其应用分类		属于中型压入配合,用在传递较小转矩或轴向力时不需加辅助件(较重型压入配合小三分之一至二分之一),若承受变动载荷,振动冲击时需加辅助件	属于重型压入配合,用压力机或热胀(孔套)冷缩(轴)的方法装配,能传递大转矩,变动载荷。材料许用应力要大	属于重型压入配合,用热胀(孔套)或冷缩(轴)的方法装配,能传递很大转矩,承受变动载荷,振动和冲击(较重型压力配合大一倍),材料许用应力要相当大				

图 5.2-17 为各类配合基准件和非基准件的上偏差、下偏差、公差、极限间隙或极限过盈、配合公差的归类图释。

当求得非基准件(轴或孔)的基本偏差  $e_i$  或  $ES$  之后,便可在表 5.2-6 和表 5.2-7 中查出相近的轴或孔的基本偏差代号。

表 5.2-18 为三类配合代号的选用示例,供大家参考。

表 5.2-19 列出了轴的各种基本偏差的应用资料,该资料也适用于同名孔的各种基本偏差(如轴的基本偏差代号 a、b 与孔的基本偏差 A、B 同名),供选用配合时参考。

表 5.2-20 列出了表 5.2-12 和表 5.2-13 所列优先和常配合的特征及应用资料,亦供选用时参考。

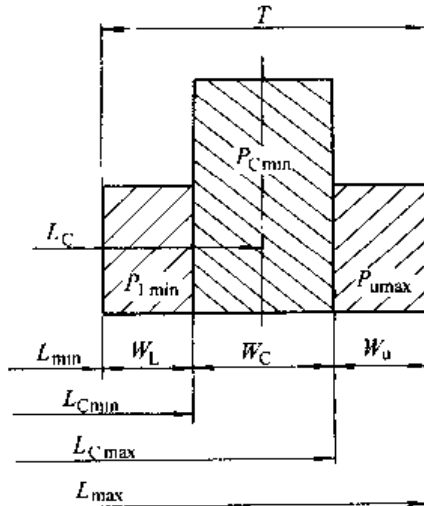
## 2 统计尺寸公差

### 2.1 统计尺寸公差标准(JB/T9184—1999)的主要内容

#### 2.1.1 术语和定义

标准中所规定的术语及其定义见表 5.2-21。

表 5.2-21 术语和定义



序号	术语	定义
1	统计尺寸公差 $T_P$	对实际尺寸概率分布特性作出规定的尺寸公差
2	孔的统计尺寸公差 $T_{PH}$	对实际尺寸概率分布特性作出规定的孔公差
3	轴的统计尺寸公差 $T_{PS}$	对实际尺寸概率分布特性作出规定的轴公差
4	统计最小间隙(或过盈) $Z_{Pmin}$	与一定置信水平相联系的允许间隙(或过盈)的最小值
5	统计最大间隙(或过盈) $Z_{Pmax}$	与一定置信水平相联系的允许间隙(或过盈)的最大值

(续)

序号	术语	定义
6	统计配合公差 $T_{PF}$	对实际间隙(或过盈)的概率分布特性作出规定的配合公差,它取决于相互配合的孔、轴实际尺寸的概率分布特性及允许分布范围,并与一定的置信水平相联系
7	组成环的统计尺寸公差 $T_{Pi}$	对实际尺寸概率分布特性作出规定的组成环公差
8	封闭环的统计尺寸公差 $T_{Po}$	对实际尺寸概率分布特性作出规定的封闭环公差,它取决于组成环实际尺寸的概率分布特性及允许分布范围,并与一定的置信水平相联系
9	中间尺寸 $L_C$	最大极限尺寸 $L_{max}$ 与最小极限尺寸 $L_{min}$ 的算术平均值
10	上边区	以最大极限尺寸 $L_{max}$ 为上限的尺寸公差带的部分区域
11	上边区宽度 $W_u$	上边区所占有的部分尺寸公差
12	下边区	以最小极限尺寸 $L_{min}$ 为下限的尺寸公差带的部分区域
13	下边区宽度 $W_L$	下边区所占有的部分尺寸公差
14	中间区	位于上边区与下边区之间的尺寸公差带的部分区域
15	中间区宽度 $W_C$	中间区所占有的部分尺寸公差
16	中间区上限(上边区下限) $L_{Cmax}$	中间区与上边区的分界尺寸
17	中间区下限(下边区上限) $L_{Cmin}$	中间区与下边区的分界尺寸
18	上边区频率 $P_{u_{max}}$	允许零件实际尺寸落在上边区内的最大频率
19	下边区频率 $P_{L_{max}}$	允许零件实际尺寸落在下边区内的最大频率
20	中间区频率 $P_{C_{min}}$	允许零件实际尺寸落在中间区内的最小频率
21	算术平均区间 $B_x$	限制实际尺寸算术平均的区间
22	中位数区间 $B_z$	限制实际尺寸中位数的区间
23	标准差上限 $\sigma_{max}$	允许实际尺寸标准差的最大值

#### 2.1.2 规定实际尺寸概率分布特性的方案

可用以下三种方案之一对实际尺寸概率分布特性作出规定:

1) 规定实际尺寸的中间区上限  $L_{Cmax}$ 、下限  $L_{Cmin}$  及中间区频率  $P_{Cmin}$ ; 或规定实际尺寸的上边区上限  $L_{max}$ 、下限  $L_{Cmax}$  及上边区频率  $P_{u_{max}}$  和下边区上限  $L_{Cmin}$ 、下限  $L_{min}$  及下边区频率  $P_{L_{max}}$ ;

2) 规定实际尺寸算术平均区间  $B_x$ ;

3) 规定实际尺寸中位数区间  $B_z$ 。

在某些情况下,当采用 2 或 3 方案时,还应规定实

际尺寸的标准差上限  $\sigma_{\max}$ 。

### 2.1.3 统计尺寸公差在图样上的标注

(1) 按 2.1.2 节方案 1) 标注

例如:  $55 \pm 0.06 \pm 0.03 P86\%$

其中 55mm 为基本尺寸;  $(55+0.06)$  mm 为最大极限尺寸;  $(55-0.06)$  mm 为最小极限尺寸;  $P86\%$  表示  $P_{\text{中间}}$  等于 86%, 即在中间区  $(55 \pm 0.03)$  mm 范围内至少包含有 86% 的零件。

如无特别说明, 则  $P_{\text{上边}} = P_{\text{下边}} = \frac{1-P_{\text{中间}}}{2} 100\% = 7\%$ , 即在上边区  $55 \begin{smallmatrix} +0.06 \\ -0.03 \end{smallmatrix}$  mm 或下边区  $55 \begin{smallmatrix} -0.06 \\ +0.03 \end{smallmatrix}$  mm 的范围内最多包容有 7% 的零件。

(2) 按 2.1.2 节方案 2) 标注

例如:  $55 \pm 0.06 \pm 0.02 \bar{X}$

表示实际尺寸的算术平均必须位于  $(55 \pm 0.02)$  mm 的区间内。如需要规定  $\sigma_{\max}$  时, 可加注在括号内:  $55 \pm 0.06 \pm 0.02 \bar{X} (\sigma_{\max} < 0.02)$ 。

(3) 按 2.1.2 节方案 3) 标注

例如:  $55 \pm 0.06 \pm 0.02 \bar{X}$

表示实际尺寸的中位数必须位于  $(55 \pm 0.02)$  mm 的区间内。如需要规定  $\sigma_{\max}$  时, 可加注在括号内:  $55 \pm 0.06 \pm 0.02 \bar{X} (\sigma_{\max} < 0.02)$ 。

(4) 简化标注

统计尺寸公差可按图 5.2-18 所示的方法作简化标注。

当采用简化标注时, 对统计尺寸公差的具体要求应在技术条件中具体说明, 或由技术文件统一规定。

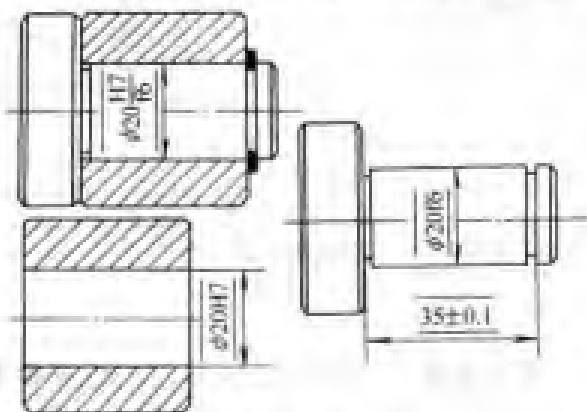


图 5.2-18 简化标注

## 2.2 统计尺寸公差的应用

由表 5.2-21 定义可知, 统计尺寸公差是对实际尺寸概率分布特性作出某种规定的尺寸公差。限定实际尺寸的概率分布特性, 可使产品获得最佳的技术经济效果。例如, 在批量生产和工艺稳定的条件下, 配合孔、

轴采用统计尺寸公差, 尺寸链各组成环采用统计尺寸公差, 在技术和经济上都十分有利。

在 JB/T 9184—1999 统计尺寸公差标准附录 A 中, 专门介绍了统计尺寸公差在孔、轴配合中的应用, 并对 GB/T 1801—1999 极限和配合 公差与配合的选择中规定的优先与常用配合 (表 5.2-13、14), 列出了相应的统计极限“间隙或过盈” (孔、轴实际尺寸设定为正态分布,  $T:W_t=2:1, P_{\text{中间}}=86\%$  时); 在附录 B 中, 专门介绍了统计尺寸公差在尺寸链中的应用。

应用示例

设某机床部件中的孔、轴配合为  $\phi 40H8/h7$ , 其公差带见图 5.2-19, 该配合的最小间隙  $Z_{\min}=0$ , 最大间隙  $Z_{\max}=+64\mu\text{m}$ 。根据使用要求, 应尽量使多数孔、轴结合后的间隙接近平均间隙, 此时若将孔、轴实际配合尺寸按正态分布控制, 则可采用统计尺寸公差, 以避免零间隙或最大间隙出现。

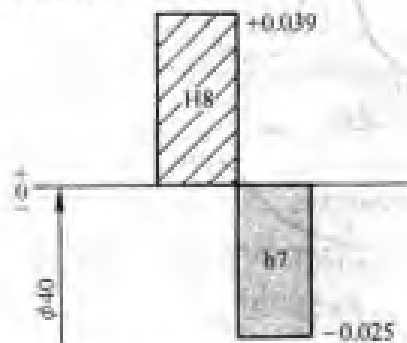


图 5.2-19 配合  $\phi 40H8/h7$  公差带图

假若, 孔、轴均规定了实际尺寸的中间区上限、下限及中间区频率  $P_{\text{中间}}$ , 即孔用  $\phi 40 \begin{smallmatrix} +0.039 \\ -0.025 \end{smallmatrix} P86\%$ ; 轴用  $\phi 40 \begin{smallmatrix} -0.025 \\ +0.000 \end{smallmatrix} P86\%$ , 设置信水平  $1-\alpha=99.73\%$ , 则统计配合公差为:

$$T_{\text{IT}} = \sqrt{T_{\text{H}_i}^2 + T_{\text{h}_i}^2} = \sqrt{0.039^2 + 0.025^2} \text{ mm} = 0.046 \text{ mm}$$

该配合的平均间隙

$$Z_{\text{IT}} = \frac{Z_{\min} + Z_{\max}}{2} = \left( \frac{0 + 0.064}{2} \right) \text{ mm}$$

$= +0.032 \text{ mm}$ , 于是:

统计最小间隙

$$Z_{\text{ITmin}} = Z_{\text{IT}} - \frac{T_{\text{IT}}}{2} = \left( +0.032 - \frac{0.046}{2} \right) \text{ mm} = +0.009 \text{ mm}$$

统计最大间隙

$$Z_{\text{ITmax}} = Z_{\text{IT}} + \frac{T_{\text{IT}}}{2} = \left( +0.032 + \frac{0.046}{2} \right) \text{ mm} = +0.055 \text{ mm}$$

图 5.2-20 为该孔、轴尺寸以及配合间隙的分布曲线。

按统计尺寸公差标准附录A中对孔、轴实际尺寸概率分布特性要求的规定,对称分布时公差带的划分推荐为

$$T : W_c = 2 : 1$$

据此,该配合的孔、轴配合尺寸采用这种统计尺寸公差后,可使配合间隙在  $Z_{av} \pm \frac{W_c}{2} = Z_{av} \pm \frac{T_{PF}}{4} = \left( 0.032 \pm \frac{0.046}{4} \right)$  mm 范围(即  $+0.0205 \sim +0.0435$ mm)的频率不小于86%,见图5.2-21。

如果在该例中突出对最小间隙发生频率的限制,也可仅仅规定孔的下边区的频率和轴的上边区的频率,即:孔用  $\phi 40^{+0.039+0.010}_0 P7\%$ ,轴用  $\phi 40^{0.025-0.006}_0 P7\%$ 。

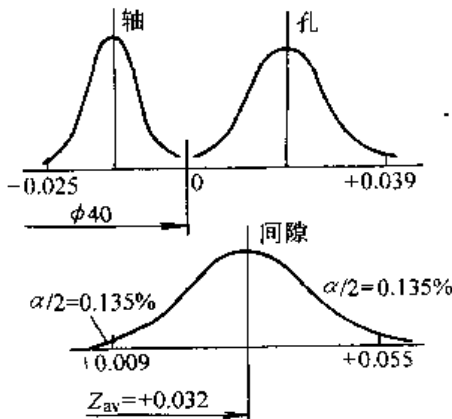


图 5.2-20  $\phi 40H8/h7$  孔、轴尺寸及配合间隙分布曲线

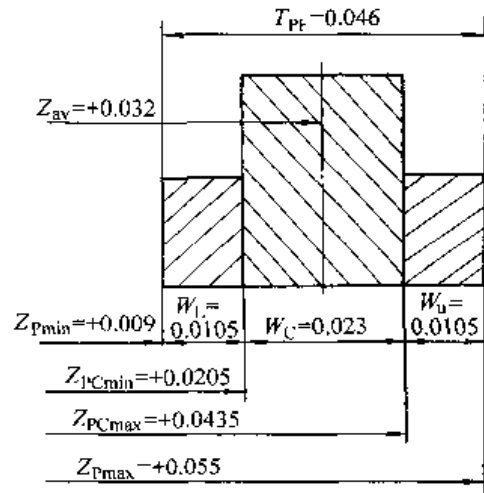


图 5.2 21  $\phi 40H8/h7$  统计配合公差图解

### 3 未注公差的线性尺寸的公差

#### 3.1 未注公差的线性尺寸的公差标准的主要内容

未注公差的线性尺寸的公差标准在一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差国家标准 (GB/T 1804—2000) 之中, 以下为其有关的主要内容。

一般公差系指在车间通常加工条件下可保证的公差。采用一般公差的尺寸, 在该尺寸后不需注出其极限偏差数值。

一般公差分精密 f、中等 m、粗糙 c、最粗 v 共 4 个公差等级。表 5.2-22 给出了线性尺寸的极限偏差数值。表 5.2-23 给出了倒圆半径和倒角高度尺寸的极限

表 5.2-22 线性尺寸的极限偏差数值 (mm)

公差等级	基本尺寸分段							
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30~120	>120~400	>400~1000	>1000~2000	>2000~4000
精密 f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
中等 m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
粗糙 c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
最粗 v	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

表 5.2-23 倒圆半径和倒角高度尺寸的极限偏差数值 (mm)

公差等级	基本尺寸分段			
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30
精密 f	±0.2	±0.5	±1	±2
中等 m	±0.4	±1	±2	±4
粗糙 c	±0.4	±1	±2	±4
最粗 v	—	—	—	—

注: 倒圆半径和倒角高度的含义参见 GB/T 6403.4。

偏差数值。

采用该标准规定的一般公差, 应在图样标题栏附近或技术要求、技术文件(如企业标准)中注出该标准

号及公差等级代号。例如选取中等级时, 标注为:

GB/T 1804—m

#### 3.2 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差标准 (线性尺寸部分) 的应用和有关说明

在该标准的附录 A (提示的附录) 中, 介绍了线性和角度尺寸的一般公差的概念和解释。

GB/T 1804—2000 适用于金属切削加工的尺寸, 也适用于一般的冲压加工的尺寸。非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸可参照采用。

构成零件的所有要素(点、线、面)总是具有一定

的尺寸和几何形状。由于尺寸误差和几何特征（形状、方向、位置）误差的存在，为保证零件的使用功能就必须对它们加以限制，超出将会损坏其功能。因此，零件在图样上表达的所有要素都有一定的公差要求。对功能上无特殊要求的要素可给出一般公差。采用一般公差的要素在图样上不单独注出公差，而是在图样上、技术要求或技术文件（如企业标准）中作出总的说明。

线性尺寸的一般公差主要用于低精度的非配合尺寸。当功能上允许的公差等于或大于一般公差时，应采用一般公差。只有当要素的功能允许比一般公差大的公差，而该公差在制造上比一般公差更为经济时（例如装配时所钻的盲孔深度），其相应的极限偏差数值要在尺寸后注出。由于功能上的需要，某要素要求采用比“一般公差”小的公差值，则应在尺寸后注出其相应的极限偏差数值，当然这已不属一般公差的范畴。

采用一般公差的尺寸，在通常车间精度可保证的条件下，一般可不检验。

#### 4 过盈配合的计算和选用

##### 4.1 公差与配合过盈配合的计算和选用标准 (GB/T5371—1985) 的主要内容

###### 4.1.1 术语和定义

标准中所规定的有关术语及其定义见表 5.2-24。

表 5.2-24 术语和定义

序号	术语	定义
1	过盈量 $\delta$	过盈的绝对值
2	基本过盈量 $\delta_b$	选择过盈配合的基准值。对基孔制配合，其值等于轴的基本偏差的绝对值；对基轴制配合，其值等于孔的基本偏差的绝对值（图 5.2-22）
3	过盈联结 纵向过盈联结 横向过盈联结	利用过盈量使包容件和被包容件形成的固定联结 用压入法实现的过盈联结 用胀缩法实现的过盈联结
4	结合面	在过盈联结中，包容件和被包容件相接触的表面
5	结合直径 $d_f$	结合面的基本直径（图 5.2-23）
6	结合长度 $l_f$	结合面的基本长度（图 5.2-23）
7	直径比 $q$	相配合的包容件和被包容件的小直径与大直径的比值 包容件直径比 $q_a$ 等于结合直径 $d_f$ 除以包容件外径 $d_a$ （图 5.2-23） 被包容件直径比 $q_b$ 等于被包容件内径 $d_i$ （图 5.2-22）除以结合直径 $d_f$
8	相对过盈量	过盈量 $\delta$ 与结合直径 $d_f$ 的比值

(续)

序号	术语	定义
9	压平深度 $S$	包容件或被包容件结合面的表面粗糙度被压平部分的深度 $S_a$ 或 $S_i$ （图 5.2-24）
10	压平量	由于压平深度而使过盈量减小的部分。其值等于包容件的压平深度 $S_a$ 和被包容件的压平深度 $S_i$ 之和的两倍
11	结合压力 $P_f$	作用在结合面上的压力
12	直径变化量 $e$	由于结合压力而使相配合的孔、轴直径变化的量 包容件直径变化量 $e_a$ 为包容件内径的扩大量 被包容件直径变化量 $e_b$ 为被包容件外径的缩小量
13	有效过盈量 $\delta_e$	在过盈联结中起作用的过盈量。其值等于包容件直径变化量 $e_a$ 和被包容件直径变化量 $e_b$ 之和
14	压入力 $P_{xi}$	在实现纵向过盈联结的过程中施加的最大轴向力
15	压出力 $P_{xe}$	在解脱过盈联结的过程中施加的最大轴向力

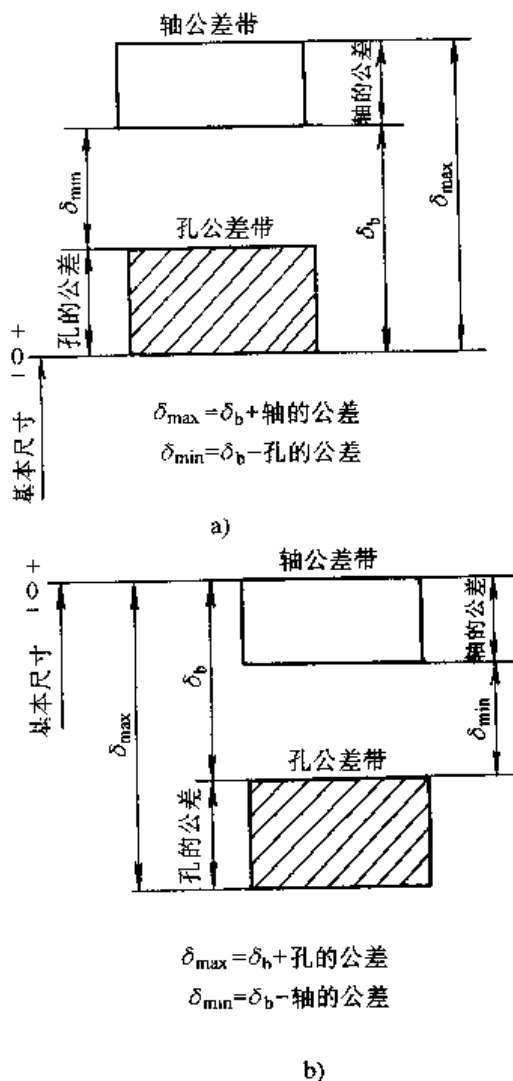


图 5.2-22 基本过盈量  $\delta_b$  图释  
a) 基孔制 b) 基轴制

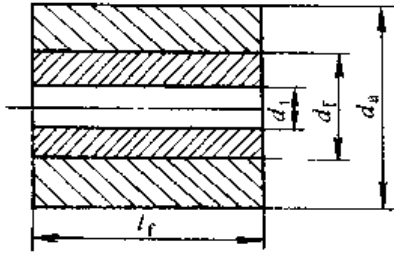


图 5.2-23 过盈联结尺寸图释

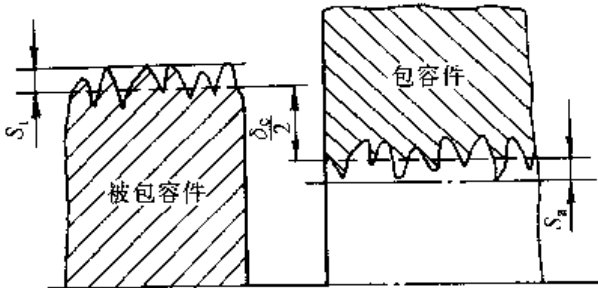


图 5.2-24 包容件与被包容件压平深度图释

4.1.2 符号

计算用的主要符号、含义和单位列于表 5.2-25。

表 5.2-25 过盈配合计算用的主要符号、含义和单位

符号	含 义	单 位
$\delta$	过盈量	mm
$\delta_e$	有效过盈量	mm
$\delta_b$	基本过盈量	mm
$d_f$	结合直径	mm
$d_a$	包容件外径	mm
$d_i$	被包容件内径	mm
$l_f$	结合长度	mm
$q_a$	包容件直径比	—
$q_i$	被包容件直径比	—
$S_a$	包容件的压平深度	mm
$S_i$	被包容件的压平深度	mm
$e_a$	包容件直径变化量	mm
$e_i$	被包容件直径变化量	mm
$p_f$	结合压力	MPa
$P_{in}$	压入力	N
$P_{out}$	压出力	N
$F_x$	轴向力	N
$M$	转矩	N·mm
$F_t$	传递力	N
$\mu$	摩擦系数	—
$\nu$	泊松比	—
$\sigma_s$	屈服点	MPa
$\sigma_b$	抗拉强度	MPa
$E$	弹性模量	N/mm <sup>2</sup>
$R_z$	微观不平度十点高度	mm
$R_a$	轮廓算术平均偏差	mm

注：除另有说明外，表中符号再加下标“a”表示包容件；“i”表示被包容件。

4.1.3 计算和选用

(1) 计算基础

该计算以两个简单厚壁圆筒在弹性范围内的联结为计算基础。弹性范围系指包容件和被包容件由于结合压力而产生的变形与应力呈线性关系，亦即联结件的应力低于其材料的屈服点或屈服强度 ( $\sigma_s$  或  $\sigma_{0.2}$ )。

计算的假定条件为：包容件与被包容件处于平面应力状态，即轴向应力  $\sigma_x = 0$ ；包容件与被包容件在结合长度上结合压力为常数；材料的弹性模量为常数；计算的强度理论，按变形能理论。

对于几何形状特殊或具有特殊应力的过盈联结，需进行附加计算。

(2) 计算公式

过盈联结传递载荷所需的最小过盈量，可按表 5.2-26 所列公式进行计算；过盈联结不产生塑性变形所容许的最大有效过盈量，可按表 5.2-27 所列公式计算；表 5.2-28 列出了上述两表中所用系数  $C_1$  和  $C_2$  的数值；图 5.2-25 绘出了表 5.2-27 中所列  $a$ 、 $b$  值与  $q_a$  值的关系，以及  $c$  值与  $q_i$  值的关系。

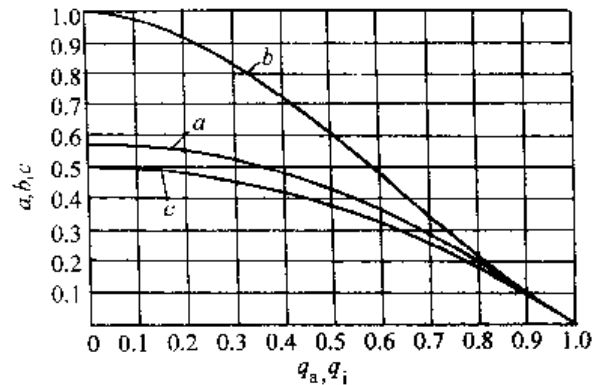


图 5.2-25  $a$ 、 $b$  与  $q_a$ 、 $c$  与  $q_i$  的关系曲线

图 5.2-26 给出了基本过盈量  $\delta_b$ 、结合直径  $d_f$  和轴的基本偏差代号的关系，供选用配合时参考。

为进行校核计算，表 5.2-29 给出了过盈联结的最小传递力  $F_{tmin}$  和联结件的最大应力  $\sigma_{max}$  计算式；为计算包容件的外径扩大量和被包容件的内径缩小量，表 5.2-30 也给出了有关计算式。

为计算方便，在该标准的附录 A 中，列出了常用材料的摩擦系数、弹性模量、泊松比和线膨胀系数，见表 5.2-31~表 5.2-33。

(3) 配合的选择

1) 初选基本过盈量  $\delta_b$ 。一般情况，可取  $\delta_b \approx \frac{\delta_{min} + \delta_{e,max}}{2}$ ；当要求有较大的联结强度储备时，可取

$\delta_{e,max} > \delta_b > \frac{\delta_{min} + \delta_{e,max}}{2}$ ；当要求有较大的联结材料强度

储备时, 可取  $\delta_{\min} < \delta_b < \frac{\delta_{\min} + \delta_{e \max}}{2}$ 。

2) 按初选的基本过盈量  $\delta_b$  和结合直径  $d_f$ , 由图 5.2-26 查出非基准件 (基孔制配合中的轴) 的基本偏差代号。当采用基轴制配合时, 非基准件为孔, 亦可按

图 5.2-26 查出其基本偏差代号 (此时, 将 n 至 zc 改为 N 至 ZC)。

3) 最后按查出的非基准件的基本偏差代号、 $\delta_{e \max}$  和  $\delta_{\min}$ , 按表 5.2-12 或表 5.2-13 确定应用的某种优先或常用过盈配合。

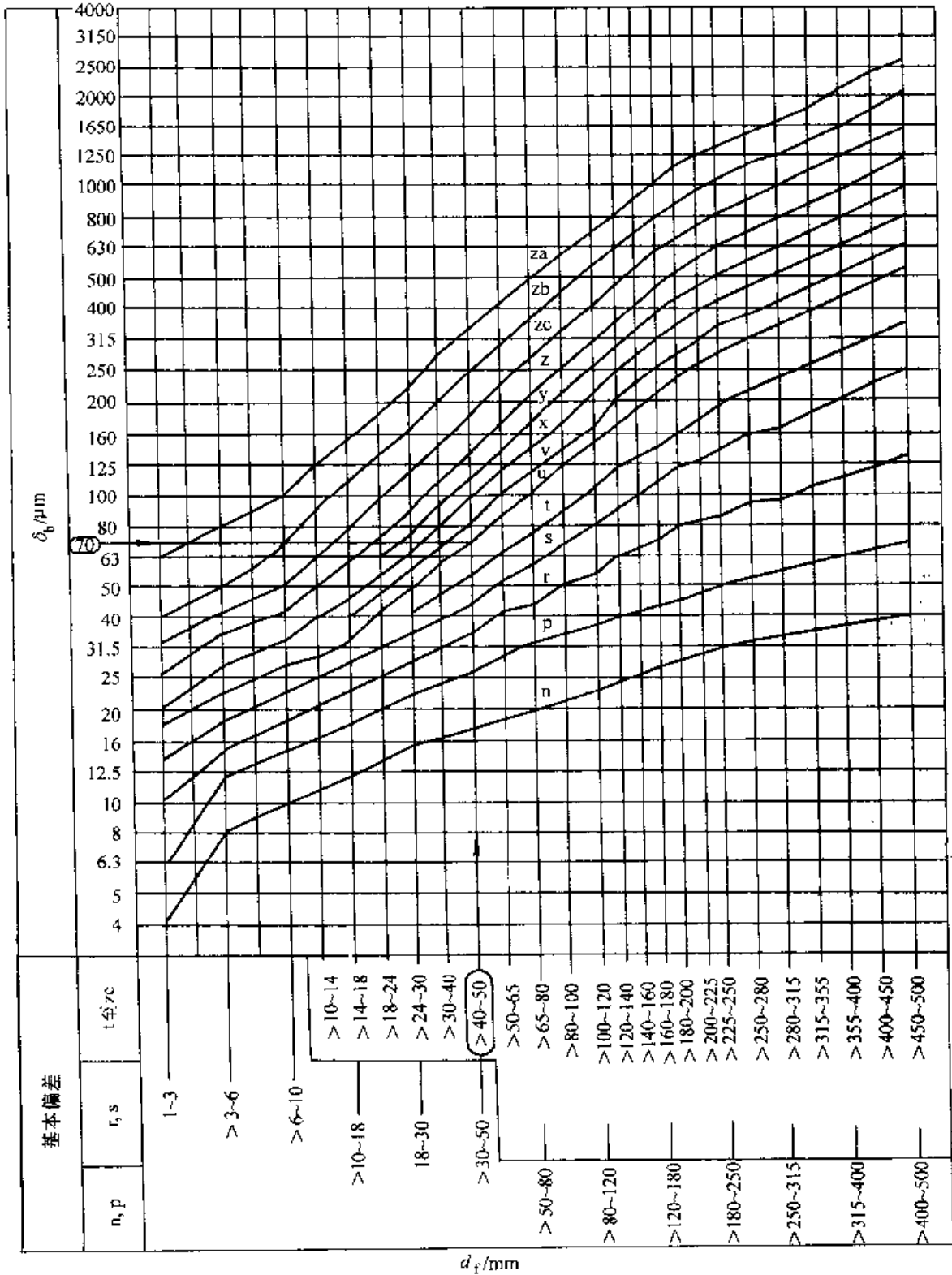


图 5.2-26  $\delta_b, d_f$  与基本偏差的关系曲线

表 5.2-26 过盈联结传递载荷所需的最小过盈量的计算式

序号	计算内容	计算公式	说明
1	传递载荷所需的最小结合压力	传递转矩	$p_{t \max} = \frac{2M}{\pi d^2 l \mu}$
		承受轴向力	$p_{t \min} = \frac{F_x}{\pi d l \mu}$
		传递力	$p_{t \min} = \frac{F_r}{\pi d l \mu}$
2	包容件直径比	$q_a = \frac{d_1}{d_a}$	
3	被包容件直径比	$q_i = \frac{d_1}{d_i}$	对实心轴 $q_i = 0$
4	包容件传递载荷所需的最小直径变化量	$e_{a \min} = p_{t \min} \frac{d_1}{E_a} C_a$	$C_a = \frac{1+q_a^2}{1-q_a^2} + \nu_a$ $C_a$ 值可查表 5.2-28
5	被包容件传递载荷所需的最小直径变化量	$e_{i \min} = p_{t \min} \frac{d_1}{E_i} C_i$	$C_i = \frac{1+q_i^2}{1-q_i^2} - \nu_i$ $C_i$ 值可查表 5.2-28
6	传递载荷所需的最小有效过盈量	$\delta_{e \min} = e_{a \min} + e_{i \min}$	
7	考虑压平量的最小过盈量	$\delta_{\min} = \delta_{e \min} + 2(S_a + S_i)$	对纵向过盈联结取; $S_a = 0.4R_{aa}$ 或 $S_a = 1.6R_{aa}$ $S_i = 0.4R_{ai}$ 或 $S_i = 1.6R_{ai}$

表 5.2-27 过盈联结件不产生塑性变形所容许的最大有效过盈量的计算式

序号	计算内容	计算公式	说明
1	包容件不产生塑性变形所容许的最大结合压力	塑性材料: $p_{t \max} = a \sigma_{ss}$ 脆性材料: $p_{t \max} = b \frac{\sigma_{br}}{2 \sim 3}$	$a = \frac{1-q_a^2}{\sqrt{3+q_a^2}}$ $b = \frac{1-q_b^2}{1-q_b^2}$ $a, b$ 值可查图 5.2-24
2	被包容件不产生塑性变形所容许的最大结合压力	塑性材料: $p_{t \max} = c \sigma_{s1}$ 脆性材料: $p_{t \max} = c \frac{\sigma_{b1}}{2 \sim 3}$	$c = \frac{1-q_i^2}{2}$ $c$ 值可查图 5.2-25 实心轴 $q_i = 0$ 此时 $c = 0.5$
3	联结件不产生塑性变形的最大结合压力	$p_{t \max}$ 取 $p_{t \max}$ 和 $p_{t \max}$ 中的较小者	
4	联结件不产生塑性变形的传递力	$F_l = p_{t \max} \pi d_1 l \mu$	$\mu$ 值可查表 5.2-31 或表 5.2-32
5	包容件不产生塑性变形所容许的最大直径变化量	$e_{a \max} = \frac{p_{t \max} d_1}{E_a} C_a$	$C_a = \frac{1+q_a^2}{1-q_a^2} + \nu_a$ $C_a$ 值可查表 5.2-28
6	被包容件不产生塑性变形所容许的最大直径变化量	$e_{i \max} = \frac{p_{t \max} d_1}{E_i} C_i$	$C_i = \frac{1+q_i^2}{1-q_i^2} + \nu_i$ $C_i$ 值可查表 5.2-28
7	联结件不产生塑性变形所容许的最大有效过盈量	$\delta_{e \max} = e_{a \max} + e_{i \max}$	

表 5.2-28 系数  $C_a$  和  $C_i$

$q_a$ 或 $q_i$	$C_a$		$C_i$		$q_a$ 或 $q_i$	$C_a$		$C_i$	
	$\nu_a = 0.25$	$\nu_a = 0.25$	$\nu_i = 0.3$	$\nu_i = 0.25$		$\nu_a = 0.25$	$\nu_a = 0.25$	$\nu_i = 0.3$	$\nu_i = 0.25$
0	—	—	0.700	0.750	0.53	2.081	2.031	1.481	1.531
0.10	1.320	1.270	0.720	0.770	0.56	2.214	2.164	1.614	1.664
0.14	1.340	1.290	0.740	0.790	0.60	2.425	2.375	1.825	1.875
0.20	1.383	1.333	0.783	0.833	0.63	2.616	2.566	2.016	2.066
0.25	1.433	1.383	0.833	0.883	0.67	2.929	2.879	2.329	2.379
0.28	1.470	1.420	0.870	0.920	0.71	3.333	3.283	2.733	2.783
0.31	1.512	1.426	0.912	0.962	0.75	3.871	3.821	3.271	3.321
0.35	1.579	1.529	0.979	1.029	0.80	4.855	4.805	4.255	4.305
0.40	1.681	1.631	1.081	1.131	0.85	6.507	6.457	5.907	5.957
0.45	1.808	1.758	1.208	1.258	0.90	9.826	9.776	9.226	9.276
0.50	1.967	1.917	1.367	1.417					



表 5.2-29 过盈联结的最小传递力和联结件的最大应力的计算式

序号	计算内容	计算公式	说明
1	最小传递力	$F_{t\min} = [p_{t\min}] \mu d_1 l \epsilon \mu$	$[p_{t\min}] = \frac{[\delta_{\min}] - 2(S_a + S_1)}{d_1 \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_1}{E_1} \right)}$
2	包容件的最大应力	塑性材料: $\sigma_{e\max} = \frac{[p_{t\max}]}{a}$ 脆性材料: $\sigma_{a\max} = \frac{[p_{t\max}]}{b}$	$[p_{t\max}] = \frac{[\delta_{\max}]}{d_1 \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_1}{E_1} \right)}$
3	被包容件的最大应力	$\sigma_{i\max} = \frac{[p_{t\max}]}{c}$	

(续)

确定的过盈配合,其最大过盈量(以 $[\delta_{\max}]$ 表示)应保证联结件不产生塑性变形,即 $[\delta_{\max}] \leq \delta_{e\max}$ ;其最小过盈量(以 $[\delta_{\min}]$ 表示)应保证过盈联结能传递给定的载荷。

表 5.2-30 包容件外径扩大量和被包容件内径缩小量的计算式

序号	计算内容	计算公式	说明
1	包容件的外径扩大量	$\Delta d_a = \frac{2p_i d_a q_a^2}{E_a(1-q_a^2)}$	$p_i$ 取 $[p_{t\max}]$ 或 $[p_{t\min}]$
2	被包容件的内径缩小量	$\Delta d_i = \frac{2p_i d_i}{E_i(1-q_i^2)}$	$p_i$ 取 $[p_{t\max}]$ 或 $[p_{t\min}]$

表 5.2-31 常用材料用于纵向过盈联结的摩擦系数

材料	摩擦系数 $\mu$	
	无润滑	有润滑
钢-钢	0.07~0.16	0.05~0.13
钢-铸钢	0.11	0.08
钢-结构钢	0.10	0.07
钢-优质结构钢	0.11	0.08

材料	摩擦系数 $\mu$	
	无润滑	有润滑
钢-青铜	0.15~0.2	0.03~0.06
钢-铸铁	0.12~0.15	0.05~0.10
铸铁-铸铁	0.15~0.25	0.05~0.10

表 5.2-32 常用材料用于横向过盈联结的摩擦系数

材料	结合方式、润滑	摩擦系数 $\mu$
钢-钢	油压扩径,压力油为矿物油	0.125
	油压扩径,压力油为甘油,结合面排油干净	0.18
	在电炉中加热包容件至 300 °C	0.14
	在电炉中加热包容件至 300 °C以后,结合面脱脂	0.2
钢-铸铁	油压扩径,压力油为矿物油	0.1
钢-铝镁合金	无润滑	0.10~0.15

4.2 过盈配合计算示例

在 GB/T 5371—1985 标准的附录 B 中,给出了用上述计算法计算和选用过盈配合的示例(表 5.2-34~38)。

表 5.2-33 常用材料的弹性模量、泊松比和线膨胀系数

材料	弹性模量 $E/N \cdot mm^2$ ≈	泊松比 $\nu$ ≈	线膨胀系数 $\alpha/(10^{-6}/^{\circ}C)$	
			加热≈	冷却≈
碳钢、低合金钢、合金结构钢	200,000~235,000	0.3~0.31	11	-8.5
灰铸铁 HT150 HT200	70,000~80,000	0.24~0.25	10	-8
灰铸铁 HT250 HT300	105,000~130,000	0.24~0.26	10	-8
可锻铸铁	90,000~100,000	0.25	10	-8
非合金球墨铸铁	160,000~180,000	0.28~0.29	10	-8
青铜	85,000	0.35	17	-15
黄铜	80,000	0.36~0.37	18	-16
铝合金	69,000	0.32~0.36	21	-20
镁合金	40,000	0.25~0.3	25.5	-25

4.3 过盈配合图算法

除上述计算法以外,该标准附录 C 还提供了较为简便的图算法。应用图算法的条件是:

1) 包容件与被包容件采用相同的材料,或  $\frac{\nu_a}{E_a} =$

$\frac{\nu_i}{E_i}$ ,若  $\frac{\nu_a}{E_a} \neq \frac{\nu_i}{E_i}$  时,采用图算法有不大于 10% 的误差;

2) 对屈服点不明显的硬金属,以  $\sigma_{0.2}$  代替  $\sigma_s$ ;

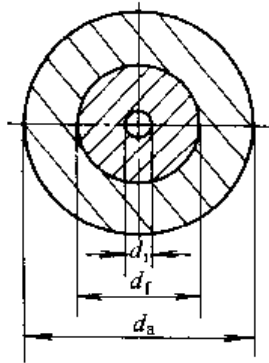
3) 对于脆性材料,以  $\frac{\sigma_b}{2 \sim 3}$  代替  $\sigma_s$ 。

图 5.2-27 用于包容件直径变化量  $e_s$  的计算。该图划分为 10 个分区,计算步骤以及各分区的计算功能列于表 5.2-39。

图 5.2-28 用于被包容件直径变化量  $e_i$  的计算。该图也划分为 10 个分区,计算步骤以及各分区的计算功

能列于表 5.2-40。

表 5.2-34 已知条件



材料：  
包容件45  
被包容件35  
装配方式：  
压入法

序号	名称	符号	数值	单位
1	包容件外径	$d_a$	100	mm
2	结合直径	$d_t$	50	mm
3	被包容件内径	$d_i$	10	mm
4	结合长度	$l_t$	80	mm
5	微观不平度十点高度	$R_{z_1} = R_{z_2}$	0.0063	mm
6	包容件的屈服点	$\sigma_{s0}$	400	MPa
7	包容件的弹性模量	$E_0$	210000	N/mm <sup>2</sup>
8	被包容件的屈服点	$\sigma_{s1}$	320	MPa
9	被包容件的弹性模量	$E_1$	210000	N/mm <sup>2</sup>
10	包容件和被包容件的泊松比	$\nu_0 = \nu_1$	0.3	
11	摩擦系数(钢-钢,无润滑)	$\mu$	0.11	
12	传递力	$F_t$	70000	N

表 5.2-35 计算步骤和结果

序号	计算内容	计算公式和计算结果	说明
1	传递载荷所需的最小结合压力	$p_{t \min} = \frac{F_t}{\pi d_t l_t \mu}$ $= \frac{70\,000}{\pi \times 50 \times 80 \times 0.11} \text{ N/mm}^2$ $= 50.6 \text{ N/mm}^2$	
2	包容件和被包容件直径比	$q_0 = \frac{d_t}{d_a} = \frac{50}{100} = 0.5$ $q_1 = \frac{d_i}{d_t} = \frac{10}{50} = 0.2$	
3	包容件传递载荷所需的最小直径变化量	$e_{a \min} = p_{t \min} \frac{d_t}{E_0} C_2$ $= 50.6 \times \frac{50}{210\,000} \times 1.967 \text{ mm}$ $\approx 0.024 \text{ mm}$	查表 5.2-28 $C_2 = 1.967$
4	被包容件传递载荷所需的最小直径变化量	$e_{i \min} = p_{t \min} \frac{d_t}{E_1} C_1$ $= 50.6 \times \frac{50}{210\,000} \times 0.783 \text{ mm}$ $\approx 0.009 \text{ mm}$	查表 5.2-28 $C_1 = 0.783$
5	传递载荷所需的最小有效过盈量	$\delta_{e \min} = e_{a \min} + e_{i \min}$ $= (0.024 + 0.009) \text{ mm}$ $= 0.033 \text{ mm}$	

(续)

序号	计算内容	计算公式和计算结果	说明
6	考虑压平量的最小过盈量	$\delta_{\min} = \delta_{t \min} + 2(S_0 + S_1)$ $= [0.033 + 2(0.4 \times 0.0063 + 0.4 \times 0.0063)] \text{ mm}$ $= 0.043 \text{ mm}$	
7	包容件不变形所产生塑性结合力	$p_{t \max} = a \sigma_{s0}$ $= 0.428 \times 400 \text{ N/mm}^2$ $= 171.2 \text{ N/mm}^2$	查图 5.2-25 $a = 0.428$
8	被包容件不变形所产生塑性结合力	$p_{t \max} = c \sigma_{s1}$ $= 0.48 \times 320 \text{ N/mm}^2$ $= 153.6 \text{ N/mm}^2$	查图 5.2-25 $c = 0.48$
9	联结件不变形所产生塑性结合力	$p_{t \max} = 153.6 \text{ N/mm}^2$	取 $p_{t \max}$ 和 $p_{t \max}$ 中的较小者
10	联结件不变形所产生传递力的传递力	$F_t = p_{t \max} \pi d_t l_t \mu$ $= 153.6 \times \pi \times 50 \times 80 \times 0.11 \text{ N} = 212\,321 \text{ N}$	查表 5.2-31 $\mu = 0.11$
11	包容件不变形所产生最大直径变化量	$e_{a \max} = \frac{p_{t \max} d_t}{E_0} C_2$ $= \frac{153.6 \times 50}{210\,000} \times 1.967 \text{ mm}$ $= 0.072 \text{ mm}$	查表 5.2-28 $C_2 = 1.967$
12	被包容件不变形所产生最大直径变化量	$e_{i \max} = \frac{p_{t \max} d_t}{E_1} C_1$ $= \frac{153.6 \times 50}{210\,000} \times 0.783 \text{ mm}$ $= 0.029 \text{ mm}$	查表 5.2-28 $C_1 = 0.783$
13	联结件不变形所产生最大有效过盈量	$\delta_{e \max} = e_{a \max} + e_{i \max}$ $= (0.072 + 0.029) \text{ mm}$ $= 0.101 \text{ mm}$	

表 5.2-36 选择配合的步骤和结果

序号	项目	结果	说明
1	选择配合的要求	$[\delta_{\min}] > 0.043 \text{ mm}$ $[\delta_{\max}] \leq 0.101 \text{ mm}$	
2	初选基本过盈量 <sup>①</sup>	$\delta_b \approx \frac{\delta_{\min} + \delta_{\max}}{2}$ $= \frac{0.043 + 0.101}{2} \text{ mm}$ $= 0.072 \text{ mm}$ 取 $\delta_b = 0.07 \text{ mm}$	
3	确定基本偏差代号	"	按 $\delta_b$ 、 $d_t$ 由图 5.2-26 查出
4	选定配合 <sup>②</sup>	$\frac{H7}{u6}$ $[\delta_{\max}] = 0.086 \text{ mm}$ $[\delta_{\min}] = 0.045 \text{ mm}$	由表 5.2-12 确定

① 若要求有较多的联结强度储备时,可取  $\delta_{e \max} > \delta_b > \frac{\delta_{\min} + \delta_{\max}}{2}$ ,此时取  $\delta_b = 0.081 \text{ mm}$ ,由图 5.2-26 确定选用配合为 H7/v6。

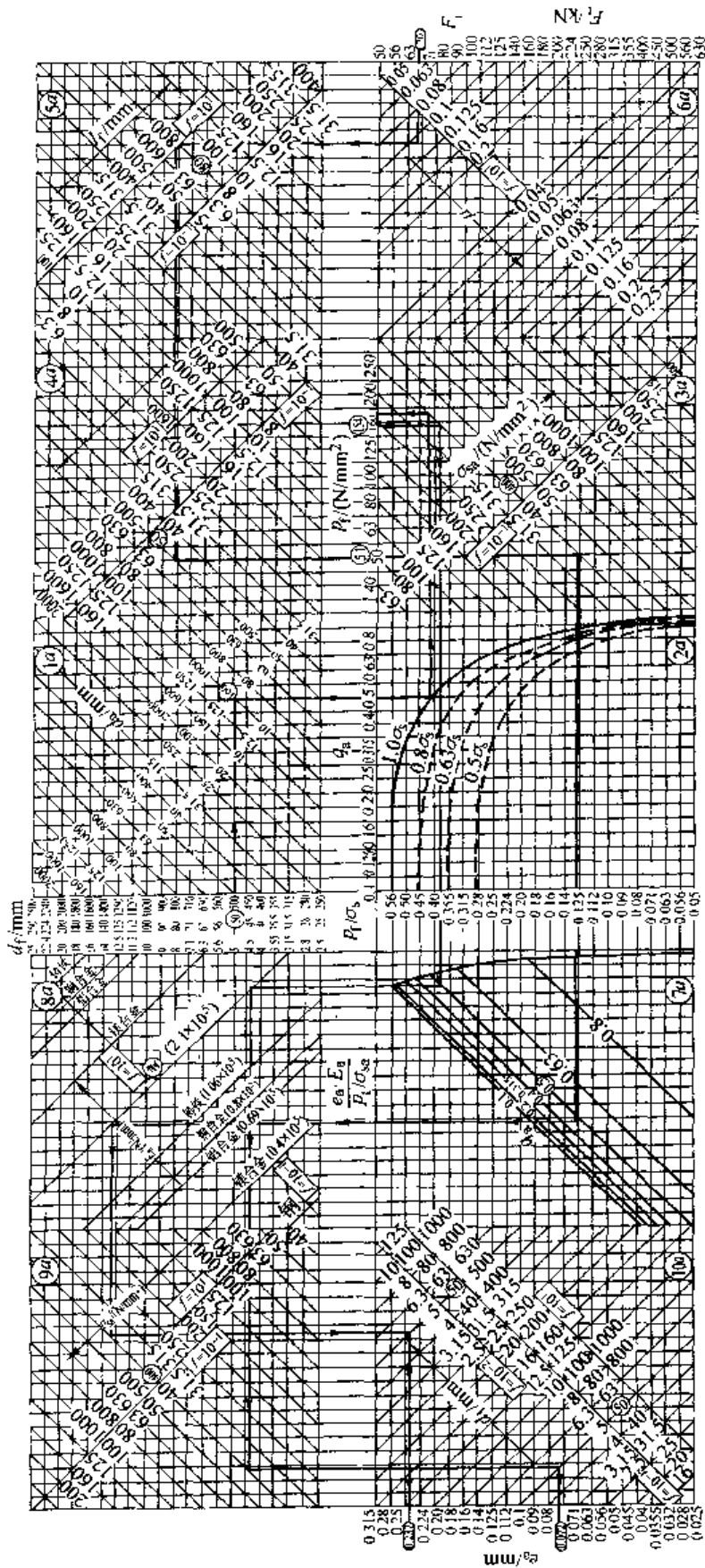


图 5.2-27 包装件直径变化量  $e_c$  图解

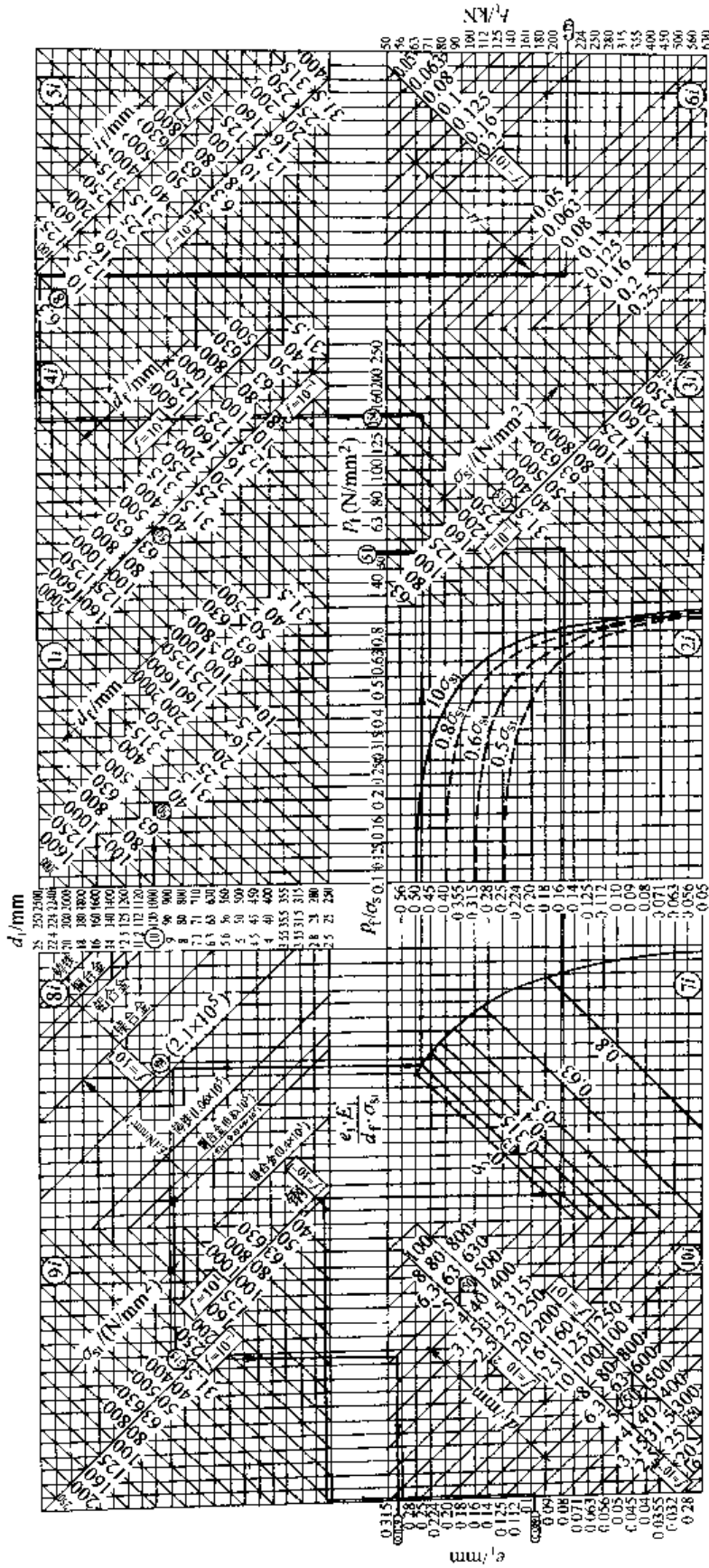


图 5.2-28 被包零件直径变化量 e 图解

表 5.2-37 校核计算

序号	项 目	计算公式和计算结果	说 明
1	最小传递力	$F_{\text{min}} = [p_{\text{min}}] \pi d l \mu$ $= 53.3 \times \pi \times 50 \times 80 \times 0.11 \text{N}$ $= 73676 \text{N}$ $\approx 73 \text{kN} > F_t$	$[p_{\text{min}}] = \frac{[\delta_{\text{min}}]}{d_i \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_i}{E_i} \right)}$ $= \frac{0.045}{50 \left( \frac{1.967}{210000} + \frac{0.783}{210000} \right)} \text{N/mm}^2$ $\approx 53.3 \text{N/mm}^2$
2	包容件的最大应力	$\sigma_{\text{amax}} = \frac{[p_{\text{max}}]}{\alpha} = \frac{131.3}{0.48} \text{N/mm}^2$ $= 306.8 \text{N/mm}^2 < \sigma_{\text{ss}}$	$[p_{\text{max}}] = \frac{[\delta_{\text{max}}]}{d_i \left( \frac{C_a}{E_a} + \frac{C_i}{E_i} \right)}$ $= \frac{0.086}{50 \left( \frac{1.967}{210000} + \frac{0.783}{210000} \right)} \text{N/mm}^2$ $\approx 131.3 \text{N/mm}^2$
3	被包容件的最大应力	$\sigma_{\text{imax}} = \frac{[p_{\text{max}}]}{c} = \frac{131.3}{0.48} \text{N/mm}^2$ $= 273.5 \text{N/mm}^2 < \sigma_{\text{si}}$	

表 5.2-38 计算包容件的外径扩大量和被包容件的内径缩小量

序号	项 目	计算公式和计算结果	说明
1	包容件的外径扩大量	$\Delta d_{\text{amax}} = \frac{2[p_{\text{max}}]d_a q_a^2}{E_a(1-q_a^2)}$ $= \frac{2 \times 131.3 \times 100 \times 0.5^2}{210000(1-0.5^2)} \text{mm}$ $= 0.0417 \text{mm}$ $\Delta d_{\text{amin}} = \frac{2[p_{\text{min}}]d_a q_a^2}{E_a(1-q_a^2)}$ $= \frac{2 \times 53.3 \times 100 \times 0.5^2}{210000(1-0.5^2)} \text{mm}$ $= 0.0169 \text{mm}$	
2	被包容件的内径缩小量	$\Delta d_{\text{imax}} = \frac{2[p_{\text{max}}]d_i}{E_i(1-q_i^2)}$ $= \frac{2 \times 131.3 \times 10}{210000(1-0.2^2)} \text{mm}$ $= 0.013 \text{mm}$ $\Delta d_{\text{imin}} = \frac{2[p_{\text{min}}]d_i}{E_i(1-q_i^2)}$ $= \frac{2 \times 53.3 \times 10}{210000(1-0.2^2)} \text{mm}$ $= 0.0052 \text{mm}$	

表 5.2-39 包容件直径变化量  $e_s$  的求解步骤及各分区的计算功能

分区号	$e_s$ 的求解步骤及各分区的计算功能
1a	以 $d_i$ 除以 $d_a$ , 求得 $q_a$
2a	以 $q_a$ 和包容件容许的弹性变形条件 ( $1.0\sigma_{\text{ss}}$ 线为不产生塑性变形的极限条件), 求得 $p_i/\sigma_{\text{ss}}$
3a	以 $p_i/\sigma_{\text{ss}}$ 乘以 $\sigma_{\text{ss}}$ , 求得 $p_{i0}$
4a	以 $p_i$ 乘以 $d_i$ , 求得乘积 $p_i \cdot d_i$
5a	以 $p_i \cdot d_i$ 乘以 $l_i$ , 求得乘积 $p_i \cdot d_i \cdot l_i$ (乘积中已考虑了“ $\pi$ ”值)
6a	以 $p_i \cdot d_i \cdot l_i$ 乘以 $\mu$ , 求得 $F_t$
7a	以 $p_i/\sigma_{\text{ss}}, q_a$ , 求得 $(e_s \cdot E_s)/(d_i \cdot \sigma_{\text{ss}})$ (中间结果未给出数值)
8a	以 $(e_s \cdot E_s)/(d_i \cdot \sigma_{\text{ss}})$ 除以 $E_s$ , 求得 $e_s/(d_i \cdot \sigma_{\text{ss}})$
9a	以 $e_s/(d_i \cdot \sigma_{\text{ss}})$ 乘以 $\sigma_{\text{ss}}$ , 求得 $e_s/d_i$
10a	以 $e_s/d_i$ 乘以 $d_i$ , 求得 $e_s$

表 5.2-40 被包容件直径变化量  $e_i$  的求解步骤及各分区的计算功能

分区号	$e_i$ 的求解步骤及各分区的计算功能
1i	以 $d_i$ 除以 $d_i$ , 求得 $q_i$
2i	以 $q_i$ 和被包容件容许的弹性变形条件 ( $1.0\sigma_{\text{si}}$ 为不产生塑性变形的极限条件), 求得 $p_i/\sigma_{\text{si}}$
3i	以 $p_i/\sigma_{\text{si}}$ 乘以 $\sigma_{\text{si}}$ , 求得 $p_{i0}$ (以 $\sigma_{\text{si}}$ 与表 5.2-39 中 3a 区求得的 $p_{i0}$ 相比较, 取其中较小者作为联结件的结合压力 $p_i$ )
4i	以 $p_i$ 乘以 $d_i$ , 求得乘积 $p_i \cdot d_i$
5i	以 $p_i \cdot d_i$ 乘以 $l_i$ , 求得乘积 $p_i \cdot d_i \cdot l_i$ (乘积中已考虑了“ $\pi$ ”值)
6i	以 $p_i \cdot d_i \cdot l_i$ 乘以 $\mu$ , 求得 $F_t$
7i	以 $p_i/\sigma_{\text{si}}, q_i$ , 求得 $(e_i \cdot E_i)/(d_i \cdot \sigma_{\text{si}})$ (中间结果未给出数值)
8i	以 $(e_i \cdot E_i)/(d_i \cdot \sigma_{\text{si}})$ 除以 $E_i$ , 求得 $e_i/(d_i \cdot \sigma_{\text{si}})$
9i	以 $e_i/(d_i \cdot \sigma_{\text{si}})$ 乘以 $\sigma_{\text{si}}$ , 求得 $e_i/d_i$
10i	以 $e_i/d_i$ 乘以 $d_i$ , 求得 $e_i$

表 5.2-41 图算最大有效过盈量  $\delta_{\text{emax}}$

步骤	内 容
a	在 1a 区, 以 $d_i = 50 \text{mm}$ 除以 $d_a = 100 \text{mm}$ , 求得 $q_a = 0.5$
b	在 2a 区, 以 $q_a = 0.5$ 与 $1.0\sigma_{\text{ss}}$ 线相交, 求得 $p_i/\sigma_{\text{ss}} = 0.43$
c	在 3a 区, 以 $p_i/\sigma_{\text{ss}} = 0.43$ 乘以 $\sigma_{\text{ss}} = 400 \text{N/mm}^2$ , 求得 $p_{i0} = 170 \text{N/mm}^2$
d	在 1i 区, 以 $d_i = 100 \text{mm}$ 除以 $d_i = 50 \text{mm}$ , 求得 $q_i = 0.2$
e	在 2i 区, 以 $q_i = 0.2$ 与 $1.0\sigma_{\text{si}}$ 线相交, 求得 $p_i/\sigma_{\text{si}} = 0.48$
f	在 3i 区, 以 $p_i/\sigma_{\text{si}} = 0.48$ 乘以 $\sigma_{\text{si}} = 320 \text{N/mm}^2$ , 求得 $p_{i0} = 154 \text{N/mm}^2$ , 取 $p_{i0}$ 与 $p_{i0}$ 中较小者作为 $p_{\text{imax}} = p_{i0} = 154 \text{N/mm}^2$
g	以 $p_{\text{imax}} = 154 \text{N/mm}^2$ , 通过 4i 区 $d_i = 50 \text{mm}$ , 5i 区 $l_i = 80 \text{mm}$ , 6i 区 $\mu = 0.11$ , 求得联结件不产生塑性变形的 $F_t = 215 \times 10^3 \text{N} = 215 \text{kN}$
h	在 7i 区, 以 $p_i/\sigma_{\text{si}} = 0.48, q_i = 0.2$ , 求得 $(e_i \cdot E_i)/(d_i \cdot \sigma_{\text{si}})$
i	以 $(e_i \cdot E_i)/(d_i \cdot \sigma_{\text{si}})$ , 通过 8i 区“ $\sigma$ ”线, 9i 区 $\sigma_{\text{si}} = 320 \text{N/mm}^2$ , 10i 区 $d_i = 50 \text{mm}$ , 求得 $e_{\text{imax}} = 0.29 \times 10^{-1} = 0.029 \text{mm}$
j	以 $p_{\text{imax}} = 154 \text{N/mm}^2$ , 通过 3a 区 $\sigma_{\text{ss}} = 400 \text{N/mm}^2$ , 在 2a 区再求 $p_i/\sigma_{\text{ss}} = 0.385$

(续)

步骤	内 容
k	以 $p_i/\sigma_{si} = 0.385$ , 通过 7a 区 $q_a = 0.5$ , 求得 $(e_s \cdot E_s)/(d_i \cdot \sigma_{sa})$
l	以 $(e_s \cdot E_s)/(d_i \cdot \sigma_{sa})$ , 通过 8a 区“钢”线, 9a 区 $\sigma_{sa} = 400\text{N/mm}^2$ , 10a 区 $d_i = 50\text{mm}$ , 求得 $e_{s\max} = 0.072\text{mm}$
m	由 i 和 l, 求得 $\sigma_{e\max} = \sigma_{s\max} + \sigma_{t\max} = (0.072 + 0.029)\text{mm} = 0.101\text{mm}$

由图 5.2-27 及图 5.2-28 求得  $e_s$  及  $e_t$  后, 即可算出有效过盈量  $\delta_{e\min}$  与  $\delta_{e\max}$ 。对  $\delta_{e\min}$  考虑压平量后, 即可按 4.1.3 节配合选择的步骤确定配合。

表 5.2-41 和表 5.2-42 为图算法的示例。该示例的已知条件同上述算法, 选择配合的步骤及结果亦与上述算法示例的结果相同。

表 5.2-42 图算最小过盈量  $\delta_{\min}$

步骤	内 容
a	以 $F_s = 70,000\text{N} = 70\text{kN}$ , 通过 6a 区, $\mu = 0.11$ , 5a 区 $l_i = 80\text{mm}$ , 4a 区 $d_i = 50\text{mm}$ , 求得 $p_{i\min} = (51 \times 10^1 \times 10^{-1})\text{N/mm}^2 = 51\text{N/mm}^2$
b	以 $p_{i\min} = 51\text{N/mm}^2$ , 通过 3a 区 $\sigma_{sa} = 400\text{N/mm}^2$ , 在 2a 区求得 $p_i/\sigma_{sa} = 0.128$
c	以 $p_i/\sigma_{sa} = 0.128$ , 通过 7a 区 $q_a = 0.5$ , 求得 $(e_s \cdot E_s)/(d_i \cdot \sigma_{sa})$
d	以 $(e_s \cdot E_s)/(d_i \cdot \sigma_{sa})$ , 通过 8a 区“钢”线, 9a 区 $\sigma_{sa} = 400\text{N/mm}^2$ , 10a 区 $d_i = 50\text{mm}$ , 求得 $e_{s\min} = 0.237 \times 10^{-1}\text{mm} = 0.0237\text{mm}$
e	以 $p_{i\min} = 51\text{N/mm}^2$ , 通过 3i 区 $\sigma_{si} = 320\text{N/mm}^2$ , 在 2i 区求得 $p_i/\sigma_{si} = 0.16$
f	以 $p_i/\sigma_{si} = 0.16$ , 通过 7i 区 $q_i = 0.2$ , 求得 $(e_t \cdot E_t)/(d_i \cdot \sigma_{ti})$
g	以 $(e_t \cdot E_t)/(d_i \cdot \sigma_{ti})$ , 通过 8i 区“钢”线, 9i 区 $\sigma_{ti} = 320\text{N/mm}^2$ , 10i 区 $d_i = 50\text{mm}$ , 求得 $e_{t\min} = 0.096 \times 10^{-1}\text{mm} = 0.0096\text{mm}$
h	由 d 和 g, 求得 $\sigma_{e\min} = e_{s\min} + e_{t\min} = (0.0237 + 0.0096)\text{mm} \approx 0.033\text{mm}$
i	$\delta_{\min} = \delta_{e\min} + 2(S_a + S_i) = \delta_{e\min} + 2(0.4R_{sa} + 0.4R_{ti}) = 0.033\text{mm} + 2(0.4 \times 0.0063 + 0.4 \times 0.0063)\text{mm} = 0.043\text{mm}$

## 5 棱体的角度与斜度系列

### 5.1 棱体的角度与斜度系列标准 (GB/T 4096—2001) 的主要内容

#### 5.1.1 术语和定义

标准中所规定的术语及其定义见表 5.2-43。

表 5.2-43 术语和定义

序号	术 语	定 义
1	棱体	由两个相交平面与一定尺寸所限定的几何体(图 5.2-29)
2	多棱体	由几对相交平面与一定尺寸所限定的几何体
	双棱体	由两对相交平面与一定尺寸所限定的几何体(图 5.2-30)
	棱锥体	当各对平面相交到一点时的多棱体(图 5.2-31)

(续)

序号	术 语	定 义
3	楔体	小角度的棱体
4	导棱体 V 形体 燕尾体	特定的大角度棱体(图 5.2-32 及图 5.2-33)
5	棱体角 ( $\beta$ )	两相交棱面间的夹角(图 5.2-29)
6	棱体中心平面 ( $E_M$ )	通过棱边平分棱体角 $\beta$ 的平面(图 5.2-34)
7	棱体厚	在平行于棱边并垂直于棱体中心平面 $E_M$ 的某指定截面上测量的厚度(如图 5.2-34 中的 $T$ 和 $t$ )
8	棱体高	在平行于棱边并垂直于一个棱面的某指定截面上测量的高度(如图 5.2-34 中的 $H$ 和 $h$ )
9	棱体斜度 ( $S$ )	两指定截面的棱体高 $H$ 和 $h$ 之差与该两截面之间的距离 $L$ 之比(图 5.2-35) $S = (H-h)/L$ 棱体斜度 $S$ 与棱体角 $\beta$ 的关系为: $S = \tan \beta = 1 : \cot \beta$
10	棱体比率 ( $C_p$ )	两指定截面的棱体厚 $T$ 和 $t$ 之差与该两截面之间的距离 $L$ 之比(图 5.2-34) $C_p = (T-t)/L$ 棱体比率 $C_p$ 与棱体角 $\beta$ 的关系为: $C_p = 2 \tan \frac{\beta}{2} = 1 : \frac{1}{2} \cdot \cot \frac{\beta}{2}$

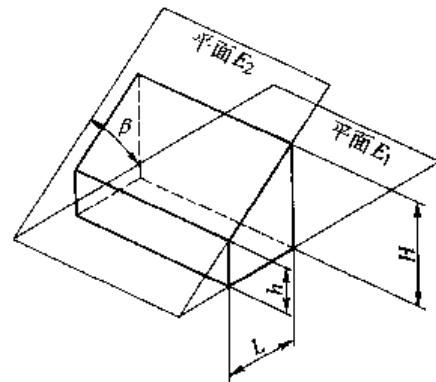


图 5.2-29 棱体或楔体

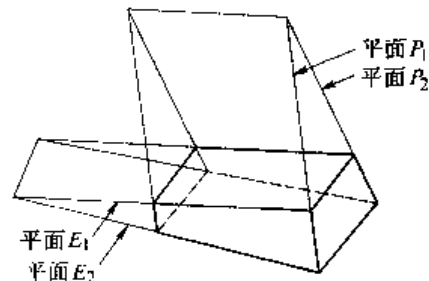


图 5.2-30 多(双)棱体

#### 5.1.2 系列

该标准规定了一般用途棱体的角度与斜度系列(表 5.2-44)、推算值(表 5.2-45), 以及特定用途棱体的角度(表 5.2-46)。

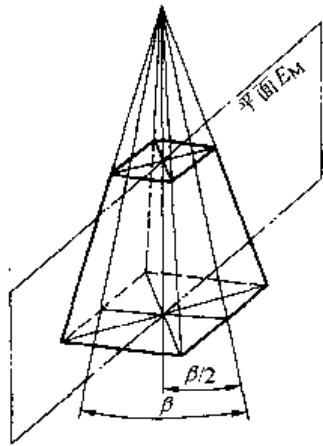


图 5.2-31 棱锥体

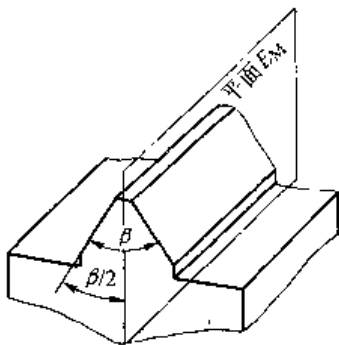


图 5.2-32 导棱体或 V 形体

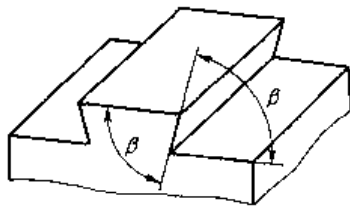


图 5.2-33 燕尾体

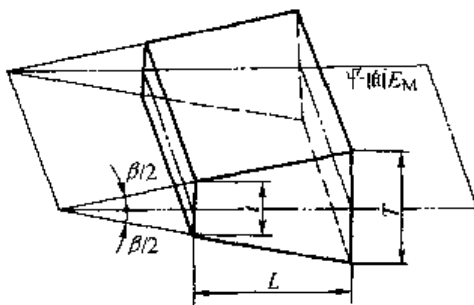


图 5.2-34 棱体厚

5.2 应用说明

表 5.2-44 对一般用途的棱体角列出了两个系列, 优先选用系列 1, 其次选用系列 2。为便于棱体的设计、生产和控制, 表 5.2-45 中给出了棱体角和棱体斜度所对应的棱体比率、斜度和角度的推算值, 其有效位数可按需要确定。表 5.2 46 所列特定用途的棱体只用于 V 形体和燕尾体, 它们常用于机床的导轨。

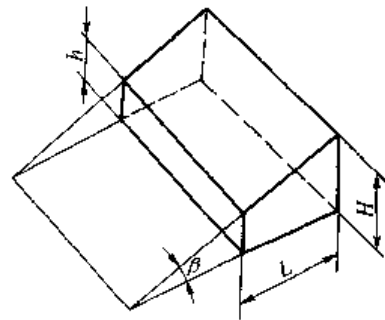


图 5.2-35 棱体高

表 5.2-44 一般用途棱体的角度与斜度系列

棱体角				棱体斜度 S
系列 1		系列 2		
$\beta$	$\beta/2$	$\beta$	$\beta/2$	
120°	60°	—	—	—
90°	45°	—	—	—
—	—	75°	37°30'	—
60°	30°	—	—	—
45°	22°30'	—	—	—
—	—	40°	20°	—
30°	15°	—	—	—
20°	10°	—	—	—
15°	7°30'	—	—	—
—	—	10°	5°	—
—	—	8°	4°	—
—	—	7°	3°30'	—
—	—	6°	3°	—
—	—	—	—	1 : 10
5°	2°30'	—	—	—
—	—	4°	2°	—
—	—	3°	1°30'	—
—	—	—	—	1 : 20
—	—	2°	1°	—
—	—	—	—	1 : 50
—	—	1°	0°30'	—
—	—	—	—	1 : 100
—	—	0°30'	0°15'	—
—	—	—	—	1 : 200
—	—	—	—	1 : 500

表 5.2-45 推算值

基本值		推算值		
$\beta$	S	$C_p$	S	$\beta$
120°	—	1 : 0.288 675	—	—
90°	—	1 : 0.500 000	—	—
75°	—	1 : 0.651 613	1 : 0.267 949	—
60°	—	1 : 0.866 025	1 : 0.577 350	—
45°	—	1 : 1.207 107	1 : 1.000 000	—
40°	—	1 : 1.373 739	1 : 1.191 754	—
30°	—	1 : 1.866 025	1 : 1.732 051	—
20°	—	1 : 2.835 641	1 : 2.747 477	—
15°	—	1 : 3.797 877	1 : 3.732 051	—
10°	—	1 : 5.715 026	1 : 5.671 282	—
8°	—	1 : 7.150 333	1 : 7.115 370	—
7°	—	1 : 8.174 928	1 : 8.144 346	—
6°	—	1 : 9.540 568	1 : 9.514 364	—
—	1 : 10	—	—	5°42'38.1"
5°	—	1 : 11.451.883	1 : 11.430 052	—

(续)

基本值		推算值		
$\beta$	S	$C_p$	S	$\beta$
4°	-	1:14.318 127	1:14.300 666	-
3°	-	1:19.094 230	1:19.081 137	-
-	1:20	-	-	2°51'44.7"
2°	-	1:28.644 981	1:28.636 253	-
-	1:50	-	-	1°8'44.7"
1°	-	1:57.294 325	1:57.289 962	-
-	1:100	-	-	34'22.6"
0°30'	-	1:114.590 832	1:114.588 650	-
-	1:200	-	-	17'11.3"
-	1:500	-	-	6'52.5"

表 5.2-46 特定用途的棱体

棱体角		推算值		用途
$\beta$	$\beta/2$	$C_p$	S	
108°	54°	1:0.363 271	-	V形体
72°	36°	1:0.688 191	-	
55°	27°30'	1:0.960 491	1:0.700 207	燕尾体
50°	25°	1:1.072 253	1:0.839 100	

## 6 圆锥的锥度与锥角系列

### 6.1 圆锥的锥度与锥角系列标准 (GB/T 157—2001) 的主要内容

#### 6.1.1 术语和定义

标准中所规定的术语及其定义见表 5.2-47。

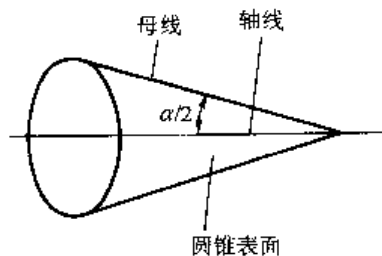


图 5.2-36 圆锥表面

表 5.2-47 术语和定义

序号	术语	定义
1	圆锥表面	与轴线成一定角度,且一端交于轴线的-条直线段(母线),围绕该轴线旋转形成的表面(图 5.2-36)
2	圆锥	由圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体
3	圆锥角( $\alpha$ )	在通过圆锥轴线的截面内,两条素线间的夹角(图 5.2-37)
4	锥度(C)	两个垂直圆锥轴线截面的圆锥直径 D 和 d 之差与该两截面之间的轴向距离 L 之比(图 5.2-37) $C = \frac{D-d}{L}$ 锥度 C 与圆锥角 $\alpha$ 的关系为 $C = 2 \tan \frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$ 锥度一般用比例或分式形式表示

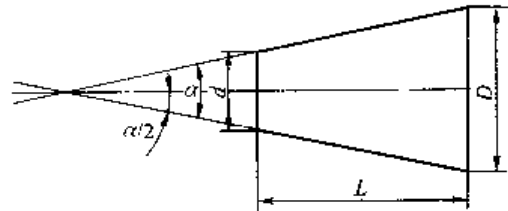


图 5.2-37 圆锥角、圆锥直径和圆锥长度

#### 6.1.2 系列

该标准规定了一般用途圆锥的锥度与锥角系列(表 5.2-48),以及特定用途圆锥的锥度与锥角系列(表 5.2-49)。

### 6.2 应用说明

表 5.2-48 对一般用途的锥度与锥角列出了两个系列,优先选用系列 1,其次选用系列 2。为便于圆锥件的设计、生产和控制,表 5.2-48 中给出了圆锥角或锥度的推算值,其有效位数可按需要确定。表 5.2-49 所列特定用途的圆锥,主要用于表中最后一栏所指的用途。

表 5.2-48 一般用途圆锥的锥度与锥角系列

基本值		推算值			
系列 1	系列 2	圆锥角 $\alpha$			锥度 C
		(°)'(')	(°)	rad	
120°	-	-	-	2.094 395 10	1:0.288 675 1
90°	-	-	-	1.570 796 33	1:0.500 000 0
-	75°	-	-	1.308 996 94	1:0.651 612 7
60°	-	-	-	1.047 197 55	1:0.866 025 4
45°	-	-	-	0.785 398 16	1:1.207 106 8
30°	-	-	-	0.523 598 78	1:1.866 025 4
1:3	-	18°55'28.7199"	18.924 644 12°	0.330 297 35	-
-	1:4	14°15'0.1177"	14.250 032 70°	0.248 709 99	-
1:5	-	11°25'16.2706"	11.421 186 27°	0.199 337 30	-
-	1:6	9°31'38.2202"	9.527 283 38°	0.166 282 46	-
-	1:7	8°10'16.4408"	8.171 233 56°	0.142 614 93	-
-	1:8	7°9'9.6075"	7.152 668 75°	0.124 837 62	-



(续)

基本值		推算值			锥度 C
系列 1	系列 2	圆锥角 $\alpha$			
		(°)(')('')	(°)	rad	
1:10		3°43'29.3176"	3.724 810 45°	0.099 916 79	—
	1:12	4°46'18.7970"	4.771 888 06°	0.083 285 16	—
	1:15	3°49'5.8975"	3.818 304 87°	0.066 641 99	—
1:20		2°51'51.0925"	2.864 192 37°	0.049 989 59	—
1:30		1°54'34.8570"	1.909 682 51°	0.033 330 25	—
1:50		1°8'45.1586"	1.145 877 40°	0.019 999 33	—
1:100		34'22.6309"	0.572 953 02°	0.009 999 92	—
1:200		17'11.3219"	0.286 478 30°	0.004 999 99	—
1:500		6'52.5295"	0.114 591 52°	0.002 000 00	—

注:系列 1 中 120°~1:3 的数值近似按 R10/2 优先数系列,1:5~1:500 按 R10/3 优先数系列(见 GB/T 321)。

表 5.2-49 特定用途的圆锥

基本值	推算值			标准号 GB/T (ISO)	用途	
	圆锥角 $\alpha$					锥度 C
	(°)(')('')	(°)	rad			
11°54'	—	—	0.207 694 18	1:4.797 451 1	(5237) (8489-5)	纺织机械 和附件
8°40'	—	—	0.151 261 87	1:6.598 441 5	(8489-3) (8489-4) (324.575)	
7°	—	—	0.122 173 05	1:8.174 927 7	(8489-2)	
1:38	1°30'27.7080"	1.507 696 67°	0.026 314 27	—	(368)	
1:64	0°53'42.8220"	0.895 228 34°	0.015 624 68	—	(368)	
7:24	16°35'39.4443"	16.594 290 08°	0.289 625 00	1:3.428 571 4	3 837.3 (297)	机床主轴 工具配合
1:12.262	4°40'12.1514"	4.670 042 05°	0.081 507 61	—	(239)	贾各锥度 No. 2
1:12.972	4°24'52.9039"	4.414 695 52°	0.077 050 97	—	(239)	贾各锥度 No. 1
1:15.748	3°38'13.4429"	3.637 067 47°	0.063 478 80	—	(239)	贾各锥度 No. 33
6:100	3°26'12.1776"	3.436 716 00°	0.059 982 01	1:16.666 666 7	1962 (594-1) (595-1) (595-2)	医疗设备
1:18.779	3°3'1.2070"	3.050 335 27°	0.053 238 39	—	(239)	贾各锥度 No. 3
1:19.002	3°0'52.3956"	3.014 554 34°	0.052 613 90	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 5
1:19.180	2°59'11.7258"	2.986 590 50°	0.052 125 84	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 6
1:19.212	2°58'53.8255"	2.981 618 20°	0.052 039 05	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 0
1:19.254	2°58'30.4217"	2.975 117 13°	0.051 925 59	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 4
1:19.264	2°58'24.8644"	2.973 573 43°	0.051 898 65	—	(239)	贾各锥度 No. 6
1:19.922	2°52'31.4463"	2.875 401 76°	0.050 185 23	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 3
1:20.020	2°51'40.7960"	2.861 332 23°	0.049 939 67	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 2
1:20.047	2°51'26.9283"	2.857 480 08°	0.049 872 44	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 1
1:20.288	2°49'24.7802"	2.823 550 06°	0.049 280 25	—	(239)	贾各锥度 No. 0
1:23.904	2°23'47.6244"	2.396 562 32°	0.041 827 90	—	1443(296)	布朗夏普锥度 №1 至 №3
1:28	2°2'45.8174"	2.046 060 38°	0.035 710 49	—	(8382)	复苏器(医用)
1:36	1°35'29.2096"	1.591 447 11°	0.027 775 99	—	(5356-1)	麻醉器具
1:40	1°25'56.3516"	1.432 319 89°	0.024 998 70	—		

## 7 圆锥公差

### 7.1.1 术语和定义

标准中所规定的术语及其定义见表 5.2-50。

### 7.1 圆锥公差标准(GB/T11334-1989)的主要内容

表 5.2-50 术语和定义

序号	术语	定义
1	基本圆锥	设计给定的圆锥(图 5.2-38) 基本圆锥可用两种形式确定: 1) 一个基本圆锥直径(最大圆锥直径 $D$ 、最小圆锥直径 $d$ 、给定截面圆锥直径 $d_x$ )、基本圆锥长度 $L$ 、基本圆锥角 $\alpha$ 或基本锥度 $C$ ; 2) 两个基本圆锥直径和基本圆锥长度 $L$
2	实际圆锥	实际存在而通过测量所得的圆锥
3	实际圆锥直径 $d_a$	在实际圆锥上测量得到的直径(图 5.2-39)
4	实际圆锥角	在实际圆锥的任一轴向截面内,包容圆锥素线且距离为最小的两对平行直线之间的夹角(图 5.2-40)
5	极限圆锥	与基本圆锥共轴且圆锥角相等,直径分别为最大极限尺寸和最小极限尺寸的两个圆锥。在垂直于圆锥轴线的任一截面上,这两个圆锥的直径差都相等(图 5.2-41)
6	极限圆锥直径	垂直于极限圆锥轴线的截面上的直径。例如图 5.2-41 中的 $D_{max}$ 、 $D_{min}$ 、 $d_{max}$ 、 $d_{min}$
7	极限圆锥角	允许的最大或最小的圆锥角(图 5.2-42)
8	圆锥直径公差 $T_D$	圆锥直径的允许变动量(图 5.2-41)。它适用于圆锥全长
9	圆锥直径公差带	两个极限圆锥所限定的区域。用示意图表示在轴向截面内的圆锥直径公差带时,如图 5.2-41 所示
10	圆锥角公差 $AT$ ( $AT_\alpha$ 或 $AT_D$ )	圆锥角的允许变动量(图 5.2-42)
11	圆锥角公差带	两个极限圆锥角所限定的区域。用示意图表示圆锥角公差带时,如图 5.2-42 所示
12	给定截面圆锥直径公差 $T_{DS}$	在垂直圆锥轴线的给定截面内,圆锥直径的允许变动量(图 5.2-43)。它仅适用于给定截面
13	给定截面圆锥直径公差带	在给定的圆锥截面内,由两个同心圆所限定的区域。用示意图表示给定截面圆锥直径公差带时,如图 5.2-43 所示

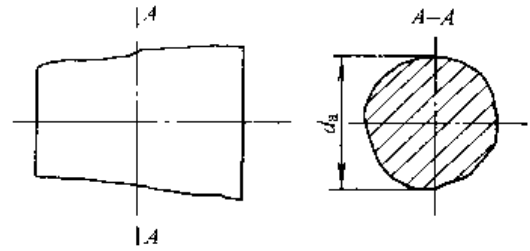


图 5.2-39 实际圆锥直径

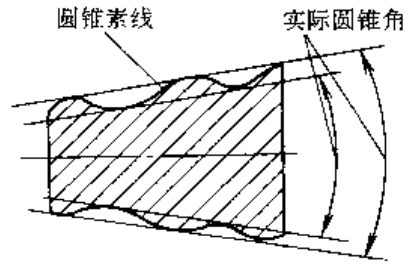


图 5.2-40 实际圆锥角

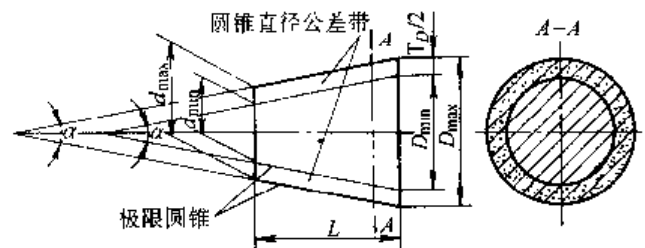


图 5.2-41 极限圆锥

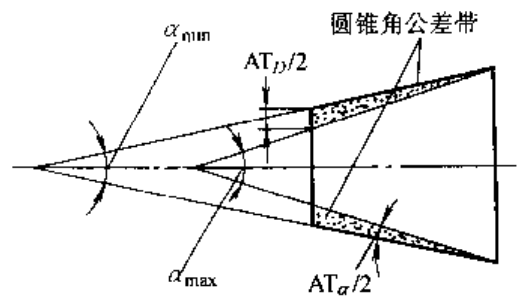


图 5.2-42 圆锥角公差带

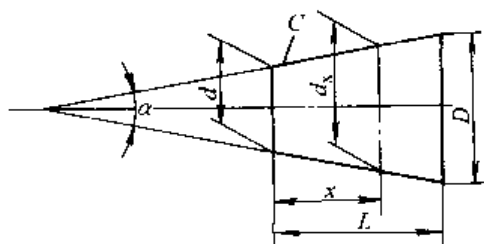


图 5.2-38 基本圆锥

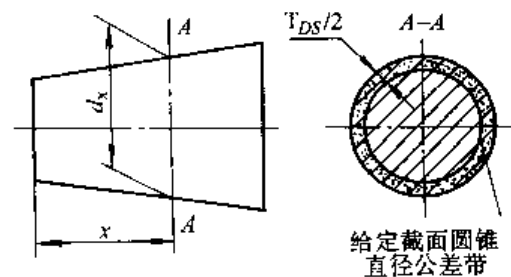


图 5.2-43 给定截面圆锥直径公差带

### 7.1.2 圆锥公差的项目和给定方法

#### (1) 圆锥公差的项目

1) 圆锥直径公差  $T_D$ ;

2) 圆锥角公差  $AT$ , 用角度值  $AT_\alpha$  或线性值  $AT_D$  给定;

3) 圆锥的形状公差  $T_F$ , 包括素线直线度公差和截面圆度公差;

4) 给定截面圆锥直径公差  $T_{DS}$ 。

#### (2) 圆锥公差的给定方法

1) 给出圆锥的理论正确圆锥角  $\alpha$  (或锥度  $C$ ) 和圆锥直径公差  $T_D$ , 由  $T_D$  确定两个极限圆锥。此时, 圆锥角误差和圆锥的形状误差均应在极限圆锥所限定的区域内。

当对圆锥角公差、圆锥的形状公差有更高的要求时, 可再给出圆锥角公差  $AT$ 、圆锥的形状公差  $T_F$ 。此时,  $AT$  和  $T_F$  仅占  $T_D$  的一部分。

2) 给出给定截面圆锥直径公差  $T_{DS}$  和圆锥角公差  $AT$ 。此时, 给定截面圆锥直径和圆锥角应分别满足这两项公差的要求。 $T_{DS}$  和  $AT$  的关系见图 5.2-44。该方法是在假定圆锥素线为理想直线的情况下给出的。

当对圆锥形状公差有更高的要求时, 可再给出圆锥的形状公差  $T_F$ 。

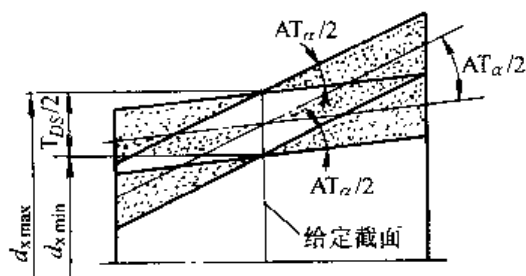


图 5.2-44  $T_{DS}$  和  $AT$  的关系

### 7.1.3 圆锥公差数值

#### (1) 圆锥直径公差 $T_D$

圆锥直径公差  $T_D$ , 以基本圆锥直径 (一般取最大圆锥直径  $D$ ) 为基本尺寸, 按 GB/T 1800.3—1998 规定的标准公差 (见表 5.2-2) 选取。

#### (2) 给定截面圆锥直径公差 $T_{DS}$

给定截面圆锥直径公差  $T_{DS}$ , 以给定截面圆锥直径  $d_x$  为基本尺寸, 按 GB/T 1800.3—1998 规定的标准公差选取。

#### (3) 圆锥角公差 $AT$

圆锥角公差  $AT$  共分 12 个公差等级, 用  $AT1$ 、 $AT2$ 、…、 $AT12$  表示, 圆锥角公差的数值见表 5.2-51。表中数值用于棱体的角度时, 以该角短边长度作为  $L$

选取公差值。如需要更高或更低等级的圆锥角公差时, 按公比 1.6 向两端延伸得到; 更高等级用  $AT0$ 、 $AT01$ 、…表示; 更低等级用  $AT13$ 、 $AT14$ 、…表示。

圆锥角公差可用两种形式表示:  $AT_\alpha$ ——以角度单位微弧度或以度、分、秒表示;  $AT_D$ ——以长度单位微米表示。 $AT_\alpha$  和  $AT_D$  的关系如下:

$$AT_D = AT_\alpha L \times 10^{-3} \quad (5.2-4)$$

式中  $AT_D$  单位为  $\mu\text{m}$ ;

$AT_\alpha$  单位为  $\mu\text{rad}$ ;

$L$  单位为  $\text{mm}$ 。

表 5.2-51 给出与圆锥长度  $L$  的尺寸段相对应的  $AT_D$  范围值。若基本圆锥长度  $L$  不为任一尺寸段的端点值,  $AT_D$  值则应按式 (5.2-4) 计算, 计算结果的尾数按 GB4112~4116 的规定进行修约, 其有效位数应与表 5.2-51 中所列该  $L$  尺寸段的最大范围值的位数相同。

$AT_D$  取值举例:

例 1  $L$  为 63mm, 选用  $AT7$ , 查表 5.2-51 得  $AT_\alpha$  为  $315\mu\text{rad}$  或  $1'05''$ ,  $AT_D$  为  $20\mu\text{m}$ 。

例 2  $L$  为 50mm, 选用  $AT7$ , 查表 5.2-51 得  $AT_\alpha$  为  $315\mu\text{rad}$  或  $1'05''$ , 但 50mm 非尺寸段  $>40\sim63\text{mm}$  的端点值, 为此,  $AT_D$  要进行如下计算:

$$AT_D = AT_\alpha L \times 10^{-3} = 315 \times 50 \times 10^{-3} \mu\text{m} = 15.75\mu\text{m} (\text{取 } AT_D \text{ 为 } 15.8\mu\text{m}).$$

#### (4) 圆锥角的极限偏差

圆锥角的极限偏差可按单向或双向 (对称或不对称) 取值 (图 5.2-45)。

#### (5) 圆锥的形状公差

圆锥的形状公差按 GB/T15754—1995《圆锥尺寸和公差注法》的规定选取, GB/T1184—1996《形状和位置公差 未注公差值》及其附录可作为选取公差值的参考。

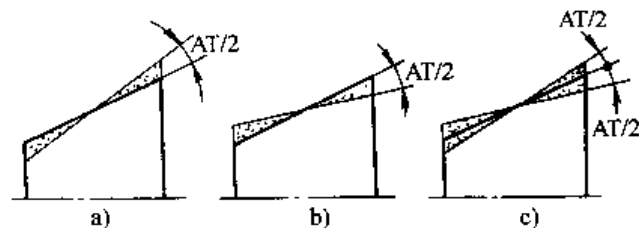


图 5.2-45 圆锥角极限偏差

$$\text{a) } \alpha + AT \quad \text{b) } \alpha - AT \quad \text{c) } \alpha \pm \frac{AT}{2}$$

## 7.2 应用说明

1) 圆锥公差第一种给定方法相似于包容要求, 它要求圆锥角误差和圆锥的形状误差均控制在极限圆锥

所限定的区域之内。因此,这种给定方法能使相配合的内、外圆锥保持预期的配合要求,是圆锥配合中内、外圆锥普遍应用的一种公差给定方法。

2) 圆锥公差第二种给定方法相似于独立原则,它只要求圆锥直径和圆锥角分别满足各自的公差即可。因此,这种给定方法只能在  $d_s$  给定的截面上保持配合要求,主要适用于特定功能的场合。例如,阀类零件,为使其相互结合的圆锥表面接触紧密,以保证良好的密封性,以这种给定方法为宜。这种方法的公差空间是随实际给定截面直径和锥角公差构成的两个楔形环区(图 5.2-44)。图 5.2-44 只画出给定截面三个尺寸(最

大极限尺寸、最小极限尺寸和平均尺寸)与  $AT_s/2$  的关系,看图时要注意与各个尺寸相对应的、其他截面尺寸所容许的各自范围。

3) 该标准的附录 A(表 5.2-52)给出了圆锥直径公差所能限制的最大圆锥角误差,为采用圆锥公差第一种给定方法是否还要对圆锥角提出进一步要求时参考。使用者如认为圆锥角误差太大不符合要求时,可再规定出更小的圆锥角公差。

4) 该标准的附录 B 中推荐了在圆锥直径极限偏差后标注“ $\text{Ⓢ}$ ”符号,如  $\phi 50^{+0.039}\text{Ⓢ}$ 。供使用者采用第一种给定方法时参考。

表 5.2-51 圆锥角公差数值

基本圆锥 长度 $L$ /mm		圆锥角公差等级								
		AT1			AT2			AT3		
		AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>
大于	至	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )	$\mu\text{m}$
自 6	10	50	10	>0.3~0.5	80	16	>0.5~0.8	125	26	>0.8~1.3
10	16	40	8	>0.4~0.6	63	13	>0.6~1.0	100	21	>1.0~1.6
16	25	31.5	6	>0.5~0.8	50	10	>0.8~1.3	80	16	>1.3~2.0
25	40	25	5	>0.6~1.0	40	8	>1.0~1.6	63	13	>1.6~2.5
40	63	20	4	>0.8~1.3	31.5	6	>1.3~2.0	50	10	>2.0~3.2
63	100	16	3	>1.0~1.6	25	5	>1.6~2.5	40	8	>2.5~4.0
100	160	12.5	2.5	>1.3~2.0	20	4	>2.0~3.2	31.5	6	>3.2~5.0
160	250	10	2	>1.6~2.5	16	3	>2.5~4.0	25	5	>4.0~6.3
250	400	8	1.5	>2.0~3.2	12.5	2.5	>3.2~5.0	20	4	>5.0~8.0
400	630	6.3	1	>2.5~4.0	10	2	>4.0~6.3	16	3	>6.3~10.0

基本圆锥 长度 $L$ /mm		圆锥角公差等级								
		AT4			AT5			AT6		
		AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>
大于	至	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$
自 6	10	200	41	>1.3~2.0	315	1'05"	>2.0~3.2	500	1'43"	>3.2~5.0
10	16	160	33	>1.6~2.5	250	52"	>2.5~4.0	400	1'22"	>4.0~6.3
16	25	125	26	>2.0~3.2	200	41"	>3.2~5.0	315	1'05"	>5.0~8.0
25	40	100	21	>2.5~4.0	160	33"	>4.0~6.3	250	52"	>6.3~10.0
40	63	80	16	>3.2~5.0	125	26"	>5.0~8.0	200	41"	>8.0~12.5
63	100	63	13	>4.0~6.3	100	21"	>6.3~10.0	160	33"	>10.0~16.0
100	160	50	10	>5.0~8.0	80	16"	>8.0~12.5	125	26"	>12.5~20.0
160	250	40	8	>6.3~10.0	63	13"	>10.0~16.0	100	21"	>16.0~25.0
250	400	31.5	6	>8.0~12.5	50	10"	>12.5~20.0	80	16"	>20.0~32.0
400	630	25	5	>10.0~16.0	40	8"	>16.0~25.0	63	13"	>25.0~40.0

基本圆锥 长度 $L$ /mm		圆锥角公差等级								
		AT7			AT8			AT9		
		AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>s</sub>		AT <sub>D</sub>
大于	至	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $^\circ$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$
自 6	10	800	2'45"	>5.0~8.0	1250	4'18"	>8.0~12.5	2000	6'52"	>12.5~20
10	16	630	2'10"	>6.3~10.0	1000	3'26"	>10.0~16.0	1600	5'30"	>16~25
16	25	500	1'43"	>8.0~12.5	800	2'45"	>12.5~20.0	1250	4'18"	>20~32
25	40	400	1'22"	>10.0~16.0	630	2'10"	>16.0~20.5	1000	3'26"	>25~40
40	63	315	1'05"	>12.5~20.0	500	1'43"	>20.0~32.0	800	2'45"	>32~50
63	100	250	52"	>16.0~25.0	400	1'22"	>25.0~40.0	630	2'10"	>40~63
100	160	200	41"	>20.0~32.0	315	1'05"	>32.0~50.0	500	1'43"	>50~80
160	250	160	33"	>25.0~40.0	250	52"	>40.0~63.0	400	1'22"	>63~100
250	400	125	26"	>32.0~50.0	200	41"	>50.0~80.0	315	1'05"	>80~125
400	630	100	21"	>40.0~63.0	160	33"	>63.0~100.0	250	52"	>100~600

(续)

基本圆锥 长度 $L$ /mm		圆锥角公差等级								
		AT10			AT11			AT12		
		AT <sub>a</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>a</sub>		AT <sub>D</sub>	AT <sub>a</sub>		AT <sub>D</sub>
大于	至	$\mu\text{rad}$	(')('')	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	(')('')	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	(')('')	$\mu\text{m}$
自 6	10	3150	10'49"	>20~32	5000	17'10"	>32~50	8000	27'28"	>50~80
10	16	2500	8'35"	>25~40	4000	13'44"	>40~63	6300	21'38"	>63~100
16	25	2000	6'52"	>32~50	3150	10'49"	>50~80	5000	17'10"	>80~125
25	40	1600	5'30"	>40~63	2500	8'35"	>63~100	4000	13'44"	>100~600
40	63	1250	4'18"	>50~80	2000	6'52"	>80~125	3150	10'49"	>125~200
63	100	1000	3'26"	>63~100	1600	5'30"	>100~600	2500	8'35"	>160~250
100	160	800	2'45"	>80~125	1250	4'18"	>125~200	2000	6'52"	>200~320
160	250	630	2'10"	>100~600	1000	3'26"	>160~250	1600	5'30"	>250~400
250	400	500	1'43"	>125~200	800	2'45"	>200~320	1250	4'18"	>320~500
400	630	400	1'22"	>160~250	630	2'10"	>250~400	1000	3'26"	>400~630

表 5.2-52 圆锥直径公差所能限定的最大圆锥角误差

圆锥直径 公差等级	圆锥直径/mm						
	≤3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80
	$\Delta\alpha_{\text{max}}/\mu\text{rad}$						
IT01	3	4	4	5	6	6	8
IT0	5	6	6	8	10	10	12
IT1	8	10	10	12	15	15	20
IT2	12	15	15	20	25	25	30
IT3	20	25	25	30	40	40	50
IT4	30	40	40	50	60	70	80
IT5	40	50	60	80	90	110	130
IT6	60	80	90	110	130	160	190
IT7	100	120	150	180	210	250	300
IT8	140	180	220	270	330	390	460
IT9	250	300	360	430	520	620	740
IT10	400	480	580	700	840	1000	1200
IT11	600	750	900	1000	1300	1600	1900
IT12	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000
IT13	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600
IT14	2500	3000	3600	4300	5200	6200	7400
IT15	4000	4800	5800	7000	8400	10000	12000
IT16	6000	7500	9000	11000	13000	16000	19000
IT17	10000	12000	15000	18000	21000	25000	30000
IT18	14000	18000	22000	27000	33000	39000	46000

圆锥直径 公差等级	圆锥直径/mm					
	>80~120	>120~180	>180~250	>250~315	>315~400	>400~500
	$\Delta\alpha_{\text{max}}/\mu\text{rad}$					
IT01	10	12	20	25	30	40
IT0	15	20	30	40	50	60
IT1	25	35	45	60	70	80
IT2	40	50	70	80	90	100
IT3	60	80	100	120	130	150
IT4	100	120	140	160	180	200
IT5	150	180	200	230	250	270
IT6	220	250	290	320	360	400
IT7	350	400	460	520	570	630
IT8	540	630	720	810	890	970
IT9	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT10	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT11	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT12	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT13	5400	6300	7200	8100	8900	9700
IT14	8700	10000	11500	13000	14000	15500
IT15	14000	16000	18500	21000	23000	25000
IT16	22000	25000	29000	32000	36000	40000
IT17	35000	40000	46000	52000	57000	63000
IT18	54000	63000	72000	81000	89000	97000

注:圆锥长度不等于 100mm 时,需将表中的数值乘以 100/L, L 的单位为 mm。

## 8 圆锥配合

### 8.1 圆锥配合标准(GB/T12360-1990)的主要内容

#### 8.1.1 圆锥配合的形成

圆锥配合是通过相互结合的内、外圆锥规定的轴向位置,以形成间隙或过盈的。按确定其轴向位置方法的不同,圆锥配合形成的方式有:

##### (1) 结构型圆锥配合

在结构型圆锥配合中,分为由内、外圆锥的结构确定装配最终位置而获得的配合和由内、外圆锥基准平面间的尺寸确定装配最终位置而获得的配合。上述两种结构方式均可形成间隙配合、过渡配合和过盈配合。图 5.2-46 为由轴肩接触这种结构确定装配最终位置而获得的间隙配合示例。图 5.2-47 为由结构尺寸  $a$  (内、外圆锥基准平面间的尺寸)确定装配最终位置而获得的过盈配合示例。

##### (2) 位移型圆锥配合

在位移型圆锥配合中,分为由内、外圆锥实际初始位置( $P_a$ )开始,作一定相对轴向位移( $E_a$ )而获得的配合(这种方式既可形成间隙配合,又可形成过盈配合,图 5.2-48 为间隙配合的示例)及由内、外圆锥实际初始位置( $P_a$ )开始,施加一定装配力产生轴向位移而获得的配合(这种方式只能形成过盈配合,如图 5.2-49 所示)。

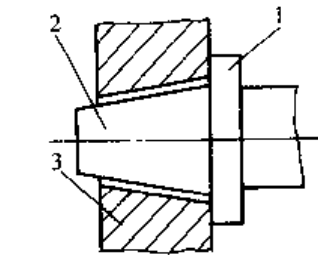


图 5.2-46 由轴肩接触得到的间隙配合

1—轴肩 2—外圆锥 3—内圆锥

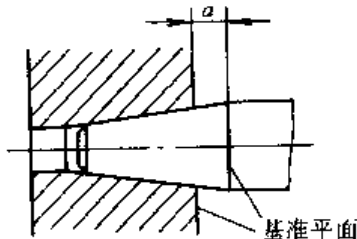


图 5.2-47 由结构尺寸  $a$  得到的过盈配合

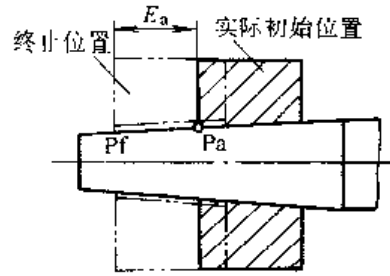


图 5.2-48 由相对轴向位移  $E_a$  得到的间隙配合

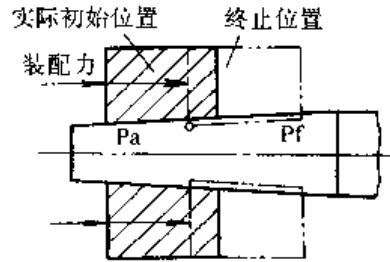


图 5.2-49 施加一定装配力获得的过盈配合

#### 8.1.2 术语和定义

标准中规定的有关术语及其定义见表 5.2-53。

表 5.2-53 术语和定义

序号	术语	定义
1	圆锥配合	基本圆锥相同的内、外圆锥直径之间,由于结合不同所形成的相互关系 对于结构型圆锥配合,由内、外圆锥直径公差决定;对于位移型圆锥配合,由内、外圆锥相对轴向位移( $E_a$ )决定
2	圆锥直径配合公差 $T_{DP}$	圆锥配合在配合的直径上允许的间隙或过盈的变动量 对于结构型圆锥配合 间隙配合: $T_{DP} = S_{max} - S_{min}$ 过盈配合: $T_{DP} = \delta_{max} - \delta_{min}$ 过渡配合: $T_{DP} = S_{max} + \delta_{max}$ 所有配合: $T_{DP} = T_{Dn} + T_{De}$ 对于位移型圆锥配合 间隙配合: $T_{DP} = S_{max} - S_{min}$ 过盈配合: $T_{DP} = \delta_{max} - \delta_{min}$ 所有配合: $T_{DP} = C \times T_E$ 式中 $S_{max}, S_{min}$ ——最大、最小间隙量 $\delta_{max}, \delta_{min}$ ——最大、最小过盈量 $T_{Dn}, T_{De}$ ——内、外圆锥直径公差 $C, T_E$ ——锥度、轴向位移公差
3	位移型圆锥配合的初始位置 $P$	在不施加力的情况下,相互结合的内、外圆锥表面接触时的轴向位置
4	位移型圆锥配合的极限初始位置 $P_1, P_2$	初始位置允许的界限 $P_1$ 为内圆锥最小极限圆锥与外圆锥最大极限圆锥的接触位置; $P_2$ 为内圆锥最大极限圆锥与外圆锥最小极限圆锥的接触位置,见图 5.2-50

(续)

序号	术语	定义
5	位移型圆锥配合的初始位置公差 $T_P$	初始位置的变动量 $T_P = \frac{1}{C}(T_{D_1} - T_{D_2})$
6	位移型圆锥配合的实际初始位置 $P_a$	相互结合的内、外实际圆锥的初始位置(见图 5.2-48 及图 5.2-49),它应位于 $P_1$ 和 $P_2$ 之间
7	位移型圆锥配合的终止位置 $P_f$	相互结构的内、外圆锥,为使其终止状态得到要求的间隙或过盈,所规定的相互轴向位置,见图 5.2-48 及图 5.2-49
8	位移型圆锥配合的装配力 $F_s$	相互结合的内、外圆锥,为在终止位置( $P_f$ )得到要求的过盈所施加的轴向力(图 5.2-49)
9	位移型圆锥配合的轴向位移 $E_a$	相互结合的内、外圆锥,从实际初始位置( $P_a$ )到终止位置( $P_f$ )移动的距离(图 5.2-48)
10	位移型圆锥配合的最小轴向位移 $E_{a \min}$	在相互结合的内、外圆锥的终止位置上,得到最小间隙或最小过盈的轴向位移(图 5.2-51)
11	位移型圆锥配合的最大轴向位移 $E_{a \max}$	在相互结合的内、外圆锥的终止位置上,得到最大间隙或最大过盈的轴向位移(图 5.2-51)
12	位移型圆锥配合的轴向位移公差 $T_E$	轴向位移允许的变动量 $T_E = E_{a \max} - E_{a \min}$

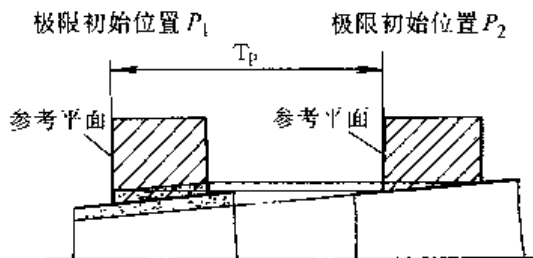


图 5.2-50 极限初始位置和初始位置公差

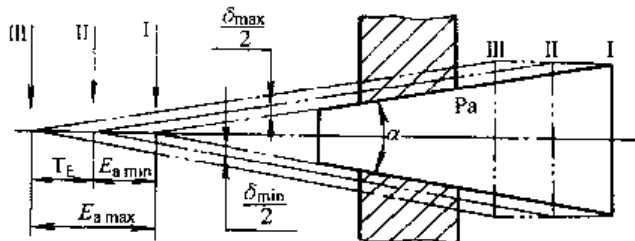


图 5.2-51 轴向位移及其公差

I—实际初始位置 II—最小过盈位置  
III—最大过盈位置

### 8.1.3 圆锥配合的一般规定

1) 结构型圆锥配合推荐优先采用基孔制。内、外

圆锥直径公差带及配合按图 5.2-11、13 及表 5.2-14 选取。

如表 5.2-14 给出的常用配合仍不能满足需要,可按 GB/T1800.3—1998 规定的标准公差(表 5.2-2)和基本偏差(表 5.2-5、表 5.2-6)组成所需要的配合。

2) 位移型圆锥配合的内、外圆锥直径公差带的基本偏差推荐选用 H、h;Js、js。其轴向位移的极限值按 GB1801 规定的极限间隙或极限过盈(表 5.2-14)来计算。

3) 位移型圆锥配合的轴向位移极限值( $E_{a \min}$ 、 $E_{a \max}$ )和轴向位移公差( $T_E$ )按下列公式计算:

① 对于间隙配合

$$E_{a \min} = \frac{1}{C} \times S_{\min}$$

$$E_{a \max} = \frac{1}{C} \times S_{\max}$$

$$T_E = E_{a \max} - E_{a \min} = \frac{1}{C} (S_{\max} - S_{\min})$$

② 对于过盈配合

$$E_{a \min} = \frac{1}{C} \times \delta_{\min}$$

$$E_{a \max} = \frac{1}{C} \times \delta_{\max}$$

$$T_E = E_{a \max} - E_{a \min} = \frac{1}{C} (\delta_{\max} - \delta_{\min})$$

## 8.2 应用说明

1) 圆锥配合标准适用于锥度  $C$  自 1:3 至 1:500、圆锥长度  $L$  自 6mm 至 630mm、圆锥直径  $D$  至 500mm 的光滑圆锥配合。其内、外圆锥公差均按第一种方法给定(见 7.1.2 节),即给出圆锥的理论正确圆锥角  $\alpha$ (或锥度  $C$ )和圆锥直径公差  $T_D$ ,由  $T_D$  确定两个极限圆锥。圆锥角误差和圆锥的形状误差均应在极限圆锥所限定的区域内(当对圆锥角公差、圆锥的形状公差有更高要求时,可在此区域内进一步给出)。

2) 内、外圆锥的圆锥角偏离其基本圆锥角时,将影响圆锥配合表面的接触质量和对中性能。该标准附录 A 列出了内、外圆锥的圆锥角偏差不同组合对初始接触部位的分析(表 5.2-54),供使用者参考。由表 5.2-54 可见,当要求初始接触部位在最大圆锥直径处时,应规定圆锥角为单向极限偏差,且外圆锥的为正(+ $AT_e$ ),内圆锥的为负(- $AT_i$ );当要求初始接触部位在最小圆锥直径处时,亦应规定圆锥角为单向极限偏差,但外圆锥的为负(- $AT_e$ ),内圆锥的为正(+ $AT_i$ );当对初始接触部位无特殊要求,而要求保证配合圆锥角之间的差别为最小时,内、外圆锥角的极限偏差方向应相同,可以是对称的  $\left( \pm \frac{AT_e}{2}, \pm \frac{AT_i}{2} \right)$ ,也可以是单向的(+ $AT_e$ 、+ $AT_i$  或 - $AT_e$ 、- $AT_i$ )。

表 5.2-54 内、外圆锥角偏差不同组合对初始接触部位的分析

基本圆锥角	圆锥角偏差		简 图	初始接触部位
	内圆锥	外圆锥		
$\alpha$	$+AT_i$	$-AT_e$		最小圆锥直径
	$AT_i$	$+AT_e$		最大圆锥直径
	$-AT_i$	$+AT_e$		
	$-AT_i$	$-AT_e$		视实际圆锥角而定,可能在最大圆锥直径( $\alpha_e > \alpha_i$ 时),也可能在最小圆锥直径( $\alpha_i > \alpha_e$ 时)
	$\pm \frac{AT_i}{2}$	$\pm \frac{AT_e}{2}$		
	$\pm \frac{AT_i}{2}$	$-AT_e$		可能在最大圆锥直径( $\alpha_e > \alpha_i$ 时),也可能在最小圆锥直径( $\alpha_i > \alpha_e$ 时),最小圆锥直径接触的可能性比较大
	$-AT_i$	$+\frac{AT_e}{2}$		
	$\pm \frac{AT_i}{2}$	$-AT_e$		可能在最大圆锥直径( $\alpha_e > \alpha_i$ 时),也可能在最小圆锥直径( $\alpha_i > \alpha_e$ 时),最大圆锥直径接触的可能性比较大
	$+AT_i$	$\pm \frac{AT_e}{2}$		

3) 为了确定位移型圆锥配合的极限初始位置,结构型圆锥配合后基准平面之间的极限轴向距离,以及确定圆锥直径极限偏差相应的圆锥量规的轴向距离(当用圆锥量规检验圆锥直径时)的需要,该标准附录B给出了圆锥配合的内圆锥或外圆锥直径极限偏差转换为轴向极限偏差的计算方法。

圆锥轴向极限偏差是某一极限圆锥与其基本圆锥轴向位置的偏离(图 5.2-52、图 5.2-53)。该标准附录规定最小极限圆锥与基本圆锥的偏离为轴向上偏差( $es_e$ 、 $ES_e$ ),最大极限圆锥与基本圆锥的偏离为轴向下

偏差( $ei_e$ 、 $EI_e$ ),轴向上偏差与轴向下偏差之代数差的绝对值为轴向公差( $T_e$ )。

图 5.2-54 为用圆锥量规检验内圆锥直径的示意图。如该内圆锥大端直径偏差在其极限偏差之内,则大端端面应处于圆锥量规轴向距离  $m$  的两个截面之间,此  $m$  值即按内圆锥的轴向公差而定。

圆锥轴向极限偏差的计算式见表 5.2-55。

为了便于设计,该标准附录提供了按 GB/T1800.3 1998 轴的基本偏差数值(表 5.2-5)换算出  $C=1:10$  的外圆锥轴向基本偏差( $es_e$ )数值表(表



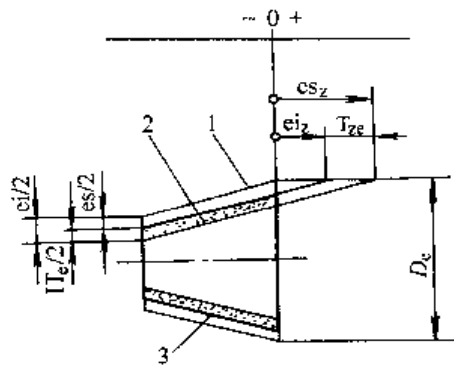


图 5.2-52 外圆锥轴向极限偏差示意图

- 1 基本圆锥 2—最小极限圆锥  
3—最大极限圆锥

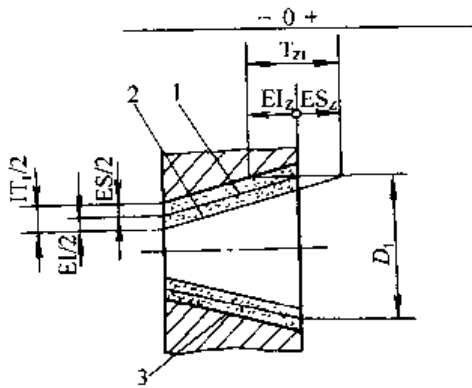


图 5.2-53 内圆锥轴向极限偏差示意图

- 1 基本圆锥 2—最小极限圆锥  
3 最大极限圆锥

表(表 5.2-57);以及  $C \neq 1:10$  时一般用途圆锥的换算系数表(表 5.2-58)和特殊用途圆锥的换算系数表(表 5.2-59)。

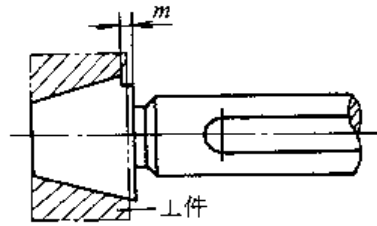


图 5.2-54 用圆锥量规检验内圆锥直径示意图

表 5.2-55 圆锥轴向极限偏差计算式

计算项目	计算式
轴向上偏差	$es_z = -\frac{1}{C}ei$ (外圆锥) $ES_z = -\frac{1}{C}EI$ (内圆锥)
轴向下偏差	$ei_z = -\frac{1}{C}es$ (外圆锥) $EI_z = -\frac{1}{C}ES$ (内圆锥)
轴向基本偏差	$e_z = -\frac{1}{C} \times$ 直径基本偏差(外圆锥) $E_z = -\frac{1}{C} \times$ 直径基本偏差(内圆锥)
轴向公差	$T_{ze} = \frac{1}{C}IT_e$ (外圆锥) $T_{zi} = \frac{1}{C}IT_i$ (内圆锥)

注:ei,EI—外、内圆锥直径下偏差的代号;es,ES—外、内圆锥直径上偏差的代号;IT\_e,IT\_i—外、内圆锥直径公差代号。

5.2-56);按 GB/T1800.3—1998 标准公差数值(表 5.2-2)换算出  $C=1:10$  的圆锥轴向公差( $T_z$ )数值

表 5.2-56 锥度  $C=1:10$  时,外圆锥的轴向基本偏差( $e_z$ )数值

(mm)

基本偏差		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k		
基本尺寸		公差等级															
大于	至	所有等级												5,6	7	8	$\leq 3, > 7$
—	3	+2.7	+1.4	+0.6	+0.34	+0.20	+0.14	+0.1	+0.06	+0.04	+0.02	0	$e_z = \pm \frac{T_{ze}}{2}$	+0.02	+0.04	+0.06	0
3	6	+2.7	+1.4	+0.7	+0.46	+0.30	+0.2	+0.14	+0.1	+0.06	+0.04	0		+0.02	+0.04	—	0
6	10	+2.8	+1.5	+0.8	+0.56	+0.40	+0.25	+0.18	+0.13	+0.08	+0.05	0		+0.02	+0.05	—	0
10	14	+2.9	+1.5	+0.95	—	+0.50	-0.32	—	+0.16	—	-0.06	0		+0.03	+0.06	—	0
14	18													+0.04	+0.08	—	0
18	24	+3	+1.6	+1.1	—	-0.65	+0.4	—	+0.20	—	+0.07	0		+0.05	+0.1	—	0
24	30													+0.07	+0.12	—	0
30	40	+3.1	+1.7	+1.2	—	+0.80	+0.5	—	+0.25	—	+0.09	0		+0.09	+0.15	—	0
40	50	+3.2	+1.8	+1.3	—	+1.45	+0.85	—	+0.43	—	+0.14	0		+0.07	+0.12	—	0
50	65	+3.4	+1.9	+1.4	—									+1	-0.60	—	+0.3
65	80	+3.6	+2	-1.5	—	+1.7	-1	—	+0.50	—	+0.15	0		+0.09	+0.15	—	0
80	100	+3.8	+2.2	+1.7	—									+1.2	+0.72	—	+0.36
100	120	+4.1	+2.4	+1.8	—	+1.7	-1	—	+0.50	—	+0.15	0		+0.11	+0.18	—	0
120	140	+4.6	+2.6	+2	—									+1.45	+0.85	—	+0.43
140	160	+5.2	+2.8	+2.1	—	+1.7	-1	—	+0.50	—	+0.15	0		+0.13	+0.21	—	0
160	180	+5.8	+3.1	+2.3	—									+1.7	-1	—	+0.50
180	200	+6.6	+3.4	+2.4	—	+1.7	-1	—	+0.50	—	+0.15	0	+0.13	+0.21	—	0	
200	225	+7.4	+3.8	+2.6	—								+1.7	-1	—	+0.50	—

(续)

基本偏差		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k	
基本尺寸		公差等级																
大于	至	所有等级												5,6	7	8	$\frac{3}{\sqrt{7}}$	
225	250	+8.2	+4.2	+2.8	--	+1.7	+1	--	+0.50	--	+0.15	0	$e_s = \frac{T_{zc}}{2}$	+0.13	+0.21	--	0	
250	280	+9.2	+4.8	+3	-	+1.9	+1.1	--	-0.56	--	+0.17	0		+0.16	-0.26	--	0	
280	315	+10.5	+5.4	+3.3	-	+2.1	+1.25	--	+0.62	--	-0.18	0		+0.18	+0.28	--	0	
315	355	+12	+6	+3.6	-	+2.3	+1.35	--	+0.68	--	-0.2	0		-0.20	+0.32	--	0	
355	400	+13.5	+6.8	+4	-													
400	450	+15	+7.6	+4.4	-													
450	500	+16.5	+8.4	+4.8	-													

基本偏差		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
基本尺寸		公差等级																
大于	至	所有等级																
--	3	0	-0.02	-0.04	-0.06	-0.1	-0.14	--	-0.18	--	-0.20	--	-0.26	-0.32	-0.4	-0.6		
3	6	-0.01	-0.04	-0.08	-0.12	-0.15	-0.19	--	-0.23	--	-0.28	--	-0.35	-0.42	-0.5	-0.8		
6	10	-0.01	-0.06	-0.1	-0.15	-0.19	-0.23	--	-0.28	--	-0.34	--	-0.42	-0.52	-0.67	-0.97		
10	14	-0.01	-0.07	-0.12	-0.18	-0.23	-0.28	--	-0.33	--	-0.4	--	-0.5	-0.64	-0.9	-1.3		
14	18	-0.01	-0.07	-0.12	-0.18	-0.23	-0.28	--	-0.33	-0.39	-0.45	--	-0.6	-0.77	-1.08	-1.5		
18	24	-0.02	-0.08	-0.15	-0.22	-0.28	-0.35	0.41	-0.48	0.55	-0.64	0.75	-0.88	-1.18	1.6	-2.18		
24	30	-0.02	-0.09	-0.17	0.26	-0.34	-0.43	-0.48	-0.6	-0.68	-0.8	-0.94	-1.12	-1.48	-2	-2.74		
30	40	-0.02	-0.09	-0.17	0.26	-0.34	-0.43	-0.54	-0.7	-0.81	-0.97	-1.14	-1.36	-1.80	-2.42	-3.25		
40	50	-0.02	-0.09	-0.17	0.26	-0.34	-0.43	-0.41	-0.53	-0.66	-0.87	-1.02	-1.22	-1.44	-1.72	-2.25	-3	-4.05
50	65	-0.02	-0.11	-0.2	-0.32	-0.43	-0.59	-0.75	-1.02	-1.2	1.46	-1.74	-2.1	-2.74	-3.6	-4.8		
65	80	-0.03	-0.13	-0.23	-0.37	-0.51	-0.71	-0.91	-1.24	-1.46	-1.78	-2.14	-2.58	-3.35	-4.45	-5.85		
80	100	-0.03	-0.13	-0.23	-0.37	-0.54	-0.79	-1.04	1.44	-1.72	-2.10	-2.54	-3.1	-4	-5.25	-6.9		
100	120	-0.03	-0.15	-0.27	0.43	-0.63	-0.92	1.22	1.7	-2.02	-2.48	-3	3.65	-4.7	-6.2	-8		
120	140	-0.03	-0.15	-0.27	0.43	-0.65	-1	-1.34	-1.9	-2.28	-2.8	-3.4	-4.15	-5.35	-7	-9		
140	160	-0.03	-0.15	-0.27	0.43	-0.68	-1.08	1.46	-2.1	-2.52	-3.1	-3.8	-4.65	-6	-7.8	-10		
160	180	-0.04	-0.17	-0.31	-0.5	-0.77	-1.22	-1.66	-2.36	-2.84	-3.5	-4.25	-5.2	-6.7	-8.8	-11.5		
180	200	-0.04	-0.17	-0.31	-0.5	-0.80	-1.3	-1.8	-2.58	-3.1	-3.85	-4.7	-5.75	-7.4	-9.6	-12.5		
200	225	-0.04	-0.17	-0.31	-0.5	-0.84	-1.4	-1.96	-2.84	-3.4	-4.25	-5.2	-6.4	-8.2	-10.5	-13.5		
225	250	-0.04	-0.17	-0.31	-0.5	-0.94	-1.58	-2.18	-3.15	-3.85	-4.75	-5.8	-7.1	-9.2	-12	-15.5		
250	280	-0.04	-0.2	-0.34	-0.56	-0.98	-1.7	2.4	-3.5	-4.25	-5.25	-6.5	-7.9	-10	-13	-17		
280	315	-0.04	-0.2	-0.34	-0.56	-1.08	-1.9	-2.68	-3.9	-4.75	-5.9	-7.3	-9	-11.5	-15	-19		
315	355	-0.04	-0.21	-0.37	-0.62	-1.14	-2.08	-2.94	-4.35	-5.3	-6.6	-8.2	-10	-13	-16.5	-21		
355	400	-0.04	-0.21	-0.37	-0.62	1.26	-2.32	-3.3	-4.9	-5.95	-7.4	-9.2	-11	-14.5	-18.5	-24		
400	450	-0.05	-0.23	-0.4	-0.68	-1.32	-2.52	-3.6	-5.4	-6.6	-8.2	-10	-12.5	-16	-21	-26		
450	500	-0.05	-0.23	-0.4	-0.68													

表 5.2-57 锥度 C=1:10 时,轴向公差(T<sub>z</sub>)数值

(mm)

基本尺寸		公差等级									
大于	至	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
--	3	0.02	0.03	0.04	0.06	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1
3	6	0.025	0.04	0.05	0.08	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2
6	10	0.025	0.04	0.06	0.09	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5
10	18	0.03	0.05	0.08	0.11	0.18	0.27	0.43	0.70	1.1	1.8
18	30	0.04	0.06	0.09	0.13	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1
30	50	0.04	0.07	0.11	0.16	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5
50	80	0.05	0.08	0.13	0.19	0.30	0.46	0.74	1.2	1.9	3
80	120	0.06	0.10	0.15	0.22	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5
120	180	0.08	0.12	0.18	0.25	0.40	0.63	1	1.6	2.5	4
180	250	0.10	0.14	0.20	0.29	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6
250	315	0.12	0.16	0.23	0.32	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2
315	400	0.13	0.18	0.25	0.36	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7
400	500	0.15	0.20	0.27	0.40	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3

表 5.2-58 一般用途圆锥的换算系数

基本值		换算系数	基本值		换算系数
系列 1	系列 2		系列 1	系列 2	
1:3		0.3		1:15	1.5
	1:4	0.4	1:20		2
1:5		0.5	1:30		3
	1:6	0.6		1:40	4
	1:7	0.7	1:50		5
	1:8	0.8	1:100		10
1:10		1	1:200		20
	1:12	1.2	1:500		50

表 5.2-59 特殊用途圆锥的换算系数

基本值	换算系数	基本值	换算系数
18°30'	0.3	1:18.779	1.8
11°54'	0.48	1:19.002	1.9
8°40'	0.66	1:19.180	1.92
7°40'	0.75	1:19.212	1.92
7:24	0.34	1:19.254	1.92
1:9	0.9	1:19.264	1.92
1:12.262	1.2	1:19.922	1.99
1:12.972	1.3	1:20.020	2
1:15.748	1.57	1:20.047	2
1:16.666	1.67	1:20.288	2

该附录还给出了内圆锥基本偏差 H、外圆锥基本偏差 a 至 zc 的轴向极限偏差计算式(表 5.2-60)。

4) 为了确定相互配合的内、外圆锥基准平面之间

表 5.2-60 圆锥轴向极限偏差计算式

内、外圆锥	基本偏差	上偏差	下偏差
内圆锥	H	$ES_z = 0$	$EI_z = -T_z$
外圆锥	a~g	$es_z = e_z + T_z$	$ei_z = e_z$
	h	$es_z = +T_{ze}$	$ei_z = 0$
	js	$es_z = +\frac{T_{ze}}{2}$	$ei_z = -\frac{T_{ze}}{2}$
	j~zc	$es_z = e_z$	$ei_z = e_z - T_{ze}$

表 5.2-61 基准平面间极限初始位置计算式

已知参数	基准平面的位置	计算公式	
		$Z_{pmin}$	$Z_{pmax}$
圆锥直径极限偏差	在锥体大直径端 (图 5.2-55)	$Z_p - \frac{1}{C}(ei - ES)$	$Z_p - \frac{1}{C}(cs - EI)$
	在锥体小直径端 (图 5.2-56)	$Z_p + \frac{1}{C}(EI - es)$	$Z_p + \frac{1}{C}(ES - ei)$
圆锥轴向极限偏差	在锥体大直径端 (图 5.2-56)	$Z_p + EI_z - es_z$	$Z_p + ES_z - ei_z$
	在锥体小直径端 (图 5.2-56)	$Z_p + ei_z - ES_z$	$Z_p + es_z - EI_z$

注: 1. 对于结构型圆锥配合, 基准平面间的极限初始位置仅对过盈配合有意义, 且在必要时才需计算; 对于位移型圆锥配合, 仅在对基准平面间的极限初始位置有要求时才进行计算。

2. 表中  $Z_p = Z_c - Z_i$ , 在外圆锥距基准平面为  $Z_c$  处的  $d_{ze}$  和内圆锥距基准平面为  $Z_i$  处的  $d_{zi}$  是相等的。

的距离(基面距)的极限初始位置和极限终止位置, 该标准附录 C 提供了基准平面间极限初始位置的计算式(表 5.2-61)和基准平面间极限终止位置的计算式(表 5.2-62)。

1995 年, 我国为适应光滑圆锥面在弹性范围内利用油压装拆的过盈联结计算和过盈配合选用的需要, 特制定了《圆锥过盈配合的计算和选用》国家标准(GB/T15755—1995)。

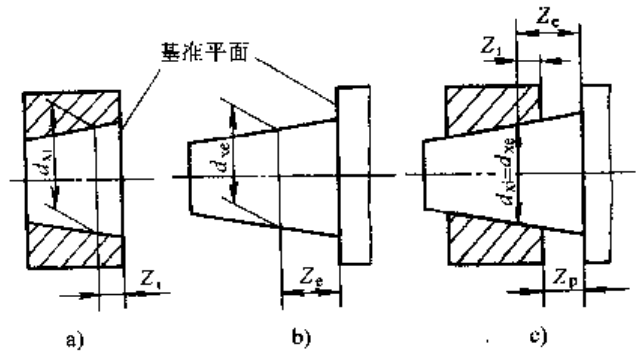


图 5.2-55 基准平面在锥体大直径端

a) 内圆锥 b) 外圆锥 c) 圆锥配合

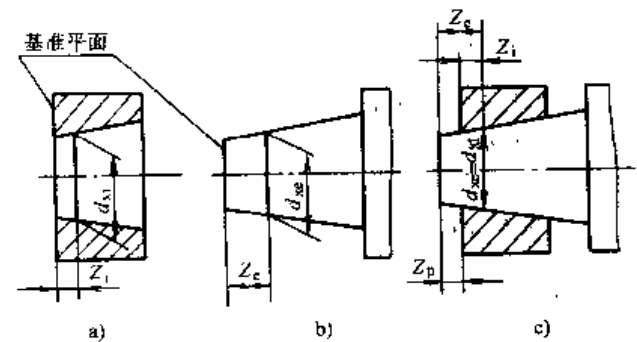


图 5.2-56 基准平面在锥体小直径端

a) 内圆锥 b) 外圆锥 c) 圆锥配合

表 5.2-62 基准平面间极限终止位置计算式

已知参数	基准平面的位置	计算公式	
		$Z_{pmin}$	$Z_p$
间隙配合轴向位移 $E_s$	在锥体大直径端 (图 5.2-55)	$Z_{pmin} + E_{smin}$	$Z_{pmax} + E_{smax}$
	在锥体小直径端 (图 5.2-56)	$Z_{pmin} - E_{smax}$	$Z_{pmax} - E_{smin}$
过盈配合轴向位移 $E_s$	在锥体大直径端 (图 5.2-55)	$Z_{pmin} - E_{smax}$	$Z_{pmax} - E_{smax}$
	在锥体小直径端 (图 5.2-56)	$Z_{pmin} + E_{smin}$	$Z_{pmax} + E_{smax}$

注: 1. 对于结构型圆锥配合, 基准平面间的极限终止位置由设计给定, 不需要进行计算, 见图 5.2-43 及图 5.2-44。

2. 表中  $Z_{pmin}$ 、 $E_{pmax}$  的值用表 5.2-61 的公式确定。

## 9 未注公差的角度尺寸的公差

### 9.1 未注公差的角度尺寸的公差标准的主要内容

未注公差的角度尺寸的公差标准在一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差国家标准(GB/T 1804—2000)之中,以下为其有关的主要内容。

一般公差系指在车间通常加工条件下可保证的公差。采用一般公差的尺寸,在该尺寸后不需注出其极限偏差数值。

角度尺寸的一般公差亦分为精密f、中等m、粗糙c、最粗v共4个公差等级。表5.2-63给出了角度尺寸的极限偏差数值。

采用该标准规定的一般公差,应在图样标题栏附近或技术要求、技术文件(如企业标准)中注出该标准号及公差等级代号。例如选取中等级时,标注为

GB/T 1804—m

### 9.2 未注公差的线性和角度尺寸的公差标准(角度尺寸部分)的应用和有关说明

由于未注公差的角度尺寸的公差与未注公差的线性尺寸的公差同属一个标准,其应用和有关说明与未注公差的线性尺寸的公差相同(参见3.2)。

表 5.2-63 角度尺寸的极限偏差数值

公差等级	长度分段/mm				
	≤10	>10~ 50	>50~ 120	>120~ 400	>400
精密 f	±1°	±30′	±20′	±10′	±5′
中等 m	±1°30′	±1°	±30′	±15′	±10′
粗糙 c	±3°	±2°	±1°	±30′	±20′

## 10 光滑工件尺寸的检验

### 10.1 光滑工件尺寸的检验标准(GB/T3177—1997)的主要内容

#### 10.1.1 验收原则

所用验收方法应只接收位于规定的尺寸极限之内的工件。

#### 10.1.2 验收方法的基础

由于计量器具和计量系统都存在内在误差,故任何测量都不能测出真值。另外,多数计量器具通常只用于测量尺寸,不测量工件上可能存在的形状误差。因此,对遵循包容要求的尺寸,工件的完善检验还应测量

形状误差(如圆度、直线度),并把这些形状误差的测量结果与尺寸的测量结果综合起来,以判定工件表面各部位是否超出最大实体边界。

考虑到车间实际情况,通常:工件的形状误差取决于加工设备及工艺装备的精度;工件合格与否,只按一次测量来判断;对于温度、压陷效应等,以及计量器具和标准器的系统误差均不进行修正。因此,任何检验都存在误判。为保证验收质量,本标准规定了验收极限、计量器具的测量不确定度允许值和计量器具选用原则。

#### 10.1.3 标准温度

测量的标准温度为20℃。

如果工件与计量器具的线膨胀系数相同,测量时只要计量器具与工件保持相同的温度,可以偏离20℃。

#### 10.1.4 验收极限

验收极限是检验工件尺寸时判断合格与否的尺寸界限。

##### (1) 验收极限方式的确定

验收极限可以按照下列两种方式之一确定。

1) 验收极限是从规定的最大实体极限(MML)和最小实体极限(LML)分别向工件公差带内移动一个安全裕度(A)来确定,如图5.2-57所示。A值按工件公差(T)的1/10确定,其数值在表5.2-64中给出。

孔尺寸的验收极限:

上验收极限 = 最小实体极限(LML) - 安全裕度(A)

下验收极限 = 最大实体极限(MML) + 安全裕度(A)

轴尺寸的验收极限:

上验收极限 = 最大实体极限(MML) - 安全裕度(A)

下验收极限 = 最小实体极限(LML) + 安全裕度(A)

2) 验收极限等于规定的最大实体极限(MML)和最小实体极限(LML),即A值等于零。

##### (2) 验收极限方式的选择

验收极限方式的选择要结合尺寸功能要求及其重要程度、尺寸公差等级、测量不确定度和工艺能力等因素综合考虑。

1) 对遵循包容要求的尺寸、公差等级高的尺寸,其验收极限按上述第一种方式确定。

2) 当工艺能力指数 $C_p \geq 1$ 时,其验收极限可以按上述第二种方式确定;但对遵循包容要求的尺寸,其最

大实体极限一边的验收极限仍应按上述第一种方式确定。

的一边按上述第一种方式确定。

4) 对非配合和一般公差的尺寸, 其验收极限按上

述第二种方式确定。

表 5.2-64 安全裕度 (A) 与计量器具的测量不确定度允许值 ( $u_1$ ) ( $\mu\text{m}$ )

公差等级		6					7					8					9				
基本尺寸 /mm		T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$		
大于	至			I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III
—	3	6	0.6	0.54	0.9	1.4	10	1.0	0.9	1.5	2.3	14	1.4	1.3	2.1	3.2	25	2.5	2.3	3.8	5.6
3	6	8	0.8	0.72	1.2	1.8	12	1.2	1.1	1.8	2.7	18	1.8	1.6	2.7	4.1	30	3.0	2.7	4.5	6.8
6	10	9	0.9	0.81	1.4	2.0	15	1.5	1.4	2.3	3.4	22	2.2	2.0	3.3	5.0	36	3.6	3.3	5.4	8.1
10	18	11	1.1	1.0	1.7	2.5	18	1.8	1.7	2.7	4.1	27	2.7	2.4	4.1	6.1	43	4.3	3.9	6.5	9.7
18	30	13	1.3	1.2	2.0	2.9	21	2.1	1.9	3.2	4.7	33	3.3	3.0	5.0	7.4	52	5.2	4.7	7.8	12
30	50	16	1.6	1.4	2.4	3.6	25	2.5	2.3	3.8	5.6	39	3.9	3.5	5.9	8.8	62	6.2	5.6	9.3	14
50	80	19	1.9	1.7	2.9	4.3	30	3.0	2.7	4.5	6.8	46	4.6	4.1	6.9	10	74	7.4	6.7	11	17
80	120	22	2.2	2.0	3.3	5.0	35	3.5	3.2	5.3	7.9	54	5.4	4.9	8.1	12	87	8.7	7.8	13	20
120	180	25	2.5	2.3	3.8	5.6	40	4.0	3.6	6.0	9.0	63	6.3	5.7	9.5	14	100	10	9.0	15	23
180	250	29	2.9	2.6	4.4	6.5	46	4.6	4.1	6.9	10	72	7.2	6.5	11	16	115	12	10	17	26
250	315	32	3.2	2.9	4.8	7.2	52	5.2	4.7	7.8	12	81	8.1	7.3	12	18	130	13	12	19	29
315	400	36	3.6	3.2	5.4	8.1	57	5.7	5.1	8.4	13	89	8.9	8.0	13	20	140	14	13	21	32
400	500	40	4.0	3.6	6.0	9.0	63	6.3	5.7	9.5	14	97	9.7	8.7	15	22	155	16	14	23	35

公差等级		10					11					12					13				
基本尺寸 /mm		T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$		
大于	至			I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III
—	3	40	4.0	3.6	6.0	9.0	60	6.0	5.4	9.0	14	100	10	9.0	15	140	14	13	21		
3	6	48	4.8	4.3	7.2	11	75	7.5	6.8	11	17	120	12	11	18	180	18	16	27		
6	10	58	5.8	5.2	8.7	13	90	9.0	8.1	14	20	150	15	14	23	220	22	20	33		
10	18	70	7.0	6.3	11	16	110	11	10	17	25	180	18	16	27	270	27	24	41		
18	30	84	8.4	7.6	13	19	130	13	12	20	29	210	21	19	32	330	33	30	50		
30	50	100	10	9.0	15	23	160	16	14	24	36	250	25	23	38	390	39	35	59		
50	80	120	12	11	18	27	190	19	17	29	43	300	30	27	45	460	46	41	69		
80	120	140	14	13	21	32	220	22	20	33	50	350	35	32	53	540	54	49	81		
120	180	160	16	15	24	36	250	25	23	38	56	400	40	36	60	630	63	57	95		
180	250	185	18	17	28	42	290	29	26	44	65	460	46	41	69	720	72	65	110		
250	315	210	21	19	32	47	320	32	29	48	72	520	52	47	78	810	81	73	120		
315	400	230	23	21	35	52	360	36	32	54	81	570	57	51	86	890	89	80	130		
400	500	250	25	23	38	56	400	40	36	60	90	630	63	57	95	970	97	87	150		

公差等级		14					15					16					17					18				
基本尺寸 /mm		T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$			T	A	$u_1$		
大于	至			I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III			I	II	III
—	3	250	25	23	38	400	40	36	60	600	60	54	90	1000	100	90	150	1400	140	135	210					
3	6	300	30	27	45	480	48	43	72	750	75	68	110	1200	120	110	180	1800	180	160	270					
6	10	360	36	32	54	580	58	52	87	900	90	81	140	1500	150	140	230	2200	220	200	330					
10	18	430	43	39	65	700	70	63	110	1100	110	100	170	1800	180	160	270	2700	270	240	400					
18	30	520	52	47	78	840	84	76	130	1300	130	120	200	2100	210	190	320	3300	330	300	490					
30	50	620	62	56	93	1000	100	90	150	1600	160	140	240	2500	250	220	380	3900	390	350	580					
50	80	740	74	67	110	1200	120	110	180	1900	190	170	290	3000	300	270	450	4600	460	410	690					
80	120	870	87	78	130	1400	140	130	210	2200	220	200	330	3500	350	320	530	5400	540	480	810					
120	180	1000	100	90	150	1600	160	150	240	2500	250	230	380	4000	400	360	600	6300	630	570	940					
180	230	1150	115	100	170	1850	180	170	280	2900	290	260	440	4600	460	410	690	7200	720	650	1080					
250	315	1300	130	120	190	2100	210	190	320	3200	320	290	480	5200	520	470	780	8100	810	730	1210					
315	400	1400	140	130	210	2300	230	210	350	3600	360	320	540	5700	570	510	850	8900	890	800	1330					
400	500	1500	150	140	230	2500	250	230	380	4000	400	360	600	6300	630	570	950	9700	970	870	1450					

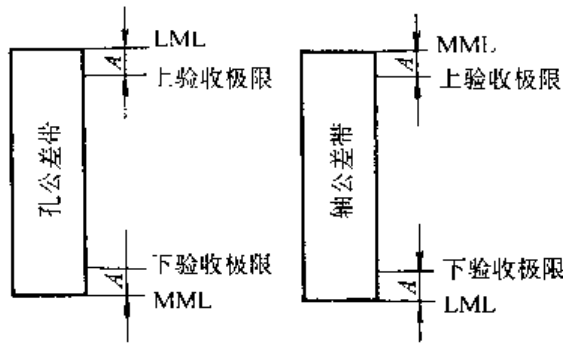


图 5.2-57 光滑工件尺寸的验收极限

### 10.1.5 计量器具的选择

#### (1) 计量器具选用原则

按照计量器具所引起的测量不确定度的允许值 ( $u_1$ ) (简称计量的测量不确定度允许值) 选择计量器具。选择时, 应使所选用的计量器具的测量不确定度数值等于或小于选定的  $u_1$  值。

计量器具的测量不确定度允许值 ( $u_1$ ) 按测量不确定度 ( $u$ ) 与工件公差的比例分档: 对 IT6~IT11 的分为 I、II、III 三档, 对 IT12~IT18 的分为 I、II 两档。测量不确定度 ( $u$ ) 的 I、II、III 三档值, 分别为工件公差的 1/10、1/6、1/4。

计量器具的测量不确定度允许值 ( $u_1$ ) 约为测量不确定度 ( $u$ ) 的 0.9 倍, 其三档数值列于表 5.2-63。

(2) 计量器具的测量不确定度允许值 ( $u_1$ ) 的选定  
一般情况下, 优先选用 I 档, 其次选用 II 档、III 档。

### 10.1.6 仲裁

对测量结果的争议, 可以采用更精确的计量器具或按事先双方商定的方法解决。

## 10.2 应用说明

### 10.2.1 适用范围

该标准不仅适用于注出公差尺寸的检验, 也适用于按一般公差要求的、未注公差尺寸的检验。

这里所指的光滑工件尺寸的检验, 应理解为光滑孔或轴(包括圆柱形内或外表面, 以及非圆柱形内或外表面)局部实际尺寸的最终检验, 而且这种检验是在一

般车间条件下, 以一次测量为准, 对环境温度无严格要求, 对测量结果也不作任何修正和计算。

### 10.2.2 验收原则和验收极限

标准中规定的验收原则是: 所用验收方法应只接收位于规定的尺寸极限之内的工件。规定这一原则的目的在于力求使被测尺寸的真值控制在两个极限之内。要真正按此原则控制, 就要使验收极限向公差带内缩, 内缩后必然会使工件尺寸在生产中要求更严, 不内缩又会因计量器具和测量系统存在误差造成误收。

在验收原则指导下, 标准中规定了两种验收极限方式: 一种是使验收极限从规定的最大实体极限 (MML) 和最小实体极限 (LML) 分别向工件尺寸公差带内移动一个安全裕度 ( $A$ ), 见图 5.2-57, 通常将这种方式简称为“内缩”; 一种是使验收极限等于规定的最大实体极限 (MML) 和最小实体极限 (LML), 即安全裕度 ( $A$ ) 等于零, 通常将这种方式简称为“不内缩”。验收极限方式如何选择, 标准中已作出明确规定, 此处不再赘述。值得注意的是第二种验收极限方式无安全裕度, 最大和最小实体极限即其验收极限, 所以无论用任何测量方法, 都避免不了由于计量器具和测量系统误差造成的误收。第一种验收极限方式虽有安全裕度, 但不可能完全避免误收, 尤其在计量器具的测量不确定度允许值 ( $u_1$ ) 选用的档次较低时, 其误收率更高。

标准的附录 B 提供了有关误判概率与验收质量评估的资料, 可供使用者通过误判 (含误收与误废) 概率计算以评估验收质量高低时参考。

### 10.2.3 计量器具的选择说明

选择计量器具时, 应使所选用的计量器具的测量不确定度数值等于或小于按表 5.2-64 选定的  $u_1$  值。

值得注意的是: 计量器具的测量不确定度与总的测量不确定度不同。按照标准所述, 计量器具的测量不确定度允许值 ( $u_1$ ) 约为测量不确定度 ( $u$ ) 的 0.9 倍, 由此可见, 计量器具的测量不确定度虽为总的测量不确定度的主要成分, 但不是其全部。总的测量不确定度如何合成, 该标准未作规定, 只是在其附录 A 中提出: 标准中测量不确定度的评定应符合有关标准的规定, 其置信概率为 95%。

# 第3章 形状和位置公差

## 1 概述

### 1.1 零件的几何特性

零件的功能是由零件的内在特性和其表面状况所决定的。零件的内在特性系指零件的材质、材料特性以及材料的内部缺陷(缩孔、偏析)等。零件的表面状况系指零件边界层的材料状况(如硬度、粒度、残余应力及其不均匀度)及零件的几何特性。零件的几何特性是

指零件的实际要素相对其几何理想要素的偏离状况。它包括尺寸的偏离、零件要素的形状和位置的偏离、表面粗糙度、表面波纹度及表面缺陷等。

除了尺寸的偏离外,形成零件几何特性的表面误差是由形状和位置误差、表面粗糙度和表面波纹度组成的。零件表面误差的综合状态如图 5.3-1a 所示。可分解为表面粗糙度(图 5.3-1b)、表面波纹度(图 5.3-1c)和表面形状误差(图 5.3-1d)。

形状和位置(以下简称形位)公差在国际标准及各

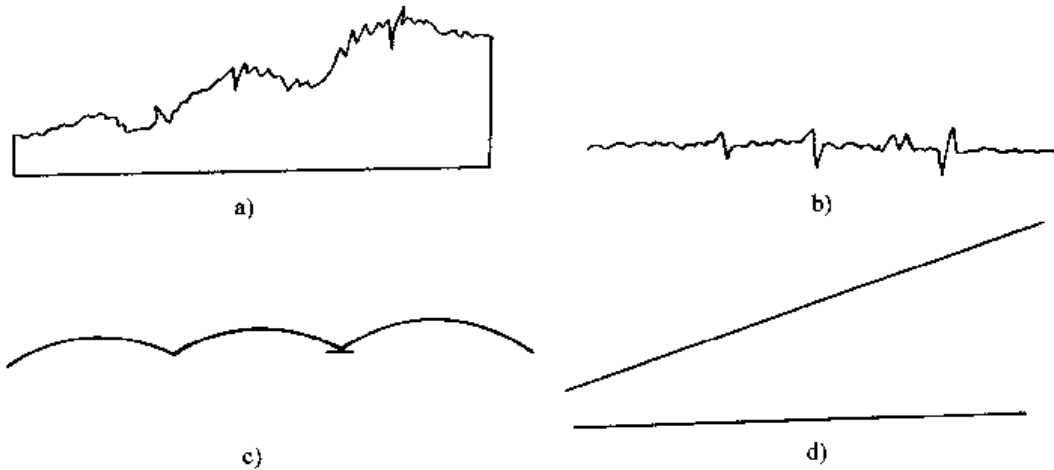


图 5.3-1 零件表面误差

国家标准中又称几何公差,是用于控制零件上各要素的实际形状、方向和相互位置相对于理想形状、方向和相互位置的偏离程度,以保证零件的形位几何精度。通过形位公差各项指标的控制所达到的几何精度来保证和提高零件和产品的工作性能、工作精度、寿命、可靠性及制造成本的经济性等各项要求。

几何公差、误差及其测量方法进行标准化研究及制定工作。我国对形位公差、形位误差及有关误差的测量方法的内容分别制定了与国际标准一致的国家标准。

### 1.2 形位公差的标准化

基于零件的几何特性,国际标准化组织(ISO)将

本章是基于现行的形位公差及误差方面的国家标准的规定内容,系统地介绍形位公差及误差的基本概念、术语定义、符号、代号及标注方法、尺寸和形位的相关性及公差值等内容。

我国标准与国际标准(ISO)的对照见表 5.3-1。

表 5.3-1 与 ISO 标准对照

序号	国家标准 GB	国际标准 ISO	采用程度
1	GB/T 1182—1996 《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法》	ISO/DIS 1101—1996 《技术制图—几何公差—形状、定向、定位和跳动公差—通则、定义、符号和图样表示法》	等效
2	GB/T 1184—1996 《形状和位置公差 未注公差值》	ISO 2768—2:1989 《一般几何公差—第 2 部分 未注几何公差》	等效
3	GB/T 1958—1980 《形状和位置公差 检测规定》	ISO/TR 5460:1985 (草案) 《技术制图—几何公差—形状、方向、位置和跳动公差—检测原则与方法—指南》	参照

(续)

序号	国家标准 GB	国际标准 ISO	采用程度
4	GB/T 4249—1996《公差原则》	ISO 8015:1985《技术制图—基本的公差原则》	等效
5	GB/T 4380—1984《确定圆度误差的方法 两点三点法》	ISO 4292:1985《圆度误差的评定方法两点三点法测量》	参照
6	GB/T 7234—1987《圆度测量术语、定义及参数》	ISO 6318:1985《圆度测量—圆度的术语、定义及参数》	等效
7	GB/T 7235—1987《评定圆度误差的方法 半径变化量测量》	ISO 4291—1985《评定圆度误差的方法 半径变化量测量》	参照
8	GB/T 8069-1998《功能量规》	无	
9	GB/T 11336—1989《直线度误差检测》	无	
10	GB/T 11337—1989《平面度误差检测》	无	
11	GB/T 13319—2003《产品几何量技术规范 (GPS) 几何公差 位置度公差注法》	ISO 5458:1987 技术制图 几何公差 位置度公差	等效
12	GB/T 15754—1995《技术制图圆锥的尺寸和公差注法》	ISO 3040:1990《技术制图—尺寸和公差注法—圆锥》	等效
13	GB/T 16671—1996《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》	ISO/DIS 2682:1996《技术制图—几何公差—最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》几何公差和尺寸公差的关系	等效
14	GB/T 16892—1997《形状和位置公差 非刚性零件注法》	ISO 10579:1993 《技术制图—尺寸和公差注法—非刚性零件》	等效
15	GB/T 17773—1999《形状和位置公差 延伸公差带及其表示法》	ISO 10578:1992 《技术制图—几何公差表示法—延伸公差带》	等效
16	GB/T 18780.1—2002《产品几何量技术规范 (GPS) 几何要素 第1部分:基本术语和定义》	ISO 14660-1:1999《产品几何量技术规范 (GPS) 几何要素 第1部分:基本术语和定义》	等同
17	GB/T 18780.2—2003《产品几何量技术规范 (GPS) 几何要素 第2部分:圆柱面和圆锥面的提取中心线、平行平面的提取中心面、提取要素的局部尺寸》	ISO 14660-2:1999《产品几何量技术规范 (GPS) 几何要素—第2部分:圆柱面和圆锥面的提取中心线、平行平面的提取中心线、平行平面的提取中心面、提取要素的局部尺寸》	等同
18	JB/T 5996—1992《圆度测量 三点法及其仪器的精度评定》	无	
19	JB/T 7557—1994《同轴度误差检测》	无	

形状而产生形状误差。影响形状误差因素的示例见表 5.2-2。

### 1.3 形位误差的形成

零件所存在的各项形位误差，一般是由于加工过程中受到加工设备的精度、刀具和夹具的安装与磨损、原材料的内应力等各种因素的影响而形成的。


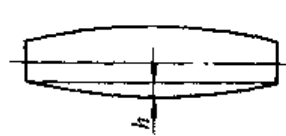
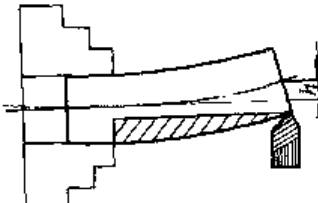
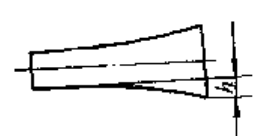
#### 1.3.1 形状误差的形成

加工零件本身的内应力及其装夹方式和所受到的切削合力以及机械振动等因素都会使零件偏离其理想

#### 1.3.2 位置误差的形成

由于机床本身存在的定位误差，零件的安装和定位误差，夹具和刀具的安装和调整误差以及夹紧力和切削力引起自身变形等各种因素，使零件偏离其正确位置而产生位置误差。影响位置误差因素的示例见表 5.3-3。

表 5.3-2 影响形状误差因素的示例

影响因素	加工时状态	自由状态
加工细长零件，在两端支承和切削力作用下，产生弯曲变形，加工后形成圆柱度误差		
工件处于悬臂状态，在切削力作用下向上弯曲，造成切削深度不同，加工后形成圆柱度误差		



(续)

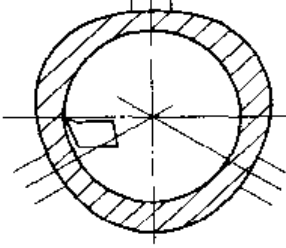
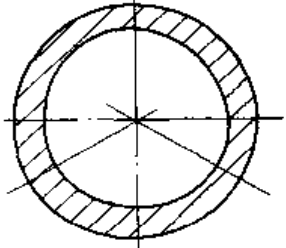
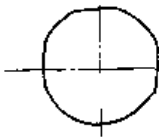
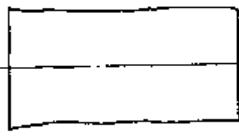

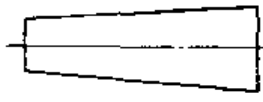
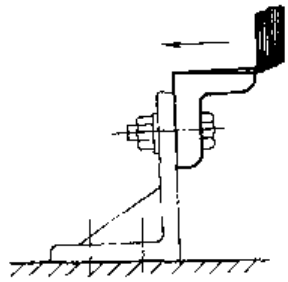
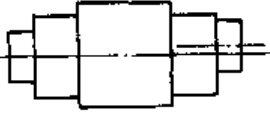
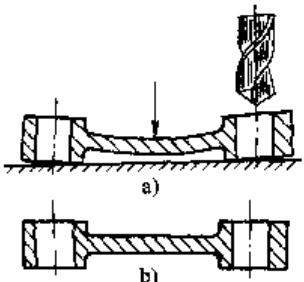
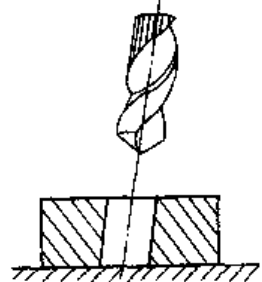
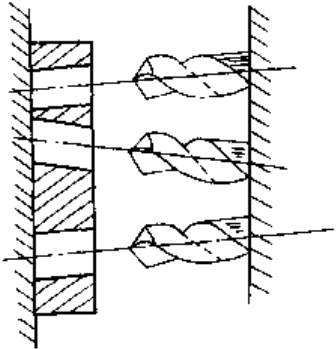
影响因素	加工时状态	自由状态
薄壁零件在三爪自定心卡盘夹紧力的作用下产生变形, 加工后孔呈三棱形, 产生圆度误差		
由于机床的振动, 主轴回转精度受到影响, 加工后产生圆度和圆柱度误差		
机床主轴和尾座的顶尖连线与机床导轨不平行, 加工中切削深度变化, 加工后形成圆柱度误差		

表 5.3-3 影响位置误差因素的示例

(续)

影响因素	图 示	影响因素	图 示
由于夹具的刚性较差, 受切削力影响, 夹具产生变形, 导致切削深度的变化, 加工后角铁两侧面产生垂直度误差		阶梯轴零件, 掉头加工另一端轴颈时, 由于定位基准的变化, 加工后产生同轴度误差	
工件在工作台上, 由于安装方法不当, 夹紧力使工件变形 (图 a), 加工后导致两孔产生平行度误差 (图 b)		钻头轴线与工作台存在着垂直度误差, 加工后的工件孔与端面会产生垂直度误差	
由于钻模钻套之间存在误差, 加工后轴孔之间产生位置度误差			

### 1.4 形位公差和公差带

#### 1.4.1 形位公差的提出

按照产品的功能要求对形位误差加以合理的控制, 使零件的加工和装配达到一定的精度要求, 这就需要设计者在图样上提出形位公差的要求。

形位公差是图样中对要素的形状和位置的最大允许的变动量。它的标注不仅指示出被控制的要素, 并给出最大允许变动量的值即公差值。要素(点、线、面)在被测范围内均受其控制。

不论控制要素的形状或位置, 均是对整个被测要

素的控制。因此,设计给出的形位公差要求,实质上是形位公差带的要求,实际要素只要在公差带内,可以具有任何形状,也可以占有任何位置。

### 1.4.2 常见的公差带形式

公差带是由要素本身的特征和设计要求确定的。控制点、线、面的常用公差带有9种,见表5.3-4。

表 5.3-4 常用公差带

特 征	公差带
圆内的区域	
两同心圆间的区域	
两同轴圆柱面间的区域	
两平行直线之间的区域	
两等距曲线之间的区域	
两平行平面之间的区域	
两等距曲面之间的区域	
圆柱面内的区域	
球内的区域	

### 1.4.3 确定公差带的四个因素

在评定被测要素时,首先应确定其公差带,以此判断被测要素是否符合给定的形位公差要求。确定公差带应考虑其大小、形状、方向及位置等4个因素。

#### (1) 公差带的大小——宽度或直径

公差带的大小是指公差带的宽度或直径。给出公差数值是公差带的宽度还是直径,取决于被测要素的形状和设计的功能要求。对于圆度、圆柱度、轮廓度(包括线和面)、平面度、对称度和跳动,所给出的公差值只可能是公差带的宽度值。对于在一个方向上或两个方向上、一个给定平面内的直线度、平行度、垂直度、倾斜度和位置度所给出的一个或两个互相垂直方向的公差值也均为公差带的宽度值。对于同轴度和任意方向上的轴线直线度、平行度、垂直度、倾斜度和位置度,所给出的公差值是圆或圆柱面的直径值。对于点的位置度所给出的公差值是圆或球的直径值。

公差带的宽度或直径值是控制零件几何精度的重要指标。一般情况下应根据 GB/T1184~1196 来选择,如有特殊需要也可根据零件功能要求另行规定。

#### (2) 公差带的形状

公差带呈何种形状,取决于被测要素的特征和设计要求,包括项目的要求和给定方向等要求。

在某些情况下,被测要素的特征就确定了公差带形状。如被测要素是平面,则其公差带必然是两平行平面;如被测要素是非圆曲面或曲线,则其公差带必然是两等距曲面或两等距曲线。在多数情况下,除被测要素特征外,设计要求显得更为重要。如对于轴线,根据设计要求,其公差带可以是两平行直线、两平行平面或圆柱面。有些形位公差的项目也决定了它唯一的公差带形状。如同轴度,其公差带只有圆柱面一种,圆度只可能是两同心圆,而圆柱度则只可能是两同轴圆柱面一种。

#### (3) 公差带的方向

在评定形位误差时,形状公差带和位置公差带的放置方向直接影响到误差评定的准确性。

对于形状公差带,其放置方向应符合最小条件。

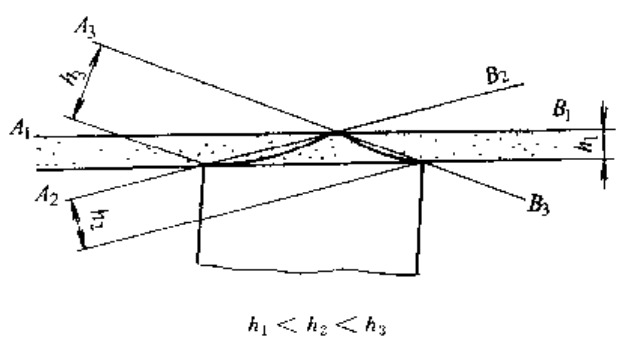
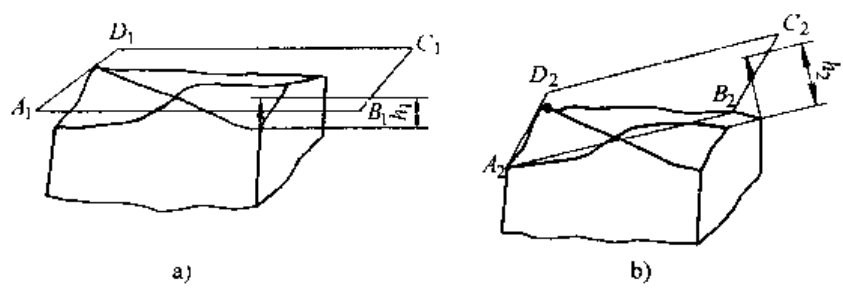
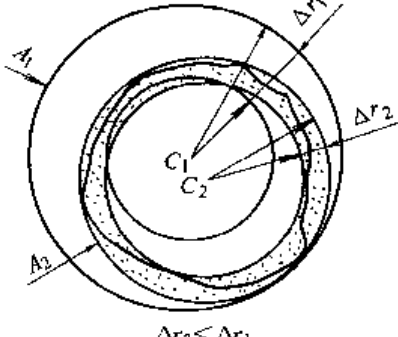
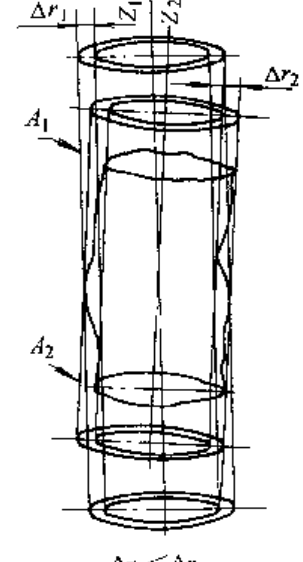
对于位置公差中的方向公差带,其放置方向由被测要素与基准的几何关系(垂直、平行或倾斜)确定。

对于位置公差中的位置公差带,其放置方向由相对于基准的理论正确尺寸来确定,其中同轴度、对称度的理论正确尺寸为0,而位置度则在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  坐标上分别给出理论正确尺寸。

#### (4) 公差带的位置

形状公差本身没有位置要求,只是用来限制被测要素的形状误差。如圆度公差带限制被测的圆截面,至于该轮廓在哪个位置上,直径的大小都不影响实际轮

表 5.3-5 评定形位误差的示例

项目特征名称	评定说明	示例图
<p>直线度</p>	<p>被测的实际线上的各点相对其理想直线的最大变动量为直线度误差,它应等于或小于给定的公差值</p> <p>从图中可以看出,针对这一实际要素可作多条几何理想线如 <math>A_1 - B_1, A_2 - B_2, A_3 - B_3, \dots</math> 等,但符合最小条件的只有一根线即 <math>A_1 - B_1</math>,它既包容了实际要素又使其间的距离为最小,因此 <math>h_1</math> 为直线度误差</p>	 <p style="text-align: center;"><math>h_1 &lt; h_2 &lt; h_3</math></p>
<p>平面度</p>	<p>被测实际表面上的各点相对其理想平面的最大变动量为平面度误差,它应等于或小于给定的公差值</p> <p>从图中可以看出,包容被测面的理想平面可以有多个。图中分别示出 <math>A_1B_1C_1D_1</math> 和 <math>A_2B_2C_2D_2</math> 两个平面,还可以有多种情况,但符合最小条件的只有一个理想平面即 <math>A_1B_1C_1D_1</math>。它既包容了被测平面又使两平行平面间的距离为最小, <math>h_1</math> 即为平面度误差</p>	 <p style="text-align: center;"><math>h_1 &lt; h_2</math></p>
<p>圆度</p>	<p>包容实际圆作一外包容圆和与之同心的内包容圆形成一组同心圆,按此条件可作多组包容实际圆的同心圆。在图中仅示出两组符合最小条件要求的是既包容实际要素又使同心圆之间的半径差为最小。显然,以 <math>C_2</math> 圆心定位的 <math>A_2</math> 同心圆组半径差 <math>\Delta r_2</math> 为最小,符合最小条件,此半径差的值 <math>\Delta r_2</math> 即为圆度误差</p>	 <p style="text-align: center;"><math>\Delta r_2 &lt; \Delta r_1</math></p>
<p>圆柱度</p>	<p>包容实际圆柱面作一外包容圆柱面和与之同轴的内包容圆柱面,形成一组同轴圆柱面,按此条件可作多组包容实际圆柱面的同轴圆柱面。在图中示出了两组符合最小条件的一组同轴圆柱面是既要包容实际圆柱面,又应使两圆柱面之间的半径差为最小。图中以 <math>Z_2</math> 为轴线半径差为 <math>\Delta r_2</math> 的 <math>A_2</math> 圆柱面组符合最小条件,圆柱度误差为 <math>\Delta r_2</math></p>	 <p style="text-align: center;"><math>\Delta r_2 &lt; \Delta r_1</math></p>

廓圆度误差的数值。但形状公差带受到相应的尺寸公差带的制约,因为形状公差带必然在尺寸公差带内浮动或由理论正确尺寸固定。

对于位置公差带,与之密切相关的是相对于基准的关系。其位置是由相对于基准的尺寸公差或理论正确尺寸确定。对于由尺寸公差定位的位置误差如平行度,被测要素只要位于尺寸公差带内,且不超过给定的平行度公差值,即视为合格。因此,平行度公差带的位置根据被测要素的实际状况,在尺寸公差带内上下浮动。如由理论正确尺寸定位,则形位公差带的位置由理论正确尺寸确定,其位置固定不变。

#### 1.4.4 评定形位误差的基本原则——最小条件

按照国家标准规定,形位误差的评定应符合最小

条件,即在被测要素上形成最小包容区域,以达到最大限度通过合格件的目的。这一规定与国际标准和世界先进工业国家标准是一致的。国家标准 GB/T1182 给出了按最小条件评定形位误差的示例见表 5.3-5。

## 2 术语及定义

### 2.1 要素类术语

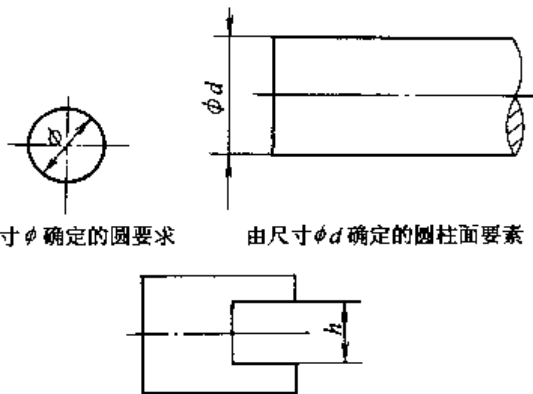
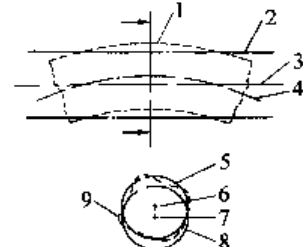
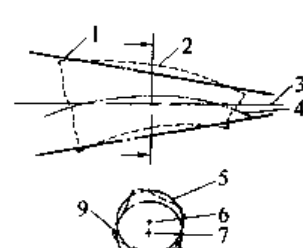
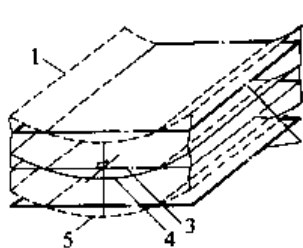
要素类术语是指在形位公差中经常涉及的各种要素,其名称和解释见表 5.3-6,其依据原 GB/T 1182 及 GB/T 18780.1,控制形位公差的对象是零件上的各要素。

表 5.3-6 要素类术语

序号	术语	定义或解释	图 示
1	要素	零件上的特征部分——点、线或面。这些要素是实际存在的,也可以由实际要素取得的轴线、中心线或中心平面	
2	点、线、面	“点”系指圆心、球心、中心点、交点等 “线”系指素线、曲线、轴线、中心线等 “面”系指平面、曲面、圆柱面、圆锥面、球面、中心平面等	
3	理想要素 (几何要素)	具有几何意义、没有任何误差的要素,分为理想轮廓要素和理想中心要素	
4	实际要素	零件上实际存在的要素,由无限个点组成,分为实际轮廓要素和实际中心要素	
5	组成要素	由测得的轮廓要素或中心要素通过数据处理获得的要素,其具有理想的形状	
6	提取组成要素 (测得要素)	按规定方法,从实际要素提取的有限数目的点所形成的实际要素的近似替代	
7	公称组成要素	由技术制图或其他方法确定的理论正确组成要素	
8	拟合组成要素	按规定的方法由提取组成要素形成并且有理想形状的组成要素	
9	拟合导出要素	由一个或几个拟合组成要素获得的中心点、中心线或中心面,如球心是由球面导出的要素(该球面则为组成要素)	

A—公称组成要素;B—公称导出要素;  
C—实际要素;D—提取组成要素;  
E—提取导出要素;F—拟合组成要素;  
G—拟合导出要素

(续)

序号	术语	定义或解释	图示
10	尺寸要素	<p>由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的具有理想形状的要素,可以是圆形、圆柱面形、圆锥形、楔形、两平行平面等</p>	 <p>由尺寸 <math>\phi</math> 确定的圆要素      由尺寸 <math>\phi d</math> 确定的圆柱面要素</p> <p>由尺寸 <math>h</math> 确定的两个平行的平面要素</p>
11	<p>提取的导出要素 (中心要素)</p> <p>圆柱面的提取中心线</p>	<p>圆柱面的各横截面中心点的轨迹。此时,各横截面的中心点就是各拟合圆的圆心、各横截面均应垂直于拟合圆柱面的轴线(其半径有可能与理想圆的半径有差异)</p> <p>拟合圆和拟合圆柱面由最小二乘法确定。如,拟合圆即最小二乘圆(见图)</p>	 <p>1—提取表面 2—拟合圆柱面 3—拟合圆柱面轴线 4—提取中心线 5—拟合圆 6—拟合圆心 7—拟合圆柱面轴线 8—拟合圆柱面 9—提取线</p>
	<p>圆锥面的提取中心线</p>	<p>圆锥面的各横截面中心点的轨迹。此时,各横截面的中心点就是各拟合圆的圆心。各横截面均应垂直于拟合圆锥面的轴线(其锥角可能与理想圆锥面的锥角有差异)</p> <p>拟合圆和拟合圆锥面由最小二乘法确定。如拟合圆锥面即最小二乘圆锥面(见图)</p>	 <p>1—拟合圆锥面 2—拟合表面 3—拟合轴线 4—提取中心线 5—拟合圆 6—拟合圆心 7—拟合圆锥面轴线 8—拟合圆柱面 9—提取线</p>
	<p>提取的中心面</p>	<p>在两对应的提取面上,各组对应点连线的中心点的轨迹。此时,各组对应点之间的连线均应垂直于拟合中心平面。拟合中心平面是两个平行拟合平面的中心平面(两平行的拟合平面由提取表面获得,其距离与理想的距离有差异),两个平行的拟合平面由最小二乘法获得(见图)</p>	 <p>1—提取表面 2—提取平面 3—拟合中心平面 4—提取中心面 5—提取表面</p>

(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
12	圆柱面局部直径	提取要素上两对应点的距离。此时,两点之间的连线应通过拟合圆的中心,各横截面均应垂直于拟合圆柱面的轴线 拟合圆是最小二乘圆,拟合圆柱面是最小二乘圆柱面	<p>1 提取表面 2-拟合圆柱面 3-拟合圆柱面轴线 4-提取中心线 5-提取线 6-拟合圆 7-拟合圆圆心 8-提取要素的局部直径 9-拟合圆柱面 10 拟合圆柱面轴线</p>
	两平行平面间的局部尺寸	在两对应的提取表面上两对应点之间的距离。此时,各组对应点之间的连线应垂直于拟合的中心平面;拟合的中心平面是两平行拟合平面的中心平面 两拟合平行平面由最小二乘法获得(见图)	<p>1-提取表面 2-拟合中心平面 3-再提取表面的局部尺寸 4-对应点</p>
13	被测要素	给出形状和位置公差的要素	
14	单一要素	仅对其本身给出形位公差要求的要素	<p>单一要素(被测要素)</p>
15	基准要素	用来确定被测要素的方向或(和)位置的要素	<p>基准要素 关联要素(被测要素)</p>
16	关联要素	对其他要素有功能(方向、位置)要求的要素	
17	单一基准要素	作为基准使用的单一要素(图中的基准G)	
18	理想基准要素	确定要素间几何关系的依据,分别称为基准点、基准线和基准平面	<p>基准要素 关联要素(被测要素)</p>
19	组合基准要素	作为单一基准使用的一组要素。如图中由A基准和B基准组成的公共基准要素	

2.2 形位公差类术语

形位公差类的术语及其定义包括形位公差和形位误差及其有关的术语,见表 5.3-7。

2.3 公差原则与相关要求类术语

公差原则与相关要求的术语包括独立原则,包容要求,以及形位公差与尺寸公差各类相关要求,见表 5.3-8。

表 5.3-7 形位公差术语及其定义

序号	术语	定义或解释	图 例
1	形状公差	单一实际要素的形状所允许的变动全量	
2	位置公差	关联实际要素的位置对基准所允许的变动全量 位置公差分定向、定位和跳动公差	
3	定向公差	关联实际要素对基准在方向上允许的变动全量	
4	定位公差	关联实际要素对基准在位置上允许的变动全量	
5	跳动公差	关联实际要素绕基准回转一周或连续回转时所允许的最大跳动量	
6	形状和位置公差带	限制实际要素变动的区域、公差带的形状、方向、位置、大小(公差值)由零件的功能和互换性要求来确定	
7	理论正确尺寸	确定被测要素的理想形状、方向、位置的尺寸。该尺寸不附带公差。图 a 中 $\boxed{60}$ 即为理论正确尺寸的示例, 图 b 为应用示例	
8	几何图框	确定一组理想要素之间和它们与基准之间正确几何关系的图形。图 a 为设计图样, 图 b 为由该图样确定的几何图框	
9	三基准体系	由三个互相垂直的基准平面组成的基准体系, 它的三个平面是确定和测量零件上各要素几何关系的起点	
10	基准目标	为构成基准体系的各基准平面而在要素上指定的点、线、面	

表 5.3-8 公差原则与相关要求术语

序号	术 语	定义或解释
1	独立原则	图样上给定的每一个尺寸和形状、位置要求均是独立的, 应分别满足要求。如果对尺寸和形状、尺寸与位置之间的相互关系有特定要求, 应在图样上规定 独立原则是尺寸公差和形位公差相互关系遵循的基本原则
2	局部实际尺寸	在实际要素的任意正截面上, 两对应点之间测得的距离
3	边界	由设计给定的具有理想形状的极限包容面。边界的尺寸为极限包容面的直径或距离

(续)

序号	术 语	定义或解释
4	包容要求	包容要求表示实际要素应遵守其最大实体边界,其局部实际尺寸不得超出最小实体尺寸 采用包容要求的单一要素应在其尺寸极限偏差或公差代号之后加注符号(E)
5	最大实体要求	被测要素的实际轮廓应遵守其最大实体实效边界,当其实际尺寸偏离最大实体尺寸时,允许其形位误差值超出在最大实体状态下给出的公差值的一种要求,用符号(M)表示
6	最小实体要求	被测要素的实际轮廓应遵守其最小实体实效边界,当其实际尺寸偏离最大实体尺寸时,允许其形位误差值超出在最小实体状态下给出的公差值的一种要求,用符号(L)表示
7	可逆要求	中心要素的形位误差值小于给出的形位公差值时,允许在满足零件功能要求的前提下扩大尺寸公差
	a) 可逆要求用于最大实体要求	被测要素的实际轮廓应遵守其最大实体实效边界,当其实际尺寸偏离最大实体尺寸时,允许其形位误差值超出在最大实体状态下给出的形位公差值。当其形位误差值小于给出的形位公差值时,也允许其实际尺寸超出最大实体尺寸的一种要求,用符号(M)、(R)同时表示
	b) 可逆要求用于最小实体要求	被测要素的实际轮廓应遵守其最小实体实效边界,当其实际尺寸偏离最小实体尺寸时,允许其形位误差值超出在最小实体状态下给出的形位公差值。当其形位误差值小于给出的形位公差值时,也允许其实际尺寸超出最小实体尺寸的一种要求,用符号(L)、(R)同时表示
8	零形位公差	被测要素采用最大实体要求或最小实体要求时,其给出的形位公差值为零,用符号“(0M)”或“(0L)”表示

表 5.3-9 形位公差分类与基本符号

公差类别	项目特征名称	被测要素	符号	有无基准	
形状公差	直线度	单一要素		无	
	平面度				
	圆 度				
	圆柱度				
形状公差或位置公差	线轮廓度	单一要素或关联要素		有或无	
	面轮廓度				
位置公差	定向公差	关联要素	平行度		有
			垂直度		
			倾斜度		
	定位公差		位置度		有或无
			同轴度(同心度)		
			对称度		
跳动公差	圆跳动	径向		有	
		端面			
		斜向			
	全跳动	径向			
端面					

表 5.3-10 形位公差的附加符号

符 号	意 义
	包容要求
	最大实体要求
	最小实体要求

### 3 形位公差符号与标注

根据 GB/T 1182 的规定,图样中形位公差的要求应采用国际标准统一规定的符号及框格表示法,并应遵循标注的原则。

#### 3.1 形位公差的标注原则

1) 图样上给定的尺寸、形状、位置的公差要求均是独立的,均应遵循独立原则,此时不需加注任何符号。只有当尺寸和形状、位置之间有相关要求时,才需给出相关要求的符号。

2) 构成零件的各要素均应符合规定的形位公差要求,无一例外。

3) 在大多数情况下,零件要素的形位公差由机床和工艺保证,不需在图样中给出,只有在高于所保证的精度时,才需给出形位公差要求。

4) 由设计给出的形位公差带适用于整个被测要素,否则必须在图样上表示所要求的被测要素范围。

5) 形位公差的给定方向,就是公差带的宽度方向,应垂直于被测要素。否则,必需在图样上注明。

#### 3.2 形位公差的分类及符号

##### 3.2.1 形位公差的分类及基本符号

形位公差的分类及基本符号见表 5.3-9。

##### 3.2.2 形位公差的附加符号 (见表 5.3-10)

##### 3.2.3 形位误差的限定符号

对于给定的误差允许值需要进一步限制时,应采用误差值的限定符号,见表 5.3-11。



(续)

符 号	意 义
	可逆要求
	延伸公差带
	非刚性零件处于自由状态
	基准目标符号
	理论正确尺寸

表 5.3.11 形位误差值的限定符号

对误差限定	符 号	标注示例
只许实际要素的中间部位向材料内凹下	( - )	
只许实际要素的中间部位向材料外凸起	( + )	
只许实际要素从左至右逐渐减小	(▷)	
只许实际要素从右至左逐渐减小	(◁)	

### 3.3 形位公差的框格标注

框格标注法准确而唯一的表达了设计者对被控制

#### 3.3.1 框格标注的基本符号(见表 23.3-12)

表 5.3-12 框格标注基本符号

符 号	意 义	用 途
	 公差值( $t$ 或 $\Phi t$ 或 $s\Phi t$ )形位公差项目特征符号	用于形状公差或无基准要求的线、面轮廓度公差和位置公差
	 三基面体系字母基准字母( $X$ 或 $X_1-X_2$ )公差值( $t$ 或 $\Phi t$ 或 $s\Phi t$ )形位公差项目特征符号	用于有基准要求的线、面轮廓度公差和位置公差
	与框格相连的被测要素指引线及箭头	所有被测要素
	远离框格的被测要素标注法	所有被测要素
	基准符号( $E, M, L, P, F, O, I, R$ 等字母尽量不采用)	所有被测要素
	任选基准符号	被测要素与基准要素相似

#### 3.3.2 被测要素的标注(见表 5.3-13)

#### 3.3.3 基准要素的标注

##### (1) 基准符号

根据绘制简便、明显易辨的特点,我国标准规定了基准符号的绘制方法,同时也允许采用 ISO 标准规定

要素的形状和位置公差的要求。

的基准符号。表 5.3-14 列出了国际上存在的三种不同的基准符号即我国标准、ISO 标准以及美国标准所规定的基准符号及其说明。ISO 符号是各国通用的为出口贸易的需要我国图样上也可采用 ISO 的符号。

##### (2) 基准符号的标注

基准要素标注的方法是将基准符号置于基准要素或其延长线上。

表 5.3-13 被测要素的标注

序号	解 释	图 例
1	<p>当被测要素是轮廓要素时,箭头应指向轮廓线,也可指向轮廓线的延长线,但必须与尺寸线明显地分开</p>	
2	<p>当被测要素是中心要素时,箭头应对准尺寸线,即与尺寸线的延长线重合 被测要素指引线的箭头可代替一个尺寸箭头</p>	
3	<p>受图形限制,需表示图样中某要素的形位公差要求时,可在该要素的投影面上画一小黑点,由黑点处引出参考线、箭头指向参考线</p>	
4	<p>当被测要素是圆锥体的轴线时,指引线应对准圆锥体的大端或小端的尺寸线</p>	
	<p>如图样中仅有任意处的空白尺寸线,则可与该尺寸线相连</p>	
5	<p>仅对被测要素的局部提出形位公差要求,可用粗点划线画出其范围,并标注尺寸</p>	

表 5.3-14 基准符号

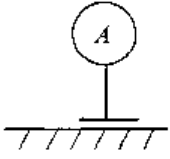
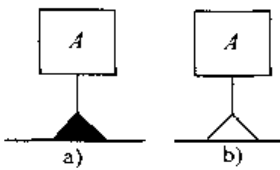
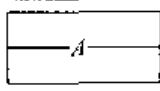
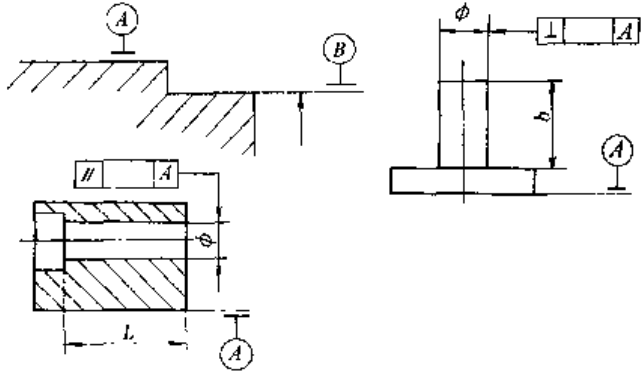
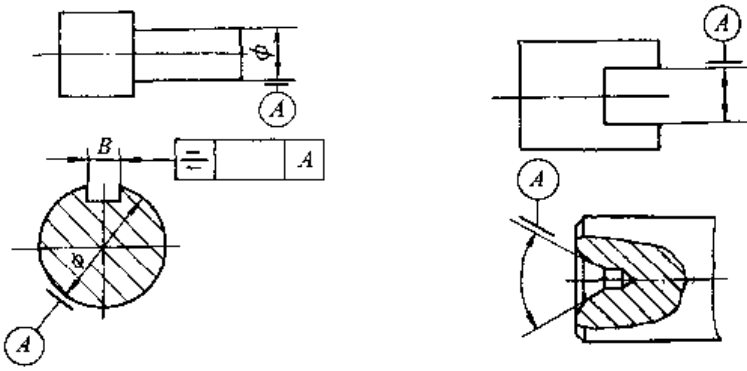
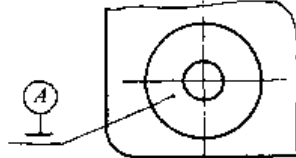
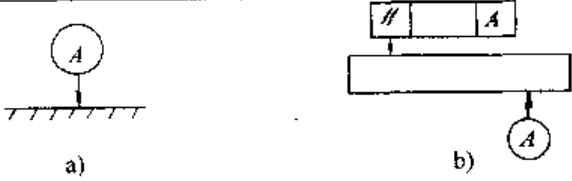
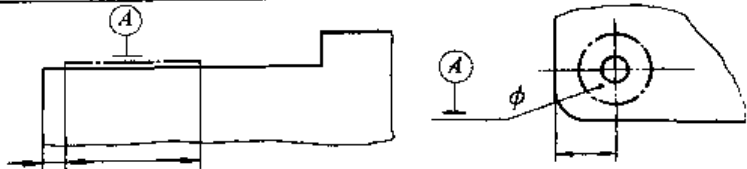
标准	符号	说明	标准	符号	说明
我国标准		<p>1. 基准符号由带小圆的表示基准要素的字母(大写)并用细实线与粗短横划相连而组成</p> <p>2. 基准要素的字母应尽量避免采用一些常用字母,如 O、I、E、P、M、L、R 等。当字母不够用时可用 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 等表示</p>	ISO 标准		两种符号等效采用,世界大多数国家采用,我国也允许采用
			美国标准		仅美国采用此符号,ISO 及我国均不允许采用

表 5.3-15 基准要素的常用标注方法

序号	解 释	图 例
1	<p>当基准要素是轮廓要素时,基准符号的短横划应靠近基准要素的轮廓线或轮廓面,也可靠近轮廓的延长线,但必须与尺寸线明显地分开</p>	
2	<p>当基准要素是中心要素时,基准符号中的细实线应对准尺寸线</p> <p>基准符号中的短横划也可代替尺寸线中的一个箭头</p>	
3	<p>受图形限制,需表示某要素为基准要素时,可在该要素的投影面上画一小黑点,由黑点处引出参考线,基准符号置于参考线上</p>	
4	<p>当基准要素与被测要素相似而不易分辨时,应采用任选基准</p> <p>任选基准符号见图 a,任选基准的标注方法见图 b</p>	
5	<p>仅用要素的局部而不是整体作为基准要素时,可用粗点划线画出其范围,并标注尺寸</p>	

- 1) 基准要素的常用标注方法(见表 5.3-15) 求,需要在三维空间确定被测要素的位置,应采用三基  
 2) 三基面体系的标注方法 根据零件功能的要 面体系,其标注方法见表 5.3-16。

表 5.3-16 三基面体系的标注方法

序号	解 释	图 例
1	由三个基准要素组成	
2	由两个基准要素组成,其中一个基准要素是轴线或厚度过小可忽略不计的零件	
3	由组合基准组成	

表 5.3-17 基准目标的标注方法

(续)

序号	解 释	图 例
1	基准目标为点时,用符号“×”表示	
2	基准目标为线时,用细实线表示,并在棱边上加符号“×”	

序号	解 释	图 例
3	基准目标为局部表面时,用双点划线绘出该局部表面的图形,并画上与水平成45°的细实线	

3) 基准目标的标注方法 当需要在基准要素上指定某些点、线或面来体现三基面体系中各基准要素时应标注基准目标。基准目标一般在大型零件上采用,其标注方法见表 5.3-17。

标注基准目标的图样示例见图 5.3-2~图 5.3-4。

### 3.4 公差带的标注

确定了被测要素和基准要素后,就应按零件的功能要求从形状,大小,方向和位置四个方面确定公差带。

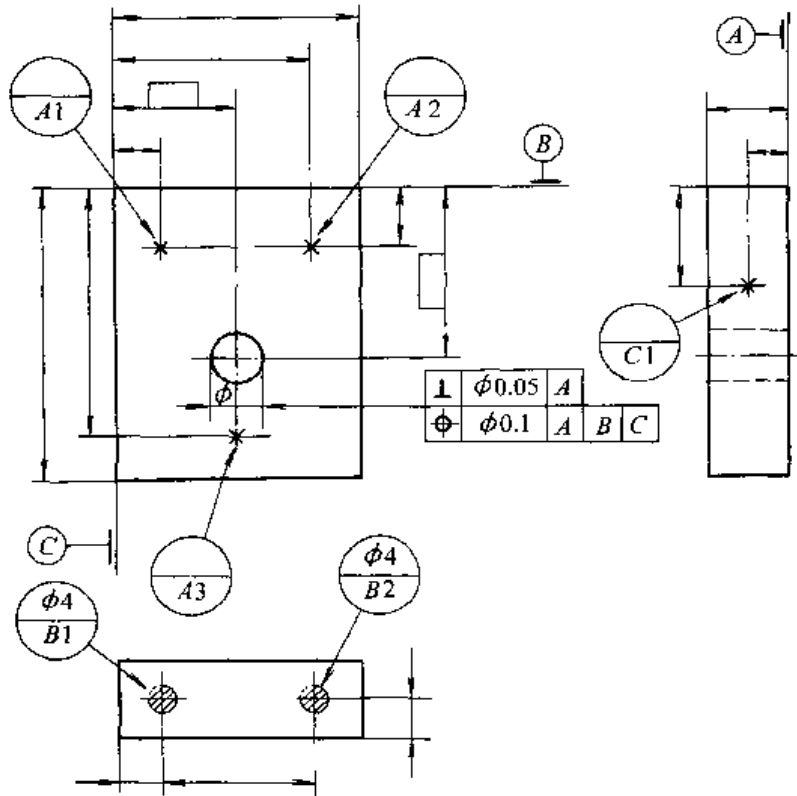


图 5.3-2 基准目标标注示例(一)

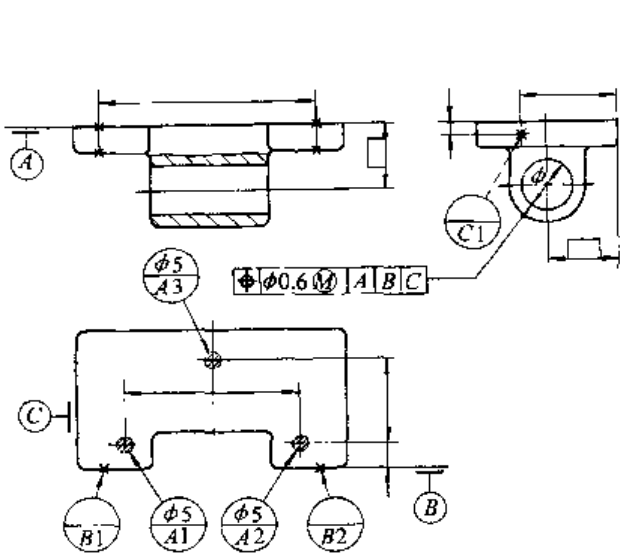


图 5.3-3 基准目标标注示例(二)

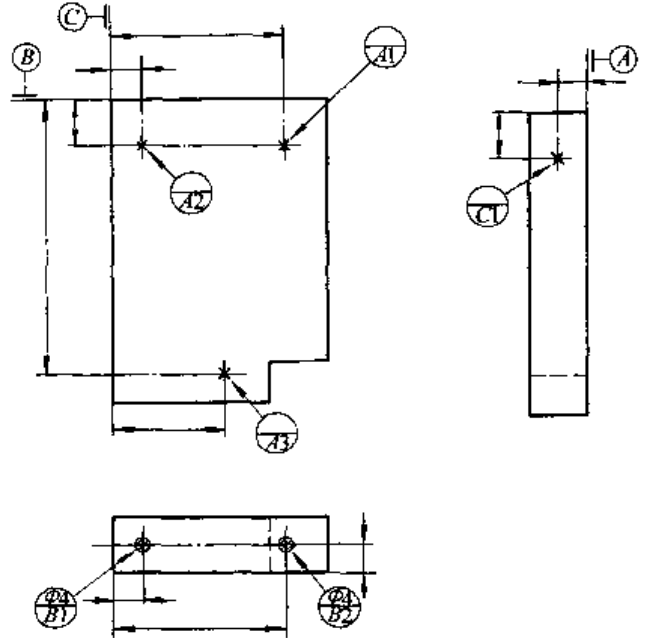


图 5.3-4 基准目标标注示例(三)

### 3.4.1 公差带形状的确定

公差带的形状是由形位公差的项目特征和给出的方向或特定要求来确定,见表 5.3-18。

### 3.4.2 公差带大小——公差值的确定

公差带的大小反映了零件的精度,对于形位公差的公差带来说,是指它的宽度或直径,是根据被测要素的特征及精度要求来确定的。

表 5.3-18 公差带形状的确

形位公差项目	被测要素特征	设计要求(箭头指向)	公差带形状	
直线度	素线 (平面上或圆柱面上)	给定平面内	两平行直线	
		给定方向	两平行平面	
	交线	给定一个方向	两平行平面	
		给定两个互相垂直的方向	两组互相垂直的两平行平面	
	刻线	给定方向	两平行直线	
轴线	给定一个方向	给定一个方向	两平行平面	
		给定两个互相垂直的方向	两对互相垂直的两平行平面	
	给定任意方向	圆柱面		
平面度	平面	给定方向	两平行平面	
	端面	给定方向	两平行平面	
圆度	圆柱体	给定方向(径向)	两同心圆	
	圆锥体			
	球体			
圆柱度	圆柱体	给定方向(径向)	两同轴圆柱面	
线轮廓度	任意曲线或轮廓线	给定垂直于被测要素的方向	两等距线	
面轮廓度	任意曲面或任意面	给定垂直于被测要素的方向	两等距面	
平行度	平表面	给定方向(平行于基准要素)	平行于基准的两平行平面	
	端面			
	素线 (平面上或圆柱面上)	给定平面内	平行于基准的两平行直线	
		给定方向(平行于基准面)	平行于基准的两平行平面	
	轴线	给定方向(平行于基准面)	平行于基准的两平行平面	
		给定一个方向(平行于基准线)	平行于基准的两平行平面	
		给定两个互相垂直方向(平行于基准线)	平行于基准的两对互相垂直的平行平面	
		给定任意方向(平行于基准线)	轴线平行于基准的圆柱面	
刻线	给定方向(平行于基准线)	平行于基准的两平行直线		
垂直度	平表面	给定方向(垂直于基准要素)	垂直于基准的两平行平面	
	端面			
	素线(平面上或圆柱面上)	给定平面内	垂直于基准的两平行直线	
		给定方向(垂直于基准线)	垂直于基准的两平行平面	
	轴线	给定方向(垂直于基准面)	垂直于基准的两平行平面	
		给定一个方向(垂直于基准线)	垂直于基准的两对互相垂直的平行平面	
		给定两个互相垂直方向(垂直于基准线)	垂直于基准的两对互相垂直的平行平面	
刻线	给定任意方向(垂直于基准线)	圆柱面其轴线垂直于基准		
刻线	给定方向(垂直于基准线)	垂直于基准线的两平行直线		
倾斜度	平表面	给定角度(相对于基准要素)	与基准要素呈理论正确角度的两平行平面	
	端面			
	轴线	给定角度(相对于基准要素)并平行于另一基准	与基准要素呈理论正确角度的两平行平面 圆柱面其轴线与基准要素呈理论正确角度并平行于另一基准面	
位置度	点	给定平面内的任意方向(相对于理想位置)	一个圆,其圆心处于理想位置	
		给定三维空间的任意方向(相对于理想位置)	球面,其球心处于理想位置	
	线	轴线或中心线	给定一个方向(相对于三基面体系的理想位置)	两平行平面,相对于理想位置对称配置
			给定两个互相垂直方向(相对于三基面体系的理想位置)	两互相垂直的平行平面,相对于理想位置对称配置
		给定任意方向(相对于三基面体系的理想位置)	圆柱面,其轴线处于理想位置	
	刻线	给定平面内(相对于理想位置)	两平行直线,相对于理想位置对称配置	
平面、中心平面	给定方向(相对于理想面)	两平行平面,相对于理想位置对称配置		
同轴度	点	给定任意方向(相对于基准圆心)	一个圆,其圆心与基准圆心同心	
	线	给定任意方向(相对于基准轴线)	圆柱面,其轴线与基准轴线同轴	
对称度	中心平面	给定方向(相对于基准中心平面)	两平行平面,相对于基准中心平面对称配置	
圆跳动	径向	圆表面	给定方向(垂直于基准轴线)	两同心圆,在任一测量平面内,其圆心在基准轴线上
	端面	端面	给定方向(平行于基准轴线)	一般圆柱面,其轴线与基准轴线同轴
	斜跳动	圆锥面、圆弧面	给定方向(垂直于被侧面)	一段圆锥面或弧面,其轴线与基准轴线同轴
全跳动	径向	圆柱面、圆锥面	给定方向(垂直于基准轴线)	圆柱面,其轴线与基准轴线同轴
	端面	端面	给定方向(垂直于被侧面)	两平行平面,与基准轴线垂直

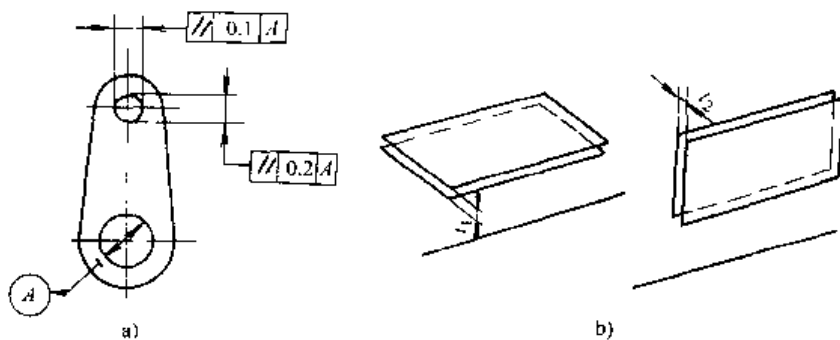


图 5.3-5

一般来说,公差带的宽度  $t$  的方向就是形位公差带的给定方向,也就是误差的检测方向,它是垂直于被测要素的,见图 5.3-5、图 5.3-6。

(续)

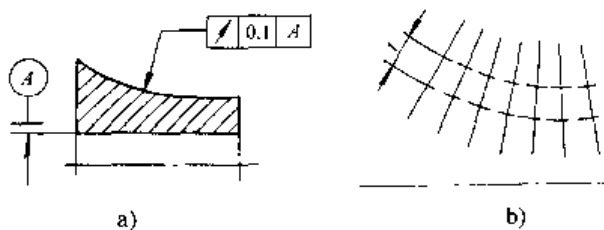


图 5.3-6

如果由于零件的特殊要求,公差带的给定方向不垂直于被测要素就应在图上将角度  $\alpha$  注出,如图 5.3-7 所示。

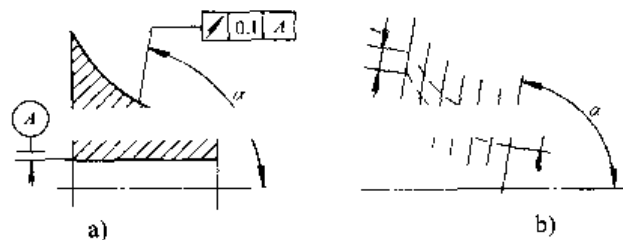


图 5.3-7

如要求控制被测要素在任意方向上的误差,就应在公差值前加注“ $\phi$ ”,以形成圆或圆柱面公差带。

当被测要素为点时,需控制其二维方向的误差时,应给出圆形公差带  $\phi t$ ,需控制其三维方向误差时,应给出球形公差带  $S\phi t$ 。

各形位公差项目可能出现的公差值标注形式见表 5.3-19。

表 5.3-19 公差值标注形式

形位公差项目	公差值标注	说明
直线度	$t, \phi t$	对轴线任意方向要求注 $\phi t$
平面度	$t$	
圆度	$t$	$t$ 为半径差
圆柱度	$t$	$t$ 为半径差
线轮廓度	$t$	小圆直径 $\phi d = t$
面轮廓度	$t$	小球直径 $S\phi d = t$

形位公差项目	公差值标注	说明
平行度	$t, \phi t$	对轴线任意方向要求注 $\phi t$ ,仅用于轴线对轴线
垂直度	$t, \phi t$	对轴线任意方向要求注 $\phi t$ ,仅用于轴线对平面
倾斜度	$t, \phi t$	对轴线任意方向要求注 $\phi t$ ,仅用于轴线对平面
同轴度	$\phi t$	
对称度	$t$	
位置度	$t, \phi t, S\phi t$	对轴线任意方向要求注 $\phi t$ ,对点的三维任意方向要求注 $S\phi t$
圆跳动	$t$	
全跳动	$t$	

### 3.4.3 公差带方向的确定

形状公差带的方向应与误差评定的方向一致,即应符合最小条件的要求。

定向公差带的方向由设计给定的被测要素与基准要素的几何关系而定。如给出平行度公差的要求,其公差带的方向应与基准平行,给出垂直度公差,则其公差带的方向应与基准垂直。标注中的箭头即公差带的方向。

定位公差带是由理论正确尺寸确定的,也即其方向和位置均由理论正确尺寸(包括角度)来确定。

### 3.4.4 公差带位置的确定

形状公差没有位置要求。有基准要求的轮廓度公差带和定向、定位公差带由尺寸公差或理论正确尺寸来确定被测要素与基准之间的关系。

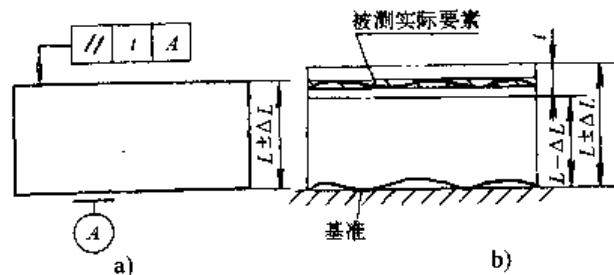


图 5.3-8 公差带示例

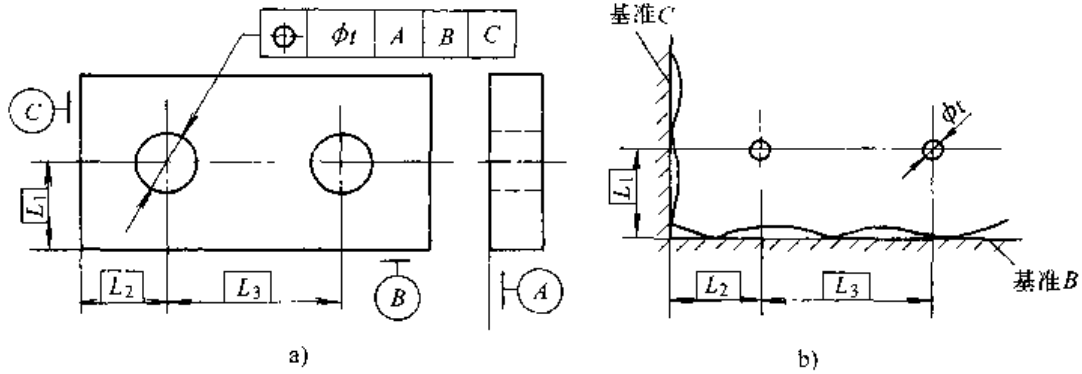


图 5.3-9 位置度示例

以尺寸公差定位,则公差带处于尺寸公差带内,即形位公差带可以在尺寸公差带内浮动。其浮动范围为尺寸公差值。图 5.3-8a 为平行度示例,图 5.3-8b 是它的公差带解释。

以理论正确尺寸定位,公差带的位置由理论正确尺寸确定,它是固定不变的,图 5.3-9a 为两孔轴线的位置度示例,图 5.3-9b 为公差带解释。

如公差带的位置由尺寸公差和理论正确尺寸共同确定,则尺寸公差仅对其限定的要素有控制作用。图 5.3-10a 是联合控制示例,尺寸公差  $L \pm \Delta L$  仅控制孔 1 的轴线位置,它可在  $L + \Delta L$  和  $L - \Delta L$  之间浮动,而孔 1 与孔 2 轴线之间的位置则由理论正确尺寸  $L$  控制,其公差带解释见图 5.3-10b。

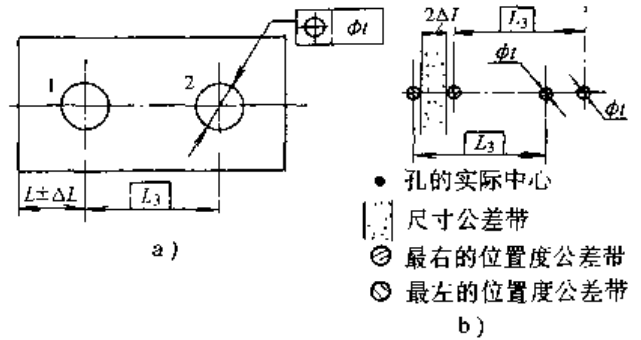


图 5.3-10 联合控制示例

### 3.5 形位公差标注的特殊规定

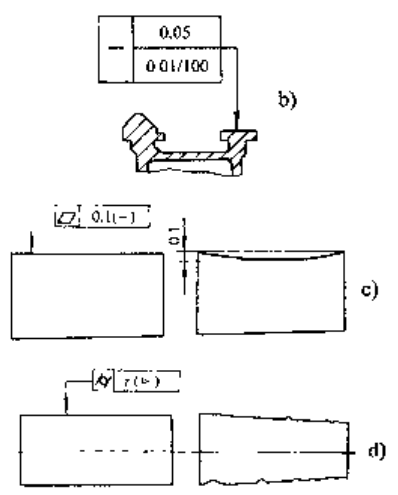
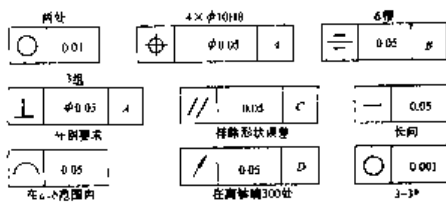
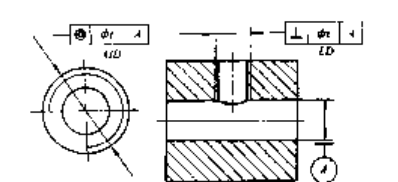
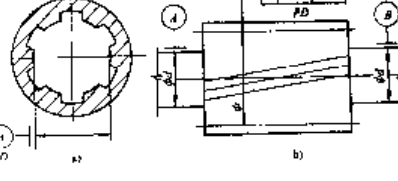
除上述形位公差的各项规定外,为方便制图,标准中还规定了一些特殊的标注方法,见表 5.3-20。

表 5.3-20 形位公差的特殊标注方法

名称	标注规定	示例
公共公差带	<ol style="list-style-type: none"> <li>图 a 是三个表面用同一公差带控制以达到共面要求的示例,应在公差框格上方标注“共面”两字</li> <li>图 b 为同一要求的另一种标注形式,即公差框格不与被测要素相连。每一个被测要素上标以符号及字母,框格上方标上被测要素的数量及字母代号 <math>3 \times A</math>,并在其后加注“共面”</li> <li>除“共线”、“共面”要求外,其他要素需由公共公差带控制时,可加注“公共公差带”字样</li> </ol>	
全周符号	<ol style="list-style-type: none"> <li>图 a 为外轮廓线的全周统一要求</li> <li>图 b 为外轮廓面的全周统一要求</li> </ol>	
对误差值的进一步限制	<ol style="list-style-type: none"> <li>对同一被测要素,如在全长上给出公差值的同时,又要求在任一长度上进行进一步的限制,可同给出全长上和任意长度上两项要求,任一长度的公差值要求用分数表示,如 a 图所示</li> </ol>	



(续)

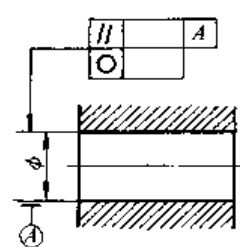
名称	标注规定	示例
对误差值的进一步限制	<p>同时给出全长和任一长度上的公差值时,全长上的公差值框格并置于任一长度的公差值框格上面,如 b 图所示</p> <p>2. 对被测要素形状误差的变化方向有进一步限制要求时,应在公差值后加注限定符号</p> <p>图 c 表示该平面的平面度误差只允许两边高中间低,即外边向中心凹下</p> <p>图 d 表示该圆柱面的圆柱度误差只允许从左端向右端减小</p>	
说明性内容	<p>表示被测要素的数量,应注在框格的上方,其他说明性内容应注在框格的下方。但也允许例外的情况,如上方或下方没有位置标注时,可注在框格的周围或指引线上。</p>	
螺纹	<p>一般情况下,以螺纹的中径轴线作为被测要素或基准要素时,不需另加说明</p> <p>如需以螺纹大径或小径作为被测要素或基准要素时,应在框格下方或基准符号中的圆圈下方加注“MD”或“LD”,如图示</p>	
齿轮、花键	<p>由齿轮和花键作为被测要素或基准要素时,其分度圆轴线用“PD”表示。大径(对外齿轮是顶圆直径,内齿轮是根圆直径)轴线用“MD”表示,小径(对外齿轮是根圆直径,内齿轮是顶圆直径)轴线用“LD”表示。如图示</p>	

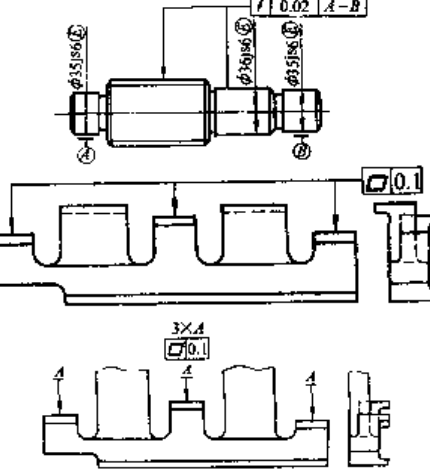
(续)

### 3.6 简化标注

在不影响读图的前提下,允许简化标注,简化标注的有关规定及图例见表 5.3-21。

表 5.3-21 简化标注的规定

一般规定	图例
<p>同一要素有多项形位公差要求时,可在一条指引线末端画出多个框格</p>	

一般规定	图例
<p>当几个要素有相同形位公差要求时,可以从框格的同端引出多个指示箭头</p>	

(续)

一般规定	图 例
对不同的要素有相同的多项形位公差要求时,可以将多个公差框格联在一起	
同一要素对同一形位公差项目的要求不同,可用共同项目框格或基准框格表示	
对于同样的结构要素具有相同的形位公差要求时,可只标注一个公差框格,并在框格上方用文字说明	
以中心孔为基准时,可以从中心线和端面的交点处引出标注	

3.7 避免采用的标注形式

为保证给出形位公差要求的解释的唯一性,一些容易混淆或意义不明的标注形式,应尽量不采用,在 ISO 及我国标准中均取消了这类标注形式,见表 5.3-22。

表 5.3-22 避免采用的标注方法

要素特征	避免采用的图例	说 明
被测要素		被测要素为单一要素的轴线,指示箭头不应直接指向轴线,必须与尺寸线相连
		被测要素为多要素的公共轴线时,指示箭头不应直接指向轴线,而应各自分别注出
		任选基准必须注出基准代号,并在框格中注出基准字母

(续)

要素特征	避免采用的图例	说 明
基准要素		短横划不应直接与轮廓线或其延长线相连。必须标出完整的基准代号并在框格中标出字母代号
		短横划不应直接与尺寸线相连,必须标出基准代号并在框格中标出字母代号
		当基准要素为多个要素的公共轴线、公共中心平面时,短横划不应直接与公共轴线相连,必须分别标注,并在框格内注出字母代号
		当中心孔为基准时,短横划不应直接与中心孔的角度尺寸线相连,必须标出基准代号并在框格中标出字母代号

4 形位公差带定义及标注

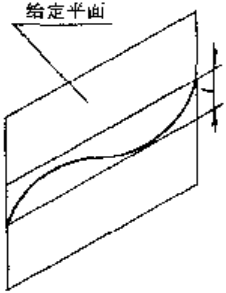
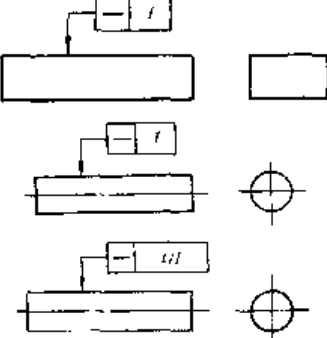
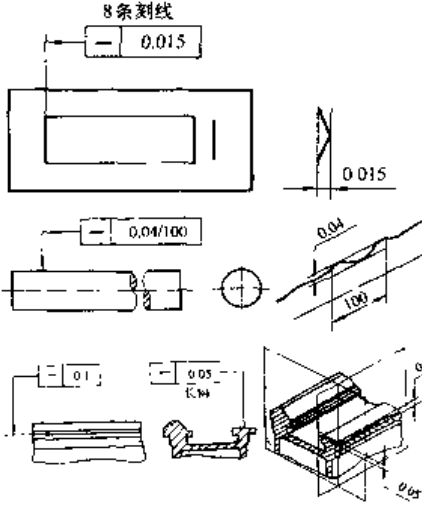
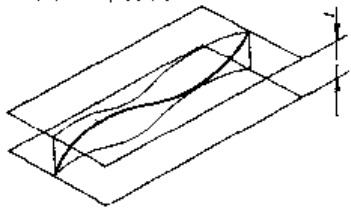
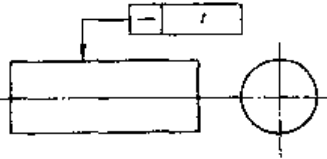
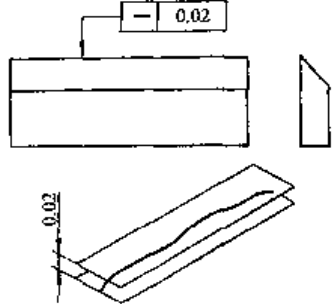
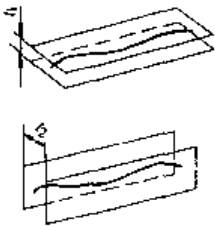
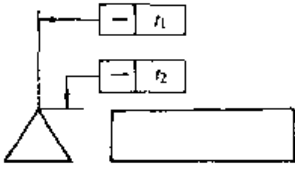
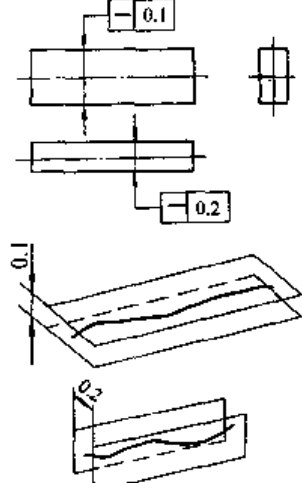

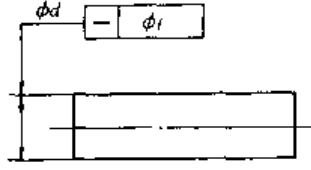
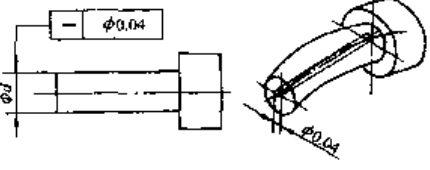
4.1 形状公差带定义及标注

形状公差包括直线度、平面度、圆度和圆柱度公差,是单一要素所允许的变动全量。它们的公差带定义、标注方法及示例见表 5.3-23。

4.2 轮廓度公差带定义及标注

线轮廓度公差和面轮廓度公差是对零件表面轮廓的要求,一般用于非圆曲线和非圆曲面。线、面轮廓度公差可以仅限定其形状误差,也可以在限制形状误差的同时,相对于基准提出要求。前者属形状公差,后者则属位置公差。它们是关联要素在方向或位置上相对于基准所允许的变动全量。其公差带定义、标注方法和示例见表 5.3-24。

表 5.3-23 形状公差带定义及标注示例

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示 例
直 线 度		<p>在给定平面内,公差带是距离为公差值 <math>t</math> 的两平行直线之间的区域</p> 	<p>被测表面的素线,必须位于平行于图样所示投影面且距离为公差值 <math>t</math> 的两平行直线内</p> 	<p>8条刻线</p> 
		<p>在给定方向上公差带是距离为公差值 <math>t</math> 的两平行平面之间的区域 (1) 一个方向</p> 	<p>被测圆柱面的任一素线必须位于距离为公差值 <math>t</math> 的两平行平面之内</p> 	
		<p>(2) 相互垂直的两个方向</p> 		
		<p>如在公差值前加注 <math>\phi</math>,则公差带是直径为 <math>t</math> 的圆柱面内的区域</p> 	<p>被测圆柱体的轴线必须位于直径为 <math>\phi t</math> 的圆柱面内</p> 	

(续)

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示 例
直线度	—			
平面度	□	<p>公差带是距离为公差值 <math>t</math> 的两平行平面之间的区域</p>	<p>被测表面必须位于距离为公差值 <math>t</math> 的两平行平面内</p>	

(续)

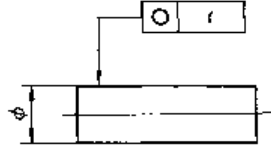
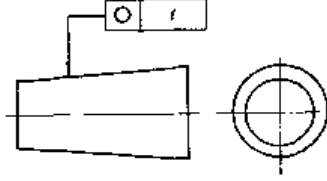
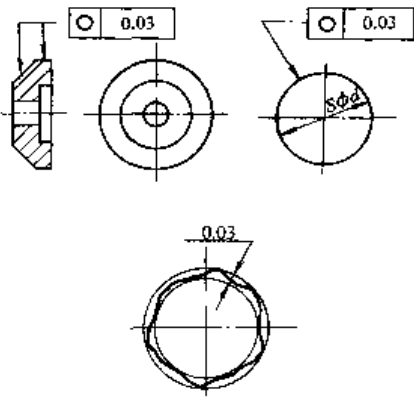
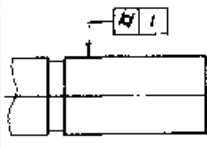
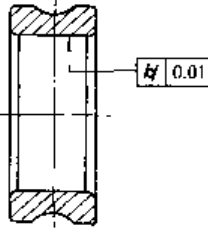
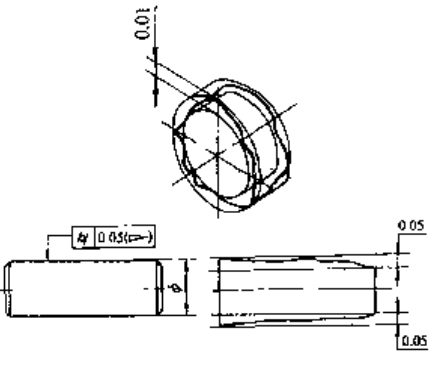
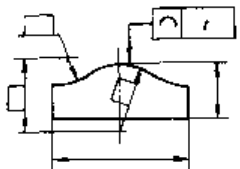
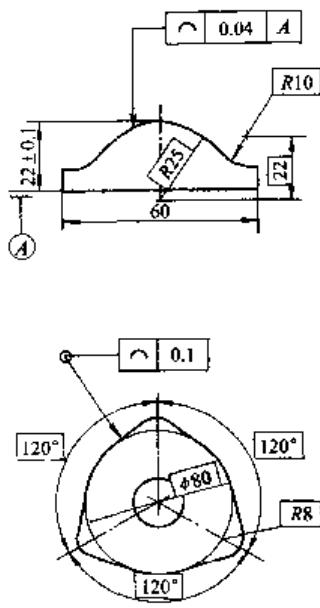
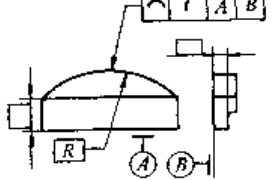
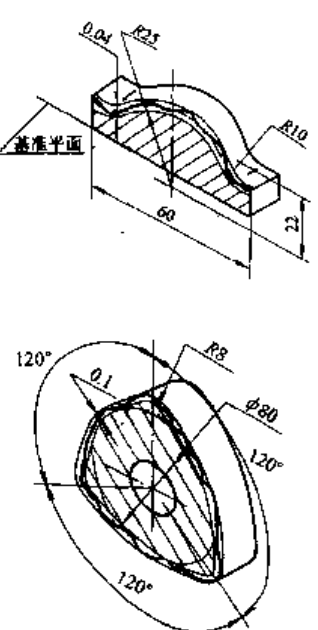
项目	符号	公差带定义	标注和解释	示 例
圆 度	○	公差带是在同一正截面上,半径差为公差值 $t$ 的两同心圆之间的区域	被测圆柱面任一正截面的圆周必须位于半径差为公差值 $t$ 的两同心圆之间  被测圆锥面任一正截面上的圆周必须位于半径差为公差值 $t$ 的两同心圆之间 	
		公差带是半径差为公差值 $t$ 的两同轴圆柱面之间的区域	被测圆柱面必须位于半径差为公差值 $t$ 的两同轴圆柱面之间  	

表 5.3-24 形状或位置公差带定义及标注示例

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示 例
线 轮廓 度	⌒	公差带是包络一系列直径为公差值 $t$ 的圆的两包络线之间的区域。诸圆的圆心位于具有理论正确几何形状的线上。 a) 无基准要求	在平行于图样所示投影面的任一截面上,被测轮廓线必须位于包络一系列直径为公差值 $t$ ,且圆心位于具有理论正确几何形状的线上的两包络线之间 	
		b) 有基准要求		

(续)

项目 符号	公差带定义	标注和解释	示 例
面 轮 廓 度	公差带是包络一系列直径为公差值 $t$ 的球的两包络面之间的区域, 诸球的球心应位于具有理论正确几何形状的面上 a) 无基准要求	被测轮廓面必须位于包络一系列球的两包络面之间, 诸球的直径为公差值 $t$ , 且球心位于具有理论正确几何形状的面上	
	b) 有基准要求		

在英国、加拿大等国标准中还规定了单向控制线、面轮廓度误差的表示方法。图 5.3-11a 表示只允许面轮廓向内变化, 将粗点划线沿部分轮廓画出, 并注出面

轮廓度公差的要求 (向内)。其公差带解释及理论正确轮廓见图 5.3-11b, 此时, 公差带置于理论正确轮廓之内。这种表示方法简明易懂, 可参考采用。

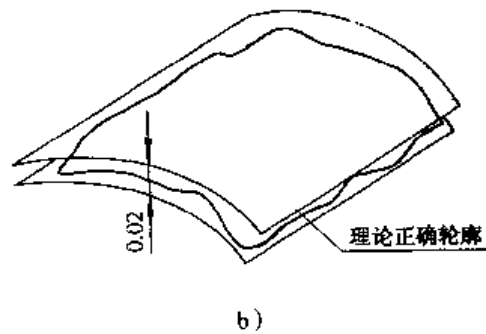
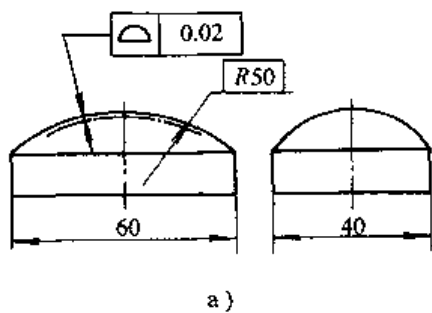


图 5.3-11 单向控制线、面轮廓度误差

### 4.3 定向公差带定义及标注

定向公差属位置公差, 是关联要素的方向相对于基准所允许的变动量。其定义、标注方法和示例见表 5.3-25。

### 4.4 定位公差带定义及标注

定位公差属位置公差, 是关联要素的位置相对于

基准所允许的变动量。其定义、标注方法和示例见表 5.3-26。

### 4.5 跳动公差带定义及标注

跳动公差是由被测要素跳动量之差控制其形状和位置变动量的综合指标。

跳动公差包括圆跳动和全跳动公差。

圆跳动是指被测要素围绕基准轴线在无轴向移动

的前提下在任一测量平面内旋转一周时的最大变动量，即最大跳动量与最小跳动量之差。

圆跳动公差按其测量方向可分为径向圆跳动、端面圆跳动和斜向圆跳动三种。

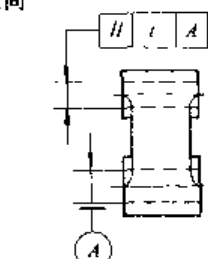
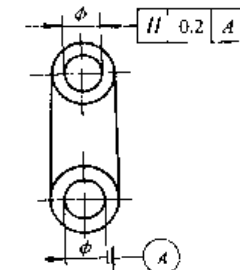
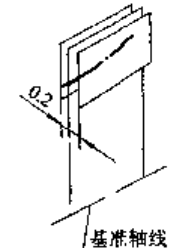
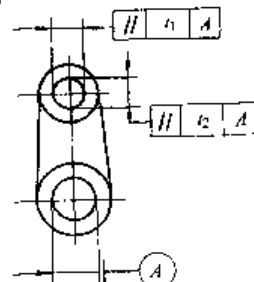
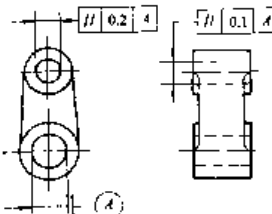
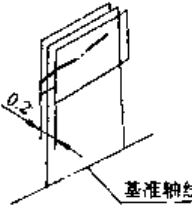
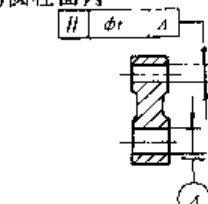
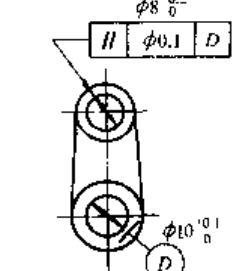
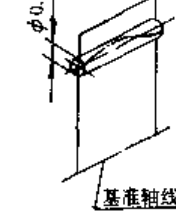
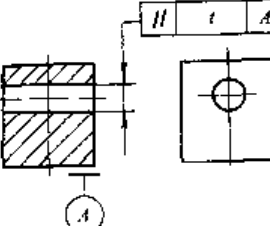
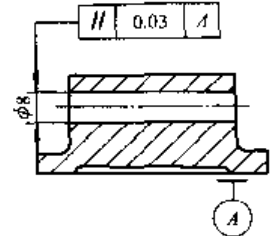
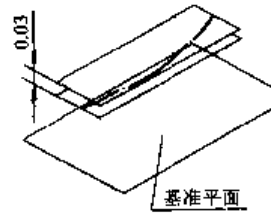
全跳动是指被测要素绕基准轴线在任轴向移动的

前提下旋转，在整个表面上的最大变动量即最大跳动量与最小跳动量之差。

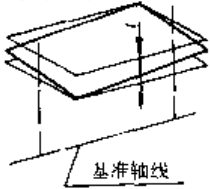
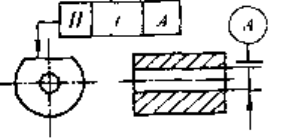
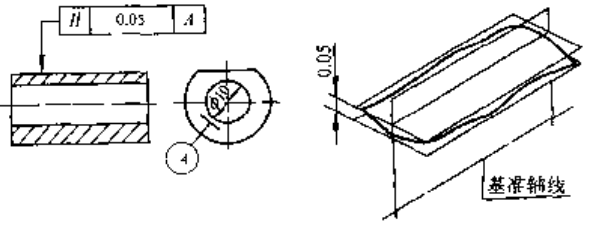
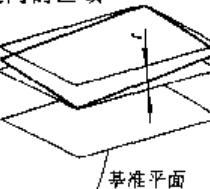
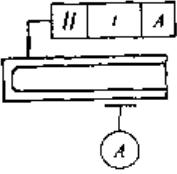
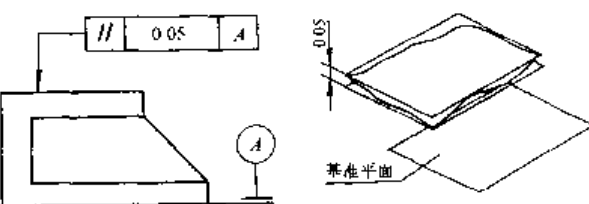
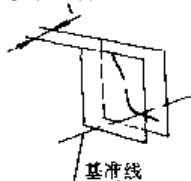
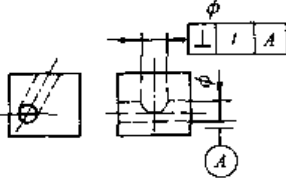
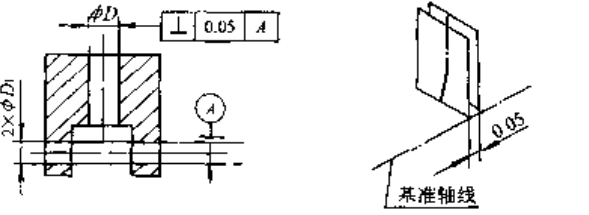
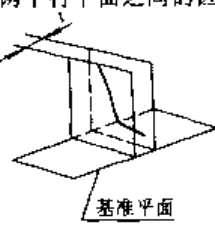
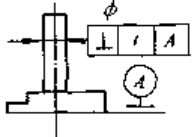
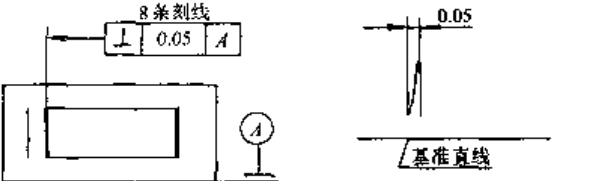
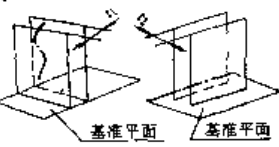
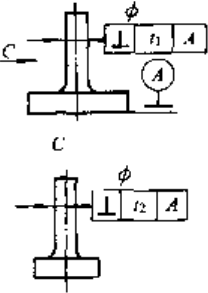
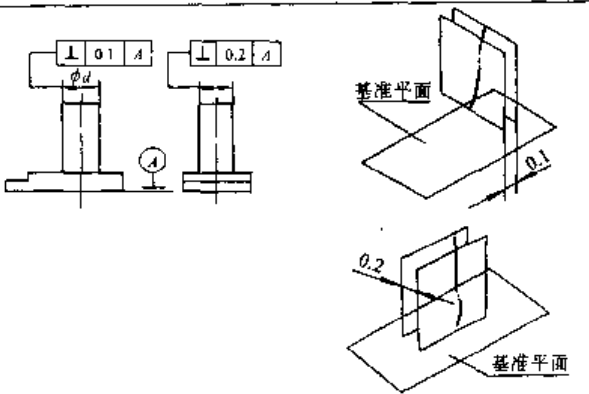
全跳动公差分径向全跳动和端面全跳动两种。

跳动公差带的定义，标注方法及示例见表 5.3-

表 5.3-25 定向公差带定义及标注示例

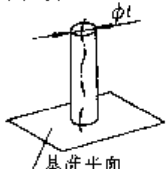
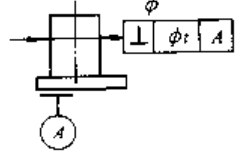
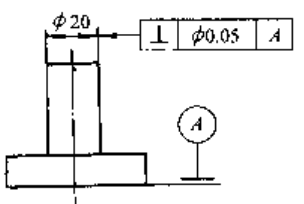
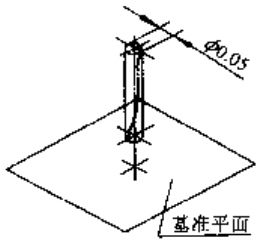
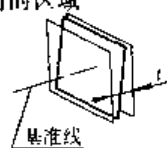
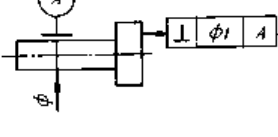
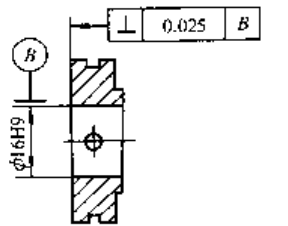
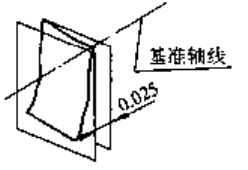
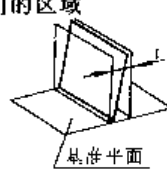
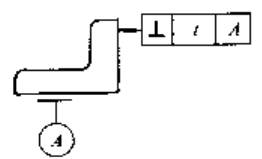
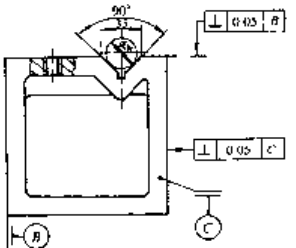
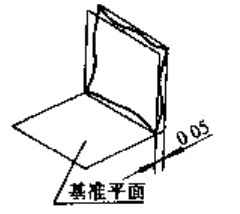
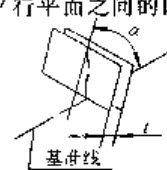
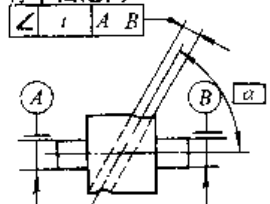
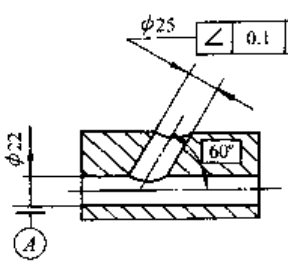
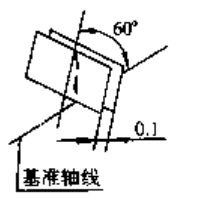
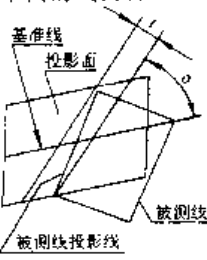
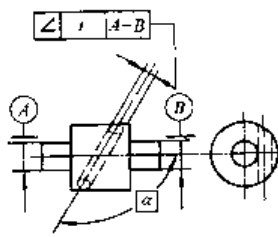
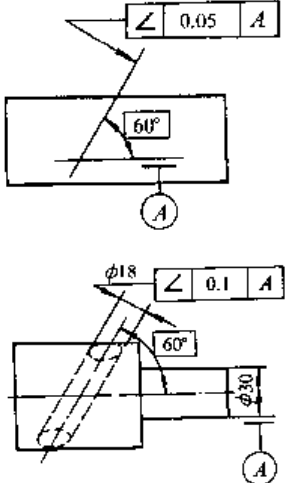
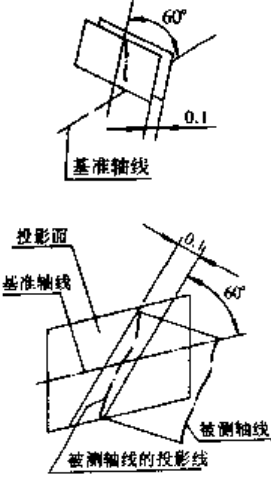
项目 符号	公差带定义	标注和解释	示例
平 行 度	<p>1) 线对线</p> <p>a) 给定一个方向 公差带是距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准线位于给定方向上的两平行平面之间的区域</p>	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 <math>t</math>，且在给定方向上平行于基准轴线的两平行平面之间</p> 	 
	<p>b) 给定相互垂直的两个方向 公差带是两对互相垂直的距离为 <math>t_1</math> 和 <math>t_2</math>，且平行于基准线的两平行平面之间的区域</p>	<p>被测轴线必须位于距离分别为公差值 <math>t_1</math> 和 <math>t_2</math> 的在给定的互相垂直方向上且平行于基准轴线的两组平行平面之间</p> 	 
	<p>c) 任意方向 如在公差值前加注 <math>\phi</math>，公差带是直径为公差值 <math>t</math>，且平行于基准线的圆柱面内的区域</p>	<p>被测轴线必须位于直径为公差值 <math>t</math>，且平行于基准轴线的圆柱面内</p> 	 
	<p>2) 线对面 公差带是距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准平面 <math>B</math> (基准平面) 的两平行平面之间的区域</p>	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准表面 <math>B</math> (基准平面) 的两平行平面之间</p> 	 

(续)

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示例
平行度	//	<p>3) 面对线 公差带是距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准线的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准轴线</p>	<p>被测表面必须位于距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准线(基准轴线)的两平行平面之间</p> 	 <p>基准轴线</p>
		<p>4) 面对面 公差带是距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准面的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准平面</p>	<p>被测表面必须位于距离为公差值 <math>t</math>，且平行于基准表面(基准平面)的两平行平面之间</p> 	 <p>基准平面</p>
垂直度	⊥	<p>1) 线对线 公差带是距离为公差值 <math>t</math>，且垂直于基准线的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准线</p>	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 <math>t</math>，且垂直于基准线(基准轴线)的两平行平面之间</p> 	 <p>基准轴线</p>
		<p>2) 线对面 a) 给定一个方向 在给定方向上，公差带是距离为公差值 <math>t</math> 且垂直于基准面的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准平面</p>	<p>在给定方向上被测轴线必须位于距离为公差值 <math>t</math>，且垂直于基准表面 <math>A</math> 的两平行平面之间</p> 	 <p>基准直线</p>
		<p>b) 给定相互垂直的两个方向 公差带分别是互相垂直的距离为 <math>t_1</math> 和 <math>t_2</math> 且垂直于基准面的两对平行平面之间的区域</p>  <p>基准平面</p>	<p>被测轴线必须位于距离分别为公差值 <math>t_2</math> 和 <math>t_1</math> 的互相垂直且垂直于基准平面的两对平行平面之间</p> 	 <p>基准平面</p>



(续)

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示例
垂直度	<p>c) 任意方向</p> <p>如公差值前加注 <math>\phi</math>, 则公差带是直径为公差值 <math>t</math>, 且垂直于基准面的圆柱面内的区域</p> 	<p>被测轴线必须位于直径为公差值 <math>t</math>, 且垂直于基准线(基准平面)的圆柱面内</p> 		
	<p>3) 面对线</p> <p>公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且垂直于基准线的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测面必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且垂直于基准线(基准轴线)的两平行平面之间</p> 		
	<p>4) 面对面</p> <p>公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且垂直于基准面的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测面必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且垂直于基准平面的两平行平面之间</p> 		
倾斜度	<p>1) 线对线</p> <p>a) 在同一平面内</p> <p>被测线和基准线在同一平面内, 公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准线成一给定角度的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且与 A-B 公共基准线成一理论正确角度的两平行平面之间</p> 		
	<p>b) 不在同一平面内</p> <p>被测线与基准线不在同一平面内, 公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准成一给定角度的两平行平面之间的区域。如被测线与基准不在同一平面内, 则被测线应投影到包含基准轴线的平面上, 公差带是相对于投影到该平面的线而言</p> 	<p>被测轴线投影到包含基准轴线的平面上, 它必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 并与 A-B 公共基准线成理论正确角度 <math>\alpha</math> 的两平行平面之间</p> 		

(续)

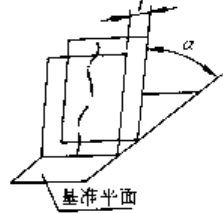
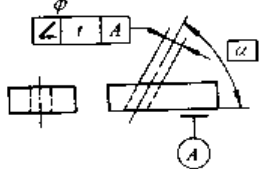
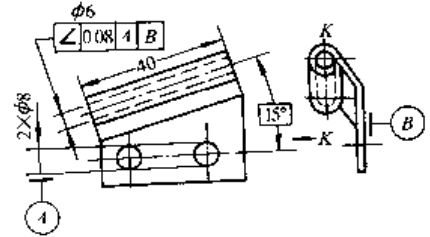
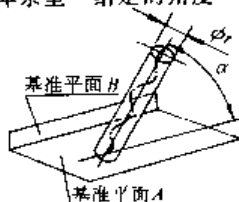
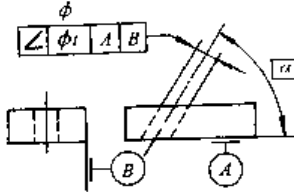
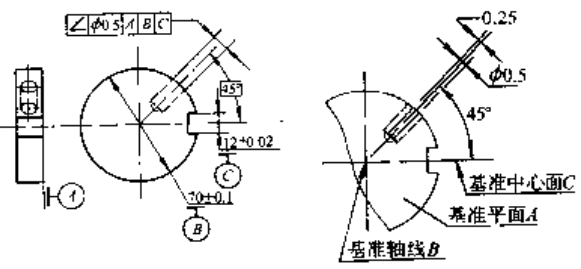
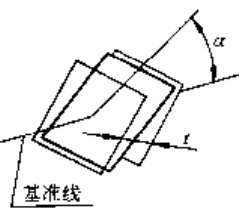
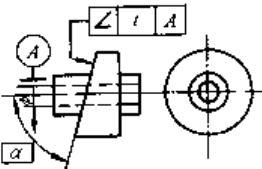
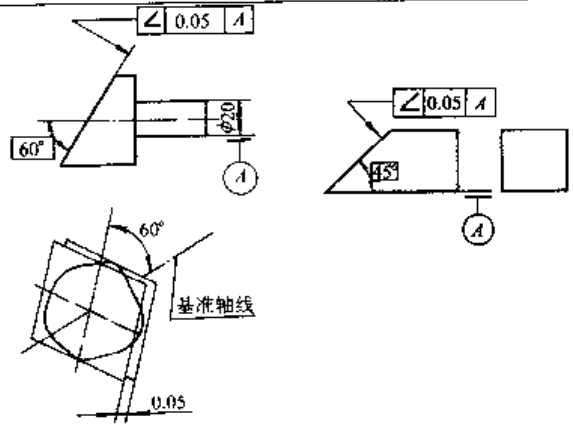
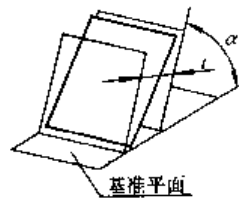
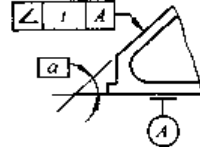
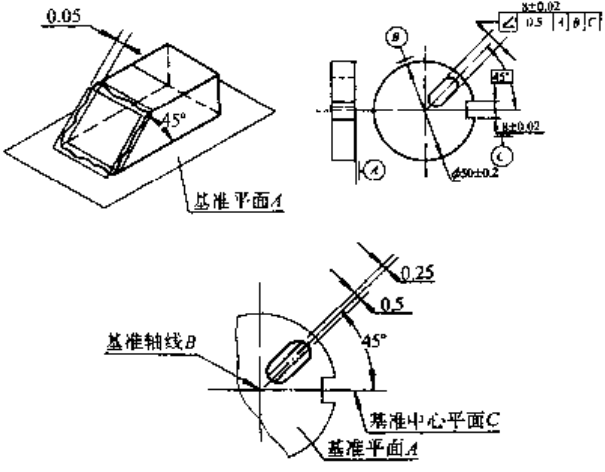
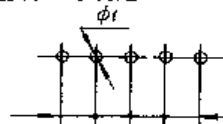
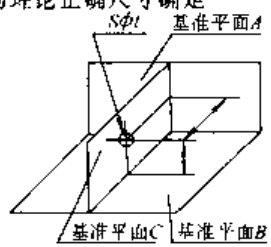
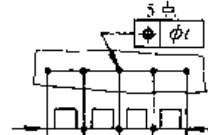
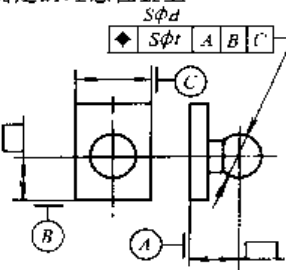
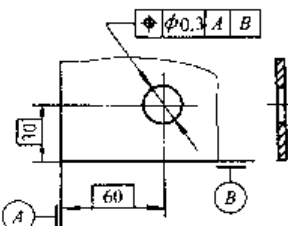
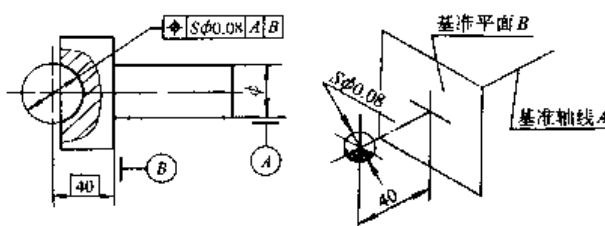
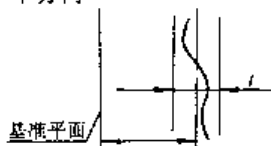
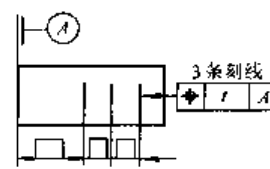
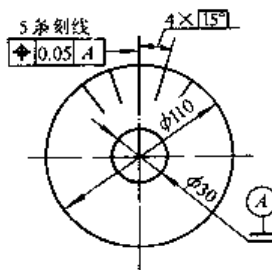
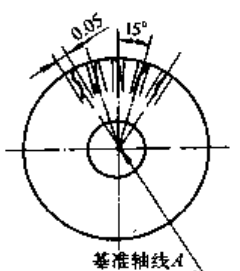
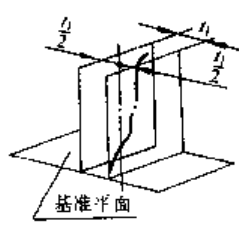
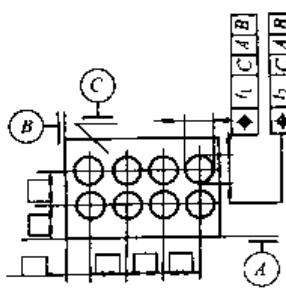
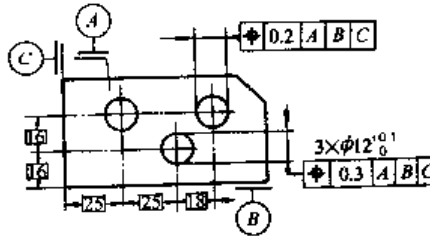
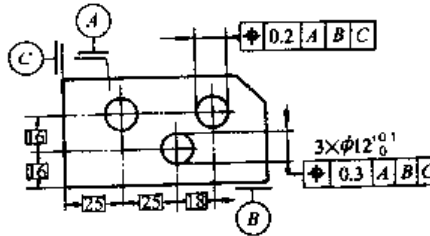
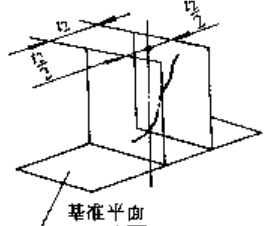
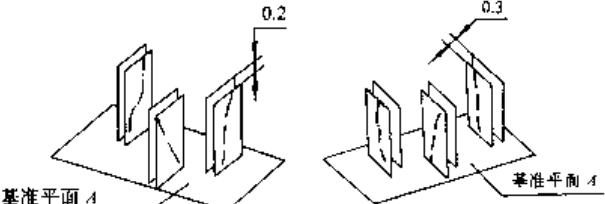
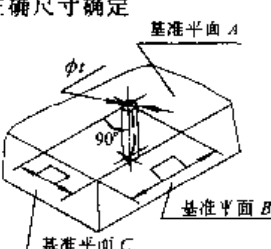
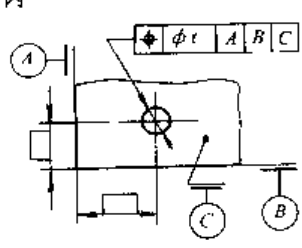
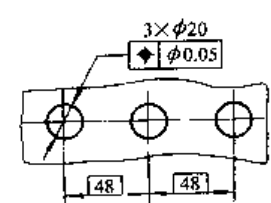
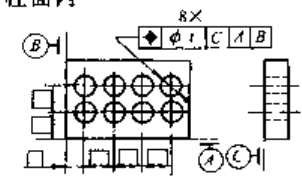
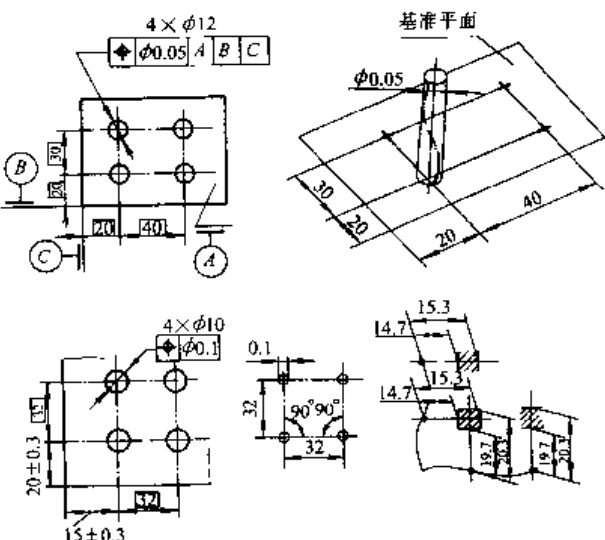
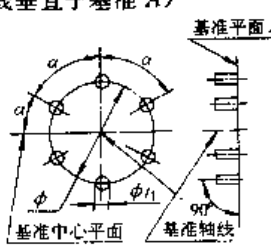
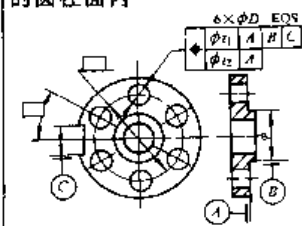
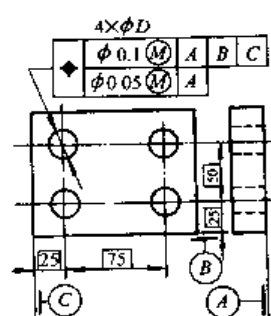
项目符号	公差带定义	标注和解释	示例
倾	<p>2) 线对面</p> <p>a) 给定方向 公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准成一给定角度的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准面 (基准平面) 成理论正确角度 <math>60^\circ</math> 的两平行平面之间</p> 	
	<p>b) 任意方向 如在公差值前加注 <math>\phi</math>, 则公差带是直径为公差值 <math>t</math> 的圆柱面内的区域, 该圆柱面的轴线应平行于基准平面, 并与基准体系呈一给定的角度</p> 	<p>被测轴线必须位于直径为 <math>t</math> 的圆柱公差带内, 该公差带应平行于垂直于基准的平面并与基准面 (基准平面) 呈理论正确角度 <math>\alpha</math></p> 	
斜度	<p>3) 面对线 公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准线 (基准轴线) 成理论正确角度 <math>75^\circ</math> 的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测表面必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准线 (基准轴线) 成理论正确角度 <math>75^\circ</math> 的两平行平面之间</p> 	
	<p>4) 面对面 公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准面成一给定角度的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测表面必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且与基准面 (基准平面) 成理论正确角度 <math>\alpha</math> 的两平行平面之间</p> 	

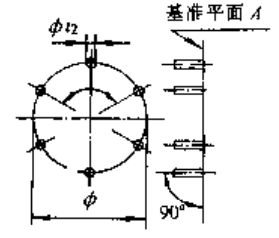
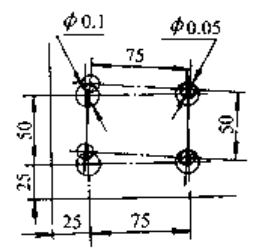
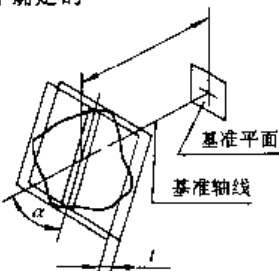
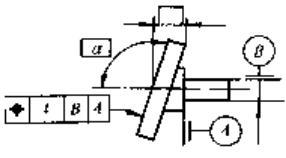
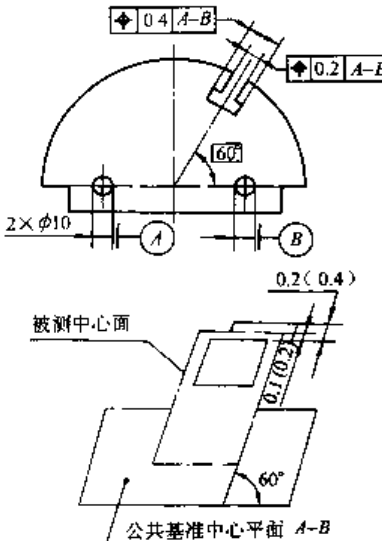
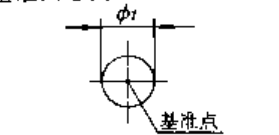
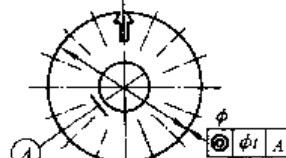
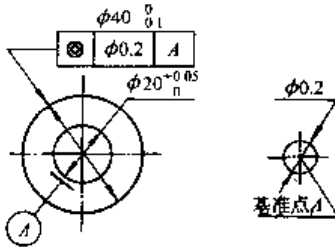
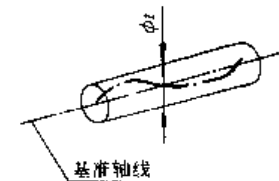
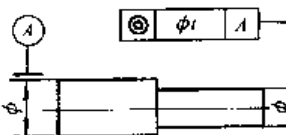
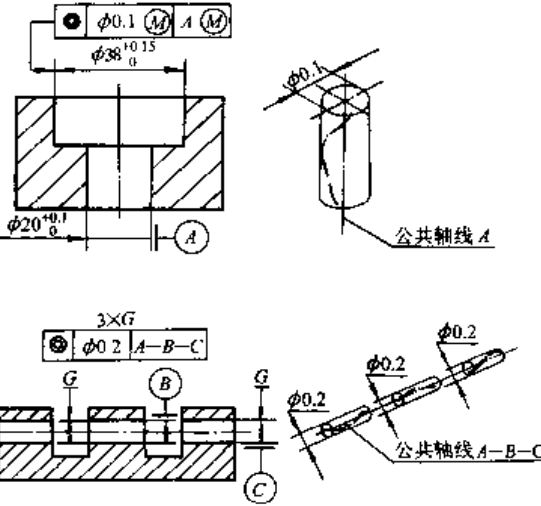
表 5.3-26 定位公差带定义及标注示例

项目 符号	公差带定义	标注和解释	示 例
位置度	<p>1) 点的位置度</p> <p>如公差值前加注 <math>\phi</math>, 公差带是直径为公差值 <math>t</math> 的圆内的区域。圆公差带的中心点的位置由相对于基准 <math>A</math> 和 <math>B</math> 的理论正确尺寸确定</p>  <p>如公差值前加注 <math>S\phi</math>, 公差带是直径为公差值 <math>t</math> 的球内的区域。球公差带的中心点的位置由相对于基准 <math>A, B</math> 和 <math>C</math> 的理论正确尺寸确定</p> 	<p>两个中心线的交点必须位于直径为公差值 <math>t</math> 的圆内, 该圆的圆心位于相对基准 <math>A</math> 和 <math>B</math> (基准直线) 所确定的点的理想位置上</p>  <p>被测球的球心必须位于直径为公差值 <math>t</math> 的球内, 该球的球心位于相对基准 <math>A, B, C</math> 所确定的理想位置上</p> 	<p>示例 1: 标注 <math>\phi 0.3 A B</math> 的孔, 其圆心相对于基准 <math>A</math> 和 <math>B</math> 的位置度公差带为直径 <math>0.3</math> 的圆。</p>  <p>示例 2: 标注 <math>S\phi 0.08 A B C</math> 的球, 其球心相对于基准 <math>A, B, C</math> 的位置度公差带为直径 <math>0.08</math> 的球。</p> 
	<p>2) 线的位置度</p> <p>a) 给定一个方向</p> <p>公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且以线的理想位置为中心线对称配置的两平行直线之间的区域。中心线的位置, 由相对于基准 <math>A</math> 的理论正确尺寸确定的, 此位置度公差仅给定一个方向</p> 	<p>每根刻线的中心线必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且相对于基准 <math>A</math> 所确定的理想位置对称的诸两平行直线之间</p> 	<p>示例 1: 标注 <math>\phi 0.05 A</math> 的 5 条刻线, 其中心线相对于基准 <math>A</math> 的位置度公差带为距离 <math>0.05</math> 且以理想位置为中心线对称配置的两平行直线之间的区域。</p>  <p>示例 2: 标注 <math>4 \times 15^\circ</math> 的刻线, 其中心线相对于基准 <math>A</math> 的位置度公差带为距离 <math>0.05</math> 且以理想位置为中心线对称配置的两平行直线之间的区域。</p> 
<p>b) 给定相互垂直的两个方向</p> <p>公差带是两对互相垂直的距离为 <math>t_1</math> 和 <math>t_2</math>, 且以轴线的理想位置为中心对称配置的两平行平面之间的区域。轴线的理想位置是由相对于三基准体系的理论正确尺寸确定的, 此位置度公差相对于基准给定相互垂直的两个方向</p> 	<p>各个被测孔的轴线必须分别位于两对互相垂直的距离为 <math>t_1</math> 和 <math>t_2</math>, 且相对于 <math>C, A, B</math> 基准表面 (基准平面) 所确定的理想位置对称配置的两平行平面之间</p> 	<p>示例: 标注 <math>\phi 0.2 A B C</math> 的孔, 其轴线相对于基准 <math>A, B, C</math> 的位置度公差带为两对互相垂直的距离为 <math>0.2</math> 且以理想位置为中心对称配置的两平行平面之间的区域。</p>  <p>标注 <math>3 \times \phi 12_{-0.01}^0</math> 的孔, 其轴线相对于基准 <math>A, B, C</math> 的位置度公差带为两对互相垂直的距离为 <math>0.3</math> 且以理想位置为中心对称配置的两平行平面之间的区域。</p> 	

(续)

项目 符号	公差带定义	标注和解释	示 例
	 <p>基准平面</p>	<p>标注和解释</p>	 <p>基准平面 A</p>
位置度	<p>c)任意方向 如在公差值前加注 <math>\phi</math>, 则公差带是直径为 <math>t</math> 的圆柱面内的区域, 公差带的轴线的位置由相对于三基面体系的理论正确尺寸确定</p>  <p>基准平面 A 基准平面 B 基准平面 C</p>	<p>被测轴线必须位于直径为公差值 <math>t</math>, 且以相对于 C、A、B 基准表面(基准平面)所确定的理想位置为轴线的圆柱面内</p>  <p><math>\phi t</math> A B C</p>	 <p><math>3 \times \phi 20</math> <math>\phi 0.05</math> A B C</p>
		<p>每个被测轴线必须位于直径为公差值 <math>t</math>, 且以相对于 C、A、B 基准表面(基准平面)所确定的理想位置为轴线的圆柱面内</p>  <p><math>\phi t</math> C A B</p>	 <p>基准平面 <math>\phi 0.05</math> A B C</p> <p><math>4 \times \phi 10</math> <math>\phi 0.1</math> A</p>
	<p>d)复合位置度 公差带分别是直径为公差值 <math>\phi_1</math> 的圆柱面内的区域(该圆柱面轴线相对于三基面体系确定)和公差带为 <math>\phi_2</math> 的圆柱面内的区域(该圆柱面的轴线垂直于基准 A)</p>  <p>基准平面 A 基准中心平面 基准轴线</p> <p>孔组定位位置度公差带</p>	<p>被测轴线必须位于公差值为 <math>\phi_1</math> 且以相对于 A、B、C 三基准表面(基准平面)所确定的理想位置为轴线的圆柱面内, 同时也必须位于公差值为 <math>\phi_2</math>, 其轴线垂直于基准面 A 的圆柱面内</p>  <p><math>6 \times \phi D</math> EOS <math>\phi_1</math> A B C <math>\phi_2</math> A</p>	 <p><math>4 \times \phi D</math> <math>\phi 0.1</math> A B C <math>\phi 0.05</math> A</p>

(续)

项目 符号	公差带定义	标注和解释	示 例
位置度	 <p>孔组内各孔位置度公差带</p>		 <p>在最大实体状态下</p>
	<p>3) 面的位置度 公差带是距离为公差值 <math>t</math>, 且以面的理想位置为中心对称配置的两平行平面之间的区域, 面的理想位置是由相对于三基面体系的理论正确尺寸确定的</p> 	<p>被测表面必须位于距离为公差值 <math>t</math>, 且以相对于基准线 <math>B</math> (基准轴线) 和基准表面 <math>A</math> (基准平面) 所确定的理想位置对称配置的两平行平面之间</p> 	 <p>被测中心面 公共基准中心平面 A-B</p>
同轴度(同心度)	<p>1) 点的同心度 公差带是公差值为 <math>\phi t</math>, 且与基准圆心同心的圆内的区域</p> 	<p>外圆的圆心必须位于公差值为 <math>\phi t</math>, 且与基准圆心同心的圆内</p> 	
	<p>2) 轴线的同轴度 公差带是公差值为 <math>\phi t</math> 的圆柱面的区域, 该圆柱面的轴线与基准轴线同轴</p> 	<p>圆的轴线必须位于公差值为 <math>\phi t</math>, 且与基准轴线同轴的圆柱面内</p> 	 <p>公共轴线 A</p> <p>公共轴线 A-B-C</p>

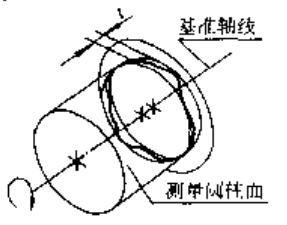
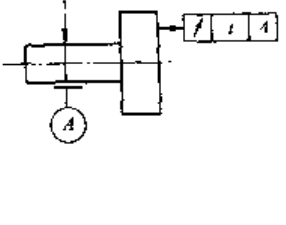
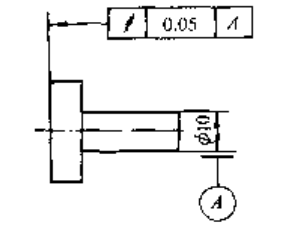
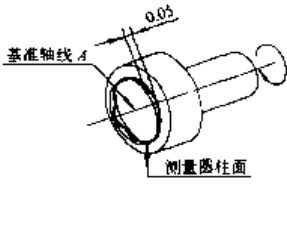
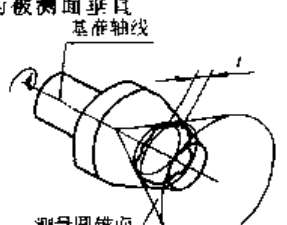
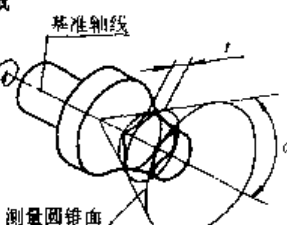
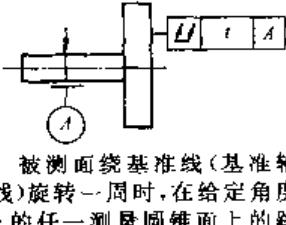
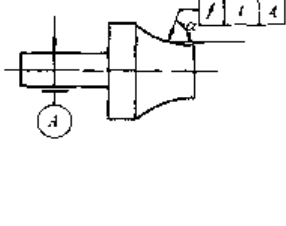
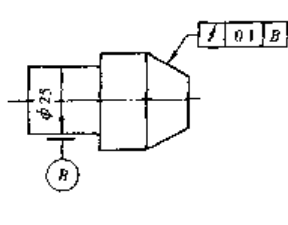
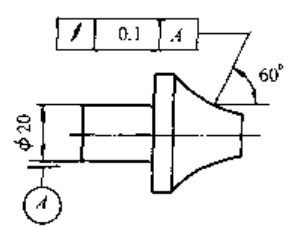
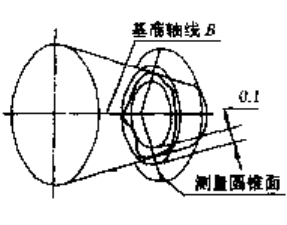
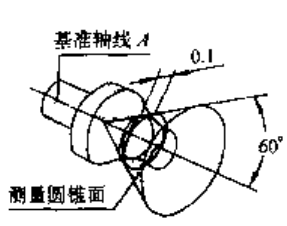
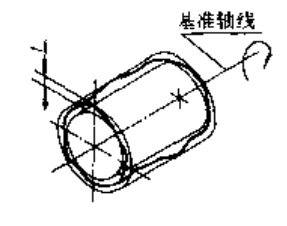
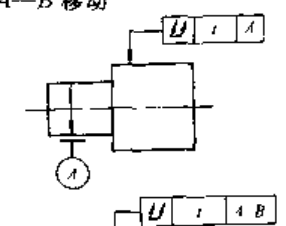
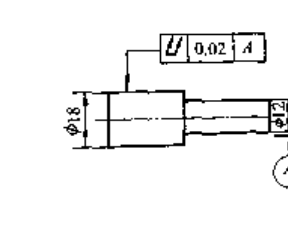
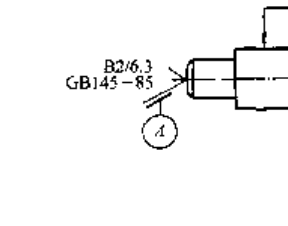
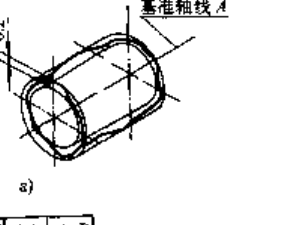
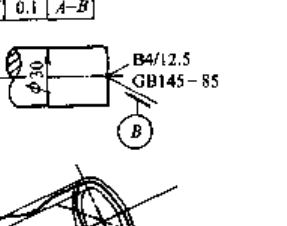
(续)

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示例	
对称度	≡	公差带是距离为公差值 $t$ ，且相对基准的中心平面对称配置的两平行平面之间的区域	被测中心平面必须位于距离为公差值 $t$ ，且相对于基准中心平面 $A$ 对称配置的两平行平面之间		

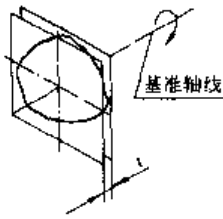
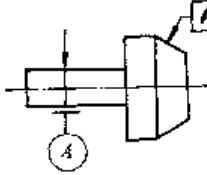
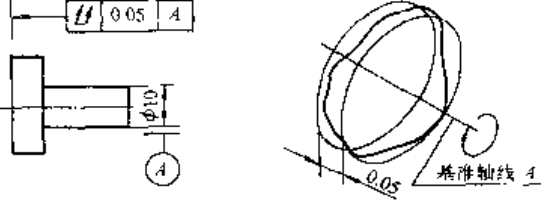
表 5.3-27 跳动公差带定义及标注示例

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示例	
圆跳动	/	(1) 径向圆跳动 公差带是在垂直于基准轴线的任一测量平面内半径差为公差值 $t$ ，且圆心在基准轴线上两个同心圆之间的区域	当被测要素围绕基准线 $A$ (基准轴线) 并同时受基准表面 $B$ (基准平面) 的约束旋转一周时，在任一测量平面内的径向圆跳动量均不得大于 $t$		
圆跳动	/	跳动通常是围绕轴线旋转一整周，也可对部分圆周进行控制	被测要素绕基准线 $A$ (基准轴线) 旋转一个给定的部分圆周时，在任一测量平面内的径向圆跳动量均不得大于 $t$		

(续)

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示 例
圆跳动	<p>(2) 端面圆跳动</p> <p>公差带是在与基准同轴的任一半径位置的测量圆柱面上距离为 <math>t</math> 的两圆之间的区域</p> 	<p>被测量围绕基准线(基准轴线)旋转一周时,在任一测量平面内的轴向跳动量均不得大于 <math>t</math></p> 		
	<p>(3) 斜向圆跳动</p> <p>公差带是在与基准同轴的任一测量圆锥面上,距离为 <math>t</math> 的两圆之间的区域</p> <p>除另有规定,其测量方向应与被测面垂直</p>  <p>公差带是在与基准同轴的任一给定角度的测量圆锥面上,距离为 <math>t</math> 的两圆之间的区域</p> 	<p>被测量绕基准线(基准轴线)旋转一周时,在任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于 <math>t</math></p>  <p>被测量绕基准线(基准轴线)旋转一周时,在给定角度 <math>\alpha</math> 的任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于 <math>t</math></p> 	 	 
全跳动	<p>(1) 径向全跳动</p> <p>公差带是半径差为公差值 <math>t</math>,且与基准或公共基准同轴的两圆柱面之间的区域</p> 	<p>被测要素围绕基准线 A-B 作若干次旋转,并在测量仪器与工件间同时作轴向移动,此时在被测要素上各点间的示值差均不得大于 <math>t</math>,测量仪器或工件必须沿着基准轴线方向并相对于公共基准轴线 A-B 移动</p> 	 	 

(续)

项目	符号	公差带定义	标注和解释	示例
全跳动	$\text{U}$	<p>(2) 端面全跳动 公差带是距离为公差值 <math>t</math>，且与基准垂直的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测要素围绕基准轴线作若干次旋转，并在测量仪器与工件间作径向移动，此时，在被测要素上各点间的示值差均不得大于 <math>t</math>，测量仪器或工件必须沿着轮廓具有理想正确形状的线和相对于基准轴线的正确方向移动</p> 	

### 4.6 延伸公差带的含义及标注

延伸公差带是一种特殊的公差带标注方法，以满足特殊的功能要求。GB/T 17773—1999《形状和位置公差 延伸公差带及其表示法》中规定了延伸公差带的含义、符号及图样上的标注形式。修订后的 GB/T 13319《位置度公差注法》标准中也将其纳入附录。

#### (1) 延伸公差带的含义

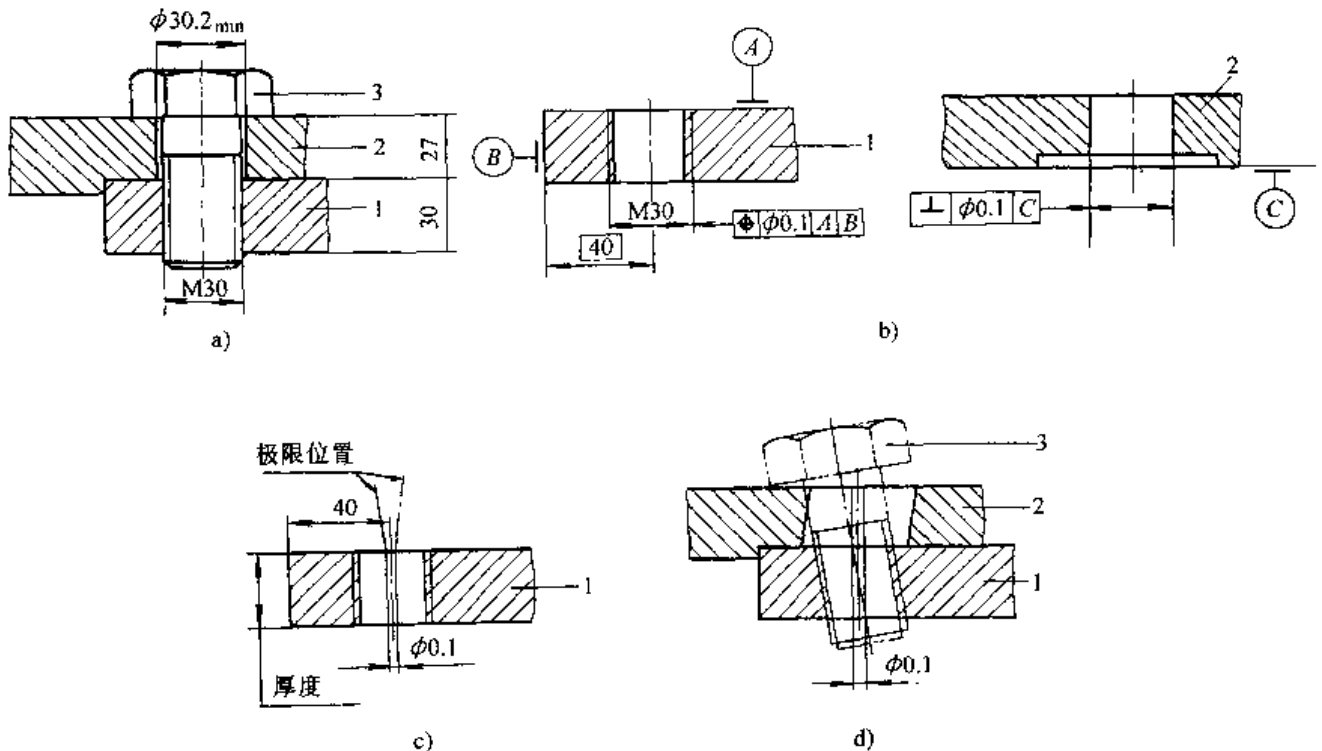


图 5.3-12

图 5.3-12a 表示板 1 和板 2 用螺钉 3 联接。

图 5.3-12b 表示板 1 板 2 各自的位置公差要求。

图 5.3-12c 表示板 1 和板 2 孔的轴线各自均在给定的公差带内。但由于板 2 有自身的厚度及板 2 与板

对于螺纹件（螺钉、螺柱、螺栓等），销、键等联接件，如各自给出形位公差要求，常会出现虽各自能满足所给出的形位公差要求，但仍无法保证装配的情况。其原因是在装配时，联接件之间产生了干涉现象。

为避免联接件在装配时产生的干涉现象，以保证其顺利装配，应该采用延伸公差带。

图 5.3-12 表示采用各自给出形位公差带的方法，导致装配时产生干涉的图例。

1 的总高度使螺钉装入后在板 2 的位置上产生了干涉（图 5.3-12d）

图 5.3-13 表示采用延伸公差带以保证装配的图例。



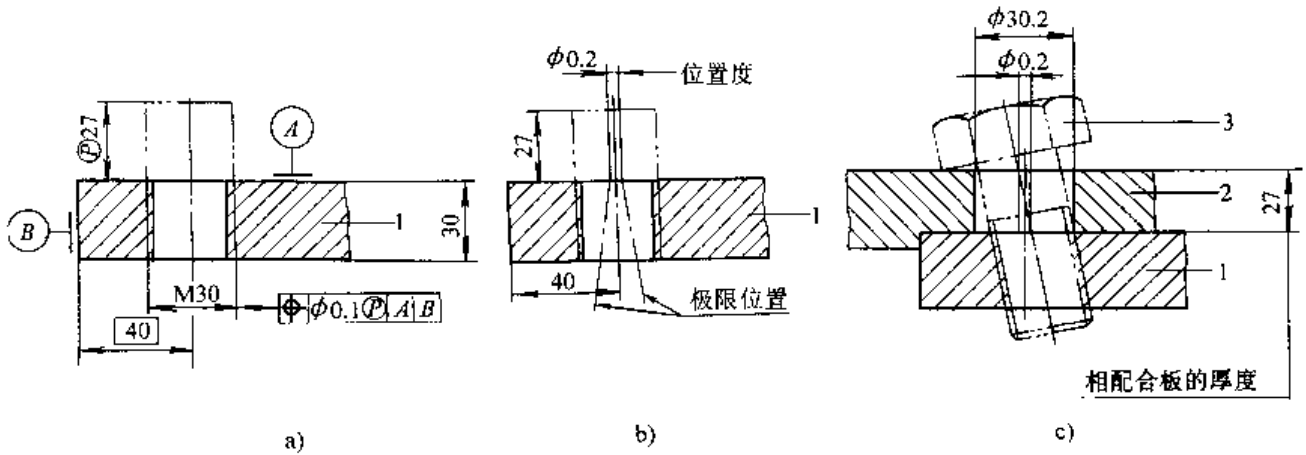


图 5.3-13

图 5.3-13a 表示板 1 螺孔轴线的位置度公差不在板 1 处控制, 而是将其向板 2 延伸在板 2 的位置上控制。此时, 应加注延伸公差带符号。

见表 5.3-28。

图 5.3-13b 表示在板 2 高度处控制板 1 的实际轴线在给定的公差带内。

图 5.3-13c 表示由于在板 2 处的板 1 孔的轴线已被控制在公差带内, 则必然不再产生干涉, 可以顺利地用螺钉 3 进行装配。

(2) 延伸公差带的符号及标注

采用延伸公差带时应加注延伸公差带符号, 延伸公差带符号采用其英文名词 Project Tolerance Zone 中的第一个字的首字母 P 并围以圆圈, 即  $\textcircled{P}$ 。

在图样上除应将符号  $\textcircled{P}$  加注在形位公差框格中公差值的右边外, 还应在图样中延伸长度的尺寸数字前加注符号  $\textcircled{L}$ , 见图 5.3-14。

(3) 延伸公差带示例

延伸公差带常用于螺纹联接、销联接和键联接等。延伸公差带的采用类型根据零件功能要求而定。示例

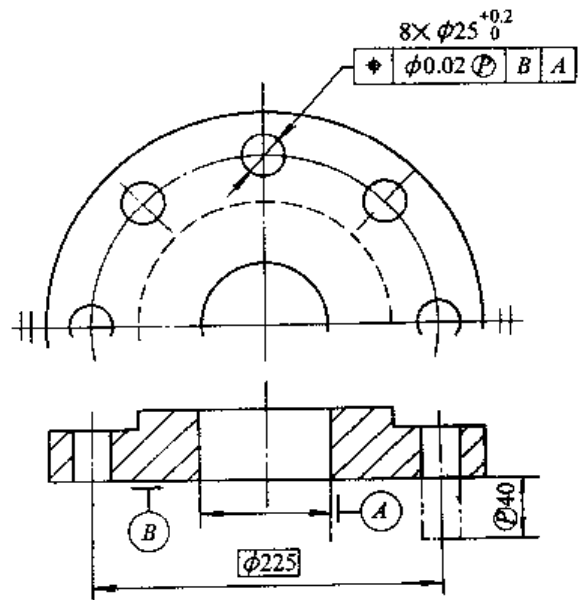
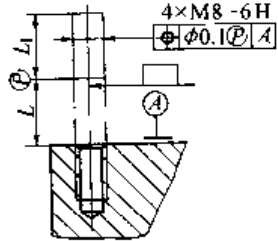
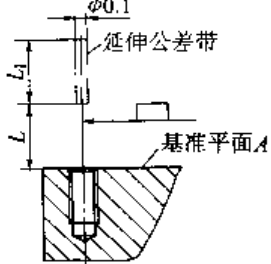
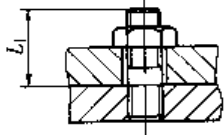
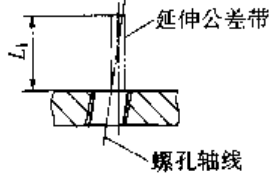
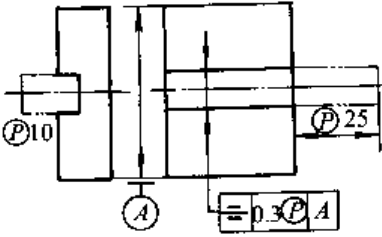
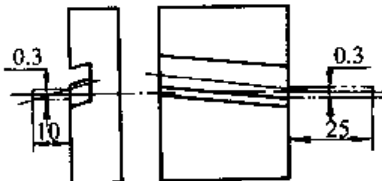


图 5.3-14

表 5.3-28 延伸公差带示例

序号	应用场合	标注	公差带解释
1	用于控制螺孔轴线相对于板 1 的位置		
2	用于控制轴任意的直相交		

(续)

序号	应用场合	标 注	公差带解释
3	用于控制某一离轴线的正确位置		
4	用于控制螺孔的轴线位置		
5	用于控制两个方向的对称		

#### 4.7 非刚性零件的定义及标注

非刚性零件在加工或装配时,由于受到外力的影响,其要素处于受约束的状态,形位误差值较小。一旦去除外力,其形位误差值会大大超出受力时的状态。如何判断该类零件的形位误差合格与否是生产中经常出现的问题。我国于1997年批准发布了GB/T16892-1997《形状和位置公差 非刚性零件注法》,规定了非刚性零件的定义及标注方法,解决了这类零件误废的情况。

##### (1) 非刚性零件的定义与应用原则

1) 非刚性零件 在自由状态下相对其处于约束状态下会产生显著变形的零件。如金属薄壁件,挠性材质零件如橡胶件,塑料件等。非刚性零件用 Non-Rigid Part 中的字首(大写)“NR”表示。

2) 自由状态 零件只受到重力作用时的状态。

##### 3) 应用原则

① 非刚性零件在自由状态下的允许变形量应满足装配条件下的形位公差要求,装配应在正常的受力状态下进行。这样就保证了非刚性零件装配后的功能要求。

② 零件在自由状态时,虽已摆脱了外力的影响,但仍然受着自身重力的影响,一些大型的薄壳零件会受重力的影响产生变形。因此,零件在自由状态时的放

置方向十分重要,对于这类零件应在给出自由状态条件下的形位公差值同时,在图样上注出造成零件变形的各种因素,如重力方向,支撑状态等。

##### (2) 非刚性零件的符号及标注

1) 非刚性零件的标注 非刚性零件常需给出在自由状态条件下的形位公差带。有时可同时给出约束条件下和自由状态条件下形位公差要求。

自由状态条件的符号为 $\textcircled{F}$ ,采用其英文名词 Free State 中 Free 的大写字母 F 并加一圆圈。

2) 在图样上注出在自由状态下形位公差要求的前提条件 当重力是零件产生变形的主要因素时,应用箭头和大写字母“G”标明重力方向。必要时也应表达其支撑状态。

3) 在图样下面注明所要求的约束条件。

4) 在标题栏附近注明“GB/T16892-NR”。此时所有不加注 $\textcircled{F}$ 的形位公差要求均应认为它们是处于约束状态下的要求。

##### (3) 非刚性零件标注示例

1) 图 5.3-15 是一个薄壁圆柱零件的标注示例。

2) 图 5.3-16 是发动机壳体的标注示例。本例同时给出了自由状态和受约束力状态下的形位公差。

由于该零件较大而薄,其变形量也受其自身重量的影响。因此需用双线箭头注出重力方向,并在箭头下加注“G”字样。

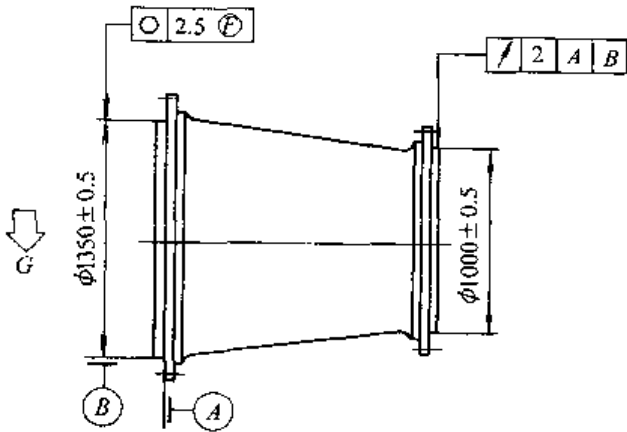


图 5.3-15 标注示例 (一)

约束条件: 基准平面 A 是固定面 (用 64 个 M6 的螺栓以 9~15N·m 的扭矩固定), 基准 B 由其相应的最大实体边界约束

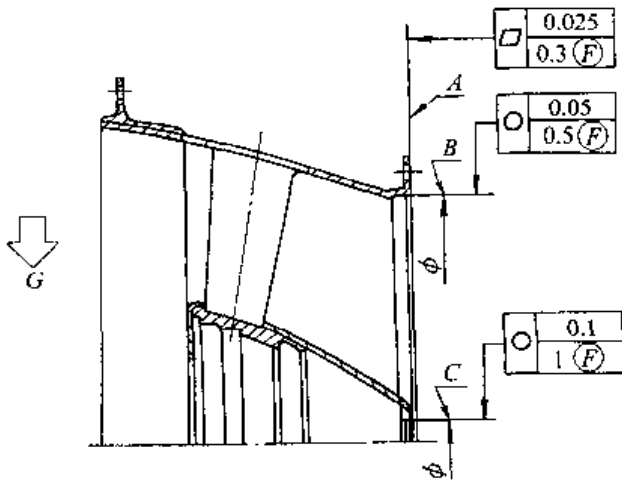


图 5.3-16 标注示例 (二)

约束条件: 基准平面 A 是固定面 (用 120 个 M20 的螺栓以 18~20N·m 的扭矩固定), 基准 B 由其相应的最大实体边界约束

### 5 位置度公差

位置度公差是以带方框的理论正确尺寸给定被测要素的理想位置, 并对每一个被测要素给定位置度公差, 以此限制被测要素的实际位置对其理想位置的变动。理论正确尺寸不附带公差, 理论上的正确尺寸用来确定被测要素的理想位置和理想方向。给出的位置度公差带相对于理论正确位置对称分布。对隐含的 0°、90°、180° 或零距离的理论正确尺寸省略标注。

位置度公差可用于单一要素, 也可用于成组要素。当用于成组要素时, 位置度公差带同时限定成组要素中的每一个要素。

位置度公差是各实际要素相互之间或各要素相对于一个或多个基准的理想位置所允许的变动全量。因此位置度公差带可以相对于基准确定, 也可以不相对基准在各要素之间确定。

#### 5.1 位置度注法的特点

采用位置度注法来控制被测要素的实际位置与坐标尺寸及公差的注法相比具有显著的优点, 见表 5.3-29。

#### 5.2 位置度公差的图样表示法

位置度公差多用于孔组。孔组的位置度公差存在两种可能: 一种是孔组或孔组内各孔对零件上其他要素的位置关系; 一种是孔组内各孔之间的位置关系; 仅控制各孔对其理想位置的变动量, 对零件上的其他要素无位置关系的要求。因此, 前者是有基准要求的位置度, 而后者是没有基准要求的位置度。

位置度公差注法见表 5.3-38。

表 5.3-29 位置度注法与坐标尺寸注法对比

序号	内容	位置度公差		坐标尺寸公差	
		图例	说明	图例	说明
1	积累误差		<p>在任何情况下, 不存在积累误差, 便于位置精度的控制</p> <p>图 a 为一线排列的 4 孔, 图 b 为成方形排列的 4 孔, 无论呈什么形式排列, 均无积累误差</p>		<p>存在积累误差, 其大小与标注形式有关</p> <p>如尺寸及其公差采用链式标注 (图 a), 若相邻两孔之间的尺寸公差为 ±l' 则首尾的孔中心距的积累误差为: ±(n-1)l'</p> <p>如采用同一基准的标注方法 (图 b), 则第 2、3、...、n 孔相对于第 1 孔的最大孔距误差仅为 ±l'。但任意两孔 (除第 1 孔外) 间的孔距误差均为 ±2l'</p>

(续)

序号	内容	位置度公差		坐标尺寸公差	
		图例	说明	图例	说明
2	对被测要素的控制范围	<p>圆柱形公差带</p> <p>两平行平面公差带</p> <p>两对互相垂直的平行平面</p>	<p>可根据功能要求选择最恰当的公差带形状,如被测要素为轴线时,可以选用圆柱形公差带(图 a),也可选用二平行平面(图 b)或两对互相垂直的两平行平面(图 c)等等</p>	<p>方形公差带</p> <p>矩形公差带</p> <p>楔形公差带</p>	<p>在直角坐标尺寸公差注法中,只能给出正方形或矩形(图 a、图 b)公差带</p> <p>在极坐标尺寸公差注法中,只能给出楔形公差带(图 c)</p>
3	公差带的利用率	<p>57%增大区域</p> <p><math>\phi t = 1.4t_1</math></p>	<p>若要求在任意方向控制被测要素(点或线),在公差值前加注“<math>\phi</math>”,即<math>\phi t</math>(圆形),<math>S\phi t</math>(球形)。此时,在同样精度情况下比尺寸公差带扩大57%。此处的 <math>t = 1.4t_1</math></p>	<p>同左图</p>	<p>被测要素由尺寸公差 <math>t_1</math> 控制,在两个方向上给出,则公差带为 <math>t_1 \times t_1</math> 的方形,实际被测要素落在方形的对角线处是合格的,此时误差为 <math>1.4t_1</math>,但同样是 <math>1.4t_1</math> 落在别的位置则是不合格的</p>
4	对公差带的解释唯一性	<p>a)</p> <p>b)</p>	<p>表达明确、解释具有唯一性</p> <p>图 a 为对 4 孔组轴线给出位置度 <math>\phi 0.14</math> 的要求,图 b 为公差带的解释</p> <p>由于位置度公差未注明基准,4 孔组的几何图框相对于侧面允许平移和角向移动,但孔 1、3 和 1、2 的实际位置不能超越由定位尺寸公差规定的活动范围。这些孔的实际轴线必须位于位置度公差带与定位尺寸公差带的重叠部分。这种解释是唯一的,在国际上也是统一的,不会出现不同理解</p>	<p>a)</p> <p>b)</p> <p>方形公差带</p>	<p>规定不明确,公差带的形状和大小可能产生各种解释</p> <p>图 a 是同样一个 4 孔组零件,给出的是尺寸公差,则可以产生三种不同的解释,在生产中引起争议:</p> <p>解释 1(图 a):设孔 1 的实际轴线在 <math>1.00 \times 1.00\text{mm}</math> 公差带的右下角,以此基准确定其他 3 孔位置时,在水平方向上 1、2 两孔的中心距公差 <math>0.20\text{mm}</math> 全部集中在孔 2 上,在垂直方向上,1、3 两孔的中心距差 <math>0.20\text{mm}</math> 全部集中在孔 3 上,则 2、3 孔的公差带各</p>

(续)

序号	内容	位置度公差		坐标尺寸公差	
		图例	说明	图例	说明
4	对公差带解释的唯一性				<p>为一条长 0.20mm 的直线右下角孔 4 的公差带为一个 0.2×0.2 的正方</p> <p>解释 2(图 b): 在水平方向上, 将 1、2 孔的中心距公差均布在孔 1、2 上, 在垂直方向上, 仍令 1、3 (2、4) 两孔的中心距公差全部集中在孔 3(4) 上, 则 1、2 两孔的公差带各为一条长 0.10mm 的直线 3、4 两孔的公差带各为一个 0.10×0.2mm 的矩形</p> <p>解释 3(图 c): 若 4 个孔的两孔中心距公差均布在各个孔上, 则各孔的公差带都是一个 0.10×0.10mm 的正方形</p>
5	检验方法		采用圆形或圆柱形公差带时, 可采用模拟最不利装配状态的功能量规, 检查时, 只要量规通过, 零件即为合格		公差带总是方形或矩形, 只能用通用量具进行两点法测量, 无法使用功能量规
6	基准及基准目标		引进基准和基准体系, 在图样上明确地指示基准和基准体系。不仅可明确地表达设计要求, 且解释唯一, 使设计、加工和检验理解一致, 可采用基准目标, 降低加工成本		设计者不在图样中明确地给出基准, 而是采用“隐含基准”的概念。“隐含基准”由加工或检验人员自定。容易产生多种解释, 也不能保证设计、加工和检验的一致性, 无法采用基准目标

表 5.3-30 位置度公差注法

序号	方法	基准要求	图例	解释
1	直角坐标注法	有基准要求		3 孔组中各孔对零件侧面有基准要求。各孔的中心线要平行于基准 A, 各孔之间由理论正确尺寸确定理想轴线的位置, 并给出公差带 φ0.1 (图 a)。其几何图框及公差带解释见图 b

(续)

序号	方法	基准要求	图 例	解 释																																																
1	直角坐标注法	无基准要求	<p>a) 标注                      b) 几何图框</p>	上下两排 6 个孔,各孔轴线之间的位置由理论正确尺寸控制,其允许变动量为 $\phi$ (图 a),6 个孔对零件的侧面、底面均无几何关系的要求,其几何图框见图 b																																																
2	极座标法	有基准要求	<p>a) 标注                      b) 几何图框</p>	对分布在同一中心线上的各个成组要素,给定位置度公差时,采用同一基准或基准体系,如图 a 所示。由于孔组是均匀分布的,理论正确尺寸允许不注,但必须在孔的尺寸旁加注“EQS”(均匀分布)。由于是同一基准的两个不同孔组,其几何图框为由各自理论正确尺寸确定的,共同构成的一个单几何图框(图 b)																																																
		无基准要求	<p>a) 标注                      b) 几何图框</p>	4 孔轴线在理论正确尺寸为直径的圆周上均匀分布(图 a),无基准要求,只需保持 4 孔之间所要求的位置关系,其几何图框见图 b																																																
3	直角坐标与极坐标混合注法	无基准要求	<p>a) 标注                      b) 几何图框</p>	用理论正确角度和理论正确尺寸联合控制孔组轴线位置或倾斜面的位置是常见的方法,图 a 表示由理论正确尺寸 20 和 30,理论正确角度 60°联合控制 4 个 $\phi 12$ 孔轴线之间的位置度示例。图 b 为其几何图框																																																
4	表格法		<p>a)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th><math>\bar{x}</math></th> <th><math>\bar{y}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3</td><td>20</td><td>60</td></tr> <tr><td>4</td><td>20</td><td>20</td></tr> <tr><td>5</td><td>60</td><td>80</td></tr> <tr><td>6</td><td>60</td><td>40</td></tr> <tr><td>7</td><td>90</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>90</td><td>20</td></tr> <tr><td>9</td><td>120</td><td>80</td></tr> <tr><td>10</td><td>120</td><td>40</td></tr> <tr><td>11</td><td>140</td><td>40</td></tr> <tr><td>12</td><td>160</td><td>60</td></tr> <tr><td>13</td><td>180</td><td>40</td></tr> <tr><td>14</td><td>160</td><td>20</td></tr> <tr><td>15</td><td>200</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> <p>b)</p>	序号	$\bar{x}$	$\bar{y}$	1	0	0	2	0	100	3	20	60	4	20	20	5	60	80	6	60	40	7	90	100	8	90	20	9	120	80	10	120	40	11	140	40	12	160	60	13	180	40	14	160	20	15	200	0	带有多孔的板类零件,为方便标注和图面清晰,其位置度要求常用表格法标注,如图 a 中各孔应注出序号、以对应于表格(图 b),表格与图一般应同置于一张图样中
序号	$\bar{x}$	$\bar{y}$																																																		
1	0	0																																																		
2	0	100																																																		
3	20	60																																																		
4	20	20																																																		
5	60	80																																																		
6	60	40																																																		
7	90	100																																																		
8	90	20																																																		
9	120	80																																																		
10	120	40																																																		
11	140	40																																																		
12	160	60																																																		
13	180	40																																																		
14	160	20																																																		
15	200	0																																																		

(续)

序号	方法	基准要求	图例	解释
5	位置公差的方向标注	有基准要求	<p>a) 标注 1—基准平面 A 2—基准平面 B</p>	<p>在一个方向上给定位置度公差(图 a)。此时,公差带是距离为给定的公差值 0.1,且以理论位置为中心对称分布的两平行直线(或两平行平面)之间的区域,公差带的宽度方向是框格指引线箭头所指的方向(图 b)</p>
			<p>a) 标注 b) 解释</p>	<p>在任意方向上给定位置度公差(图 a),公差带是直径为给定的公差值,且以理想位置为中心(或轴线)的圆、球(或圆柱)内的区域 由圆柱形公差带限制位置度公差带,如图 b 所示。圆柱形公差带随着实际被测要素的位置而浮动</p>
6	复合位置度注法	有基准要求	<p>a) b)</p>	<p>复合位置度是对同一组被测要素的两项不同的位置度要求。一项是被测孔组对三基准体系的孔组定位要求,另一项是被测孔组对某一基准(一般是主基准)的进一步要求(图 a)。复合位置度上下框格的两项要求必须同时满足 图 a 示 4 孔组相对于三基准体系的位置度要求为 <math>\phi 0.1</math>,采用最大实体要求。同时 4 孔中的每个孔相对于 A 基准的垂直要求(用位置度表示)的公差值为 0.05,也采用最大实体要求 图 b 示出这两项位置度要求的公差带图,<math>\phi 0.1</math> 圆为成组要素相对于三基准的公差带,<math>\phi 0.05</math> 圆为各孔对三基准的公差带,复合位置度要求两项公差必须同时满足。因而,仅斜线部分才是孔组的共用公差带,即实际孔的轴线只有位于斜线部位方为合格</p>

### 5.3 位置度的应用

位置度公差除用于相互平行、垂直或呈圆周分布的孔组外,也可用于控制类似关系的场合,如相交要素、共面、共线要素、沉孔孔组,非圆形成组要素、非平行轴线的成组要素等。同轴度和对称度也可视为位置度的特例。

位置度的应用见表 5.3-31。

表 5.3-31 位置度的应用

序号	应用方面	图例	解释
1	相交要求 线任意相交	<p>a) 标注 b) 公差带</p>	<p>当仅需要控制相交时,可给定一个方向的位置度公差。图 a 为图样标注,图 b 为公差带解释,此公差带控制一个方向上的相交误差</p>

(续)

序号	应用方面	图例	解释
1	垂直相交	<p>a) 标注</p> <p>b) 公差带</p>	<p>当需要控制垂直相交时,需在三维空间控制,采用任意方向(<math>\phi_r</math>)的位置度公差</p> <p>图 a 为图样标注,图 b 为公差带解释,此公差带控制两轴线在 <math>360^\circ</math> 范围内的相交误差</p>
	点相交	<p>a) 标注</p> <p>b) 公差带</p>	<p>当需要控制交点处的相交时,可用延伸公差带来控制位置度公差</p> <p>图 a 为图样标注,将孔轴线延伸至与之相交的另一孔的轴线上,控制其位置度,图 b 为公差带解释</p>
2	共面、共线要求	<p>a) 标注</p> <p>b) 公差带</p>	<p>当有共面要求的各要素具有同等重要的定位功能时,可采用相对公共平面的位置度公差</p> <p>图 a 为图样标注,图 b 为公差带解释</p>
		<p>a) 标注</p> <p>b) 公差带</p>	<p>当要求共面的各要素中,有的要素起主定位作用时,可采用以主定位要素为基准的位置度公差</p> <p>图 a 为图样标注,以左平面为基准,起主定位作用,图 b 为公差带解释</p>
3		<p>a) 标注</p> <p>b) 公差带</p>	<p>当沉孔与光孔的位置关系采用相同的位置度公差控制时,可采用一个位置度公差标注,作为一个整体孔组。此时,沉孔和光孔的位置度公差带直径相等,且位于相同的理想轴线上</p> <p>图 a 为图样标注,图 b 为公差带解释</p>
		<p>a) 标注</p> <p>b) 公差带</p>	<p>当沉孔与光孔的位置关系采用不同的位置度公差控制时,可分别对沉孔和光孔给定位度公差。此时,两个孔组的几何图框应重合,沉孔和光孔的位置度公差带直径不同,但位于相同的理想轴线上</p> <p>图 a 为图样标注,给出了两个不同数值的公差带,图 b 为公差带解释</p>



(续)

序号	应用方面	图 例	解 释
3		<p style="text-align: center;">位置图公差带</p> <p style="text-align: center;">a) 标注      b) 位置度公差带      c) 同轴度公差带</p>	<p>当光孔的位置用位置度公差控制, 沉孔与光孔的关系用同轴度公差分别控制时, 可给出光孔位置度公差和沉孔相对光孔的同轴度公差</p> <p>图 a 为图样标注, 图 b、c 分别为位置度和同轴度公差带</p>
4	非圆要素的要求	<p style="text-align: center;">a) 标注      b) 处于最大实体状态的公差带</p>	<p>圆形要素圆周分布的位置度公差标注原理同样适用于非圆形要素圆周分布的角向位置控制。采用位置度公差标注控制非圆形要素的中心平面, 此时, 公差带是距离为公差值 <math>t</math> 的一组两平行平面 (或两平行直线)</p> <p>图 a 为 6 槽中心平面的位置度要求。相对于以轴线 <math>A</math> 和端面 <math>B</math> 的基面体系, 采用最大实体要求, 图 b 为公差带解释</p>
5	非平行轴线的成组要素要求	<p style="text-align: center;">a) 标注      b)</p>	<p>位置度公差的标注原理同样可以用于控制轴线之间既不平行, 也不垂直于表面的孔组位置关系</p> <p>图 a 表示 <math>4 \times \phi 8</math> 和 <math>4 \times 12</math> 两组孔的位置度公差, 由于采用同一基准体系, 形成单一的几何图框。图 b 为公差带解释</p>
6	长孔两端面要求	<p style="text-align: center;">a) 标注      b) 公差带</p>	<p>对于较长的孔类要素, 根据功能要求, 可对其两端给出不同公差值的位置度。此时, 公差带为圆锥形</p> <p>图 a 给出了 8 孔 <math>\phi 12</math> 在 <math>C</math> 表面和 <math>D</math> 表面两个不同的位置度 <math>\phi 0.5</math> 和 <math>\phi 1</math>, 相对于同一基准体系。图 b 表示一端为 <math>0.5</math>、另一端为 <math>\phi 1</math> 的圆锥形公差带</p>

### 6 公差原则——独立原则与相关要求

在一般情况下, 图样中给出的各项要求都是基于功能的要求独立给出的, 如尺寸公差、形状或位置公差、表面粗糙度、表面波纹度等。它们均应各自满足设计要求。

我国于 1996 年发布了 GB/T4249—1996《公差原则》。该标准等效采用 ISO8015: 1985《技术制图—标注公差的基本原则》。标准规定了在加工和装配时, 应分别满足尺寸公差和形位公差的要求, 并将此原则规定为尺寸公差与形位公差之间应遵循的基本原则——独立原则, 将其他的一些特定关系称之为相关要求。

根据零件的功能要求,有时尺寸公差与形位公差之间应遵循一些特定的关系,也就是尺寸公差控制形位公差;尺寸公差补偿给形位公差;或是形位公差补偿给尺寸公差。这就是尺寸公差和形位公差之间的相关要求。

我国于1996年发布了相关要求的标准:GB/T 16671—1996《形状和位置公差—最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》。标准中规定了各相关要求所涉及的术语、定义、符号及表达方式。

## 6.1 独立原则

### 6.1.1 独立原则的解释

图样上给定的每一个尺寸和形状、位置要求均是独立的,并分别满足要求的原则称为独立原则。

独立原则是尺寸公差和形位公差间相互关系应遵循的基本原则,在图样上不加任何标注。如果对尺寸和形状,尺寸和位置之间的相互关系有特定要求时,应在图样上作出规定。

尺寸公差包括线性尺寸公差和角度公差,其特点为:

#### (1) 尺寸公差与形位误差各自独立

线性尺寸是两点之间的距离,它的公差由两点法测量,不控制要素本身的形状误差。

图5.3-17a表示一圆柱体其直径及极限偏差为 $\phi 150_{-0.04}^0$ ,即局部实际尺寸必须在 $\phi 149.96$ 与 $\phi 150$ 之间。如该零件的轴线弯曲,其局部实际尺寸均位于 $\phi 149.96 \sim \phi 150$ 之间,尺寸也是合格的,因为用两点法测量,其轴线弯曲状况并不反映在尺寸中,如图5.3-17b所示,可能出现无法装入与之相配的孔内。又如其横截面如成三棱状,此时实际直径均在尺寸公差范围内,尺寸是合格的,但由于存在着圆度误差。它在尺寸中无反映,如图5.3-19c所示,同样会出现无法装入所配孔内的情况。

#### (2) 角度公差排除形状误差

角度公差仅控制被测要素与理想要素之间的角度变动量,不控制被测要素的形状误差。其理想要素的位置应符合最小条件。

图5.3-18a为两线间角度公差的标注示例。

图5.3-18b表示对于形成角度的两根实际线,因为存在形状误差,无法确定其角度。应按实际线找出其理想直线,再确定这两根理想线之间的角度。理想线的确定应符合最小条件。从图中明显地看出测得的实际角度值并不反映这两根线的形状误差。

#### (3) 形位误差由形位公差控制

由于线性尺寸公差和角度公差实际上均不控制形

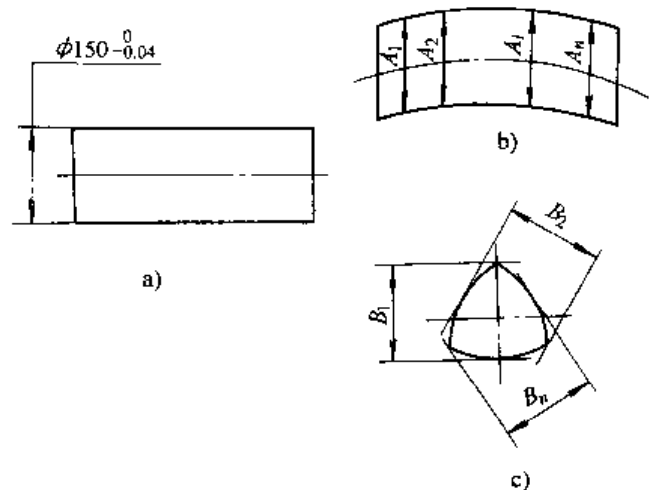


图 5.3-17

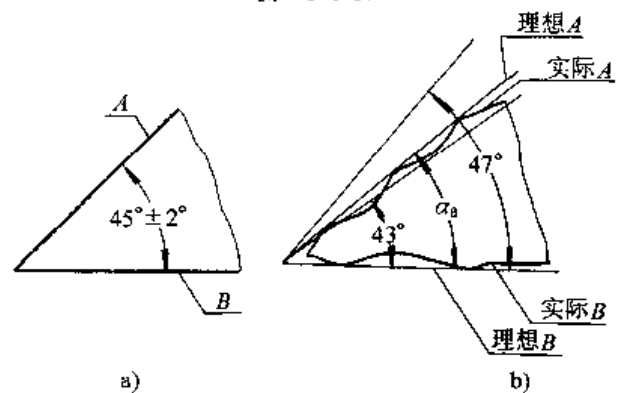


图 5.3-18

位误差,必须给出形位公差值以控制形位误差。此时,不论要素的局部实际尺寸如何,被测要素均应位于给出的形位公差带内。

图5.3-19a表示一圆柱体零件同时给出尺寸公差和形状公差。应按独立原则要求分别控制。

图5.3-19b表示虽然尺寸已达极限尺寸 $\phi 150$ ,仍允许存在0.02的圆度误差。

图5.3-19c表示不论尺寸处于最大还是最小极限尺寸,仍可存在0.06的直线度误差。

#### (4) 尺寸公差与形位公差应分别检验

独立原则是图样设计中处理尺寸公差和形位公差时应遵守的基本原则,检测时应分别进行,以满足各自要求。

独立原则没有综合的控制边界,只有各自的控制极限。

### 6.1.2 独立原则的优点

#### (1) 图样要求具有统一的解释

独立原则作为图样标注所通用的统一概念,可适用于一切要素和尺寸与公差标注,它的应用不会产生例外情况。

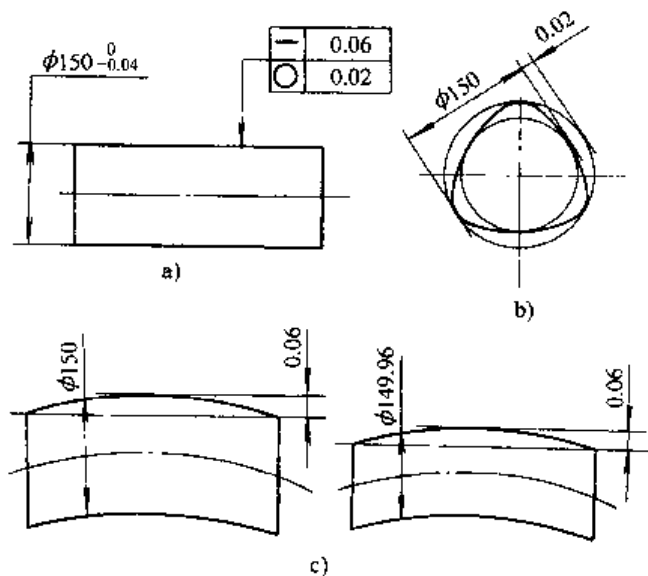


图 5.3-19

(2) 经济性好

采用独立原则时，可以通过使用关系符号或文字说明来表示各项技术要求间相互有关的附加要求，从而能够根据实际要素的具体功能要求来明确给定和区分不同的图样要求，经济地组织生产。

另一方面，对单一要素的功能起重要作用的形状误差，至今还会出现通过给定高精度的尺寸公差而间接地加以控制的情况。但是，尺寸公差在很大程度上是取决于机床操作者的技术水平和依赖于精心操作来保证的，而形状误差主要是取决于机床精度和制造方法，操作者的技术水平对形状误差的影响是轻微的。现在设计人员依据独立原则，按功能要求可选择较高精度的形状公差要求和尽可能大的尺寸公差，这样工艺人员可以根据形状公差选择相应精度的机床以保证形状精度，而较大的尺寸公差就可放宽对操作者技术水平的要求，取得节省费用和降低成本的经济效果。

(3) 图样标注无“隐含”要求

独立原则不存在“隐含”要求，各项要求及其相互关系均在图样上标出。此外它也不存在尺寸公差和形状公差在数值之间的固定关系，即形状公差的数值可以大于、等于或小于尺寸公差。

(4) 使设计、制造、检验协调一致

过去设计人员按泰勒原则来解释尺寸与形状公差之间的关系，但在车间实际生产中往往按独立原则用两点法进行测量，设计与生产之间产生矛盾，即没有按图样生产。按照独立原则，就可使图样的设计要求与制造方式以及检验控制更加协调，从而解决了设计人员与生产人员在图样解释上的矛盾，真正做到按图生产。

(5) 能表达与全形量规检验无关的设计意图

按照泰勒原则，最大实体尺寸是用全形通端量规

检验的。过去设计人员一旦给出尺寸和公差，就要遵循泰勒原则，必须采用全形量规来检验通端尺寸。按照独立原则，尺寸检验就不需要与全形量规相联系。

6.1.3 独立原则的应用场合

独立原则应用范围很广，常见有以下几种场合：

1) 形位精度要求较高，但尺寸精度要求较低的要素。图 5.3-20 为一测量平板，其上平面是一模拟零件基准的平面，要求较高的平面度，而平板的厚度尺寸则对功能没什么影响，采用未注公差。

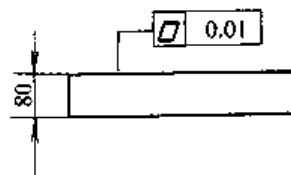


图 5.3-20

2) 尺寸精度要求高，形位精度要求低的要素，图 5.3-21 为零件上的通油孔，不需要配合，但需保证一定的尺寸精度以控制油的流量，而孔的形状公差要求较低，其轴线直线度、圆度等均按 GB/T1184—1996 中所规定的未注公差控制。

3) 尺寸与形位精度均要求较高，但不允许补偿或反补偿。图 5.3-22 为一连杆  $\phi 12.5$  孔与活塞销配合，内圆表面的尺寸精度与形状精度均要求较高，并不允许尺寸公差给以补偿，采用独立原则，并给出圆柱度公差。

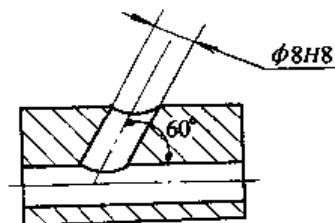


图 5.3-21

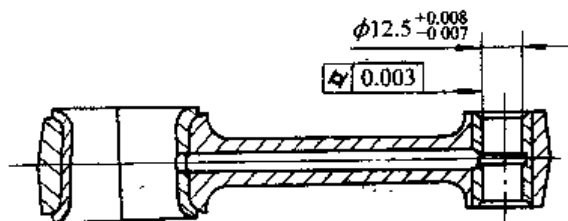


图 5.3-22

4) 形位与尺寸本身无必然联系的要素。图 5.3-23 为一轴类零件，被测要素是直径为  $\phi d$  端面相对于  $\phi d$  轴线的端面圆跳动，与两轴的实际直径无关，必须采用独立原则，分别给出要求。

5) 形位与尺寸均要求较低的非配合要素，如手柄、手柄、箱体、床身、轴端等外露件。

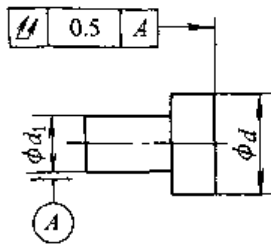


图 5.3-23

号之后加注符号“ $\text{\textcircled{E}}$ ”，见图 5.3-24。按此图要求，圆柱表面必须受其最大实体边界的控制。最大实体边界为  $\phi 150 + 0 = \phi 150$ ，其局部实际尺寸不得小于其最小实体尺寸即  $\phi 150 - 0.04 = 149.96$ 。

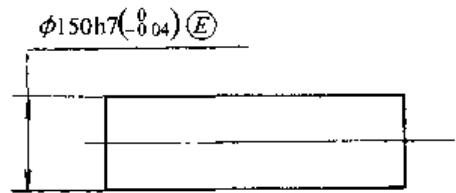


图 5.3-24

## 6.2 包容要求

### 6.2.1 包容要求的解释

包容要求即实际要素应遵守其最大实体边界，其局部实际尺寸不得超出最小实体尺寸的要求。

包容要求适用于单一尺寸要素。对于采用包容要求的单一尺寸要素，应在其尺寸极限偏差或公差带代

实际的圆柱表面在其最大实体边界内可呈任意形状。图 5.3-25a~d 为圆柱表面的纵截面可能呈现的四种情况：任意形、鞍形、弯曲形和最大实体尺寸时的理想形状。图 5.3-26a~d 为圆柱表面的横截面可能呈现的四种情况。

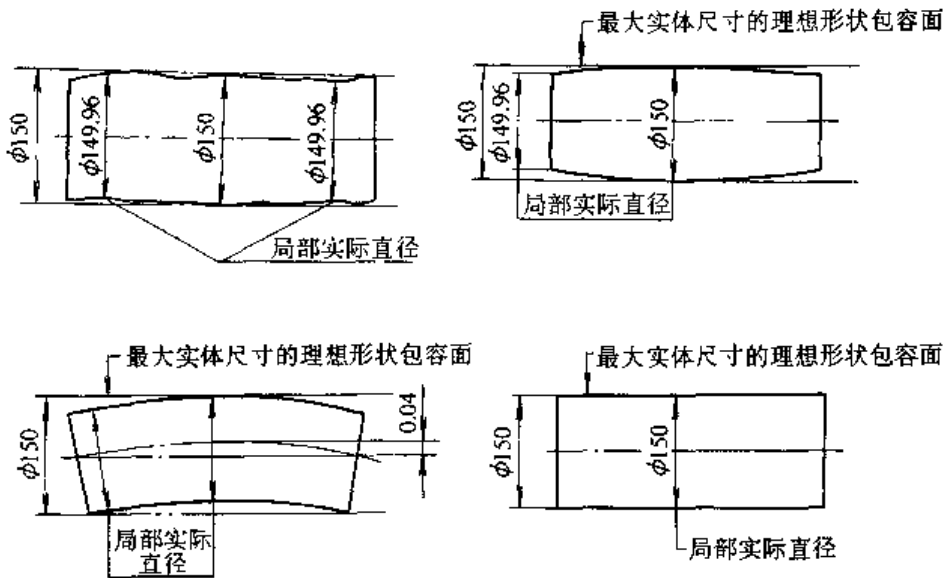


图 5.3-25

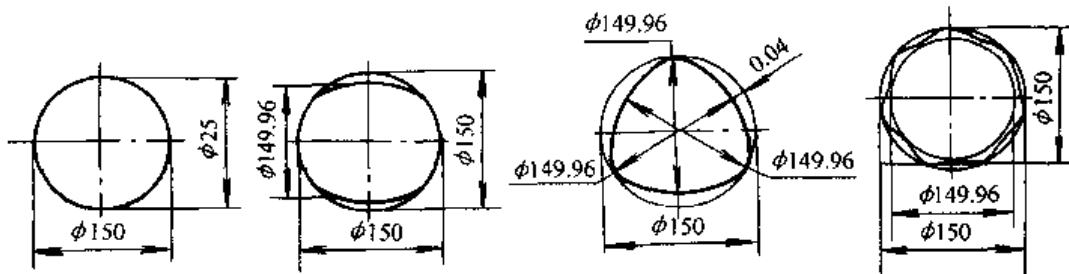


图 5.3-26

### 6.2.2 包容要求的应用要点

1) 包容要求用于保证零件的配合性质和公差配置要求的场合。被测要素的实际尺寸和形状误差所形成的综合边界不能超出最大实体边界，其实际尺寸不

能超越最小实体尺寸，以此来保证所需要的最小间隙或最大过盈。

2) 包容要求适用于单一尺寸要素，即圆柱面或两平行平面。对于精度或配合有严格要求的孔轴系统应采用包容要求。

3) 单一尺寸要素采用包容要求时, 应在其尺寸公差后面加注符号“ $\text{\textcircled{E}}$ ”。

### 6.2.3 包容要求的应用示例

#### (1) 保证精度



图 5.3-27

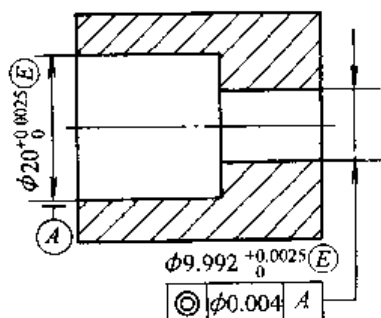


图 5.3-28

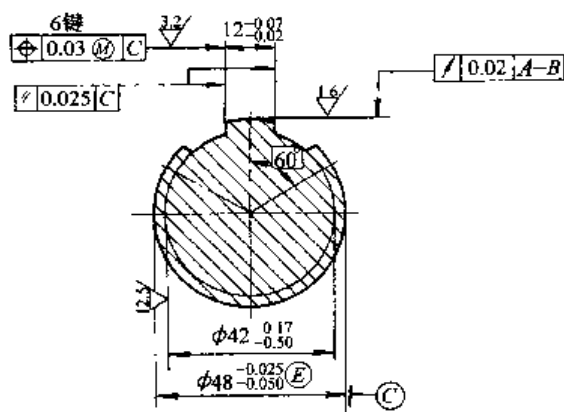


图 5.3-29

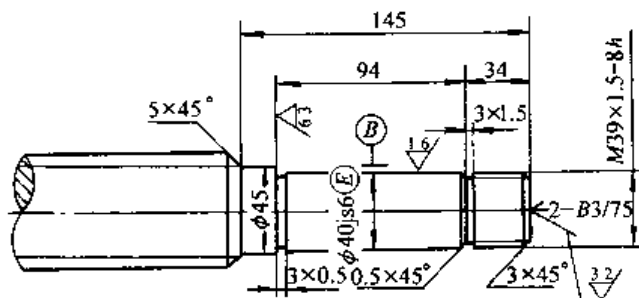


图 5.3-30

图 5.3-27 为一塞规, 测杆外圆采用包容要求以保证精度。图 5.3-28 为一同轴度量规, 两孔除同轴度要求外, 为保证精度需采用包容要求。

#### (2) 保证配合

图 5.3-29 为一花键轴, 齿外圆采用包容要求, 以保证与花键孔的配合。

图 5.3-30 为一铣床丝杠, 为保证配合, 轴颈部分采用包容要求。

## 6.3 最大实体要求

最大实体要求是一种形位公差与尺寸公差间的相关要求。当被测要素或基准要素偏离其最大实体状态时, 形状公差或位置公差可获得补偿值, 即所允许的形状或位置误差值可以在原设计的基础上增大。

最大实体要求适用于中心要素。采用最大实体要求应在形位公差框格中的公差值或(和)基准符号后加注符号“ $\text{\textcircled{M}}$ ”。

### 6.3.1 最大实体要求的术语及定义

除 2 节中介绍的术语及定义外, 最大实体要求涉及的专用术语及定义见表 5.3-32。

### 6.3.2 最大实体要求的应用要点

1) 所给出的形状或位置公差值是在被测要素或基准要素的实际轮廓处于最大实体状态的前提下给定的, 符号  $\text{\textcircled{M}}$  应紧接在公差框格中的公差值或基准符号之后标出。

2) 被测要素的实际轮廓是由最大实体尺寸和形位公差值综合形成的最大实体实效边界控制的。当被测要素处于该实效状态时, 装配间隙为最小。当被测要素的局部实际尺寸偏离其最大实体尺寸时, 可使形状或位置公差值超过所给出的值, 但必须位于该控制边界内。在一般情况下被测要素处于最小实体状态时, 形位公差所得到的补偿量为最大。

3) 当基准要素采用最大实体要求时, 其控制边界要看基准要素自身的要求而定。

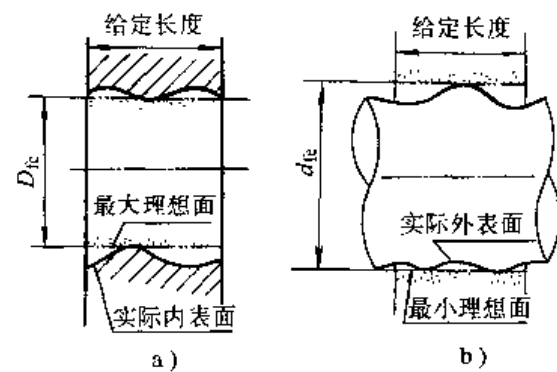
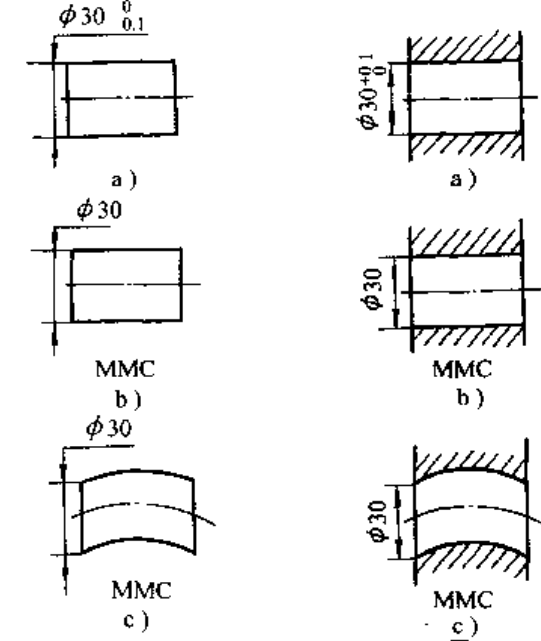
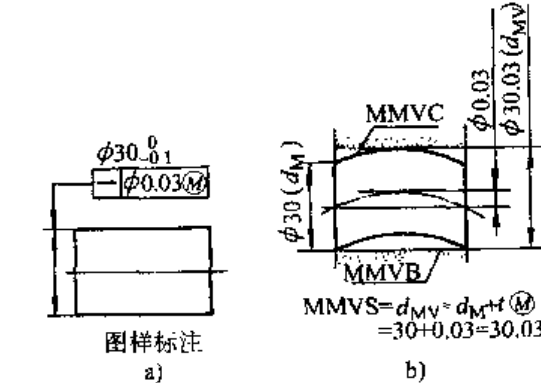
4) 基准要素自身的偏离量是以它的体外作用尺寸而不是实际尺寸对控制边界的偏离来确定其偏离量的。如被测要素是成组要素, 则基准要素体外作用尺寸对控制边界偏离所得到的补偿量只能补偿给成组要素, 即几何图框, 而不是补偿给每一个被测要素。基准采用最大实体要求时, 其偏离量并不一定 100% 地补偿给被测要素, 受零件结构的影响, 有时只能部分地补偿给被测要素。

### 6.3.3 最大实体要求的应用示例

#### (1) 最大实体要求应用于被测要素

1) 基本规定 最大实体要求应用于被测要素时, 被测要素的实际轮廓在给定的长度上处处不得超出最

表 5.3-32 最大实体要求的专用术语及定义

序号	术 语	定 义	图 解
1	体外作用尺寸 (EFS)	在被测要素的给定长度上, 与实际内表面体外相接的最大理想面或与实际外表面体外相接的最小理想面的直径或宽度 对于关联要素, 该理想面的轴线或中心平面必须与基准保持图样给定的几何关系	 <p style="text-align: center;"><math>D_{fe}</math> 和 <math>d_{fe}</math> 为内、外表面的体外作用尺寸</p>
2	最大实体状态 (MMC)	实际要素在给定长度上处处位于尺寸极限之内并具有实体最大时的状态	
3	最大实体尺寸 (MMS)	实际要素在最大实体状态下的极限尺寸, 对于外表面为最大极限尺寸图 1, 对于内表面为最小极限尺寸图 2	 <p>图 1 和图 2a 分别是带尺寸公差孔和轴, 它们的最大实体状态见图 1b 和图 2b, 但在实际生产中, 零件尺寸处处都为最大实体尺寸时, 还可能存在着形状误差, 见图 1c 和图 2c</p>
4	最大实体实效状态 (MMVC)	在给定长度上, 实际要素处于最大实体状态且其中心要素的形状或位置误差等于给出公差值时的综合极限状态	 <p style="text-align: center;">图样标注</p> <p style="text-align: center;"><math>MMVS = d_{MV} = d_M + \phi_M = 30 + 0.03 = 30.03</math></p>

(续)

序号	术 语	定 义	图 解
5	最大实体实效尺寸 (MMVS)	最大实体实效状态下的体外作用尺寸 对于内表面为最大实体尺寸减形位公差值(加注符号Ⓜ的); 对于外表面为最大实体尺寸加形位公差值(加注符号Ⓜ的)	<p>图样标注 a) b)</p> <p>图中 <math>\phi 30.03</math> 和 <math>\phi 29.97</math> 分别为轴 <math>\phi 30_{-0.1}^0</math> 和孔 <math>\phi 30_{+0.1}^0</math> 的最大实体实效尺寸</p>
6	最大实体边界 (MMB)	尺寸为最大实体尺寸的边界	<p>图样标注 a) b)</p>
7	最大实体实效边界 (MMVB)	尺寸为最大实体实效尺寸的边界	<p>图样标注 a) b)</p>

大实体实效边界, 即其体外作用尺寸不应超出最大实体实效尺寸, 且其局部实际尺寸不得超出最大实体尺寸和最小实体尺寸。

当给出的形位公差值为零时, 则为零形位公差。此时, 被测要素的最大实体实效边界等于最大实体边界; 最大实体实效尺寸等于最大实体尺寸。

2) 应用示例 最大实体要求可用于形状公差、定向或定位公差。

示例一 轴线直线度公差采用最大实体要求

图 5.3-31a 表示  $\phi 20_{-0.1}^0$  的轴线直线度公差采用最大实体要求。当被测要素处于最大实体状态时, 其轴线直线度公差为  $\phi 0.1\text{mm}$ , 如图 5.3-31b 所示。图 5.3-31c 给出了表示上述关系的动态公差图。

该轴应满足下列要求:

- ① 实际尺寸在  $\phi 19.7 \sim \phi 20\text{mm}$  之内;

② 实际轮廓不超出最大实体实效边界, 即其体外作用尺寸不大于最大实体实效尺寸  $d_{MV} = d_M + t = (20 + 0.1)\text{mm} = 20.1\text{mm}$ 。

当该轴处于最小实体状态时, 其轴线直线度误差允许达到最大值, 即等于图样给出的直线度公差值 ( $\phi 0.1\text{mm}$ ) 与轴的尺寸公差 ( $0.3\text{mm}$ ) 之和 ( $\phi 0.4\text{mm}$ )。

示例二 轴线垂直度公差采用最大实体要求

图 5.3-32a 表示孔  $\phi 50_{+0.13}^0$  的轴线对 A 基准的垂直度公差采用最大实体要求。当被测要素处于最大实体状态时, 其轴线对基准 A 的垂直度公差为  $\phi 0.08\text{mm}$ , 如图 5.3-32b 所示。图 5.3-32c 给出了表示上述关系的动态公差图。

该孔应满足下列要求:

- ① 实际尺寸在  $\phi 50 \sim \phi 50.13\text{mm}$  之内;
- ② 实际轮廓不超出关联最大实体实效边界, 即

其关联体外作用尺寸不小于关联最大实体实效尺寸  
 $D_{MV} = D_M - t = (50 - 0.08) \text{ mm} = 49.92 \text{ mm}$ 。  
 当该孔处于最小实体状态时，其轴线对基准 A 的

垂直度误差允许达到最大值，即等于图样给出的垂直度公差 ( $\phi 0.08 \text{ mm}$ ) 与孔的尺寸公差 ( $0.13 \text{ mm}$ ) 之和 ( $\phi 0.21 \text{ mm}$ )。

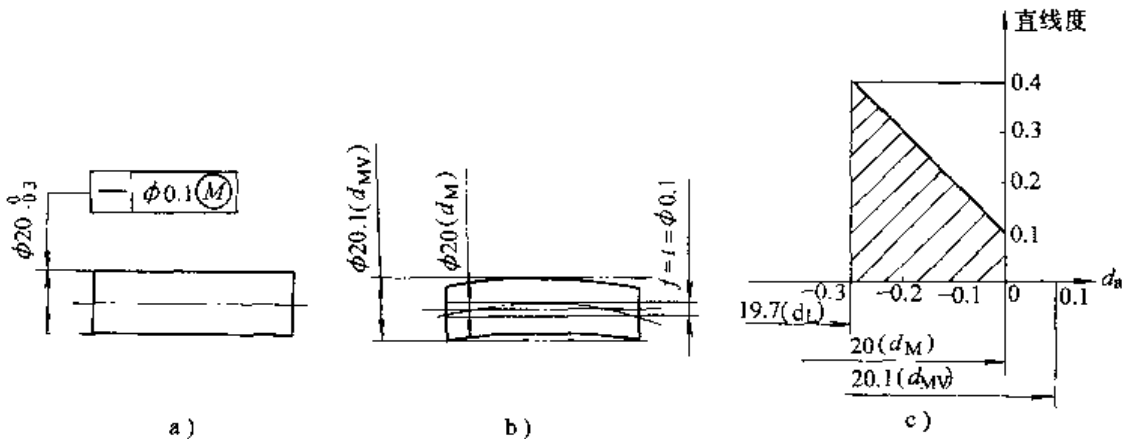


图 5.3-31

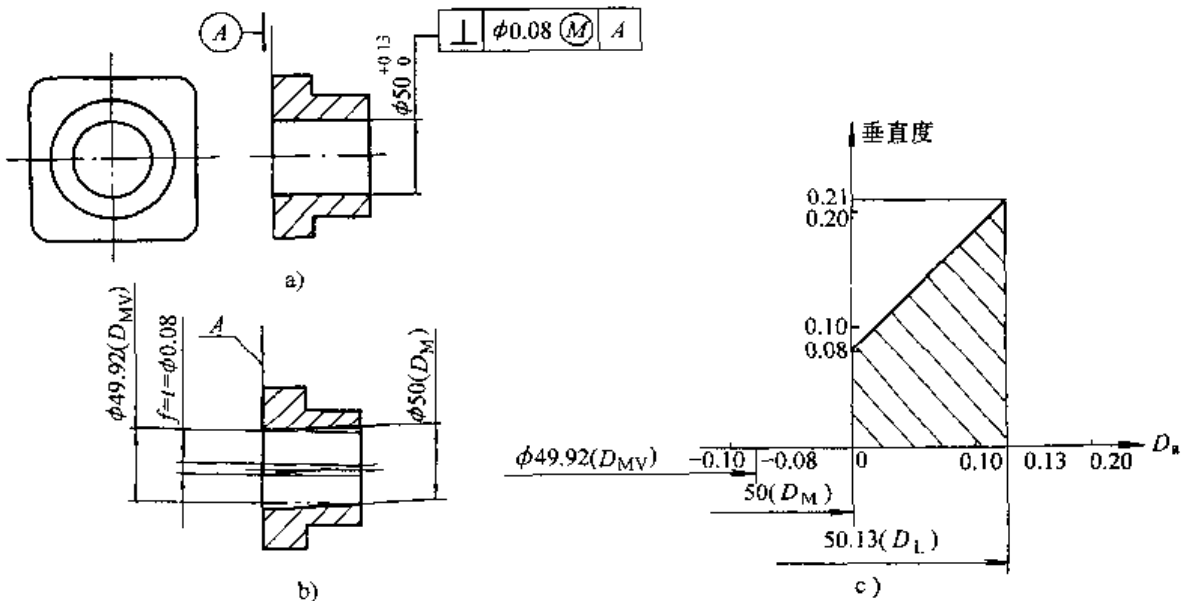


图 5.3-32

(2) 最大实体要求应用于基准要素

1) 基本规定

① 最大实体要求应用于基准要素时，基准要素应遵守相应的边界。若基准要素的实际轮廓偏离其相应的边界，即其体外作用尺寸偏离其相应的边界尺寸，则允许基准要素在一定范围内浮动，其浮动范围等于基准要素的体外作用尺寸与其相应的边界尺寸之差。

② 基准要素应遵守的边界由其自身的要求而定。

基准要素自身采用最大实体要求时，其所应遵守的边界为最大实体实效边界。

标准中规定，此时的基准符号应直接标注在形成该最大实体实效边界的形位公差框格下面，见图 5.3-33a, b。

基准要素自身不采用最大实体要求，即采用独立

原则或包容要求，则其所应遵守的边界为最大实体边界。图 5.3-34a 为采用独立原则的示例，图 5.3-34b 为采用包容要求的示例。

2) 应用示例 最大实体要求较少单独应用于基准要素，一般是同时应用于被测要素和基准要素。

示例一 同轴度公差，被测要素和基准要素同时采用最大实体要求。

图 5.3-35a 表示最大实体要求应用于轴  $\phi 12_{-0.05}^0$  的轴线对轴  $\phi 25_{-0.05}^0$  的轴线的同轴度公差，并同时应用于基准要素。当被测要素处于最大实体状态时，其轴线对基准 A 的同轴度公差为  $\phi 0.04 \text{ mm}$ ，如图 5.3-35b 所示。

被测轴应满足下列要求：

a) 实际尺寸在  $\phi 11.95 \sim 12 \text{ mm}$  之内；



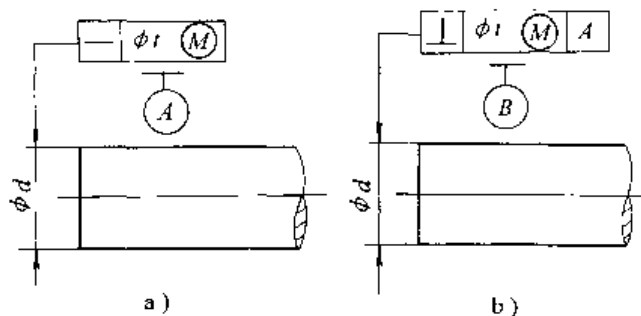


图 5.3-33

- a) 基准 A 的边界为最大实体实效边界
- b) 基准 B 的边界为最大实体实效边界

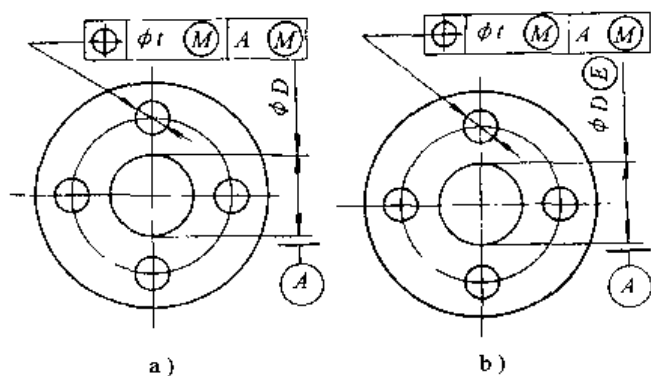


图 5.3-34

- a) 基准 A 的边界为最大实体边界
- b) 基准 A 的边界为最大实体边界

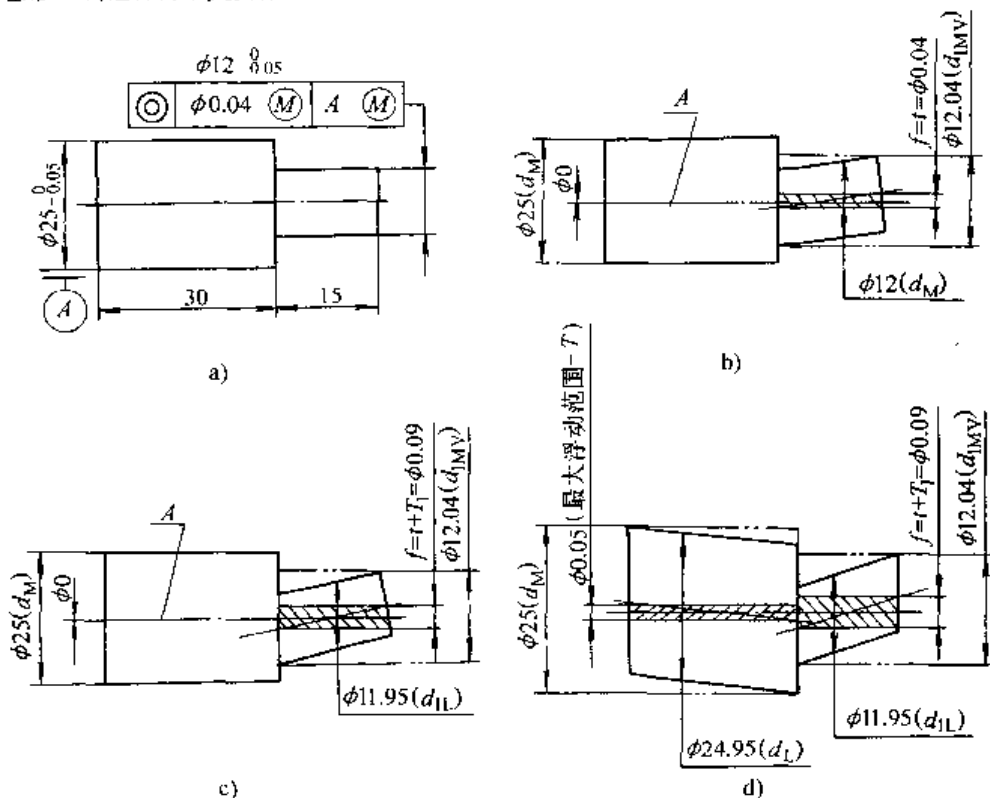


图 5.3-35

b) 实际轮廓不超出关联最大实体实效边界, 即其关联体外作用尺寸不大于关联最大实体实效尺寸  $d_{MV} = d_M + t = (12 + 0.04) \text{ mm} = 12.04 \text{ mm}$ 。

当被测轴处于最小实体状态时, 其轴线对基准 A 的轴线的同轴度允许达到最大值, 即等于图样给出的同轴度公差 ( $\phi 0.04 \text{ mm}$ ) 与轴的尺寸公差 ( $0.05 \text{ mm}$ ) 之和 ( $\phi 0.09 \text{ mm}$ ), 如图 5.3-35c 所示。

当基准 A 的实际轮廓处于最大实体边界时, 即其体外作用尺寸等于最大实体尺寸  $d_M = 25 \text{ mm}$  时, 基准轴线不能浮动, 如图 5.3-35b 和 c 所示。当基准 A 的实际轮廓偏离最大实体边界, 即其体外作用尺寸偏离最大实体尺寸  $d_M = 25 \text{ mm}$  时, 基准轴线可以浮动。当其体外作用尺寸等于最小实体尺寸  $d_L = 24.95 \text{ mm}$  时, 其浮动范围达到最大值  $\phi 0.05 \text{ mm}$  ( $= d_M - d_L = (25 - 24.95) \text{ mm}$ ), 如图 5.3-35d 所示。

示例二 成组要素的位置度公差, 被测要素和基准要素同时采用最大实体要求。

图 5.3-36a 表示最大实体要求应用于 4 孔  $8^{+0.2}_{+0.1}$  的轴线对基准 A 的位置度公差, 同时应用于基准要素。当被测孔均处于最大实体状态时, 其轴线对基准 A 的位置度公差为  $\phi 0.1 \text{ mm}$ , 如图 5.3-36b 所示。

各被测孔应满足下列要求:

- a) 实际尺寸在  $\phi 8.1 \sim \phi 8.2 \text{ mm}$  之内;
- b) 实际轮廓不超出关联最大实体实效边界, 即其

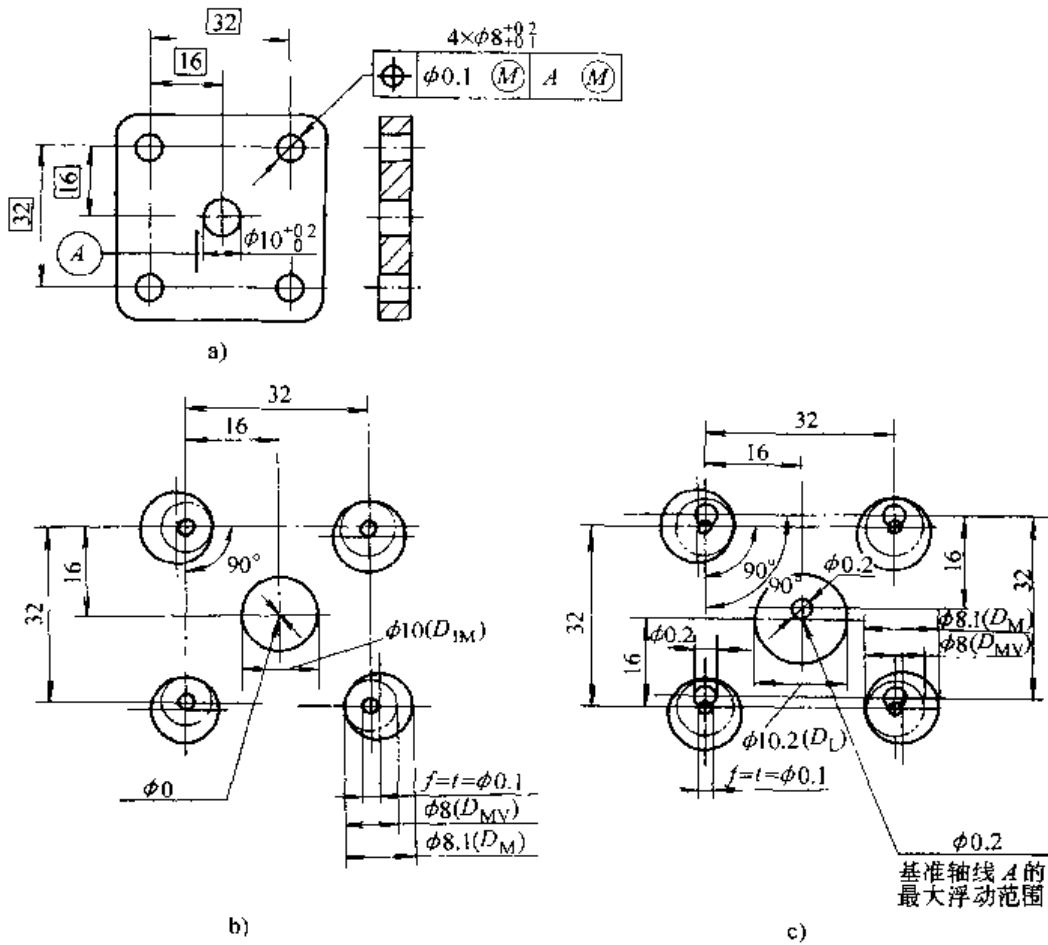


图 5.3-36

关联体外作用尺寸不小于最大实体实效尺寸  $D_{MV} = D_M - t = (8.1 - 0.1) \text{ mm} = 8 \text{ mm}$ 。

当各被测孔均处于最小实体状态时，其轴线的垂直度误差允许达到最大值  $\phi 0.2 \text{ mm}$ ，即等于图样给出的位置度公差 ( $\phi 0.1 \text{ mm}$ ) 与孔的尺寸公差 ( $0.1 \text{ mm}$ ) 之和  $\phi 0.2 \text{ mm}$ 。当基准要素的体外作用尺寸等于最大实体尺寸时，该基准轴线 A 不能浮动，如图 5.3-36b 所示。

当基准实际轮廓的体外作用尺寸偏离最大实体尺寸时，该基准轴线 A 可以浮动，其浮动量等于该基准实际轮廓的体外作用尺寸对其最大实体尺寸的偏离量。图 5.3-36c 是基准轴线 A 获得最大浮动范围  $\phi 0.2 \text{ mm}$  的情况。

(3) 最大实体要求采用零形位公差

图 5.3-37a 表示孔  $\phi 50^{+0.13}_{-0.08}$  的轴线 A 基准的垂直度公差采用最大实体要求的零形位公差。

该孔应满足下列要求：

- 1) 实际尺寸不大于  $\phi 50.13 \text{ mm}$ ；
- 2) 实际轮廓不超出关联最大实体边界，即其关联体外作用尺寸不小于最大实体尺寸  $D_M = 49.92 \text{ mm}$ 。

当该孔处于最大实体状态时，其轴线对基准 A 的

垂直度误差值应为零，如图 5.3-37b 所示。当该孔处于最小实体状态时，其轴线对基准 A 的垂直度误差允许达到最大值，即孔的尺寸公差值  $\phi 0.21 \text{ mm}$ 。图 5.3-37c 给出了表达上述关系的动态公差图。

### 6.4 最小实体要求

最小实体要求与最大实体要求一样，也是形位公差与尺寸公差间的一种相关要求，所不同的是最小实体要求规定当被测要素或基准要素偏离其最小实体状态而不是最大实体状态时，形状公差或位置公差可获得补偿值。此时，允许形位公差值增大。

最小实体要求适用于中心要素。采用最小实体要求应在形位公差框格中的公差值或基准符号后加注符号  $\textcircled{L}$ 。

最小实体要求是按 ISO2692 的规定在 GB/T16671—1996 标准中新提出的一种相关要求。

#### 6.4.1 最小实体要求的术语及定义

除 2 节中介绍的术语及定义外，最小实体要求涉及的专用术语及定义见表 5.3-33。

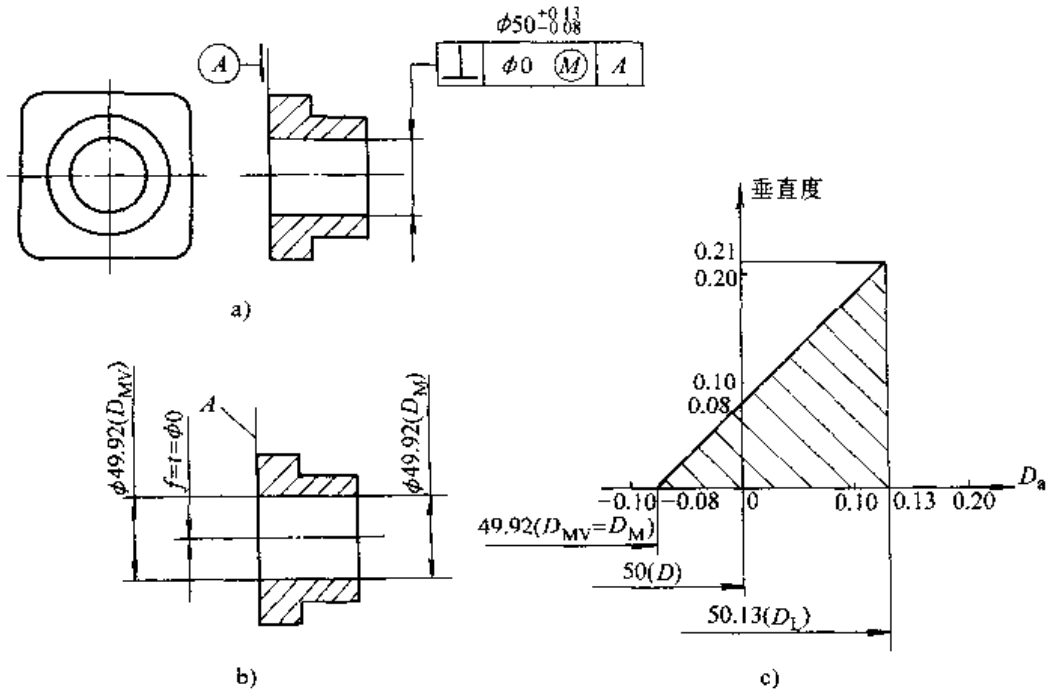


图 5.3.37

表 5.3-33 最小实体要求的专用术语及定义

序号	术 语	定 义	图 解
1	体内作用尺寸 (IFS)	在被测要素的给定长度上, 与实际内表面体内相接的最小理想面或与实际外表面体内相接的最大理想面的直径或宽度	
2	最小实体状态 (LMC)	实际要素在给定长度上处处位于尺寸极限之内, 并具有实体最小时状态	
3	最小实体尺寸 (LMS)	实际要素在最小实体状态下的极限尺寸。对于外表面为最小极限尺寸, 对于内表面为最大极限尺寸	

(续)

序号	术 语	定 义	图 解
4	最小实体实效状态 (LMVC)	在给定长度上, 实际要素处于最小实体状态且其中心要素的形状或位置误差等于给出公差值时的综合极限状态	
5	最小实体实效尺寸 (LMVS)	最小实体实效状态下的体内作用尺寸 对于内表面为最小实体尺寸加形位公差值 (加注符号Ⓛ的); 对于外表面为最小实体尺寸减形位公差值 (加注符号Ⓛ的)	
6	最小实体边界 (LMB)	尺寸为最小实体尺寸的边界	
7	最小实体实效边界	尺寸为最小实体实效尺寸的边界	

6.4.2 最小实体要求的应用要点

1) 所给出的形状或位置公差值是在被测要素或基准要素的实际轮廓处于最小实体状态的前提下给定的。符号Ⓛ应紧接在公差框格中公差值或基准符号之后标注。

2) 被测要素轮廓的实际状态是由最小实体尺寸和形位公差值综合形成的最小实体实效边界控制的。当被测要素的实际轮廓处于该状态时, 零件厚度为最小或零件的强度为最低, 也即零件处于满足功能要求前提下的最坏状态。轮廓要素偏离了这个状态也即其局部实际尺寸偏离了最小实体尺寸时, 可使形状或位置公差值超出设计给定的值, 但仍然应位于该控制边界内。一般情况下, 当被测要素的实际轮廓处于最大实体状态时, 形位公差得到的补偿量最大。

3) 当基准要素采用最小实体要求时, 它的控制边界要根据基准要素自身的要求而定。

4) 基准要素自身的偏离量是以它实际轮廓的体内作用尺寸, 而不是局部实际尺寸对控制边界的偏离而确定的。如被测要素是成组要素, 则基准要素的偏离量只能补偿给成组要素, 即几何图框, 而不是补偿给每一个要素。基准要素的偏离量对被测要素的补偿并不经常是 100% 的补偿, 要视零件的结构特征而定。

6.4.3 最小实体要求的应用示例

(1) 最小实体要求应用于被测要素

1) 基本规定 最小实体要求应用于被测要素时, 被测要素的实际轮廓在给定的长度上处处不得超出最小实体实效边界, 即其体内作用尺寸不应超出最小实体实效尺寸, 且其局部实际尺寸不得超出最大实体尺寸和最小实体尺寸。

当给出的形位公差值为零时, 则为零形位公差。此时, 控制其实际轮廓要素的最小实体实效边界等于最小实体边界; 最小实体实效尺寸等于最小实体尺寸。

2) 应用示例 最小实体要求可用于形状公差、定向或定位公差。

示例一 轴线直线度公差采用最小实体要求。

图 5.3-38a 表示  $\phi 20_{-0.03}^0$  轴的轴线直线度公差采用最小实体要求 ( $\phi 0.1\text{Ⓛ}$ )。图 5.3-38b 表示处于最小实体实效状态的轴, 它正好位于最小实体实效边界上。图 5.3-38c 表示轴的局部实际尺寸向最大实体尺寸方向偏离最小实体尺寸 0.1mm, 即  $d_s = 19.7 + 0.1 = 19.8\text{mm}$  时, 其轴线直线度误差可以超出图样给出的公差值 0.1mm, 最大可达 0.2mm。图 5.3-38d 是表示上述关系的动态公差图。

示例二 轴线位置度采用最小实体要求。

图 5.3-39a 表示孔  $\phi 8_{+0.25}^0$  的轴线相对于零件侧

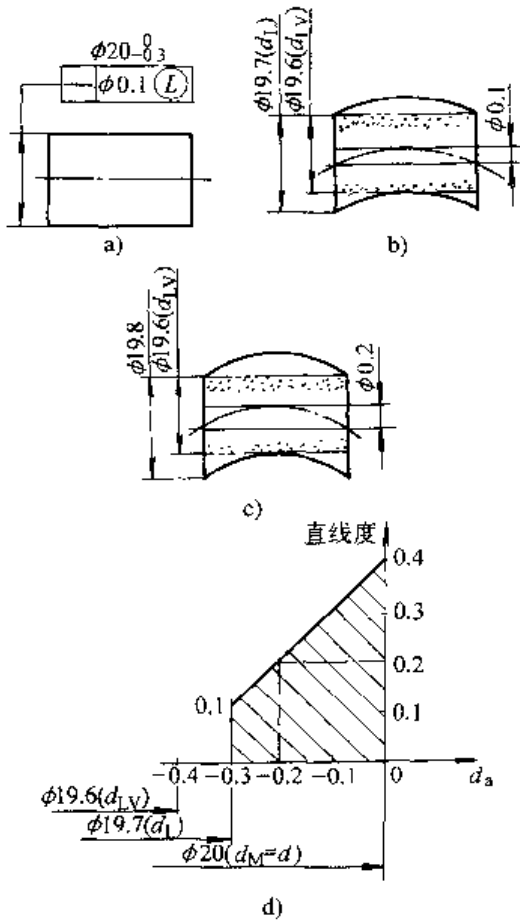


图 5.3-38

面的位置度。为保证侧面与孔外缘之间的最小壁厚，被测孔轴线采用最小实体要求。孔轴线与侧面距离的理论正确尺寸为6mm。图5.3-39b表示当孔直径为最小实体尺寸 $\phi 8.25$ 时，允许位置度误差 $\phi 0.4$ mm，其最小实体实效边界为直径 $\phi 8.65$ mm ( $8.25 + 0.4$ )的理想圆。

当孔的实际直径偏离最小实体尺寸时，其实际轮廓与控制边界之间会产生一个相应的量，允许位置度误差增大。当孔的实际直径为最大实体尺寸 $\phi 8$ 时，轴线的位置度误差可增大至0.65 ( $0.4 + 0.25$ )。由于受边界控制，不能再增大，这样就保证了最小壁厚。图5.3-39c是表示上述关系的动态公差图。

(2) 最小实体要求应用于基准要素

1) 基本规定

① 最小实体要求应用于基准要素时，基准要素的实际轮廓应遵守相应的边界。若基准要素的实际轮廓偏离相应的边界，即其体内作用尺寸偏离相应的边界尺寸，则允许基准要素在一定范围内浮动，其浮动范围等于基准要素实际轮廓的体内作用尺寸与相应边界尺寸之差。

② 基准要素应遵守的边界由其自身的要求面定。

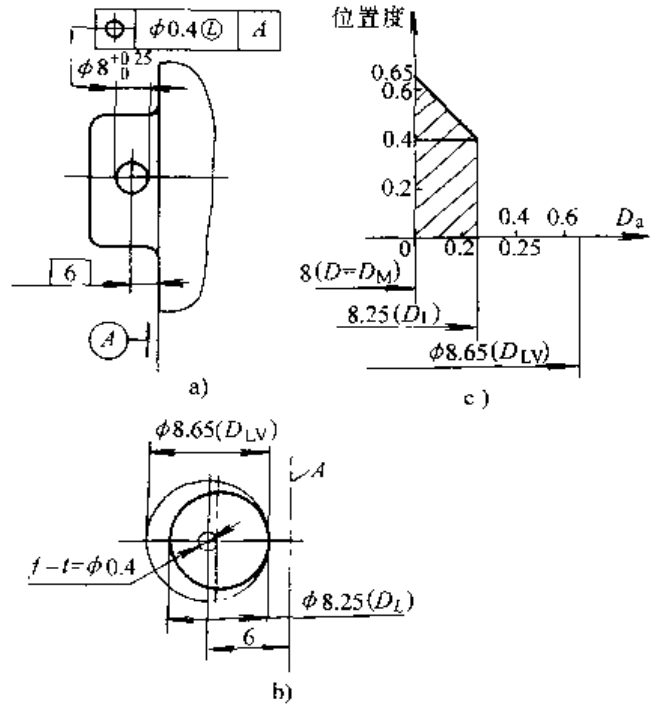


图 5.3-39

基准要素本身采用最小实体要求时，则其控制边界为最小实体实效边界。此时，基准符号应直接标注在形成该最小实体实效边界的形位公差框格下面，见图5.3-40。

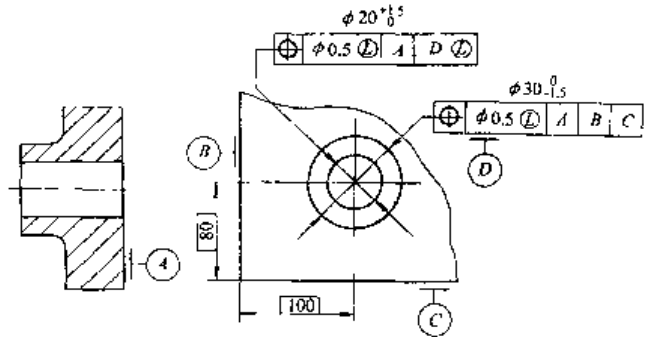


图 5.3-40 D 基准的边界为最小实体实效边界

基准要素本身不采用最小实体要求时，其控制边界为最小实体边界，见图5.3-41。

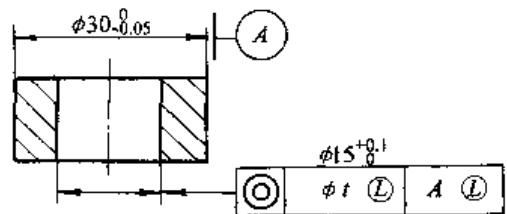


图 5.3-41 A 基准的边界为最小实体边界

2) 应用示例 图 5.3-42 表示了一圆环零件被测

要素和基准要素同时采用最小实体要求。图 5.3-42a 表示同轴度公差采用最小实体要求。孔 $\phi 39^{+1}$ 和外圆

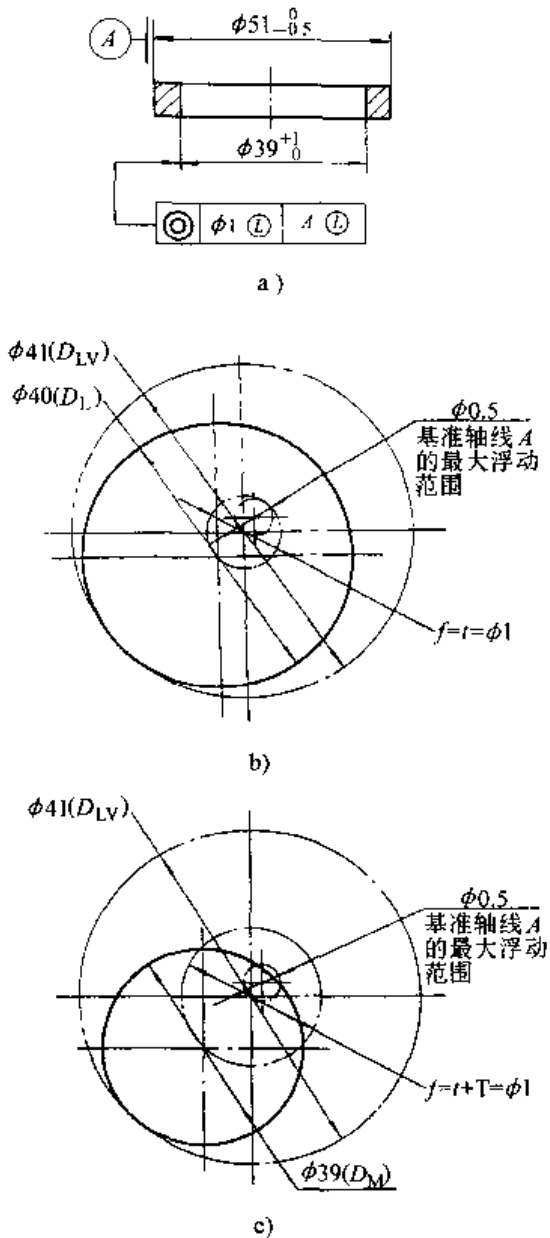


图 5.3-42

$\phi 51_{-0.5}^0$  mm 的轴线应同轴,其同轴度公差为  $\phi 1$ mm,被测要素和基准要素同时遵循最小实体要求。图 5.3-42b 表示被测孔为最小实体尺寸  $\phi 40$ mm 时允许同轴度误差为  $\phi 1$ mm,因此,其最小实体实效边界为  $\phi 41$ mm 的圆柱面。由于基准也采用最小实体要求,当基准外圆为  $\phi 51$ mm 时,由于它采用独立原则,遵循最小实体边界,因而偏离其最小实体尺寸  $\phi 50.5$ mm,可获得一浮动范围为  $\phi 0.5$ mm。图 5.3-42c 表示被测孔直径为  $\phi 39$ mm,偏离其最小实体尺寸,从而使被测轴线的同轴度误差可获得一增量,增大至  $\phi 2$  ( $1+1$ ) mm。此时基准外圆的直径仍为  $\phi 51$ mm,可获得浮动范围为  $\phi 0.5$ mm。根据实际基准轴线的浮动状况,可使被测轴线的同轴度误差再获得一个增量,可达  $\phi 2.5$ mm。需注

意的是此时的被测轴线仍应遵循自身的控制边界 ( $\phi 41$ mm)。这一增量  $\phi 0.5$ mm 只能使控制边界 ( $\phi 41$ mm) 的位置变化而不能使边界扩大至  $\phi 41.5$ mm。

(3) 最小实体要求采用零形位公差

图 5.3-43a 表示最小实体要求的零形位公差,应用于孔  $\phi 39_{-0.2}^0$  mm 的轴线对基准 A 的同轴度公差,并同时应用于基准要素。

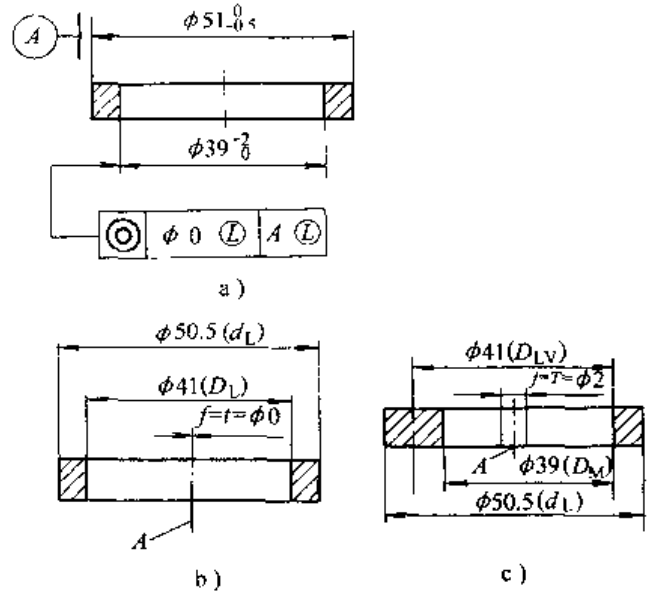


图 5.3-43

该孔应满足下列要求:

1) 实际尺寸不小于  $\phi 39$ mm;

2) 实际轮廓不超出关联最小实体边界,即其关联体内作用尺寸不大于最小实体尺寸  $D_L = 41$ mm。

当该孔处于最小实体状态时,其轴线对 A 基准的同轴度误差应为零,如图 5.3-43b 所示。

当该孔处于最大实体状态时,其轴线对基准 A 的同轴度误差允许达到最大值,即图样给出的被测要素的尺寸公差值  $\phi 2$ mm,如图 5.3-43c 所示。

6.5 可逆要求

可逆要求是在不影响零件功能的前提下,当被测要素的形位误差值小于给出的形位公差值时,允许其相应的尺寸公差增大的一种相关要求。

可逆要求仅适用于中心要素即轴线或中心平面。采用可逆要求时应标注符号  $\textcircled{R}$ 。与最大实体要求合用时,应将符号  $\textcircled{R}$  注在最大实体符号  $\textcircled{M}$  的后面,即“ $\textcircled{M} \textcircled{R}$ ”。与最小实体要求合用时,应将符号  $\textcircled{R}$  注在最小实体要求符号  $\textcircled{L}$  的后面,即“ $\textcircled{L} \textcircled{R}$ ”。

6.5.1 可逆要求的应用要点

1) 可逆要求本身不能独立使用,也没有自己的边

界。它必须与最大实体要求或最小实体要求一起使用。当它与最大实体要求一起使用时，其被测要素的实际轮廓受最大实体实效边界控制。当它与最小实体要求一起使用时，其被测要素的实际轮廓受最小实体实效边界控制。

2) 采用“ $\textcircled{M} \textcircled{R}$ ”或“ $\textcircled{L} \textcircled{R}$ ”时，表示该被测要素既要满足最大实体要求也要满足可逆要求，既允许尺寸公差补偿给形位公差，也允许形位公差反过来补偿给尺寸公差，两者的综合边界只要在控制边界内就是合格的。

3) 当采用“ $\textcircled{M} \textcircled{R}$ ”时，被测要素的实际轮廓尺寸可在最小实体尺寸与最大实体实效尺寸之间变化。当采用“ $\textcircled{L} \textcircled{R}$ ”时，被测要素的实际轮廓尺寸可在最大实体尺寸和最小实体实效尺寸之间变化。

4) 可逆要求只应用于被测要素，不能用于基准要素。可逆要求仅允许实际尺寸超越给出的尺寸公差范围，但不破坏其本应遵守的控制边界，因此，仍保证其装配要求（ $\textcircled{M}$ ）或最小厚度、最小强度（ $\textcircled{L}$ ）的要求。

5) 可逆要求与最大实体要求或最小实体要求一起使用时，其功能要求与零形位公差相同。

### 6.5.2 可逆要求的应用示例

#### (1) 可逆要求与最大实体要求一起使用

图 5.3-44a 表示  $\phi 20_{-0.1}^0$  mm 的轴线与基准面  $D$  的垂直度公差为  $\phi 0.2$  mm，既采用最大实体要求又同时采用可逆要求。

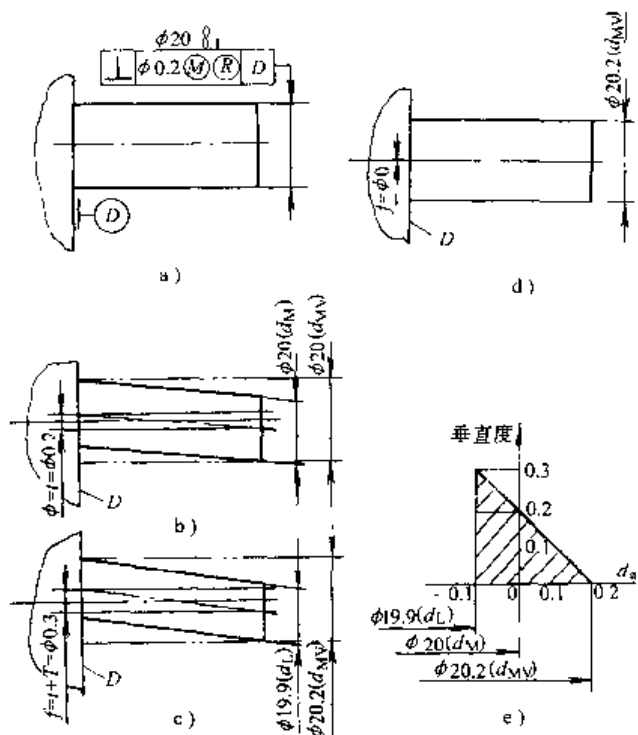


图 5.3-44

按设计要求，被测轴实际轮廓的控制边界为直径

$\phi 20.2$  ( $\phi 20 + 0.2$ ) mm 的理想圆柱面 (图 5.3-44b)。当轴的实际轮廓直径为  $\phi 20$  时，垂直度公差为  $\phi 0.2$  mm。

轴的实际直径不能小于最小实体尺寸  $\phi 19.9$  mm，当轴的实际直径为  $\phi 19.9$  mm 时，轴线相对于基准面  $D$  的垂直度误差可为  $\phi 0.3$  mm，如图 5.3-44c 所示。所以，轴线的垂直度误差可在  $\phi 0 \sim \phi 0.3$  mm 之间变化。

垂直度误差和实际尺寸无论怎样变化，其实际轮廓均不能超出其控制边界，它们之间的变化见图 5.3-44e 动态公差图及表 5.3-34。

表 5.3-34 (mm)

轴实际直径	允许的轴线垂直度误差
$\phi 19.9$	$\phi 0.3$
$\phi 20.0$	$\phi 0.2$
$\phi 20.05$	$\phi 0.15$
$\phi 20.10$	$\phi 0.1$
$\phi 20.20$	$\phi 0$

#### (2) 可逆要求与最小实体要求一起使用

图 5.3-45a 表示孔  $\phi 8_{-0.25}^0$  mm 的轴线相对于基准面  $A$  的位置度公差为  $\phi 0.4$  mm，既采用最小实体要求又同时采用可逆要求。

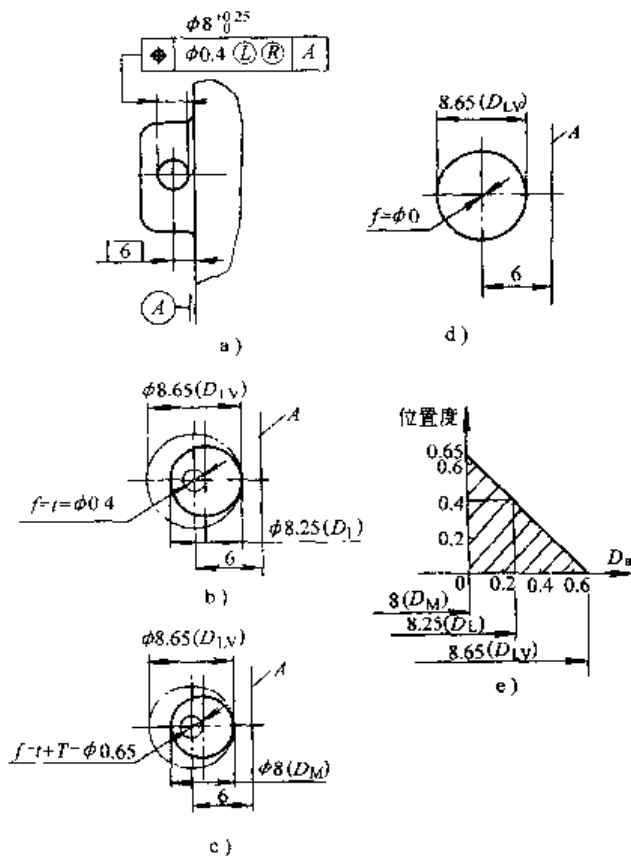


图 5.3-45

按设计要求，被测孔的实际轮廓的控制边界为直径  $\phi 8.65$  ( $\phi 8.25 + \phi 0.4$ ) mm 的理想圆柱面，当孔的实际轮廓直径为  $\phi 8.25$  mm 时，位置度公差为  $\phi 0.4$  mm (图 5.3-45b)。

孔的实际直径不能破坏其最大实体尺寸，即不能

小于 $\phi 8\text{mm}$ 。当孔的实际直径为 $\phi 8\text{mm}$ 时,允许位置度误差达 $\phi 0.65(0.4+0.25)\text{mm}$ ,见图 5.3-45c。由于采用可逆要求,如果位置度误差为 0,实际尺寸可达 $\phi 8.65(8.25+0.4)\text{mm}$ ,见图 5.3-45d。

表 5.3-35 (mm)

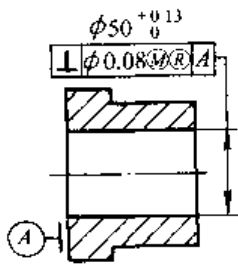
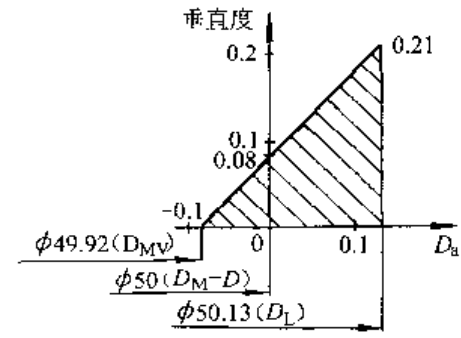
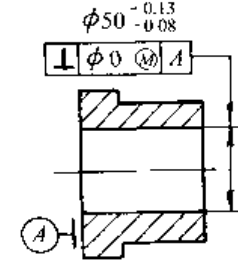
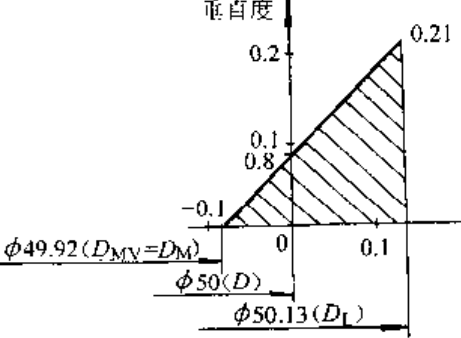
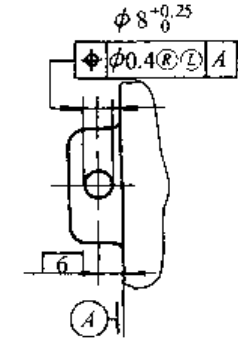
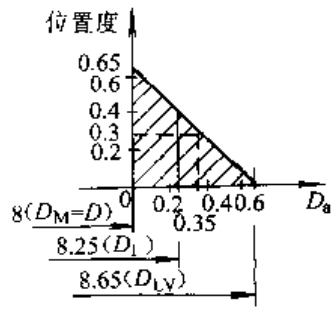
孔的实际直径	允许的轴线位置度误差
$\phi 8.0$	$\phi 0.65$
$\phi 8.25$	$\phi 0.4$
$\phi 8.4$	$\phi 0.25$
$\phi 8.6$	$\phi 0.05$
$\phi 8.65$	$\phi 0$

位置度误差和孔的实际尺寸无论怎样变化,其实际轮廓均受其最小实体实效边界的控制。它们之间的变化见图 5.3-45c 动态公差图及表 5.3-35。

6.5.3 采用可逆要求与零形位公差要求的对比

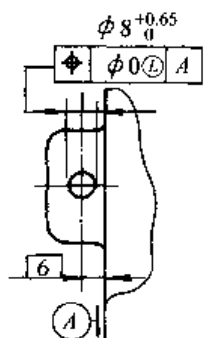
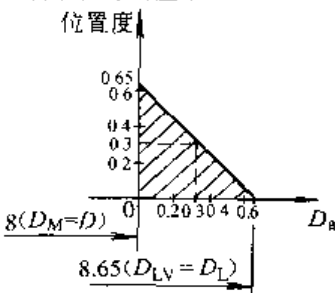
采用可逆要求与采用零形位公差要求的效果是一样的,但由于给出方法不同,对尺寸公差的理解不同,前者导致实际尺寸超差,后者则在允许的尺寸范围内,其对比见表 5.3-36。

表 5.3-36 可逆要求与零形位公差对比

相关要求	图 例	功能要求	实际尺寸变化范围
可逆要求		遵守的控制边界为 $\phi 49.92$ ,以保证装配	实际尺寸在 $\phi 49.92 \sim \phi 50.13$ 间变化(超出了尺寸公差所允许的极限偏差 $\phi 50$ ) 
零形位公差		遵守的控制边界为 $\phi 49.92$ ,以保证装配	实际尺寸在 $\phi 49.92 \sim \phi 50.13$ 间变化,符合尺寸公差要求(此时设计者已将垂直度公差 $\phi 0.08$ 加在尺寸公差中) 
最小实体要求		遵守的控制边界为 $\phi 8.65$ ,以保证最小壁厚	实际尺寸在 $\phi 8.0 \sim \phi 8.65$ 之间变化(超出了尺寸公差所允许的极限偏差 $\phi 8.25$ ) 



(续)

相关要求	图 例	功能要求	实际尺寸变化范围
最小实体要求 零形位公差		遵守的控制边界为 $\phi 8.65$ ，以保证最小壁厚	实际尺寸在 $\phi 8 \sim \phi 8.65$ 之间变化，此时，设计者已将位置度公差 $\phi 0.4$ 加在尺寸公差中 位置度 

6.5.4 独立原则与相关要求的综合归纳

遵循的原则现将独立原则与相关要求的应用场合、功能要求、控制边界及检测方法等进行综合的归纳与对比，见表 5.3-37。

表 5.3-37 独立原则与相关要求综合归纳与对比

公差原则	符号	应用要素	应用项目	功能要求	控制边界	允许的形位误差变化范围	允许的实际尺寸变化范围	检测方法	
								形位误差	实际尺寸
独立原则	无	轮廓要素及中心要素	各种形位公差项目	各种功能要求但互相不能关联	无边界，形位误差和实际尺寸各自满足要求	按图样中注出或未注形位公差的要求	按图样中注出或未注尺寸公差的要求	通用量仪	两点法测量
相关要求	包容要求	单一尺寸要素(圆、圆柱面、两平行平面)	形状公差(线、面轮廓度除外)	配合要求	最大实体边界	各项形状误差不能超出其控制边界	最大实体尺寸不能超出其控制边界，而局部实际尺寸不能超越其最小实体尺寸	通端极限量规及专用量仪	通端极限量规测量最大实体尺寸，两点法测量最小实体尺寸
	最大实体要求	中心要素(轴线及中心平面)	直线度、倾斜度、平行度、垂直度、同轴度、对称度、位置度	满足装配要求但无严格的配合要求时采用，如螺栓孔轴线的位置度，两轴线的平行度等	最大实体实效边界	当局部实际尺寸偏离其最大实体尺寸时，形位公差可获得补偿值(增大)	其局部实际尺寸不能超出尺寸公差的允许范围	综合量规(功能量规及专用量仪)	两点法测量
	最小实体要求	中心要素(轴线及中心平面)	直线度、垂直度、同轴度等	满足临界设计值的要求，以控制最小壁厚，提高对中精度，满足最小强度的要求	最小实体实效边界	当局部实际尺寸偏离其最小实体尺寸时，形位公差可获得补偿值(增大)	其局部尺寸不能超出尺寸公差的允许范围	通用量仪	两点法测量
	可逆要求	(M) (R)	中心要素(轴线及中心平面)	适用于各项目	对最大实体没有严格要求的场合	最大实体实效边界	当与(M)同时形变同时，形变同	当形位误差小于给定的公差时，尺寸公差可补偿给定的公差，使局部实际尺寸超出范围	综合量规或专用量仪控制其边界
(L) (R)	适用于各项目	对最小实体没有严格要求的场合							最小实体实效边界

## 7 形位公差的公差值

零件要素的形位公差值决定形位公差带的宽度或直径,是控制零件制造精度的重要指标。合理的给出形位公差值,对于保证产品的功能、提高产品质量、降低制造成本是至关重要的。

图样中的形位公差值有两种表达形式:一种是在框格内注出公差值;一种是不在图样中注出,采用GB/T1184中规定的未注公差值,并在图样的技术要求中说明。

国家标准GB/T1184—1996规定了未注公差值。它与国家标准ISO2768—2:1989是一致的。在GB/T1184附录中,给出了注出公差值的系数表,它是按加工精度的规律给出的。在给出公差值时,可参考使用。

### 7.1 未注公差值

#### 7.1.1 未注公差值的基本概念

在图形中采用未注公差值时,应该建立以下几个基本概念。

1) 在标准中给出的未注公差值是基于各类工厂的常用设备应有的精度,因此在贯彻GB/T1184时,要求工厂有关部门在发现设备精度降低时,应立即加以修复,保持设备的应有精度。

2) 由于大部分要素的形位公差值应是工厂中常用设备能保证的精度,因此不需在图样中标注其公差值。只有当要素的公差值小于未注公差值时,即零件要素的精度高于未注公差值的精度时,才需要在图样中用框格给出形位公差要求。

当要素的形位公差值大于未注公差值时,一般仍采用未注公差值,不需要用框格给出形位公差要求。只有在给出大的公差值后,会给工厂的加工带来经济效

益时,才有必要给出大的形位公差值。

3) 采用未注公差值,一般不需要检查,只有在仲裁时才需要检查。为了解设备的精度,可以对于批量生产的零件进行首检或抽检。

4) 如果零件的形位误差超出了未注公差值,要视其超差是否影响零件的功能,才确定拒收与否。一般情况下,不必拒收。

5) 图样中大部分要素的形位公差值是未注公差值,既可简化标注,又可使人们的注意力集中到有形位公差要求的要素上,以保证零件的质量。

#### 7.1.2 采用未注公差值的优点

采用未注公差值有如下优点:

1) 使图样简明易读,即节省绘图时间,又能高效地进行信息交换。

2) 设计者只需对小于未注公差值的要素和部分大于未注公差值的要素进行公差值的计算和选择,节省了设计时间。

3) 图样中用框格标注法对极少数关键要素给出形位公差值,重点突出。在安排生产和质量控制、检查验收中会集中精力,保证这个重点。

4) 由于工厂的设备能满足未注公差值的要求,一般不需要对零件要素进行检测,只需抽样检查工厂的设备和加工的精度,以保证不被破坏,必要时可对零件要素进行抽查或首检。

#### 7.1.3 未注公差值的规定

##### (1) 直线度和平面度

直线度和平面度的未注公差值见表5.3-38。表中的“基本长度”对于直线度是指其被测长度,对平面度,如被测要素是平面则指较长一边的长度,是圆平面则指其直径。H、K、L为未注公差三个等级。

##### (2) 圆度

表 5.3-38 直线度和平面度未注公差值

(mm)

公差等级	直线度和平面度基本长度的范围					
	~10	>10~30	>30~100	>100~300	>300~1000	>1000~3000
H	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
K	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
L	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6

圆度的未注公差值为其相应的直径公差值,但不能大于表5.3-41中的径向圆跳动值。因为圆度误差会直接反映到径向圆跳动值中去,而径向圆跳动值则是形状和位置误差的综合反映。

##### (3) 圆柱度

圆柱度误差由圆度、轴线直线度、素线直线度和素线平行度等误差组成。其中每一项误差均由它们的注出公差或未注公差控制。

如因功能要求,圆柱度需小于圆度、轴线直线度、素线直线度、素线平行度的综合反映值,应在图样中用框格注出。

圆柱形零件遵守包容要求(加注符号 $\textcircled{E}$ )时,则圆柱度误差受其最大实体边界的控制。

##### (4) 线、面轮廓度

在标准中对线、面轮廓度的未注公差值未作具体规定。线、面轮廓度误差直接与该线、面轮廓的线性尺

寸公差或角度公差有关,受注出或未注的线性尺寸公差或角度公差控制。

(5) 倾斜度

倾斜度未注公差值在标准中未作规定,由注出或未注出的角度公差控制。

(6) 平行度

平行度的未注公差值等于其相应的尺寸公差(两要素间的距离公差)值,或等于其平面度或直线度的未注公差值,取两者中数值较大者。两个要素中取较长者作为基准要素,较短者作为被测要素。如两要素长度相等,则可取任一要素作为基准要素。

(7) 垂直度

垂直度的未注公差值见表 5.3-39。形成直角的两要素中的较长者作为基准要素,较短者作为被测要素。如两者相等,则可取任一要素作为基准要素。

表 5.3-39 垂直度未注公差值 (mm)

公差等级	垂直度公差短边基本长度的范围			
	≤100	>100~300	>300~1000	>1000~3000
H	0.2	0.3	0.4	0.5
K	0.4	0.6	0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

(8) 对称度

对称度的未注公差值见表 5.3-40 两要素中较长者作为基准要素,如两要素长度相等,可取任一要素作为基准要素。

对称度的未注公差值用于至少两个要素中有一个是中心平面,或者是轴线互相垂直的两要素。

表 5.3-40 对称度未注公差值 (mm)

公差等级	对称度公差基本长度的范围			
	≤100	>100~300	>300~1000	>1000~3000
H	0.5	0.5	0.5	0.5
K	0.6	0.6	0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

(9) 同轴度

同轴度误差会直接反映到径向圆跳动误差值中。但径向圆跳动误差值除包括同轴度误差外,还包括圆

度误差。因此,在极限情况下,同轴度误差值可取表 5.3-37 中径向圆跳动值。

(10) 位置度

位置度的未注公差值在标准中未作规定。因为位置度误差是一项综合性误差,是各项误差的综合反映,不需要另行规定位置度的未注公差值。

(11) 圆跳动

圆跳动包括径向、端面和斜向圆跳动,其未注公差值见表 5.3-41。

表 5.3 41 圆跳动未注公差值 (mm)

公差等级	圆跳动公差值
H	0.1
K	0.2
L	0.5

对于圆跳动未注公差值,应选择设计给出的支承轴线作为基准要素。如无法选择支承轴线,则对于径向圆跳动应取两要素中较长者为基准要素。如两要素相等,则取任一要素为基准要素。对于端面和斜向圆跳动,其基准必然是支承它的轴线。

7.1.4 未注公差在图样上的表示方法

为明确图样中的各要素未注公差值,应按照标准中规定选择合适的等级,并在标题栏内或附近注出,如:“未注形位公差采用 GB/T1184-H”,也可简化为“GB/T1184-H”。在一张图样中,未注公差值应采用同一个等级。未注公差值也可在企业标准中统一规定,以省去图样中的说明。

7.1.5 未注公差值的测量

根据 GB/T4249 的规定,未注公差值应采用两点法测量,遵守独立原则。

被测要素处处都是最大实体尺寸时,仍然会产生形位误差。因此,图样中没有注出形位公差值时,应遵守未注公差值的规定,见图 5.3-46a。图 5.3-46b 表示当横截面内的圆呈奇数棱状,其直径处处都处于最大

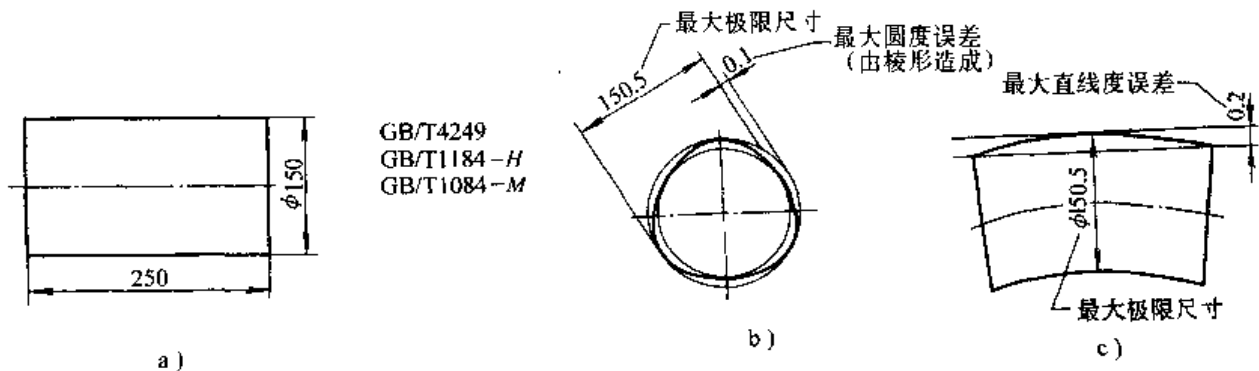


图 5.3-46

实体尺寸  $\phi 150.5$  (未注尺寸公差为  $\pm 0.5\text{mm}$ ) 时,还会产生圆度误差  $0.1\text{mm}$ 。图 5.3-46c 表示在纵剖面内的轴,当其直径处处都是  $\phi 150.5\text{mm}$  时,还会产生轴线直线度误差  $0.2$ 。

7.1.6 未注公差值的应用要点

(1) 圆度

注出直径公差值的圆要素。图 5.3-47a 为注出直径公差值  $\phi 25_{-0.1}$ , 其圆度未注公差值应等于尺寸公差值  $0.1\text{mm}$ , 见图 5.3-47b。

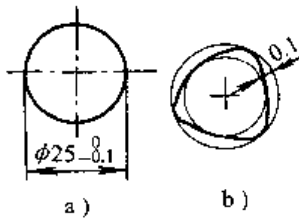


图 5.3-47

采用未注公差的圆要素。图 5.3-48a 规定其未注尺寸公差按 GB/T1804 中 M 级, 其未注形位公差按 GB/T1184 中 K 级 (仅对直线度而言)。图 5.3-48b 表示其未注圆度公差值按其未注尺寸公差  $\pm 2\text{mm}$  (见附表 1), 其素线直线度和轴线直线度未注公差值则按 GB/T 1184-K, 即  $0.1$ 。

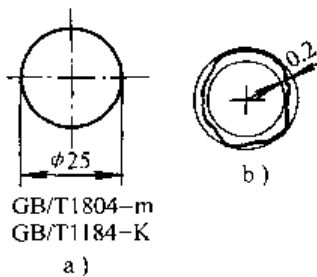


图 5.3-48

(2) 圆柱度

由于圆度、直线度和两相应素线的平行度同时反映到圆柱度误差中去, 因此它们综合形成的圆柱度未注公差值应小于上述三种公差值的综合值。为简单起见, 采用包容要求  $\text{E}$  或注出圆柱度公差, 较为适宜。

(3) 平行度

由于形位公差采用公差带概念, 平行度误差可由尺寸 (距离) 公差值控制 (图 5.3-49); 如果要素处处均为最大实体尺寸, 此时无法用尺寸公差控制, 则由直线度、平面度未注公差值控制 (图 5.3-50)。

(4) 对称度

对称度的未注公差应取较长要素为基准, 如两要素长度相等则可任选一要素为基准 (见图 5.3-51)。

图 5.3-51a,  $l_2 > l_1$ ,  $l_2$  为基准要素,  $l_1$  为被测要素; 图 5.3-51b,  $l_1 > l_2$ ,  $l_2$  为基准要素,  $l_1$  为被测要素;

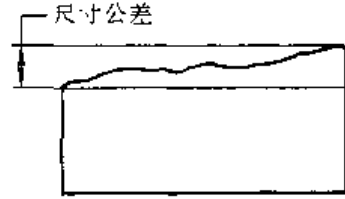


图 5.3-49

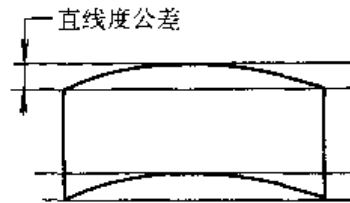


图 5.3-50

图 5.3-51c,  $l_2 > l_1$ ,  $l_2$  为基准要素,  $l_1$  为被测要素; 图 5.3-51d,  $l_1 > l_2$ ,  $l_1$  为基准要素,  $l_2$  为被测要素。

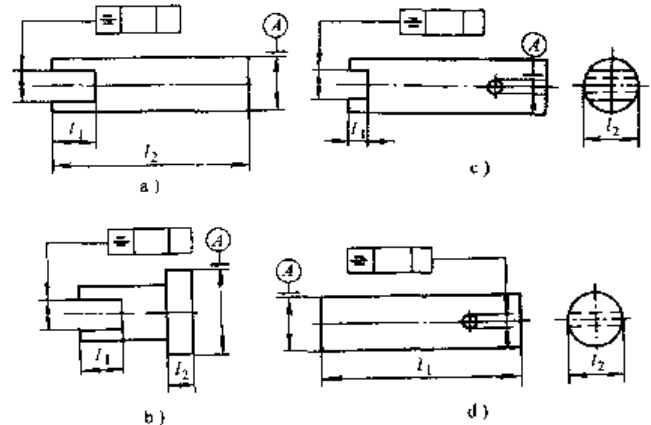


图 5.3-51

7.1.7 综合示例

图 5.3-52a 为一销轴, 除轴  $\phi 15_{-0.15}$  的径向圆跳动和孔  $\phi 3\text{H}12$  ( $10^3$ ) 的轴线位置度外, 其余形位公差值都由未注公差控制。尺寸公差除注出外, 也均由未注公差控制。

图 5.3-52b 为应控制的未注公差项目。用细双点划线框格或圆表示的公差值是未注公差值。由于车间加工时能达到或小于 GB/T1184 所规定的未注公差值, 因此, 不要求检查。有些公差值同时限制了该要素上的其他项目的误差, 如垂直度公差也限制了直线度误差, 因而图中没有表示所有的未注公差值。

为便于查找, 将未注公差的线性与角度的极限偏差数值列表如下:

附表 1: 线性尺寸的极限偏差数值 (GB/T1804-2000)。

附表 2: 倒圆半径和倒角高度尺寸的极限偏差数值 (GB/T1804-2000)。

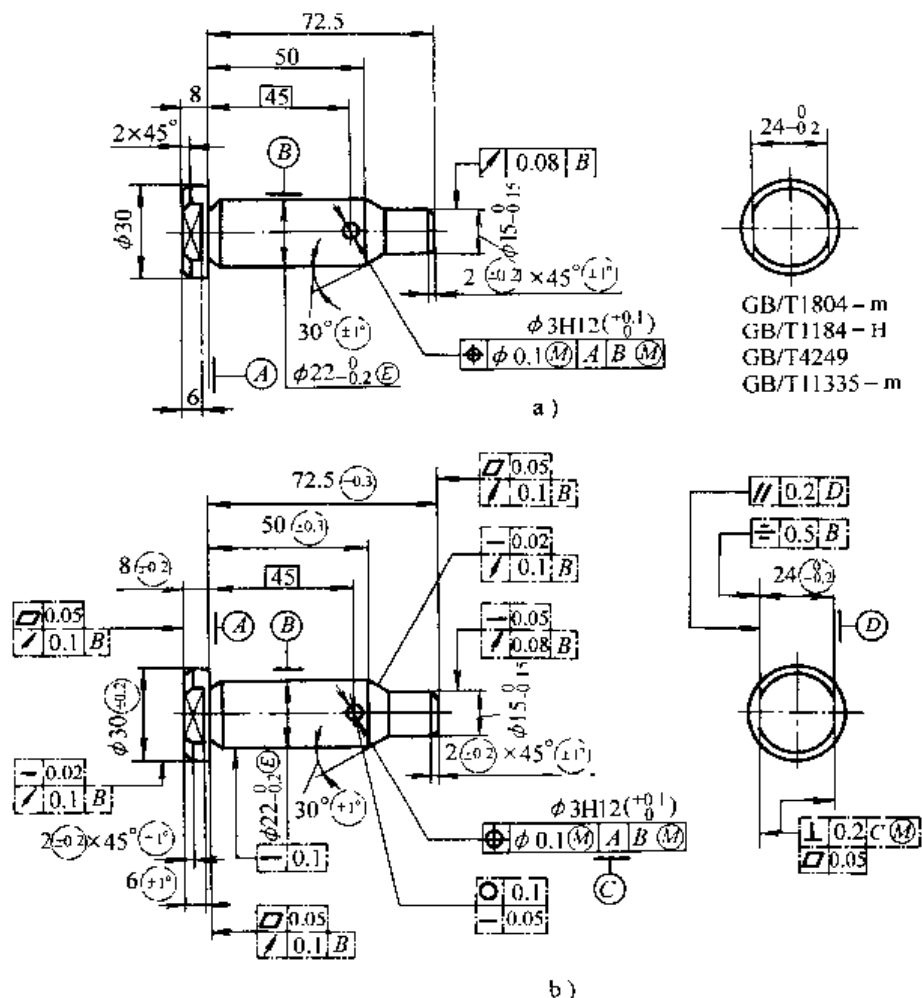


图 5.3-52

附表1 线性尺寸的极限偏差数值

(mm)

公差等级	尺寸分段							
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30~120	>120~400	>400~1000	>1000~2000	>2000~4000
f(精密级)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m(中等级)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c(粗糙级)	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
v(最粗级)		±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

附表2 倒圆半径和倒角高度尺寸的

极限偏差数值 (mm)

公差等级	基本尺寸分段			
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30
精密 f				
中等 m	±0.2	±0.5	±1	±2
粗糙 c				
最粗 v	±0.4	±1	±2	±4

注:倒圆半径和倒角高度的含义参见 GB/T6403.4.

附表3 角度尺寸的极限偏差数值

(mm)

公差等级	长度分段				
	~10	>10 ~50	>50 ~120	>120 ~400	>400
精密 f					
中等 m	±1°	±30'	±20'	±10'	±5'
粗糙 c	±1°30'	±1°	±30'	±15'	±10'
最粗 v	±3°	±2°	±1°	±30'	±20'

### 7.2 形位公差注出公差值

根据加工规律和优选系数,在 GB/T1184—1996 的附录中提出了形位公差各项的注出公差值,供设计者参照用。

附表3:角度尺寸的极限偏差数值(GB/T 1804—2000),其值按角度短边长度确定,对圆锥角按圆锥素线长度确定。

## 7.2.1 注出公差值的选用原则

(1) 根据零件的功能要求,并考虑加工的经济性和零件的结构、刚性等情况,按表中的数系确定要素的公差值。并考虑下列情况:

在同一要素上给出的形状公差值应小于位置公差值。如要求平行的两个平面,其平面度公差值应小于平行度公差值;

圆柱形零件的形状公差值(轴线的直线度除外)一般情况下应小于其尺寸公差值;

平行度公差值应小于其相应的距离公差值。

(2) 对于下列情况,考虑到加工的难易程度和除主参数外其他参数的影响,在满足零件功能要求下,适当降低1~2级使用。

孔相对于轴;

—细长比较大的轴或孔;

距离较大的轴或孔;

宽度较大(一般大于1/2长度)的零件表面;

—线对线和线对面相对于面对面的平行度;

—线对线和线对面相对于面对面的垂直度。

## 7.2.2 注出公差值数系表

(1) 直线度、平面度

直线度、平面度公差值数系见表5.3-42。主参数 $L$ 示例见图5.3-53。

(2) 圆度、圆柱度

圆度、圆柱度公差值数系见表5.3-43。主参数 $d(D)$ 示例见图5.3-54。

(3) 平行度、垂直度、倾斜度

平行度、垂直度、倾斜度公差值数系见表5.3-44,主参数 $L, d(D)$ 示例见图5.3-55。

(4) 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动

同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值数系见表5.3-45。主参数 $d(D), B, L$ 示例见图5.3-56。

(5) 位置度

位置度公差值数系见表5.3-46。

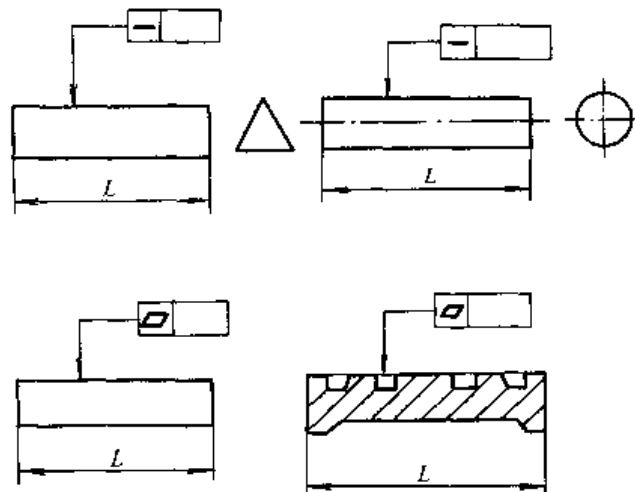


图 5.3-53

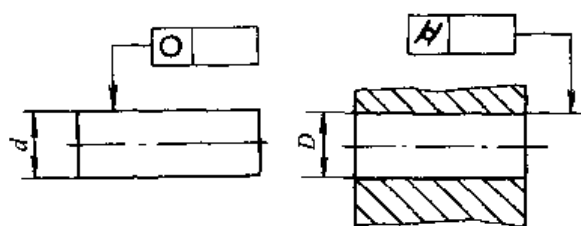


图 5.3-54

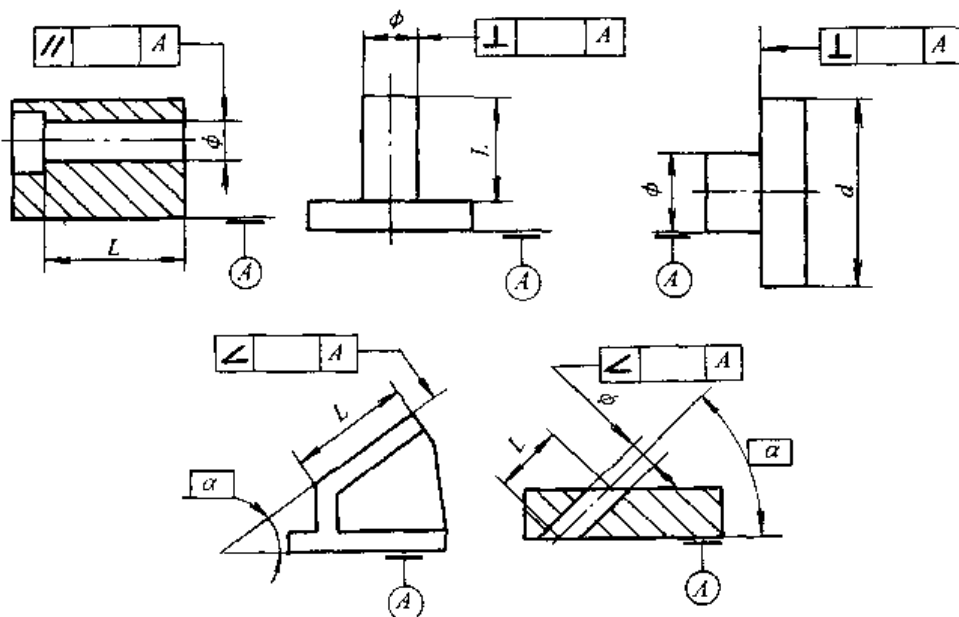


图 5.3-55

表 5.3-42 直线度、平面度公差值数系

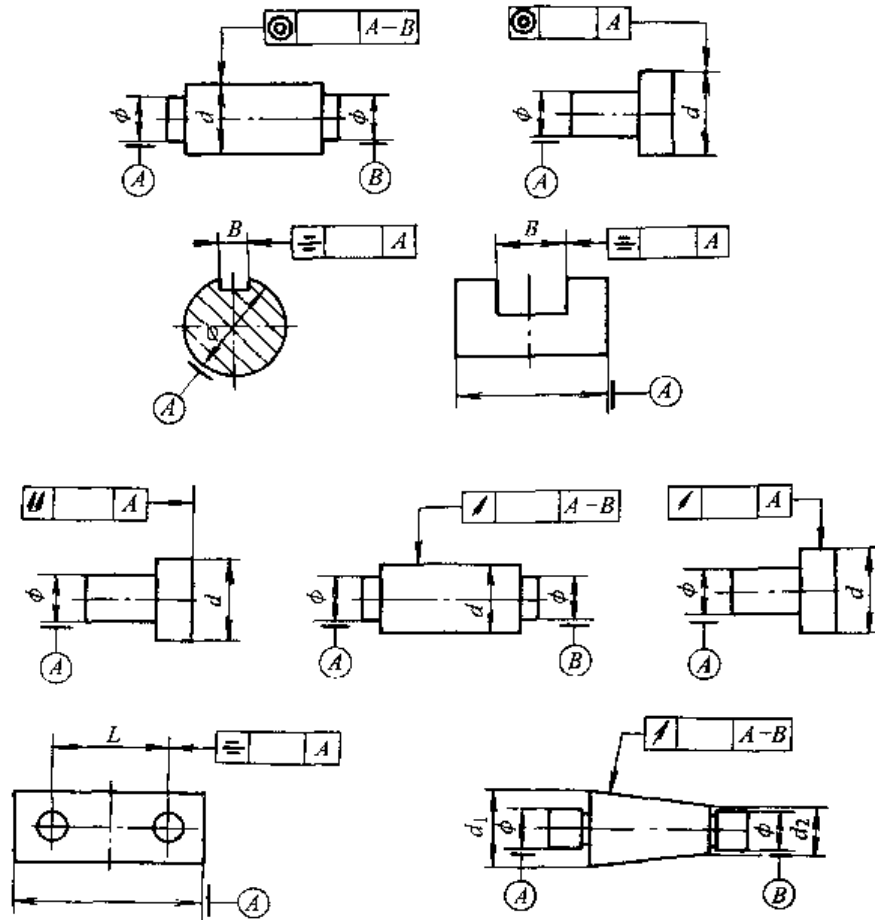
主参数 $L$ /mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$											
$\leq 10$	0.2	0.4	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60
$> 10 \sim 16$	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80
$> 16 \sim 25$	0.3	0.6	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	100
$> 25 \sim 40$	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120
$> 40 \sim 63$	0.5	1	2	3	5	8	12	20	30	50	80	150
$> 63 \sim 100$	0.6	1.2	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	200
$> 100 \sim 160$	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120	250
$> 160 \sim 250$	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150	300
$> 250 \sim 400$	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200	400
$> 400 \sim 630$	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250	500
$> 630 \sim 1000$	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300	600
$> 1000 \sim 1600$	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400	800
$> 1600 \sim 2500$	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500	1000
$> 2500 \sim 4000$	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1200
$> 4000 \sim 6300$	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1500
$> 6300 \sim 10000$	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	2000

表 5.3-43 圆度、圆柱度公差值数系

主参数 $d(D)$ /mm	公差等级												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$												
$\leq 3$	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25
$> 3 \sim 6$	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30
$> 6 \sim 10$	0.12	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36
$> 10 \sim 18$	0.15	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43
$> 18 \sim 30$	0.2	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52
$> 30 \sim 50$	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62
$> 50 \sim 80$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74
$> 80 \sim 120$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87
$> 120 \sim 180$	0.6	1	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
$> 180 \sim 250$	0.8	1.2	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
$> 250 \sim 315$	1.0	1.6	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130
$> 315 \sim 400$	1.2	2	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140
$> 400 \sim 500$	1.5	2.5	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155

表 5.3-44 平行度、垂直度、倾斜度公差值数系

主参数 $L, d(D)$ /mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$											
$\leq 10$	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
$> 10 \sim 16$	0.5	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150
$> 16 \sim 25$	0.6	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200
$> 25 \sim 40$	0.8	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250
$> 40 \sim 63$	1	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300
$> 63 \sim 100$	1.2	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400
$> 100 \sim 160$	1.5	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500
$> 160 \sim 250$	2	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600
$> 250 \sim 400$	2.5	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800
$> 400 \sim 630$	3	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000
$> 630 \sim 1000$	4	8	15	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
$> 1000 \sim 1600$	5	10	20	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
$> 1600 \sim 2500$	6	12	25	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
$> 2500 \sim 4000$	8	15	30	60	100	150	250	400	600	1000	1500	2500
$> 4000 \sim 6300$	10	20	40	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
$> 6300 \sim 10000$	12	25	50	100	150	250	400	600	1000	1500	2500	4000



当被测要素为圆锥面时,

$$\text{取 } d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

图 5.3-56

表 5.3-45 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值系数

主参数 $d(D) B L$ /mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$											
$\leq 1$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60
$> 1 \sim 3$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	20	40	60	120
$> 3 \sim 6$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	25	50	80	150
$> 6 \sim 10$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	30	60	100	200
$> 10 \sim 18$	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	40	80	120	250
$> 18 \sim 30$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	50	100	150	300
$> 30 \sim 50$	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60	120	200	400
$> 50 \sim 120$	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80	150	250	500
$> 120 \sim 250$	2	3	5	8	12	20	30	50	100	200	300	600
$> 250 \sim 500$	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120	250	400	800
$> 500 \sim 800$	3	5	8	12	20	30	50	80	150	300	500	1000
$> 800 \sim 1250$	4	6	10	15	25	40	60	100	200	400	600	1200
$> 1250 \sim 2000$	5	8	12	20	30	50	80	120	250	500	800	1500
$> 2000 \sim 3150$	6	10	15	25	40	60	100	150	300	600	1000	2000
$> 3150 \sim 5000$	8	12	20	30	50	80	120	200	400	800	1200	2500
$> 5000 \sim 8000$	10	15	25	40	60	100	150	250	500	1000	1500	3000
$> 8000 \sim 10000$	12	20	30	50	80	120	200	300	600	1200	2000	4000

表 5.3-46 位置度公差值系数

( $\mu\text{m}$ )

1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8
$1 \times 10^n$	$1.2 \times 10^n$	$1.5 \times 10^n$	$2 \times 10^n$	$2.5 \times 10^n$	$3 \times 10^n$	$4 \times 10^n$	$5 \times 10^n$	$6 \times 10^n$	$8 \times 10^n$

注:  $n$  为正整数。



7.2.3 常用的加工方法可达到的形位公差等级表(供参考)

1) 常用加工方法可达到的直线度、平面度公差等级见表 5.3-47。

表 5.3-47 常用加工方法可达到的直线度、平面度公差等级

加工方法		直线度、平面度公差等级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
车	粗											○	○
	细											○	○
铣	粗											○	○
	细											○	○
刨	粗											○	○
	细											○	○
磨	粗											○	○
	细											○	○
研磨	粗											○	○
	细											○	○
刮研	粗											○	○
	细											○	○

2) 常用加工方法可达到的圆度、圆柱度公差等级见表 5.3-48。

表 5.3-48 常用加工方法可达到的圆度、圆柱度公差等级

表面	加工方法	圆度、圆柱度公差等级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
轴	精密车削			○	○	○							
	普通车削					○	○	○	○	○			
	普通立车	粗					○	○	○				
		细					○	○	○	○			
	自动、半自动车	粗					○	○	○				
		细					○	○	○				
	外圆磨	粗					○	○					
		细					○	○					
	无心磨	粗					○	○					
		细					○	○					
孔	钻	粗										○	○
		细										○	○
	普通镗	粗					○	○	○				
		细					○	○	○				
	金刚石镗	粗					○	○					
		细					○	○					
	铰孔	粗					○	○					
		细					○	○					
	扩孔	粗					○	○					
		细					○	○					
内圆磨	粗					○	○						
	细					○	○						

(续)

表面	加工方法	圆度、圆柱度公差等级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
孔	研磨					○	○	○					
	珩磨					○	○	○					

3) 常用加工方法可达到的平行度、垂直度公差等级见表 5.3-49。

4) 常用加工方法可达到的同轴度、圆跳动公差等级见表 5.3-50。

表 5.3-49 常用加工方法可达到的平行度、垂直度公差等级

加工方法	平行度、垂直度精度等级												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
研磨	面												
	对												
刮	面												
	对												
磨	粗												
	细												
铣	粗												
	细												
刨	粗												
	细												
拉	粗												
	细												
插	粗												
	细												
磨	粗												
	细												
镗	粗												
	细												
金刚石镗	粗												
	细												
车	粗												
	细												
铣	粗												
	细												
钻	粗												
	细												

表 5.3-50 常用加工方法可达到的同轴度、圆跳动公差等级

加工方法	同轴度、圆跳动公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
车、镗	(加工孔)											
	(加工轴)											
铰	孔											
	轴											
磨	粗											
	细											
珩磨	粗											
	细											

7.2.4 圆度、圆柱度占尺寸公差的百分比

根据实测及分析,圆度和圆柱度误差在一般加工条件下所占尺寸公差的平均百分比为 30% 以下,极少数情况达 50% 以上。因此,用一般工艺方法在保证尺寸公差的同时,也必然能保证相应的圆度和圆柱度的精度。只有在要求圆度、圆柱度公差占尺寸公差 50% 以下时,才有必要给出公差值。表 5.3-51 给出了圆度、

表 5.3-51

尺寸公差 公差等级	圆度、圆柱度 公差等级	公差带占尺寸 公差的百分比 (%)	尺寸公差 公差等级	圆度、圆柱度 公差等级	公差带占尺寸 公差的百分比 (%)	尺寸公差 公差等级	圆度、圆柱度 公差等级	公差带占尺寸 公差的百分比 (%)
IT01	0	66	IT5	4	40	IT9	10	80
IT0	0	40		5	60		7	15
	1	80		6	95		8	20
IT1	0	25	IT6	3	16	IT10	9	30
	1	50		4	26		10	50
	2	75		5	40		11	70
IT2	0	16	IT7	6	66	IT11	8	13
	1	33		7	95		9	20
	2	50		4	16		10	33
IT3	3	85	IT8	5	24	IT12	11	46
	0	10		6	40		12	83
	1	20		7	60		9	12
IT4	2	30	IT9	8	80	IT13	10	20
	3	50		5	17		11	28
	4	80		6	28		12	50
IT5	1	13	IT10	7	43	IT14	10	14
	2	20		8	57		11	20
	3	33		9	85		12	35
IT6	4	53	IT11	6	16	IT15	11	11
	5	80		7	24		12	20
	2	15		8	32			
	3	25		9	48			

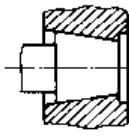

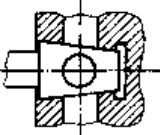
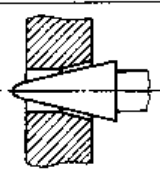
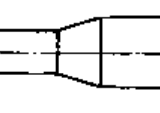
圆柱度占尺寸公差的百分比数值, 供给出公差值时参考。

## 8 圆锥尺寸和公差注法

圆锥表面是既具有形状要求又具有尺寸要求的一

种表面。圆锥结构可方便有效地在径向和轴向位置进行调整, 因而具有自动定心、保证密封、调整间隙和方便装配等功能。其功能、设计要求及图例等见表 5.3-52。

表 5.3-52 圆锥的功能、设计要求及图例

功 能	设 计 要 求	图 例	应 用 场 合
装配	控制相配合圆锥部位的径向或轴向位置, 以保证装配的精确度和快速拆装		刀具柄部的结合部位 主轴与刀具结合的轴颈部位等
定心	控制和保证径向位置的精度、轴向位置由辅助平面确定		圆锥滚子轴承、推力滚子轴承的内、外圈, 腔式滑动轴承与轴的变截面等
调整	根据内外锥面间隙或过盈的配合要求, 保证内、外锥面之间的调整量, 从而获得不同的配合		锥形滑动轴承与轴的配合面, 联轴器轮毂与轴的配合面等
密封	控制和保证密封用圆锥和与之配合件的尺寸精度和表面粗糙度, 以达到密封要求		液压控制阀、排气阀、堵头等
其他(连接处结构缓冲结构等)	根据零件结构要求设计圆锥尺寸与公差		各种阶梯轴连接处的一种过渡结构, 液压缸缓冲装置等

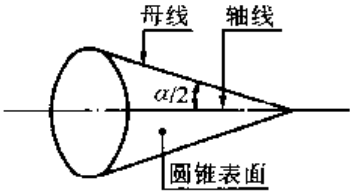
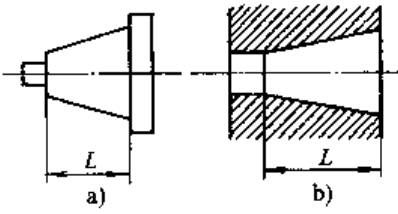
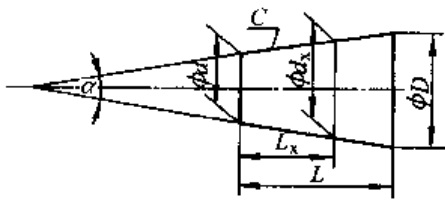
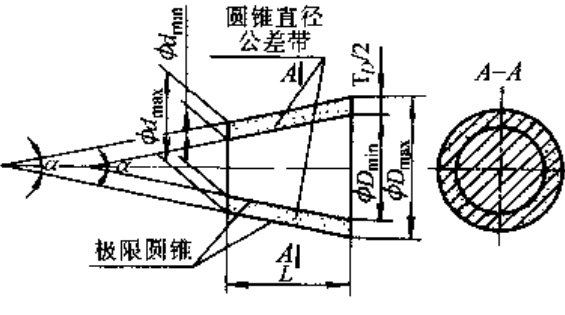
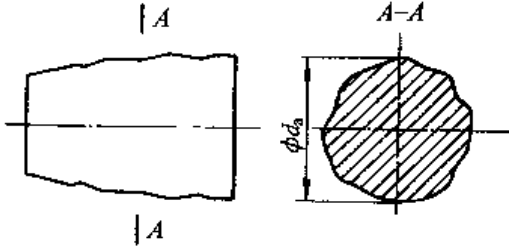
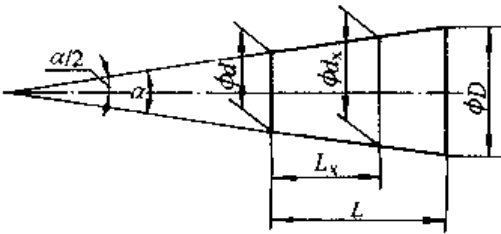
8.1 术语及定义

了统一的圆锥尺寸和公差的表示方法。

圆锥尺寸及公差的基本术语与定义见表 5.3

GB/T 15754-1995《圆锥尺寸和公差注法》规定 -53。

表 5.3-53 圆锥尺寸及公差的基本术语与定义

序号	术 语	定 义	图 例
1	圆锥表面	与轴线成一定角度,且一端相交于轴线的...一条直线段(母线),围绕该轴线旋转形成的表面	
2	圆锥	圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体...外圆锥是外部表面为圆锥表面的几何体(图 a);内圆锥为内部表面为圆锥表面的几何体(图 b)。外圆锥又可称为锥轴,内圆锥又可称为锥孔	
3	基本圆锥	设计给定的圆锥。可由一个基本圆锥直径(D、d 或 d <sub>1</sub> ),基本圆锥长度(L),基本圆锥角(α)或基本锥度确定;也可由两个基本圆锥直径和基本圆锥长度(L)确定	
4	极限圆锥	与基本圆锥共轴且圆锥角相等,直径分别为最大极限尺寸和最小极限尺寸的两个圆锥。在垂直于圆锥轴线的任一截面上,两个圆锥的直径相等	
5	实际圆锥	实际存在并通过测量得到的圆锥	
6	圆锥角 α	在通过圆锥轴线的截面内,两条素线间的夹角。圆锥角简称为锥角	

(续)

序号	术语	定义	图例
7	极限圆锥角	允许的最大或最小圆锥角	<p>圆锥角公差带</p> <p><math>\alpha_{min}</math> <math>\Delta T_{D/2}</math> <math>\alpha</math> <math>\Delta T_{\alpha/2}</math> <math>\alpha_{max}</math></p>
8	实际圆锥角	在实际圆锥的任一轴向截面内,包容圆锥素线且距离为最小的两对平行直线之间的夹角	<p>圆锥素线 实际圆锥角</p>
9	锥度(C)	两个垂直圆锥轴线的圆截面直径差与该两截面间的轴向距离之比 $C = \frac{D-d}{L}$ 或 $C = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$	
10	圆锥长度(L)	最大端圆锥直径截面与最小端圆锥截面之间的距离	<p><math>a</math> <math>d</math> <math>L</math></p>
11	圆锥直径(d, D)	圆锥在垂直轴线截面上的直径 最大端圆锥直径—D 最小端圆锥直径—d	<p><math>\phi D</math> <math>\phi d</math> <math>a</math> <math>L</math></p>
12	极限圆锥直径	垂直于极限圆锥轴线截面上的直径	<p><math>\phi D \pm \delta</math> <math>\alpha</math> <math>\phi D_{max}</math> <math>\phi D_{min}</math> <math>\delta</math> <math>\alpha</math> <math>\alpha</math></p>
13	圆锥直径公差( $T_D$ )	圆锥直径的允许变动量,它适用于圆锥的全长	<p><math>\phi D \pm T_D/2</math> <math>\alpha</math></p>
14	圆锥直径公差带	两个极限圆锥所限定的区域	<p><math>\phi D_{max}</math> <math>\phi D_{min}</math> <math>T_D/2</math> <math>T_D/2</math> <math>\alpha</math></p>

(续)

序号	术语	定义	图例
15	圆锥角公差(AT)	圆锥角的允许变动量	
16	圆锥角公差带	两个极限圆锥角所限定的区域	
17	给定截面的圆锥直径公差(T <sub>DS</sub> )	在垂直于圆锥轴线的给定截面内,圆锥直径的允许变动量	
18	给定截面的圆锥直径公差带	在垂直于圆锥轴线的给定截面内,两个极限圆锥所限定的区域	

(续)

### 8.2 圆锥尺寸注法

1) 根据圆锥的功能要求,选用表 5.3-54 中的特征参数组合标注圆锥尺寸。

表 5.3-54 圆锥尺寸标注(一)

特征参数	字母符号	标注示例	
		优先方法	可选方法
锥度	C	1:5	0.2:1
圆锥角	$\alpha$	1/5	20%
最大端圆锥直径	D		
最小端圆锥直径	d		
给定横截面处圆锥直径	$d_x$		
圆锥长度	L		
总长	L'		
给定横截面的长度	$L_x$		

2) 标注圆锥尺寸采用圆锥直径、圆锥角和圆锥长度相互结合的方法,也可用参考尺寸的形式标注附加尺寸,见表 5.3-55。一般情况下,应采用 GB/T157-1989《锥度和锥角系列》中规定的圆锥角系列。

表 5.3-55 圆锥尺寸标注(二)

标注方法	图例
由最大端圆锥直径 D、圆锥角 $\alpha$ 和圆锥长度 L 组合	

标注方法	图例
由最小端圆锥直径 d、圆锥角 $\alpha$ 和圆锥长度 L 组合	
由给定截面处直径 $d_x$ 、圆锥角 $\alpha$ 、给定截面的长度 $L_x$ 和圆锥总长度 L' 组合	
由最大端圆锥直径 D、最小端圆锥直径 $\phi d$ 及圆锥长度 L 组合	
增加附加尺寸 $\frac{\alpha}{2}$ , 此时 $\frac{\alpha}{2}$ 应加括号作为参考尺寸	

### 8.3 圆锥锥度的表示

#### (1) 符号

在图样上,圆锥应采用图 5.3-57 所示的图形符号,该符号应配置在基准线上,见图 5.3-58。基准线平

行于圆锥轴线并通过指引线与圆锥轮廓线相连。

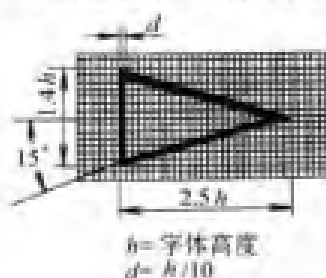


图 5.3-57

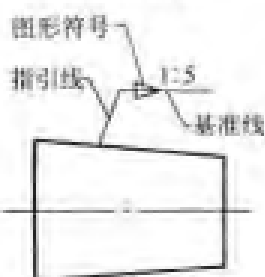


图 5.3-58

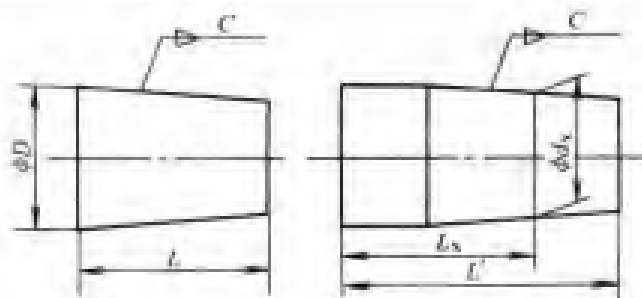


图 5.3-59

## (2) 标注方法

设计者应根据零件的功能要求,按标准规定(GB/T157)给出锥度值  $C$ ,或采用专用标准规定的锥度系列(如莫氏锥度),用锥度  $C$  标注,见图 5.3-59。GB/T157 中规定的锥度系列值,见表 5.3-57 与表 5.3-58。如所标注的锥度是标准系列之一(尤其是莫氏锥度或米制锥度,见 GB/T1443)时,可用标准系列号和相应的标注表示。图样上标注见图 5.3-60。标注方法见表 5.3-56。

表 5.3-56 标注方法

标注方法	图例
由锥度 $C$ 、最大端圆锥直径 $D$ 及圆锥长度 $L$ 组合	
由锥度 $C$ 、最小端圆锥直径 $d$ 及圆锥长度 $L$ 组合	
由锥度 $C$ 、给定截面处直径 $d_s$ 、给定截面长度 $L_s$ 及圆锥总长度 $L$ 组合	
采用莫氏锥度时,用相应标准中规定的标记表示	

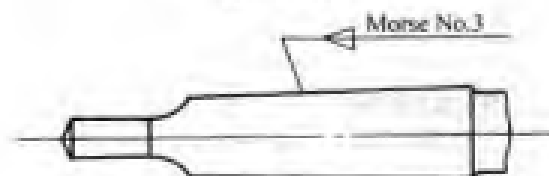


图 5.3-60

## 8.4 圆锥角与锥度系列值

### (1) 一般用途的锥度与锥角系列值

GB/T157 中规定了一般用途圆锥和圆锥角系列,见表 5.3-57,其相应的锥度值和给定高度  $A$  值见表 5.3-58。

### (2) 特殊用途的锥度与锥角系列值

标准中规定的特殊用途的锥度与圆锥角系列值见表 5.3-59,其相应的锥度值和给定高度  $A$  值见表 5.3-60。

表 5.3-57 圆锥和圆锥角系列值

基本值		推算值	
系列 1	系列 2	圆锥角 $\alpha$	锥度 $C$
120°	—	—	1 : 0.288 675
90°	75°	—	1 : 0.500 000
—	—	—	1 : 0.651 613
60°	—	—	1 : 0.866 025
45°	—	—	1 : 1.207 107
30°	—	—	1 : 1.866 025
1 : 3	1 : 4	18°55'28.7"	18.924 644°
—	—	14°15'0.1"	14.250 033°
1 : 5	1 : 6	11°25'16.3"	11.421 186°
—	1 : 7	9°31'38.2"	9.527 283°
—	1 : 8	8°10'16.4"	8.171 234°
—	—	7°9'9.6"	7.152 669°
1 : 10	—	5°43'29.3"	5.724 810°
—	1 : 12	4°46'18.8"	4.771 868°
—	1 : 15	3°49'5.9"	3.818 305°
1 : 20	—	2°51'51.1"	2.864 192°
1 : 30	—	1°54'34.9"	1.909 682°
—	1 : 40	1°25'56.8"	1.432 222°
1 : 50	—	1°8'45.2"	1.145 872°
1 : 100	—	0°34'22.6"	0.572 953°
1 : 200	—	0°17'11.3"	0.286 478°
1 : 500	—	0°6'52.5"	0.114 591°

表 5.3-58 锥度值和给定高度值

基本值	圆锥角 $\alpha$ /rad	圆锥半角 $\alpha/2$	给定高度 $h/mm$
120°	2.094395	60°	86.603
90°	1.570796	45°	70.711
75°	1.308997	37°30'	60.876
60°	1.047198	30°	50.000
45°	0.785398	22°30'	38.268
30°	0.523599	15°	25.882
1:3	0.330297	9°27'44"	16.440
1:4	0.248710	7°7'30"	12.403
1:5	0.199337	5°42'38"	9.950
1:6	0.166282	4°45'49"	8.305
1:7	0.142615	4°5'8"	7.125
1:8	0.124838	3°34'35"	6.238
1:10	0.099917	2°51'15"	4.994
1:12	0.083285	2°23'9"	4.163
1:15	0.066642	1°54'33"	3.331
1:20	0.049989	1°25'56"	2.400
1:30	0.033330	0°57'17"	1.666
1:40	0.024999	0°42'58"	1.250
1:50	0.019999	0°34'23"	1.000
1:100	0.010000	0°17'11"	0.500
1:200	0.005000	0°8'36"	0.250
1:500	0.002000	0°3'26"	0.100

注:  $h$  系指长度为 100mm 的正弦尺测量圆锥角时,垫起

角度  $\frac{\alpha}{2}$  时所需的量块尺寸。

表 5.3-59 特殊用途的锥度与圆锥角系列值

基本值	推算值		说明
	圆锥角 $\alpha$	锥度 $C$	
18°30'	—	—	纺织工业
11°54'	—	—	
8°40'	—	—	
7°40'	—	—	
7:21	16°35'39.4"	16.594290°	机床主轴,刀具配合
1:9	6°21'34.8"	6.359660°	
1:16.666	3°26'12.2"	3.436716°	电池接头
1:12.262	4°40'11.6"	4.669884°	
1:12.972	4°24'53.1"	4.414746°	医疗设备
1:15.748	3°38'13.4"	3.637060°	
1:18.779	3°3'1.0"	3.050280°	莫氏锥度 No. 2
1:19.264	2°58'24.8"	2.973556°	
1:20.288	2°49'24.7"	2.823537°	No. 1
1:19.002	3°0'52.4"	3.011543°	
1:19.180	2°59'11.7"	2.986582°	No. 33
1:19.212	2°58'53.8"	2.981618°	
1:19.254	2°58'30.6"	2.975179°	No. 6
1:19.922	2°52'31.5"	2.875406°	
1:20.020	2°51'41.0"	2.861377°	No. 0
1:20.047	2°51'26.7"	2.857417°	

表 5.3-60 特殊用途的锥度值和给定高度值

基本值	圆锥角 $\alpha/rad$	圆锥半角 $\alpha/2$	给定高度 $h/mm$
18°30'	0.322886	9°15'	16.074
11°54'	0.207694	5°57'	10.366
8°40'	0.151262	4°20'	7.556
7°40'	0.133808	3°50'	6.690
7:21	0.289625	8°17'50"	14.431
1:9	0.110997	3°10'47"	5.547
1:16.666	0.059982	1°43'6"	2.999
1:12.262	0.081508	2°20'6"	4.074
1:12.972	0.077051	2°12'26"	3.852
1:15.748	0.063479	1°49'7"	3.173
1:18.779	0.053238	1°31'31"	2.662
1:19.264	0.051898	1°29'12"	2.595
1:20.288	0.049280	1°24'42"	2.464
1:19.002	0.052613	1°30'26"	2.630
1:19.180	0.052126	1°29'36"	2.606
1:19.212	0.052039	1°29'27"	2.602
1:19.254	0.051926	1°29'15"	2.596
1:19.922	0.050185	1°26'16"	2.509
1:20.020	0.049940	1°25'50"	2.497
1:20.047	0.049872	1°25'43"	2.493

(3) 莫氏圆锥系列值

1) GB/T1443 1996《机床和工具柄用自夹圆锥》中给出了莫氏圆锥的代号米制圆锥及其对应的锥度、圆锥角等系列值见表 5.3-61。

2) GB/T6090—1993《钻夹头圆锥》中规定的在钻夹头上使用的贾各圆锥的形式和参数见表 5.3-62。

8.5 圆锥的公差注法

与国际标准 ISO3040—1990《技术制图—尺寸和公差注法—圆锥》一致,我国标准也将面轮廓度作为圆锥公差的基本表示法加以推荐使用。由于圆锥面应看作单一要素,和圆柱面一样,是由母线围绕轴线旋转而形成,不同点只是圆柱面的母线平行于轴线而圆锥面的母线与轴线呈一定角度。理论圆锥面是一个理想轮廓面,因而用面轮廓度控制是适宜的。考虑到我国生产中常用的方法及一些非配合圆锥面没有严格要求的实际情况,标准中列了两个附录,附录中提出了基本锥度法和公差锥度法,仅供选择使用。

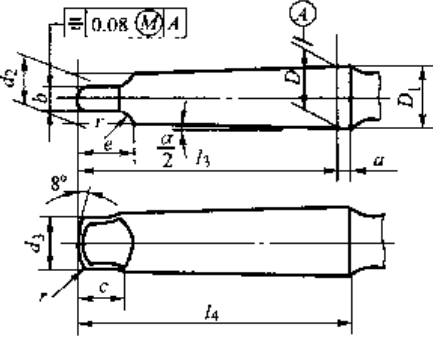
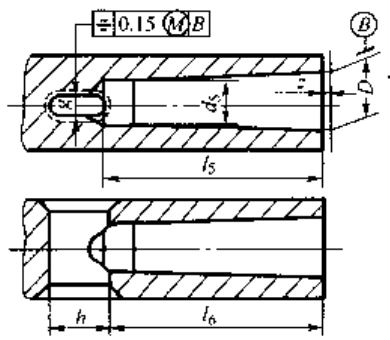
8.5.1 面轮廓度法

GB/T1182 中规定,理想轮廓面是由理论正确尺寸建立的,其公差带是包络一系列直径为公差值  $t$  的球的两包络面之间的区域,诸球的球心应位于具有理论正确几何形状的轮廓面上。这样所形成的公差带的轴线必然与理想轮廓面的轴线一致,以此来控制实际圆锥面对理想圆锥面的偏离状况。检测时只需判断实际轮廓面是否处于公差带内以确定合格与否。有配合要求的圆锥面应采取此法。用面轮廓度控制圆锥面公差有多种标注方法,见表 5.3-63。

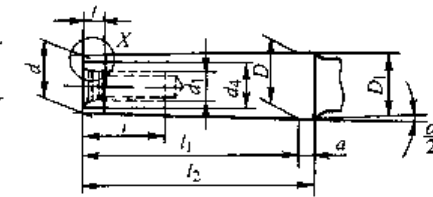
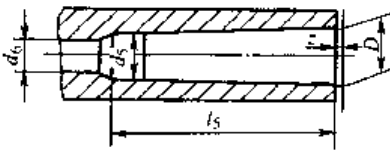
表 5.3-61 莫氏圆锥代号及锥度、圆锥角系列值

(mm)

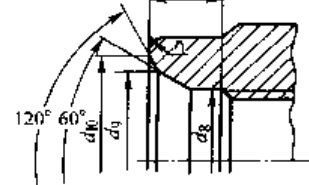
带扁尾的内圆锥和外圆锥



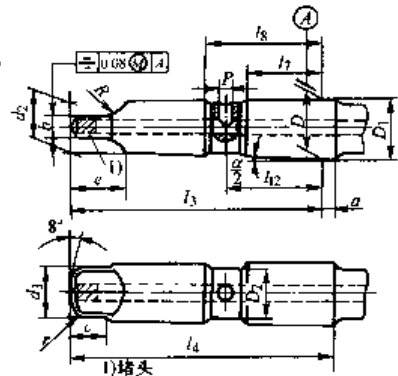
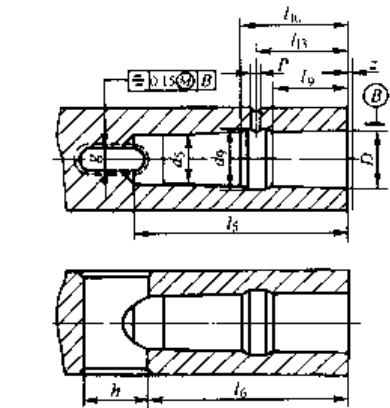
带螺纹孔的内圆锥和外圆锥



X 放大

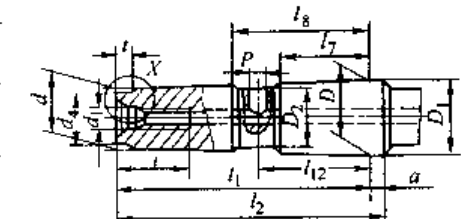
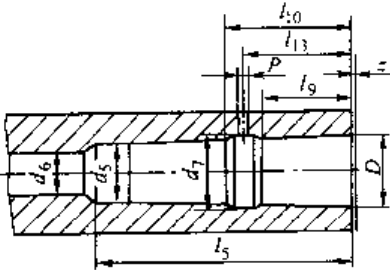


扁尾、带冷却液输入孔的内圆锥和外圆锥

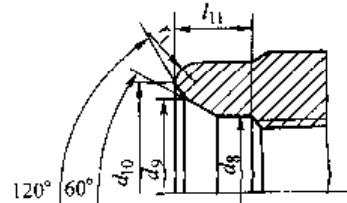


1) 堵头

带螺纹孔、带冷却液输入孔的内圆锥和外圆锥



X 放大





(续)

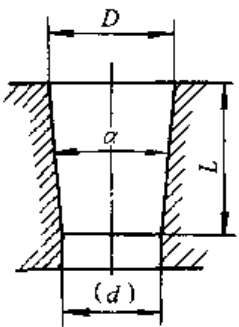
名称	米制圆锥						莫氏圆锥						米制圆锥						
	4	6	0	1	2	3	4	5	6	80	100	120	160	200	80	100	120	160	200
锥度	1:20=0.05						1:20=0.05						1:20=0.05						
$D$	4	6	9.045	12.665	17.780	23.825	31.267	44.399	63.348	80	100	120	160	200	80	100	120	160	200
$a$	2	3	3	3.5	5	5	6.5	6.5	8	8	10	12	16	20	8	10	12	16	20
$D_1 \approx$	4.1	6.2	9.2	12.2	18	24.1	31.6	44.7	63.8	80.4	100.5	120.6	160.8	201	80.4	100.5	120.6	160.8	201
$D_2 \approx$	—	—	—	—	15	21	28	40	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$d$	2.9	4.4	6.4	9.4	14.6	19.8	25.9	37.6	53.9	70.2	88.4	106.6	143	179.4	70.2	88.4	106.6	143	179.4
$d_1$	—	—	—	M6	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M36	M48	M48	M30	M36	M36	M48	M48
$d_2 \approx$	—	—	6.1	9	14	19.1	25.2	36.5	52.4	69	87	105	141	177	69	87	105	141	177
$d_3 \approx$	—	—	6	8.7	13.5	18.5	24.5	35.7	51	67	85	102	138	174	67	85	102	138	174
$d_4 \approx$	2.5	6	8	9.0	14.0	19	25	35.7	51	67	85	102	138	174	67	85	102	138	174
$d_8$	—	—	—	6.4	10.5	13	17	21	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$d_9$	—	—	—	8	12.5	15	20	26	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$d_{10}$	—	—	—	8.5	13.2	17	22	30	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_1 \approx$	23	32	50	53.5	64	81	102.5	129.5	182	196	232	288	340	412	196	232	288	340	412
$l_2 \approx$	25	35	53	57	69	86	109	136	190	204	242	280	356	432	204	242	280	356	432
$l_3 \approx$	—	—	56.5	62	75	94	117.5	149.5	210	220	260	300	380	460	220	260	300	380	460
$l_4 \approx$	—	—	59.5	66.5	80	99	124	156	218	228	270	312	396	480	228	270	312	396	480
$l_7 \approx$	—	—	—	—	20	29	39	51	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_8 \approx$	—	—	—	—	34	43	55	69	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_{11}$	—	—	—	4	5	5.5	8.2	10	11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_{12}$	—	—	—	—	27	36	47	60	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$P$	—	—	—	—	4.2	5	6.8	8.5	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$b$ h13	—	—	3.9	5.2	6.3	7.9	11.9	15.9	19	26	32	38	50	62	26	32	38	50	62
$c$	—	—	6.5	8.5	10	13	16	19	27	24	28	32	40	48	24	28	32	40	48
$e \approx$	—	—	10.5	13.5	16	20	24	29	40	48	58	68	88	108	48	58	68	88	108
$i \approx$	—	—	—	16	24	24	32	40	47	59	70	70	92	92	59	70	70	92	92
$R \approx$	—	—	4	5	6	7	8	12	18	24	30	36	48	60	24	30	36	48	60
$r$	—	—	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	5	6	8	10	5	5	6	8	10
$r_1$	—	—	0.2	—	0.2 <sup>0</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$t$	2	3	4	—	5 <sup>0</sup>	7	9	10	16	24	30	36	48	60	24	30	36	48	60
$d_3$ H11	3	4.6	6.7	9.7	14.9	20.2	26.5	38.2	54.8	71.5	90	108.5	145.5	182.5	71.5	90	108.5	145.5	182.5
$d_6 \approx$	—	—	—	7	11.5	14	18	23	27	33	39	48	60	72	33	39	48	60	72
$d_7 \approx$	—	—	—	—	19.5	24.5	32	44	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_5 \approx$	25	34	52	56	67	84	107	135	188	202	240	276	350	424	202	240	276	350	424
$l_8$	21	29	49	52	62	78	98	125	177	186	220	254	321	388	186	220	254	321	388
$l_9$	—	—	—	—	22	31	41	53	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_{10}$	—	—	—	—	32	41	53	67	97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$l_{13}$	—	—	—	—	27	36	47	60	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$k$ A13	2.2	3.2	3.9	5.2	6.3	7.9	11.9	15.9	19	26	32	38	50	62	26	32	38	50	62
$h$	8	12	15	19	22	27	32	38	47	52	60	70	90	110	52	60	70	90	110
$P$	—	—	—	—	4.2	5	6.8	8.5	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$z$	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	1.5	1.5	1.5	2	2

注：1 号和 2 号含内螺纹的外圆锥小端可不做小圆柱( $d_1 \times l$ )， $d$  处倒角。

- ① 给出的  $D_1$ 、 $d$  或  $d_2$  为近似值，供参考（其实际值，在确定了锥度和基本尺寸  $D$  时，分别取于  $a$  和  $l_1$  或  $l_3$  的实际值）。
- ②  $c$  值可以增加，但不超过  $e$  值。
- ③ 根据需要，图 1、图 2 中的外圆锥可做成不连续表面。

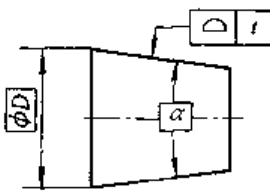
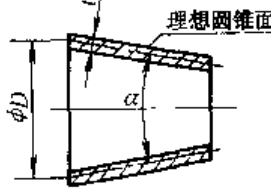
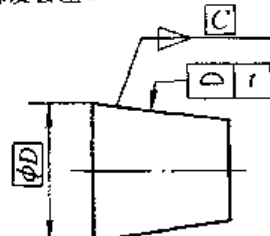
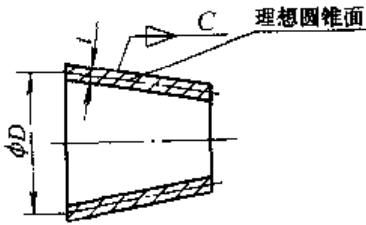
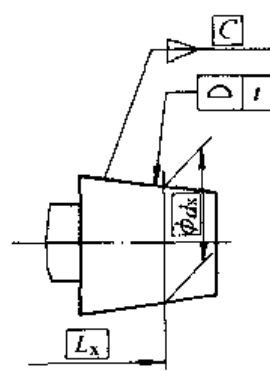
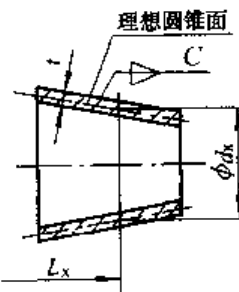
表 5.3-62 页各圆锥的形式和参数

(mm)

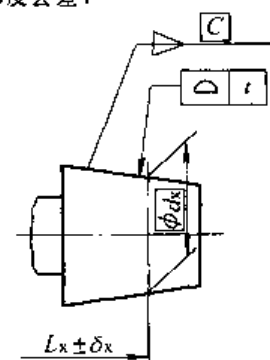
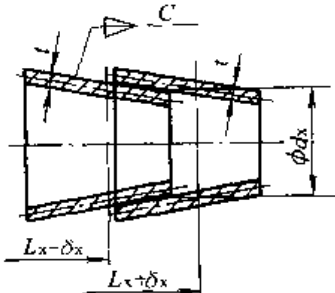
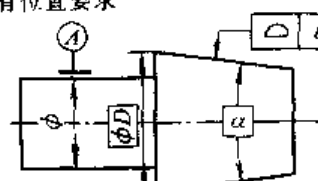
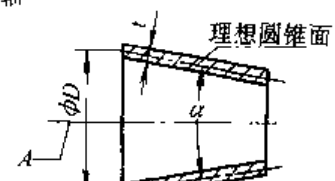
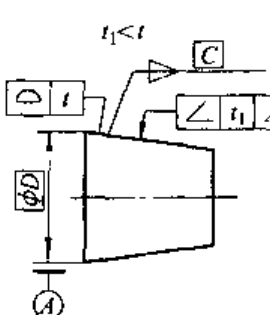
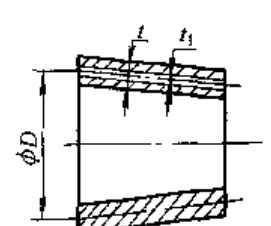
圆锥规格	$D$	$d$	$L$	锥角 $\alpha$	锥度	
	J0	6.350	5.802	11.112	2°49'24.7"	1 : 20.288 = 0.04929
	J1	9.754	8.469	16.669	4°24'53.1"	1 : 12.972 = 0.07709
	J2(短)	13.940	12.386	19.050	4°40'11.6"	1 : 12.262 = 0.08155
	J2	14.199	12.386	22.225	4°40'11.6"	1 : 12.262 = 0.08155
	J33	15.850	14.237	25.400	3°38'13.4"	1 : 15.748 = 0.06350
	J6	17.170	15.852	25.400	2°58'24.8"	1 : 19.264 = 0.05191
	J3	20.599	18.951	30.956	3°3'1.0"	1 : 18.779 = 0.05325
	(J4)	28.550	26.346	42.069	3°0'5.8"	1 : 19.084 = 0.05240
	(J5)	35.890	33.422	47.625	2°58'8.3"	1 : 19.305 = 0.05183

注:表中括号内的参数尽可能不选用。

表 5.3-63 标注方法

序号	标注方法	公差带解释
1	<p>给定圆锥角 <math>\alpha</math> 与最大端圆锥直径 <math>D</math> 给出面轮廓度公差 <math>t</math></p> 	<p>以理论正确圆锥角 <math>\alpha</math> 和理论正确直径 <math>D</math> 来确定理想圆锥面。以面轮廓度公差 <math>t</math> 为球的直径 (<math>S\phi t</math>) 的一系列球的球心位于理想圆锥面上,形成了两个包络面,两包络面之间的区域即面轮廓度公差带,也即公差带是距离为公差值 <math>t</math> 与理想圆锥面同轴的两等距圆锥面之间的区域</p> 
2	<p>给定锥度 <math>C</math> 与最大端圆锥直径 <math>D</math> 给出面轮廓度公差 <math>t</math></p> 	<p>以理论正确锥度 <math>C</math> 和理论正确直径 <math>D</math> 来确定理想圆锥面。以面轮廓度公差为球的直径的一系列球位于此理想圆锥面上所形成的两等距圆锥面之间的区域,即控制实际圆锥面的公差带</p> 
3	<p>给定锥度 <math>C</math> 与轴向位置尺寸 <math>L_x</math> 和 <math>d_x</math> 以理论正确的 <math>C</math> 和 <math>L_x, d_x</math> 给出面轮廓度公差 <math>t</math></p> 	<p>以基面距 <math>L_x</math> 处的直径 <math>d_x</math> 与锥度 <math>C</math> 所确定的理想轮廓面,以面轮廓度公差 <math>t</math> 为球的直径的一系列球位于此理想轮廓面上所形成的两等距圆锥面之间的区域,即控制实际圆锥面的公差带</p> 

(续)

序号	标注方法	公差带解释
4	<p>给定锥度 <math>C</math> 与轴向位置尺寸和公差 <math>L_x \pm \delta_x</math> 和 <math>d_x</math> 给出面轮廓度公差 <math>t</math></p> 	<p>基面距 <math>L_x</math> 带有公差 <math>\pm \delta_x</math>, 说明此距离是变化的。两个极端情况是以理论正确锥度 <math>C</math> 和 <math>d_x</math> 与 <math>L_x + \delta_x</math> 所组成的理想圆锥面和以理论正确锥度 <math>C</math> 和 <math>d_x</math> 与 <math>L_x - \delta_x</math> 所组成的理想圆锥面。实际情况则是处于两者之间, 即: <math>+ \delta_x &gt; \delta &gt; - \delta_x</math></p> 
5	<p>给定圆锥角 <math>\alpha</math> 与最大端圆锥直径 <math>D</math> 给出面轮廓度公差 <math>t</math>, 并相对于基准 <math>A</math> (另一圆柱面的轴线) 有位置要求</p> 	<p>以理论正确圆锥角 <math>\alpha</math> 和理论正确直径 <math>D</math> 以及面轮廓度公差 <math>t</math> 形成面轮廓度公差带, 但此公差带的轴线必须与相邻圆柱体的轴线同轴</p> 
6	<p>给定锥度 <math>C</math> 和最大端圆锥直径 <math>D</math> 给出面轮廓度公差 <math>t</math>, 同时又给出倾斜度公差 <math>t_1</math>, 用以对实际圆锥面相对理想圆锥面轴线的倾斜情况作进一步限制</p> 	<p>以理论正确锥度 <math>C</math> 和理论正确直径 <math>D</math> 与面轮廓度公差 <math>t</math> 形成面轮廓度公差带 (斜线部分)。与此同时, 相对于 <math>A</math> 基准轴线距离为 <math>t_1</math> 的倾斜度公差带 (点的部分) 在面轮廓度公差带内, 进一步限制实际圆锥面的倾斜</p> <p>倾斜度公差带可根据实际圆锥面的具体情况在面轮廓公差带内浮动</p> 

注: 1. 相配合的圆锥面应注意其所给定尺寸的一致性。

2. 进一步限制的要求除倾斜度外, 还可用直线度、圆度等形位公差项目及控制量规涂色接触率等方法限制。

### 8.5.2 基本锥度法

基本锥度法是一种规定的表示方法, ISO3040 中无此内容。为了与 GB/T11334-1989 协调, 将此方法放在附录 A 中。基本锥度法的标注形式见表 5.3-64。基本锥度的特点是不论圆锥直径还是长度带有公差, 但给出的锥度总是理论正确锥度。

### 8.5.3 公差锥度法

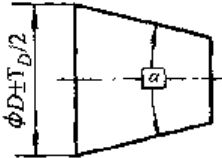
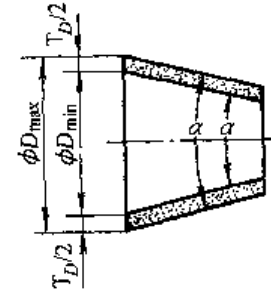
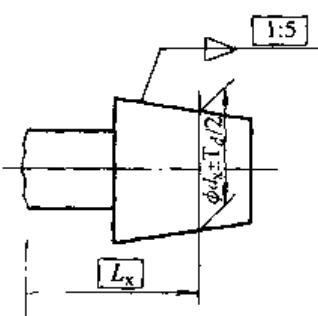
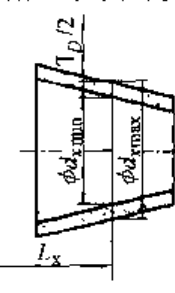
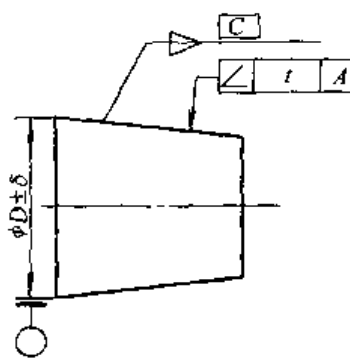
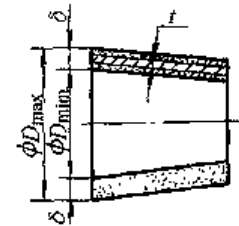
公差锥度法是根据 GB/T11334 中规定的第二种圆锥公差的表示方法。它同时给出圆锥直径公差和锥

角公差。用此种方法, 圆锥的实际尺寸由两点法测定, 它不构成公差带, 更不会构成对称于轴线分布的两同轴圆锥面公差带。严格地说, 此种方法不能控制圆锥面误差, 只适用于非配合圆锥或仅对某一截面尺寸有要求的场合。因此放在附录 B 中仅供参考。

图 5.3-61 是公差锥度法的标注示例之一, 给出了圆锥角公差  $\alpha \pm \delta_\alpha$  和最大圆锥直径及公差  $\phi D \pm T_D/2$ 。由于尺寸公差控制不了其素线的直线度误差, 因此增加了素线直线度公差的要求。

图 5.3-62 是示例之二, 为控制圆锥面上某一截面的尺寸, 应在指定截面上控制其圆锥角公差和直径公差。

表 5.3-64 基本锥度法标注形式

序号	标注方法	公差带解释
1	<p>给定圆锥角 <math>\alpha</math> 与最大圆锥直径与公差</p> 	<p>由于给出的圆锥角 <math>\alpha</math> 是理论正确角度,就视作控制实际圆锥面的公差带是相对于轴线对称分布的两个理想圆锥面。两理想圆锥面之间的距离是最大圆锥直径的最大实体尺寸与最小实体尺寸之差</p> 
2	<p>给定锥度与给定截面的圆锥直径与公差</p> 	<p>与1同理,但两个理想圆锥面是由理论正确锥度 1:5 与理论正确的给定长度 <math>L_x</math> 确定的。两圆锥面之间的距离是在 <math>L_x</math> 上的圆锥直径的最大实体尺寸与最小实体尺寸之差</p> 
3	<p>给定锥度 <math>C</math> 及最大圆锥直径及公差 同时又给出相对基准 <math>A</math> 的倾斜度公差 <math>t</math>,以限制实际圆锥面相对于基准 <math>A</math> 的倾斜</p> 	<p>由于给出的锥度 <math>C</math> 是理论正确锥度,就视作控制实际圆锥面的公差带是相对于轴线对称分布的两个理想圆锥面,它们之间的距离是最大圆锥直径的最大实体尺寸与最小实体尺寸之差。相对于基准轴线 <math>A</math> 的倾斜度进一步限制实际圆锥面对基准轴线 <math>A</math> 的倾斜。倾斜度公差带可根据实际圆锥面的具体情况在距离为 <math>\delta</math> 的两理想圆锥面所形成的公差带内浮动</p> 

注:此表所列各种基本锥度法可适用于配合零件。

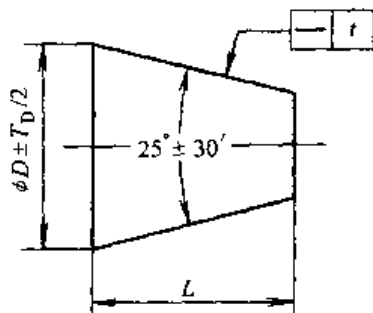


图 5.3-61

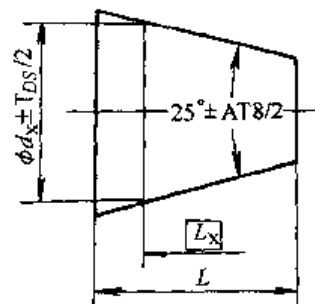


图 5.3-62

### 9 综合示例

为了说明必须从零件在产品中的功能要求出发,正确地选用形位公差的项目、数值,选定适合的基准或基准体系,正确采用公差原则及相关要求,本节特选择了10个典型零件的图例,并从以上诸方面加以解释,供读者参考。

本节所选的图例主要为了说明上述问题及采用的概念,图样并不完整,各项要求也是不齐全的,不能作为生产图样使用。

#### 示例一 圆柱齿轮

1) 图例 (图 5.3-63)

2) 说明

① 为保证与相配轴的配合要求,孔  $\phi 50H6$  采用包容要求,标注包容要求符号  $\textcircled{E}$ 。但此孔圆柱度要求较高,用最大实体边界控制尚不能满足它的要求,特别注出  $\sqrt{0.004}$ 。

② 以  $\phi 50H6$   $\textcircled{E}$  孔的轴线为基准,两侧面对基准  $A$  的端面圆跳动公差为  $0.005\text{mm}$ 。

③ 圆齿轮两个端面形状相同不易分辨,采用任选基准,其平行度公差为  $0.008\text{mm}$ 。

④ 齿顶圆柱面对基准  $A$  的径向圆跳动公差为  $0.008\text{mm}$ 。

⑤ 必须在图样右下角(或其他空白处)标明该图样是贯彻国标公差原则,即公差原则按 GB/T4249,并注明所采用的线性尺寸和角度的未注公差级别,如未注线性尺寸公差按 GB/T1804-f、未注角度公差按 GB11335-f。也应注明形位的未注公差值的级别,如未注形位公差按 GB/T1184-H (以下图例同此,不再叙述)。

#### 示例二 端盖

1) 图例 (图 5.3-64)

2) 说明

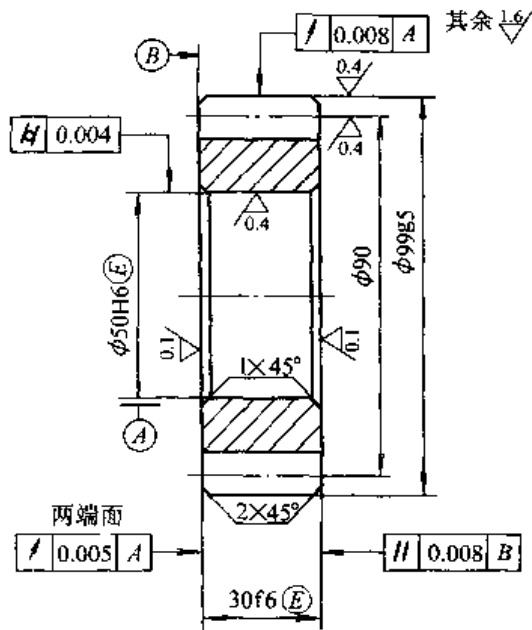
①  $\phi 38h7$  与  $\phi 36h7$  均要求与相应的孔配合。

②  $\phi 38h7$  与孔配合后需用螺栓固定,4个螺栓光孔  $\phi 4.5\text{mm}$  的轴线应相对于  $\phi 38h7$  的轴线均匀分布。给出位置度公差  $\phi 0.5\text{mm}$ ,相对于基准  $A$ 。

③  $\phi 38h7$  的轴线与  $\phi 36h7$  的轴线应保持同轴,以保证螺栓的装入及端面的贴合,给出同轴度公差  $\phi 0.12\text{mm}$ 。

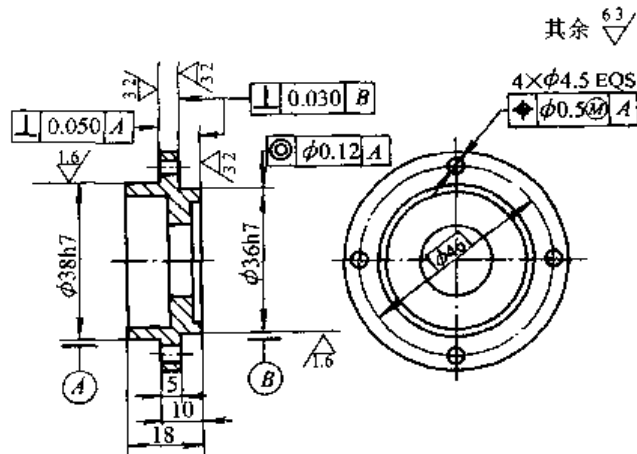
④ 左右两端面分别要求与  $\phi 38h7$  和  $\phi 36h7$  轴线垂直,以保证装配,给出相对于基准  $A$  的垂直度为  $0.05\text{mm}$  和相对于基准  $B$  的垂直度为  $0.03\text{mm}$ ,因只要求在某一给定方向,故公差数值前不加  $\phi$ 。

⑤ 允许尺寸补偿给位置度,采用最大实体要求  $\phi 0.5$   $\textcircled{M}$ 。



公差原则按 GB/T 4249  
未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-f  
未注角度公差按 GB/T 11335-f  
未注形位公差按 GB/T 1184-H

图 5.3-63



公差原则按 GB/T 4249  
未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-m  
未注角度公差按 GB 11335-m  
未注形位公差按 GB/T 1184-K

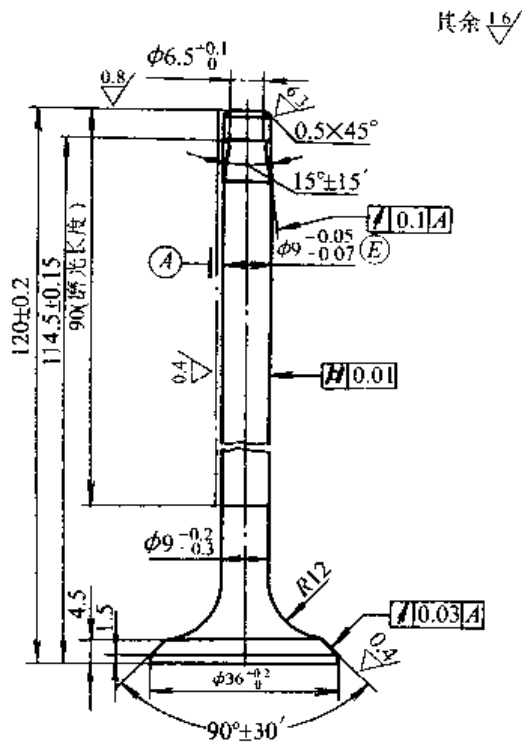
图 5.3-64

#### 示例三 排气阀

1) 图例 (图 5.3-65)

2) 说明

① 在图样中示出的尺寸“90”的长度内,排气阀杆部要进行往复运动,除给出较高的尺寸公差及较小的表面粗糙度外,还应控制其形状误差,这里采用了包容要求  $\textcircled{E}$ ,以最大实体边界  $\phi 8.95\text{mm}$  控制该部分的实



公差原则按 GB/T 4249  
未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-m  
未注角度公差按 GB 11335-m  
未注形位公差按 GB/T 1184-H

图 5.3-65

际尺寸和形状误差。

② 采用包容要求后,在极端的情况下,该部位的圆柱度误差可能达  $0.02$  ( $0.07 - 0.05$ ) mm,为保证其配合精度及运动的平稳,需对圆柱度进行控制,因而给出了圆柱度公差  $0.01$  mm,以保证零件的功能。

③ 为保证气密性,对锥面  $90^\circ \pm 30'$  给出了相对于基准轴线 A 的斜向圆跳动  $0.03$  mm,用于综合控制同轴度误差和锥面的形状误差。

#### 示例四 传动轴

1) 图例 (图 5.3-66)

2) 说明

① 在轴颈  $\phi 18h7$  及  $\phi 25js6$  上需装齿轮,为保证齿轮的传动精度,应控制两轴颈相对于该传动轴轴线的形位误差,该轴的轴线应采用公共轴线,以两端顶尖孔的连线 A-B 为基准轴线,两轴颈分别对基准 A-B 给出径向圆跳动,以控制其圆表面的形状误差和相对于基准轴线的同轴度误差,保证其与基准轴线的同轴及与锥面的配合精度。

② 锥度为 1:5 的圆锥表面也是一配合表面,需控制其圆锥表面的形状和位置误差,按 GB/T 15754 的规定给出有位置要求的轮廓度公差,即相对于基准轴

线 A-B 的面轮廓度  $0.01$  mm。

③  $\phi 32$  轴两端面用于轴承的轴向定位,给出其对基准轴线 A-B 的端面圆跳动公差  $0.02$ 。

④ 6N9 键槽应与其相应轴有正确的位置要求,给出其对称平面对基准轴线 C 的对称度公差  $0.2$  mm,并进一步给出平行度公差  $0.02$  mm,以限制键侧面与槽侧面的歪斜,用以保证两者之间的良好接触。

#### 示例五 尾座

1) 图例 (图 5.3-67)

2) 说明

① 该尾座的平导轨和 V 形导轨需与床身导轨相配合并进行往复运动,尾座孔  $\phi 9H6$  必须与此两导轨保持正确的方向。

② 以平导轨面作第一基准 A,以 V 形导轨面的对称中心平面作第二基准 B,两基准互相垂直形成一个三基面体系。

③ 平导轨面与 V 形导轨面都应有较高的平面度公差要求,并只允许误差向中间减少,以便于与床身导轨贴合。

给出平导轨面的平面度公差总值为  $0.02$  mm (-),误差只允许向中间凹下,并同时限制在整个面上每  $40$  mm 的平面度误差不得大于平面度公差值  $0.01$  mm。

给出 V 形导轨两个面的平面度公差总值为  $0.02$  mm (-),误差只允许向中间凹下,并同时限制在整个面上每  $40$  mm 的平面度误差不得大于平面度公差值  $0.01$  mm。

④ 给出孔  $\phi 9H6$  相对于三基面体系的两个互相垂直的平行度公差,即分别为平行度公差  $0.01$  mm 和  $0.02$  mm。

#### 示例六 前叉

1) 图例 (图 5.3-68)

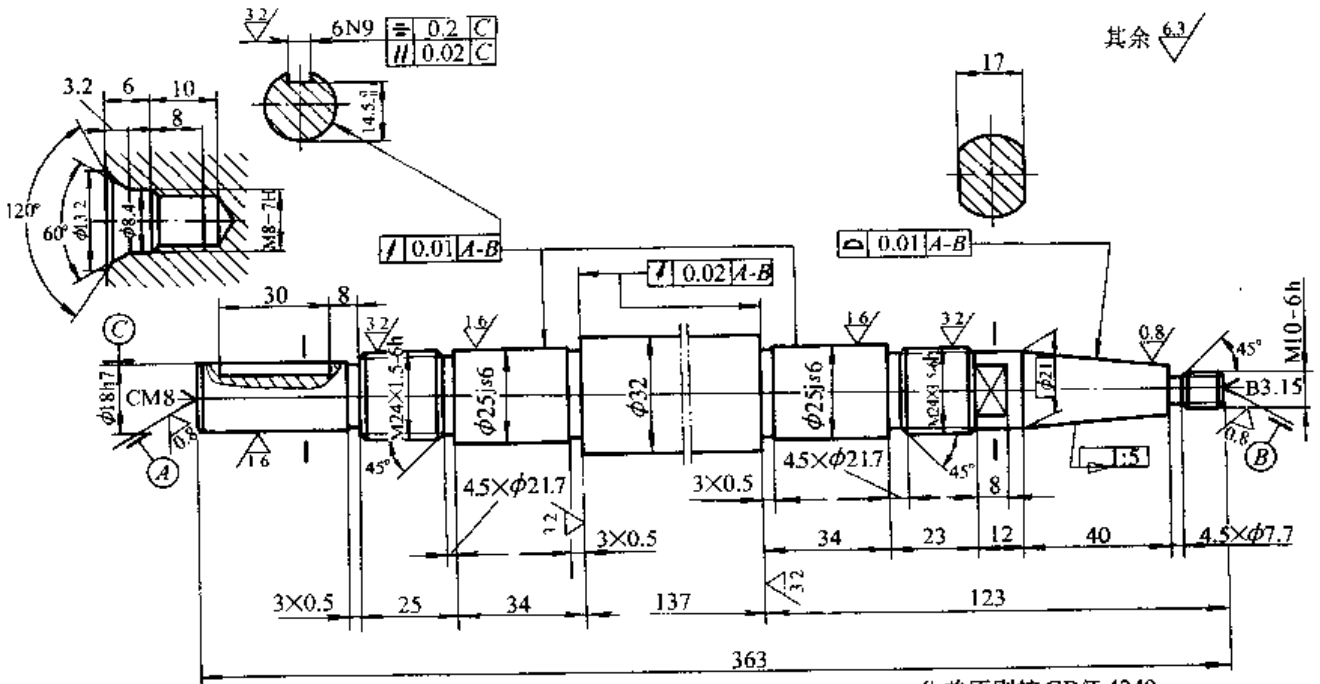
2) 说明

① 此为一前叉组件,由前叉立管、前叉腿管、前叉肩和摩电灯接片组成。前叉腿管应与前叉立管对称安置。腿管的带槽头部的半圆中心点也要求相对立管和腿管保持正确位置。

② 前叉立管先装入前叉肩再装腿管,应以立管的轴线为第一基准,腿管的两腿对称中心面为第二基准,以此建立一个三基面体系,以保证三个零件的安装位置。

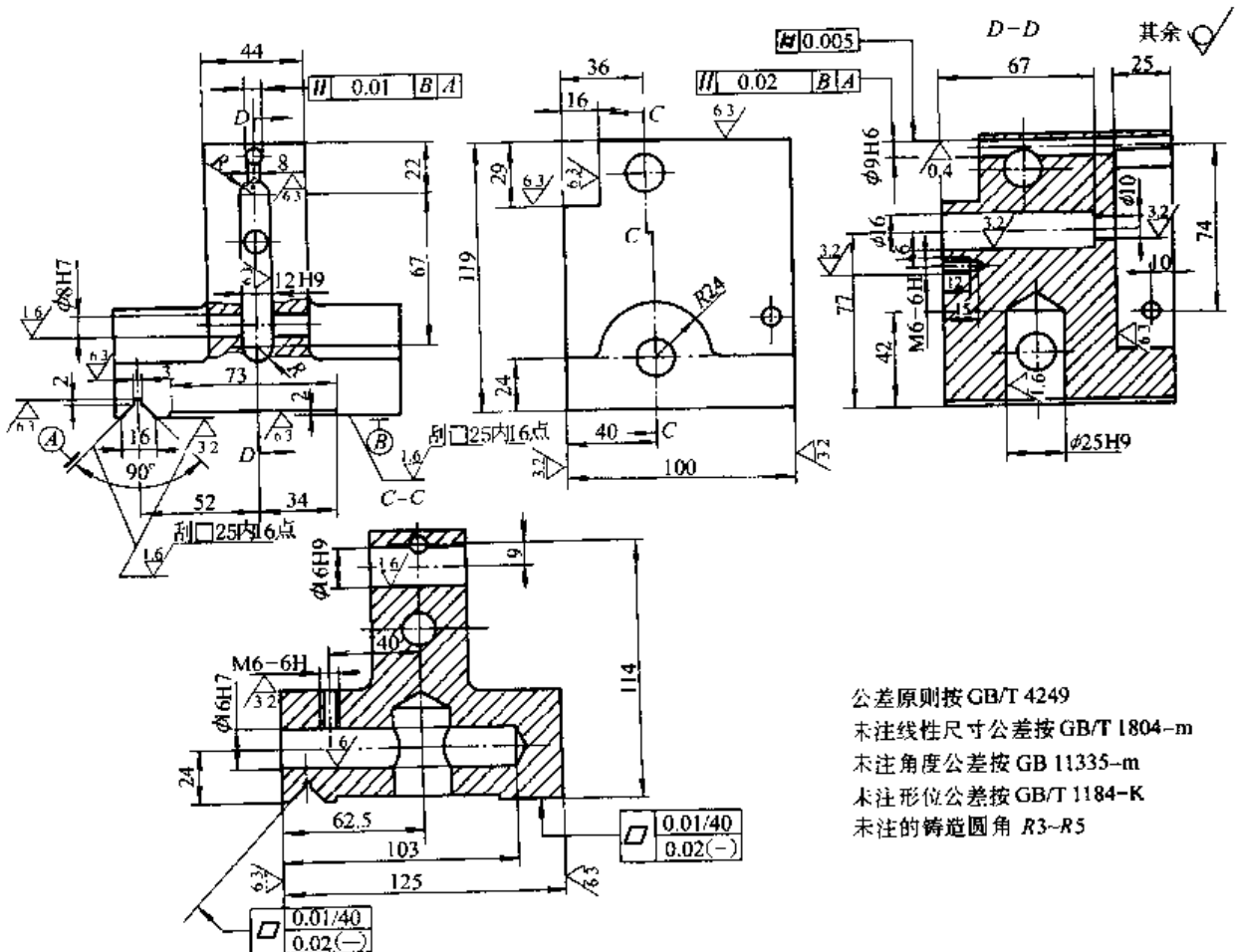
③ 前叉腿管零件较大,且有斜度,为加工经济及能较精确的建立三基面体系,在腿管处采用基准目标 ( $B_1$ 、 $B_2$ ),以建立第二基准 B,并在图样中给出基准 B 点的位置、符号“×”及基准目标代号。

④ 给出前叉腿管的对称中心平面相对于前叉立



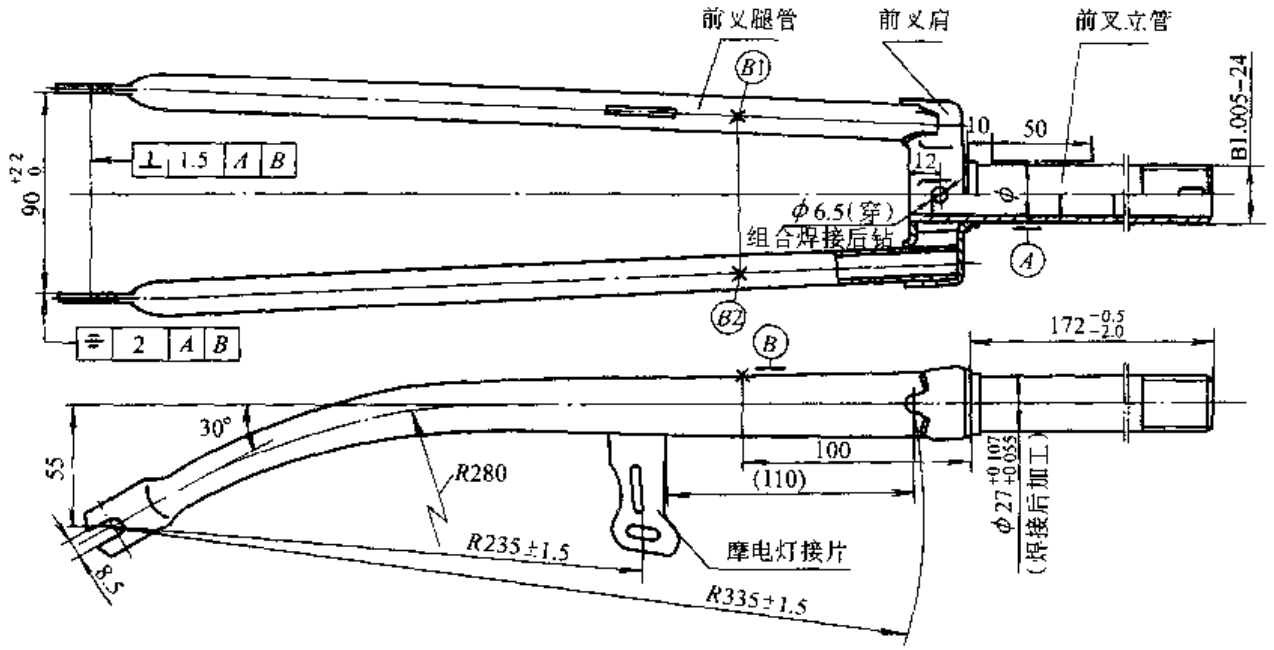
公差原则按 GB/T 4249  
 未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-m  
 未注角度公差按 GB 11335-m  
 未注形位公差按 GB/T 1184-K

图 5.3-66



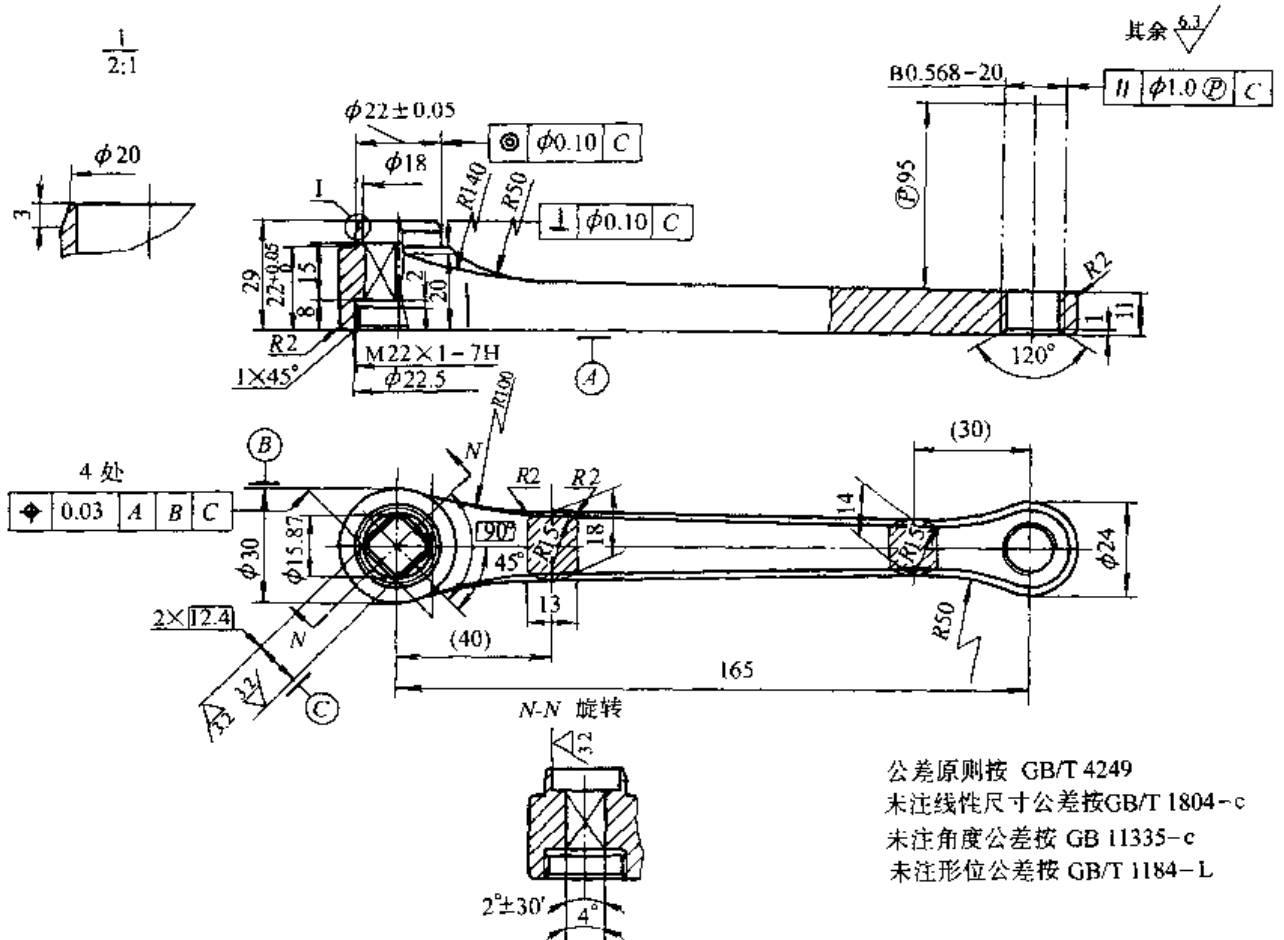
公差原则按 GB/T 4249  
 未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-m  
 未注角度公差按 GB 11335-m  
 未注形位公差按 GB/T 1184-K  
 未注的铸造圆角 R3-R5

图 5.3-67



公差原则按 GB/T 4249  
 未注线性尺寸公差按GB/T 1804-C  
 未注角度公差按 GB 11335-C  
 未注形位公差按 GB/T 1184-L

图 5.3-68



公差原则按 GB/T 4249  
 未注线性尺寸公差按GB/T 1804-c  
 未注角度公差按 GB 11335-c  
 未注形位公差按 GB/T 1184-L

图 5.3-69



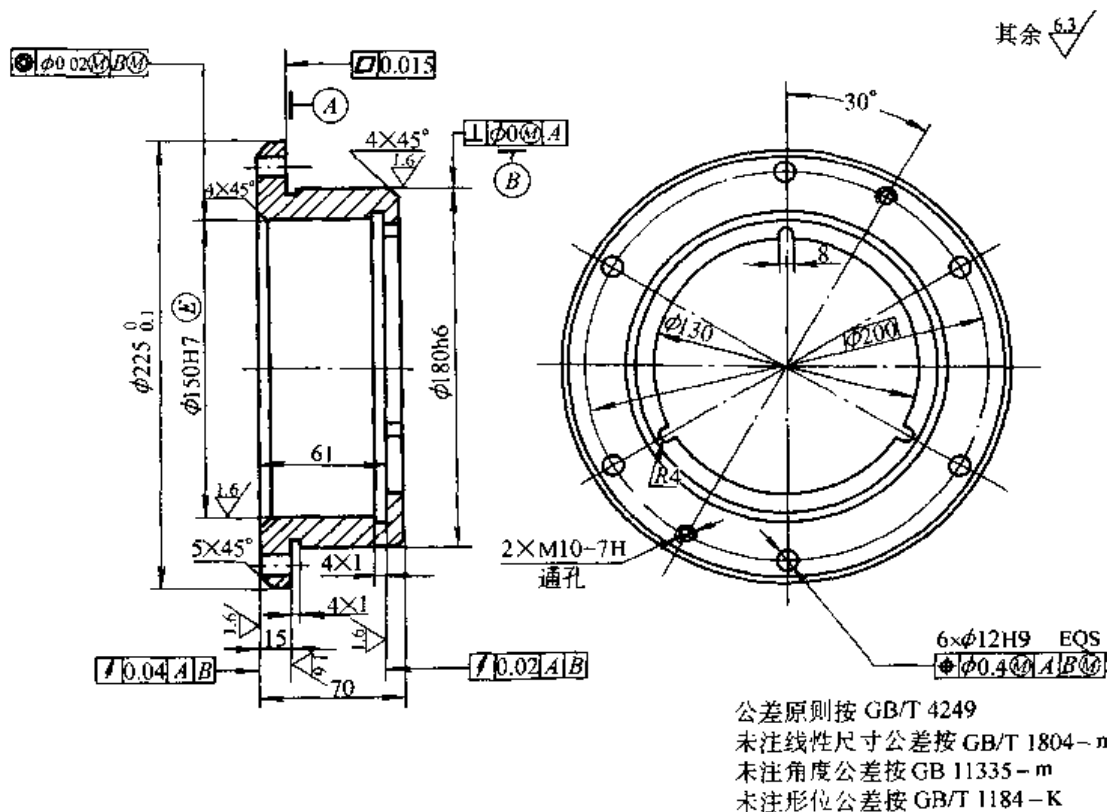


图 5.3-70

管轴线和基准  $B$  所组成的三基面体系的对称度公差 2mm。

⑤ 给出腿管头部半圆中心点连线相对于三基面体系的垂直度公差 1.5mm。

⑥ 以上两项公差值均大于未注公差值，一般不必注出，但考虑了要求较低，可以在装配过程中快速地调整，故注出其公差值，以提高装配速度，获得经济效益。

#### 示例七 右曲柄

1) 图例 (图 5.3-69)

2) 说明

① 本图例为一自行车上的右曲柄，采用延伸公差带的示例，曲柄的螺孔 B0.568 用来安装自行车脚踏，脚踏应与中轴平行，由于一般锥孔与螺孔轴线的平行度不能保证装上脚踏后不被破坏，应采用延伸公差带，给出相对于方孔轴线从螺孔延伸 95mm 的平行度公差  $\phi 1.0\text{mm}$ 。

B0.568-20 为英寸制螺纹代号，B 表示自行车英寸制螺纹，0.568 是以英寸为单位的螺纹公称直径，20 表示每英寸的牙数。

② 在方孔侧面上截得的任两相邻截线应相互垂直，垂直度公差为 0.06mm。本示例以四棱锥孔的各侧面分别对基准 A、B 和 C 的位置度公差 0.03mm 来保证。

③  $(\phi 22 \pm 0.05)\text{mm}$  轴对基准轴线 C 的同轴度

公差  $(\phi 0.10)\text{mm}$  和  $\phi 30\text{mm}$  上端面对基准轴线 C 的垂直度公差  $(\phi 0.10)\text{mm}$  均遵循独立原则。

#### 示例八 轴承座

1) 图例 (图 5.3-70)

2) 说明

① 轴承座内圆表面  $\phi 150\text{H}7$  与轴承外圆表面相配，轴承座的外圆表面  $\phi 180\text{h}6$  与箱体相配，前者采用包容要求，以保证其配合性质。

② 以右端面为基准 A，外圆  $\phi 180\text{h}6$  轴线为基准 B，组成三基面体系。

基准平面 A 给出平面度公差 0.015mm，基准 B 应对基准 A 垂直，给出垂直度公差并采用最大实体要求的零形位公差 (遵守最大实体边界)，要求在外圆实际轮廓处于极限状态时，也即处于最大实体状态时，轴线必须完全垂直于 A 基准。

③  $\phi 150\text{H}7$  孔的轴线对基准 B 的同轴度公差为  $\phi 0.02\text{mm}$ ，且最大实体要求同时应用于被测要素 ( $\phi 0.02 \text{ M}$ ) 和基准要素 (B  $\text{M}$ )。基准要素 B 应遵守最大实体实效边界，由于给出的垂直度公差为 0，此时的最大实体实效边界等于最大实体边界。

④ 两处端面对基准 A、B 的端面圆跳动公差分别为 0.04mm 和 0.02mm。

⑤  $6 \times \phi 12\text{H}9$  孔组的轴线对 A、B 三基面体系的位置度公差采用最大实体要求 ( $\phi 0.4 \text{ M}$ )，且最大实体

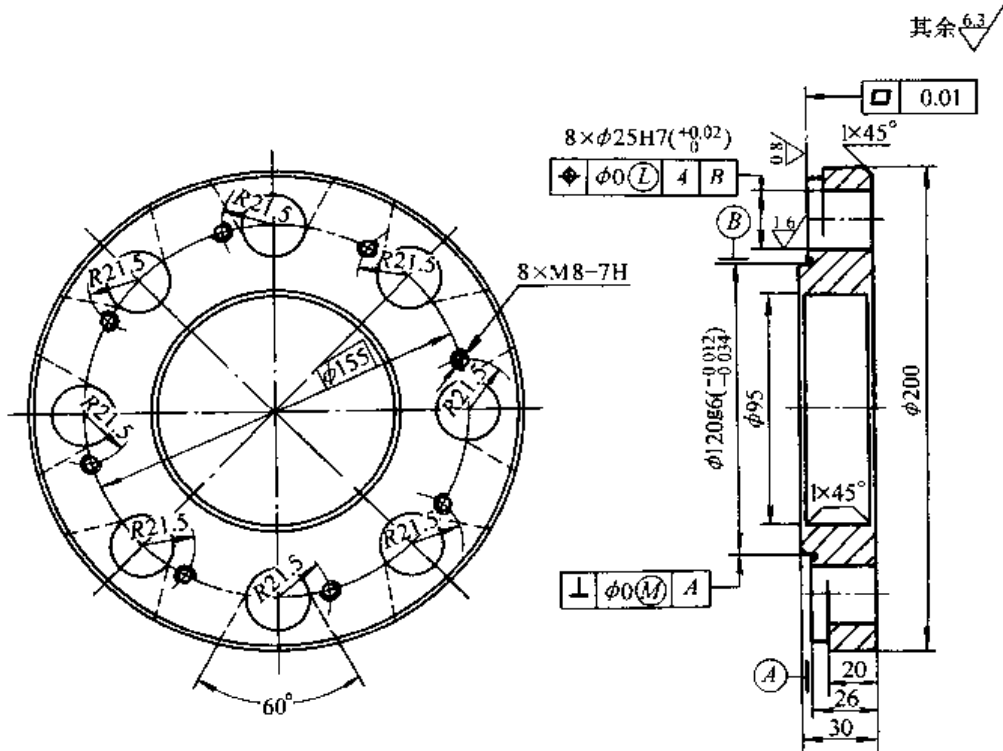
要求也应用于基准要素 B。

⑥ 由于基准要素 B 本身也采用最大实体要求 ( $\phi 0 \text{ (M)}$ ), 其基准代号标注在公差框格下方, 基准要素

所遵守的边界是最大实体实效边界。

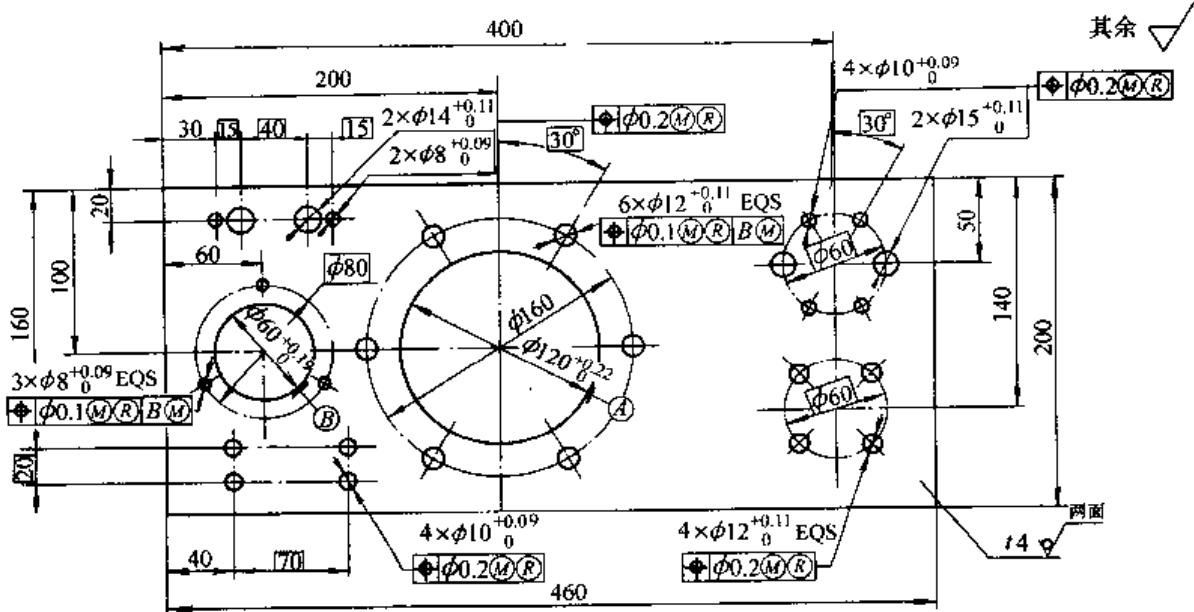
示例九 钻模板

1) 图例 (图 5.3-71)



公差原则按 GB/T 4249  
未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-m  
未注角度公差按 GB 11335-m  
未注形位公差按 GB/T 1184-H

图 5.3-71



公差原则按 GB/T 4249  
未注线性尺寸公差按 GB/T 1804-m  
未注角度公差按 GB 11335-m  
未注形位公差按 GB/T 1184-H

图 5.3-72

## 2) 说明

① 钻模板要求板上的钻模孔尺寸精确, 轴线定位准确, 由于受冲击力较大, 孔与孔之间需保证一定的距离, 以保证足够的强度。

② 为保证各孔轴线的正确位置及分布均匀性, 应给出其位置度要求, 并采用三基面体系。

③ 由平面  $A$  和轴线  $B$  构成基准体系。平面  $A$  为第一基准, 其平面度公差为  $0.01\text{mm}$ 。轴线  $B$  为第二基准, 它对基准  $A$  的垂直度公差采用最大实体要求的零形位公差 ( $\phi 0$   $\text{\textcircled{M}}$ ), 以保证定位精度。

④  $8 \times \phi 25\text{H}7$  孔组轴线对基准体系的位置度公差采用最小实体要求的零形位公差 ( $\phi 0$   $\text{\textcircled{L}}$ ), 以保证定位精度。因为钻模孔与钻头之间的间隙会产生定位误差, 应限制钻模孔孔壁至理想中心平面的最大距离, 以保证其强度要求。

## 示例十 仪表板

## 1) 图例 (图 5.3-72)

## 2) 说明

① 仪表板上各孔是供装配用的。只需由最大实体实效边界控制, 尺寸无严格要求。

② 3孔组  $3 \times \phi 8^{+0.09}$  相对于大孔  $\phi 60^{+0.15}$  的轴线有较准确的位置要求, 给出位置度公差  $\phi 0.1\text{mm}$ ; 被测

孔和基准孔均采用最大实体要求, 并允许反补偿, 因此同时采用可逆要求, 即控制边界为  $\phi 7.8\text{mm}$ , 也就是在位置度误差为 0 的极限情况下, 孔直径可做得更小些为  $\phi 7.9\text{mm}$ 。当实际尺寸为最小实体尺寸时, 各孔轴线的位置度可增至  $\phi 1.09\text{mm}$ 。至于基准  $B$  对孔位置度的补偿, 只能对孔组的几何图框进行补偿, 不能补偿给各孔的直径尺寸。

③ 同理, 6孔组  $\phi 12^{+0.11}$  相对于基准  $A$  ( $\phi 120^{+0.32}$  的轴线) 采用最大实体要求, 同时采用可逆要求。基准  $A$  采用最大实体要求, 在位置度为零的极限情况下, 6孔的直径允许减小到  $\phi 11.9\text{mm}$ 。当孔的实际尺寸做到最小实体尺寸这一极限情况时, 各孔轴线位置度公差可增至  $\phi 1.11\text{mm}$ 。

④ 4孔  $\phi 10^{+0.09}$ 、4孔  $\phi 12^{+0.11}$ 、2孔  $\phi 15^{+0.11}$ 、2孔  $\phi 8^{+0.09}$  和 2孔  $\phi 14^{-0.11}$  均同时采用了最大实体要求和可逆要求。但它们没有对基准的要求, 仅要求孔与孔之间的正确位置。在极限情况下, 孔的直径可分别减小至  $\phi 9.8\text{mm}$ 、 $\phi 14.8\text{mm}$ 、 $\phi 11.8\text{mm}$ 、 $\phi 7.8\text{mm}$  和  $\phi 13.8\text{mm}$ 。当实际尺寸为最小实体尺寸时, 轴线的位置度公差可增至  $\phi 0.209\text{mm}$ 、 $\phi 0.211\text{mm}$ 、 $\phi 0.211\text{mm}$ 、 $\phi 0.209\text{mm}$  和  $\phi 0.211\text{mm}$ 。

## 第4章 表面结构

### 1 概述

#### 1.1 基本概念

通过去除材料或成形加工制造的零件表面，必然具有各种不同类型的不规则状态，叠加在一起形成一个实际存在的复杂的表面轮廓。它主要由尺寸的偏离、实际形状相对于理想形状的偏离以及表面的微观值和中间值的几何形状误差等综合形成，各实际的表面轮廓都具有其特定的表面特征称零件的表面结构。

对于零件的表面轮廓，需给出有关表面特征的要求。除了需要控制其实际尺寸、形状和位置外，还应控制其表面粗糙度、表面波纹度和表面缺陷。

表面粗糙度主要是由加工过程中，刀具和零件表面之间的摩擦、切屑分离时的塑性变形以及工艺系统中存在的高频振动等原因所形成的，属于微观几何误差。它影响着工件的摩擦系数、密封性、防腐蚀性、疲劳强度、接触刚度及导电、导热性能等。

表面波纹度主要是由于在加工过程中，机床—刀具—工件这一加工系统的振动、发热以及在回转过程中的质量不平衡等原因形成，它具有较强的周期性。改善和提高机床的安装、调整精度及其工艺性，可降低表面波纹度的参数值。

表面缺陷是从零件加工一直到使用过程中都可能形成的一种表面状况。它不存在周期性及规律性，但发生缺陷也有其内在的规律。因此，控制缺陷以及接受零件表面所产生的不影响零件功能的缺陷也是合理地控制产品质量的一个生产环节。

区分形状误差、表面粗糙度与表面波纹度常见的有在表面轮廓截面上采用三种不同的频率范围的定义来划定。也有以波形峰与峰之间的间距作区分界限，对于间距小于1mm的，称表面粗糙度；1~10mm范围的，称表面波纹度；大于10mm的则视作形状误差，这显然不够严密。零件大小不一及工艺条件变化均会影响这种区分原则。另一种是用波形起伏的间距和幅值比来划分，比值小于50的为粗糙度；在50~1000范围内为波纹度；大于1000的视作形状误差。这种比值的划分是在生产实际中综合统计得出的，也没有严格的理论支持。

图5.4-1a表示零件在加工后表面粗糙度和表面波纹度的复合轮廓，图5.4-1b表示排除波纹度后的粗

糙度轮廓，图5.4-1c表示排除粗糙度后的波纹度轮廓。

图5.4-2a表示铰孔后的表面粗糙度和表面波纹度的复合轮廓，图5.4-2b表示排除波纹度后的粗糙度轮廓，图5.4-2c表示排除粗糙度后的波纹度轮廓。

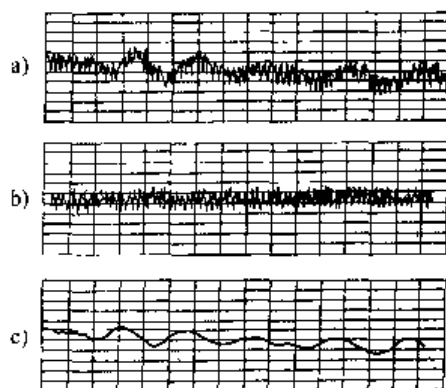


图 5.4-1

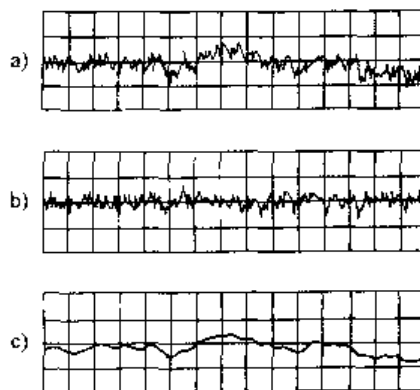


图 5.4-2

#### 1.2 标准化一览表

对于表面粗糙度，原ISOTC57（现TC213）和原ISO TC10/SC5（现TC2B）已提出一系列标准，包括术语、参数值、符号、代号和图样上的表示方法以及有关测试方法及测试仪器等标准。对于表面波纹度，除词汇已提出标准外其参数值以及与表面粗糙度的区分界限等目前尚提不出一个统一的定量的标准。我国等效采用该领域的各项ISO标准，制订和发布了一系列有关标准，详见标准化一览表（表5.4-1）。

表 5.4-1 标准化一览表

序号	国家标准号	标准名称
1	GB/T 1031—1995	表面粗糙度 参数及其数值
2	GB/T 131—1993	机械制图 表面粗糙度符号、代号及其注法
3	GB/T 3505—2000	产品几何技术规范 表面结构 轮廓法 表面结构的术语、定义及参数
4	GB/T 12472—2004	产品几何量技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 木制件表面粗糙度及其数值
5	GB/T 14495—1993	木制件表面粗糙度 比较样块
6	GB/T 7220—1987	表面粗糙度 术语 参数测量
7	GB/T 6060.1—1997	表面粗糙度比较样块 铸造表面
8	GB/T 6060.2—1985	表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及刨加工表面
9	GB/T 6060.3—1986	表面粗糙度比较样块 电火花加工表面
10	GB/T 6060.4—1988	表面粗糙度比较样块 抛光加工表面
11	GB/T 6060.5—1988	表面粗糙度比较样块 抛(喷)丸、喷砂加工表面
12	JB/T 7976—1995	轮廓法测量表面粗糙度的仪器 术语
13	GB/T 6062—2002	产品几何量技术规范 (GPS) 表面结构轮廓法 接触(触针)式仪器的标称特性
14	GB/T 10610—1998	产品几何技术规范 表面结构 轮廓法评定表面结构的规则和方法
15	GB/T 15757—2002	产品几何量技术规范 (GPS) 表面缺陷 术语、定义及参数
16	GB/T 16747—1997	表面波紋度 词汇
17	GB/T 18618—2002	产品几何量技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 图形参数
18	GB/T 18777—2002	产品几何量技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 相位修正滤波器的计量特性
19	GB/T 18778.1—2002	产品几何量技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 具有复合加工特征的表面 第1部分: 滤波和一般测量条件

从一览表中可以看出, 由于制修订标准的时间不同, 有关术语的标准 GB/T 3505 是 2000 年发布的, 是对 1983 年标准的修订, 而与之相配套使用的 GB/T 1031 参数标准和 GB/T 131 符号、代号及其注法标准分别于 1995 年和 1993 年发布的, 木制件表面粗糙度标准是 1990 年发布的, 其中必然存在不协调之处。由于上述标准均是现行标准, 在工厂企业中目前仍在执行, 本篇按各自标准内容加以介绍, 并对不协调之处加以对比或注解。

## 2 表面粗糙度

表面粗糙度是指零件在加工过程中由于不同的加工方法、机床与工具的精度、振动及磨损等因素在加工表面上所形成的具有较小间距和较小峰谷的微观不平状况, 它属微观几何误差。

### 2.1 表面粗糙度对机械零件及设备功能的影响

#### 2.1.1 对零件功能的影响

##### (1) 对机械零件耐磨性的影响

由于零件表面粗糙度的存在, 两个表面接触时, 其接触而仅仅是在加工表面许多凸出小峰的顶端上, 实际两零件表面的接触面积只是理论面积的一部分。当两个零件表面有相对运动时, 由于两零件实际接触面积较理论面积要小, 因而单位面积上承受的压力相应

增大。实际接触面积的大小取决于两接触表面粗糙度的状况及参数值的大小, 波谷浅, 参数值小, 表面较平坦, 实际接触面积就大, 反之, 实际接触面积就小。

零件的接触表面越粗糙, 相对运动的速度越快时, 磨损越快, 即零件耐磨性能差。因此, 合理地提高零件的表面粗糙度的状况, 即可减少磨损, 提高零件耐磨性, 延长其使用寿命。但并不是零件的表面越精细越好, 因为超出了合理值后, 不仅增加制造成本, 而且由于表面过于光滑会使金属分子的吸附力加大, 接触表面间的润滑油层将会被挤掉而形成干摩擦, 使金属表面加剧摩擦磨损。因此, 对有相对运动的接触表面, 其表面粗糙度参数值要选用适当, 既不能偏低, 也不能过高。

##### (2) 影响零件的耐腐蚀性

金属的腐蚀速度取决于它们各自加工的表面粗糙度。不同加工方法所获得的不同表面粗糙度的金属表面, 具有不同的腐蚀速度。因此, 降低表面粗糙度的数值, 可提高抗腐蚀能力, 从而延长机械设备的使用寿命。

##### (3) 影响零件的抗疲劳强度

机械零件的抗疲劳强度除金属材料的理化性能、零件自身结构及内应力等外, 与零件的表面粗糙度有很大关系。零件表面越粗糙, 其凹痕、裂纹或尖锐的切口越明显。当零件受力, 尤其受到交变载荷时, 这些凹痕、裂纹或切口处产生应力集中现象, 金属疲劳裂纹往往从这些地方开始。因此适当提高零件的表面粗糙度

状况,就可以增加零件的疲劳强度。表5.4-2说明圆柱滚子轴承零件表面粗糙度与轴承平均寿命的关系,供读者参考。

表 5.4-2

套圈滚道 $R_a/\mu\text{m}$	滚子外径 $R_a/\mu\text{m}$	轴承平均寿命 和计算寿命之比
0.8	0.4	1.00
0.4	0.2	3.80
0.2	0.2	4.40
0.2	0.1~0.05	4.84
0.1	0.1~0.05	5.60

#### (4) 影响零件的接触刚度

接触刚度是零件结合面在外力作用下,抵抗接触变形的能力。机器的刚度在很大程度上取决于各零件之间的接触刚度。

两表面接触时,其实际接触面积只是理论接触面积的一部分,所接触的峰顶由于其面积减小而压强增大,因此,当外力作用下,这些峰顶很容易产生接触变形,从而降低了表面层的接触刚度。因此欲提高结合件的接触刚度,必须提高对零件表面粗糙度的要求。

#### (5) 影响零件的配合性能

零件之间的配合性质是根据零件在机械设备中的功能要求及工作条件来确定的。如果相配合两零件的表面比较粗糙,不仅会增加装配的困难,更重要的是在设备运转时易于磨损,造成间隙,从而改变配合的性质,这是不允许的。对于那些配合间隙或过盈较小,运动稳定性要求较高的高速重载的机械设备零件,选定适当的零件表面粗糙度参数值尤为重要。

#### (6) 影响机械零件的密封性

机械零件的结合密封分为静力密封和动力密封两种。

对于静力密封的表面,当表面加工粗糙,波谷过深时,密封材料在装配后受到的预压力还不能塞满这些微观不平的深谷,因而会在密封面上留下许多渗漏的微小缝隙,影响结合密封性。对于动力密封面,由于存在相对运动,故需加适当的润滑油。如表面加工粗糙,会影响密封性能,但加工过于精细,会使附着在波峰上的油分子,受压后被排开从而破坏油膜,失去了润滑作用。因此,对于密封表面来说,其表面粗糙度参数值不

能过低或过高。

#### (7) 影响零件的测量精度

零件被测表面和测量工具测量面的表面粗糙度都会直接影响测量的精度,尤其是在精密测量时。

在测量过程中往往会出现读数不稳定现象,这是由于被测表面存在微观不平度,当参数值较大时,测头会因落在波峰或波谷上而读数各不相同。所以被测表面和测量工具测量面的表面越粗糙,测量误差就越大。

此外,表面粗糙度对零件的镀涂层、导热性和接触电阻、反射能力和辐射性能、液体和气体流动的阻力、导体表面电流的流通等都会有不同程度的影响。

### 2.1.2 对机械设备的影响

#### (1) 影响机械设备的动力损耗

对于相互接触且有相对运动的零件表面如较粗糙,机械设备在运转时,为了克服运动件之间相互摩擦而会损耗动力。

#### (2) 使机械设备产生振动和噪声

在机械设备中,如果所有的运动副表面加工精细、平整光滑,设备运转时,运动件的运动则会平稳,不会产生振动与噪声。反之,当运动副的表面加工粗糙,运动件就会产生振动和噪声。这种现象在高速运转的发动机的曲轴和凸轮、齿轮以及滚动轴承等尤为显著。因此,提高对运动件表面粗糙度的要求,是提高机械设备运动的平稳性、降低振动和噪声的一项有效措施。

## 2.2 术语及定义

表面结构的术语及定义涉及设计、加工工艺、计量、测试和评定等各生产环节,并关系到国内外技术交流及贸易往来。因此,它的统一和标准化是至关重要的。

### 2.2.1 表面结构术语及定义

GB/T 3505 不仅规定了表面粗糙度轮廓及其参数的术语及其定义,并从定义出发涉及或包含了表面波纹度轮廓及原始轮廓。

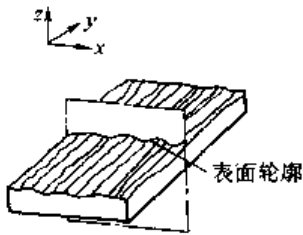
#### (1) 一般术语及定义

一般术语包括表面轮廓、中线、取样长度及测试仪器的基本术语,见表5.4-3。

表 5.4-3 一般术语及定义

序号	术语	定义或解释	图 示
1	坐标系	确定表示结构参数的坐标体系 注:通常采用一个直角坐标体系,其轴线形成一右旋笛卡尔坐标系,X轴与中线方向一致,Y轴也处于实际表面上,而Z轴则在从材料到周围介质的外延方向上	

(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
2	实际表面	物体与周围介质分离的表面	
3	表面轮廓	<p>平面与实际表面相交所得的轮廓</p> <p>注:实际上,通常采用一条名义上与实际表面平行和在一个适当方向的法线来选择一个平面</p>	
4	原始轮廓	<p>在应用短波长滤波器 <math>\lambda_s</math> 之后的总的轮廓</p> <p>注:原始轮廓是评定原始轮廓参数的基础</p>	
5	粗糙度轮廓	<p>粗糙度轮廓是对原始轮廓采用 <math>\lambda_s</math> 滤波器抑制长波成分以后形成的轮廓,这是故意修正的轮廓</p> <p>注:1. 粗糙度轮廓的传输频带是由 <math>\lambda_s</math> 和 <math>\lambda_L</math> 轮廓滤波器来限定的</p> <p>2. 粗糙度轮廓是评定粗糙度轮廓参数的基础</p> <p>3. <math>\lambda_s</math> 和 <math>\lambda_L</math> 之间的关系本标准不作规定</p>	
6	波纹度轮廓	<p>波纹度轮廓是对原始轮廓连续应用 <math>\lambda_L</math> 和 <math>\lambda_s</math> 两个滤波器以后形成的轮廓。采用 <math>\lambda_L</math> 滤波器抑制长波成分,而采用 <math>\lambda_s</math> 滤波器抑制短波成分。这是故意修正的轮廓</p> <p>注:1. 在运用分离波纹度轮廓的 <math>\lambda_L</math> 滤波器以前,应首选通过最小二乘法的最佳拟合从总轮廓中提取标称的形状。对于圆的标称形式,建议将半径也包含在最小二乘的优化计算中,而不是保持固定的标称值。这个分离波纹度轮廓的过程限定了理想的波纹度运算操作</p> <p>2. 波纹度轮廓的传输频带是由 <math>\lambda_L</math> 和 <math>\lambda_s</math> 轮廓滤波器来限定的</p> <p>3. 波纹度轮廓是评定波纹度轮廓参数的基础</p>	
7	中线	具有几何轮廓形状并划分轮廓的基准线	
8	粗糙度轮廓中线	用轮廓滤波器 $\lambda_s$ 抑制了长波轮廓成分相对应的中线	
9	波纹度轮廓中线	用轮廓滤波器 $\lambda_L$ 抑制了长波轮廓成分相对应的中线	
10	原始轮廓中线	用标称形式的线穿过原始轮廓,按最小二乘法拟合所确定的中线	

(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
11	取样长度	用于判别被评定轮廓的不规则特征的 X 轴向上的长度 注: 评定长度粗糙度和波纹度轮廓的取样长度 $l_r$ 和 $l_w$ 在数值上分别与轮廓滤波器 $\lambda_c$ 和 $\lambda_f$ 的标志波长相等。原始轮廓的取样长度 $l_p$ 则与评定长度相等	
12	评定长度	用于判别被评定轮廓的 X 轴方向上的长度 注: 评定长度包含一个或几个取样长度	
13	轮廓滤波器	把轮廓分成长波和短波成分的滤波器, 如 $\lambda_s$ 滤波器, $\lambda_c$ 滤波器和 $\lambda_f$ 滤波器 注: 在测量粗糙度、波纹度和原始轮廓的仪器中使用的三种滤波器(见图)。它们的传输特性相同但截止波长不同	
14	$\lambda_s$ 滤波器	确定存在于表面上的粗糙度与比它更短的波的成分之间相交界限的滤波器(见图)	
15	$\lambda_c$ 滤波器	确定粗糙度与波纹度成分之间相交界限的滤波器(见图)	
16	$\lambda_f$ 滤波器	确定存在于表面上的波纹度与比它更长的波的成分之间相交界限的滤波器(见图)	

(2) 几何参数术语及定义 及波纹度轮廓上的轮廓及参数以及与其有关的术语及几何参数术语包括在原始轮廓, 表面粗糙度轮廓 定义, 见表 5.4-4。

表 5.4-4 几何参数术语及定义

序号	术语	定义或解释	图 示
1	P-参数	从原始轮廓上计算所得的参数	
2	R-参数	从粗糙度轮廓上计算所得的参数	
3	W-参数	从波纹度轮廓上计算所得的参数	
4	轮廓峰	连接(轮廓和 X-轴)两相邻交点向外(从材料到周围介质)的轮廓部分	
5	轮廓谷	连接两相邻交点向内(从周围介质到材料)的轮廓部分	
6	高度和间距辨别力	应计入的被评定轮廓的轮廓峰和轮廓谷的最小高度和最小间距 注: 轮廓峰和轮廓谷的最小高度通常用 $P_z$ 、 $R_z$ 、 $W_z$ 取任一振幅参数的百分率来表示, 最小间距则以取样长度的百分率给出	
7	轮廓单元	轮廓峰和轮廓谷的组合(见图) 注: 在取样长度始端或末端的评定轮廓的向外部分和向内部分看做是一个轮廓峰或一个轮廓谷。当在若干个连续的取样长度上确定若干个轮廓单元时, 在每一个取样长度的始端或末端评定的峰和谷仅在每个取样长度的始端计入一次	



(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
8	纵坐标值 $Z(x)$	被评定轮廓在任一位置上距 X 轴的高度 注:若纵坐标于 X 轴下方,该高度被视作负值,反之则为正值	
9	局部斜率 $\frac{Z_p}{X_p}$	评定轮廓在某一位置 $X_1$ 的斜率 注:1. 局部斜率和这些参数 $P\Delta q$ 、 $R\Delta q$ 、 $W\Delta q$ 的数值主要视纵坐标间距 $\Delta x$ 而定 2. 计算局部斜率的公式之一 $\frac{dZ_i}{dX} = \frac{1}{60\Delta X} (Z_{i+1} - 9Z_{i-2} + 45Z_{i-1} + 45Z_{i-1} + 9Z_{i-2} - Z_{i-3})$ 式中 $Z_i$ 为第 $i$ 个轮廓点的高度, $\Delta X$ 为相邻两轮廓点之间距	
10	轮廓峰高 $Z_p$	轮廓最高点距 X 轴线的距离	
11	轮廓谷深 $Z_v$	X 轴线与轮廓谷最低点之间的距离	
12	轮廓单元的高度 $Z_i$	轮廓单元的峰高和谷深之和	
13	轮廓单元的宽度 $X_i$	X 轴线与轮廓单元相交线段的长度	
14	在水平位置 $c$ 上,轮廓的实体材料长度 $MI(c)$	在给定水平位置 $c$ 上,用一平行于 X 轴的线与轮廓单元相截所获得的各段截线长度之和(见图)	

(3) 表面轮廓参数术语及定义

表面轮廓参数术语及定义包括了表示峰、谷之间

关系的幅度参数,以纵坐标平均值定义的幅度参数、间距参数以及混合参数的术语及定义,见表 5.4-5。

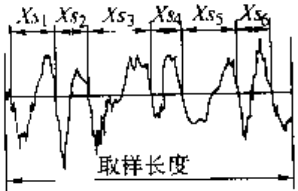
表 5.4-5 表面轮廓参数术语及定义

序号	术语	定义或解释	图 示
1	幅度参数 (峰和谷)	包括以峰和谷值定义的最大轮廓峰高,最大轮廓谷深,轮廓的最大高度,轮廓单元的平均线高度及轮廓的总高度等参数	
2	最大轮廓峰高 $P_p$ , $R_p$ , $W_p$	在一个取样长度内,最大的轮廓峰高 $Z_p$	

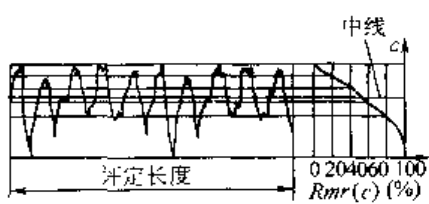
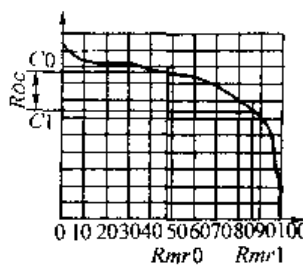
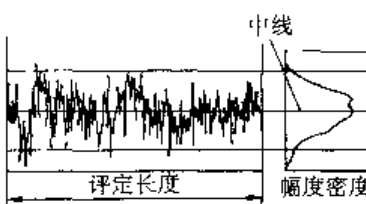
(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
3	最大轮廓谷深 $P_v$ , $R_v$ , $W_v$	在一个取样长度内,最大的轮廓谷深 $Z_v$	
4	轮廓的最大高度 $P_z$ , $R_z$ , $W_z$	在一个取样长度内,最大轮廓峰高 $Z_p$ 和最大轮廓谷深 $Z_v$ 之和的高度 注:此处的 $R_z$ 与 GB/T 3505-1983 中的 $R_z$ “不平度十点高度”含义不同,需注意区分	
5	轮廓单元的平均线高度 $P_c$ , $R_c$ , $W_c$	在一个取样长度内,轮廓单元高度 $Z_i$ 的平均值,见图 $P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_i$ 注:对参数 $P_c$ , $R_c$ , $W_c$ 需要辨别高度和间距。除非另有要求,省略标注的高度分辨率应分别按 $P_z$ , $R_z$ , $W_z$ 的 10% 选取。省略标注的间距分辨率应按取样长度的 1% 选取。上述两个条件都应满足	
6	轮廓的总高度 $P_t$ , $R_t$ , $W_t$	在评定长度内,最大轮廓峰高 $Z_p$ 和最大轮廓谷深 $Z_v$ 之和 注:1. 由于 $P_z$ , $R_z$ , $W_z$ 是根据评定长度而不是取样长度上定义的,以下关系对任何轮廓来讲都成立: $P_t \geq P_z; R_t \geq R_z; W_t \geq W_z$ 2. 在未规定的情况下, $P_t$ 和 $P_z$ 是相等的,此时建议采用 $P_z$	
7	幅度参数 (纵坐标平均值)	以纵坐标平均值定义的评定轮廓的算术平均偏差,评定轮廓的均方根偏差,评定轮廓的偏斜度及评定轮廓的陡度等参数	
8	评定轮廓的算术平均偏差 $P_a$ , $R_a$ , $W_a$	在取样长度内纵坐标值 $Z(x)$ 绝对值的算术平均值 $P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l  Z(x)  dx$ 式中 $l = l_p, l_r$ 或 $l_w$	
9	评定轮廓的均方根偏差 $P_q$ , $R_q$ , $W_q$	在取样长度内纵坐标值 $Z(r)$ 的均方根值 $P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(r) dx}$ 式中 $l = l_p, l_r$ 或 $l_w$	

(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
10	评定轮廓的偏斜度 $Psk$ 、 $Rsk$ 、 $Wsk$	<p>在取样长度内, 纵坐标值 <math>Z(x)</math> 三次方的平均值分别与 <math>Pq</math>、<math>Rq</math> 和 <math>Wq</math> 的三次方比值</p> $Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[ \frac{1}{lr} \int_0^{lr} Z^3(x) dx \right]$ <p>注:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以上公式定义了 <math>Rsk</math>, 用类似的方式定义 <math>Psk</math> 和 <math>Wsk</math></li> <li>2. <math>Psk</math>、<math>Rsk</math> 和 <math>Wsk</math> 是纵坐标值概率密度函数的不对称性的测定</li> <li>3. 这些参数受离散的峰或离散的谷的影响很大</li> </ol>	
11	评定轮廓的陡度 $Rku$ 、 $Pku$ 、 $Wku$	<p>在取样长度内, 纵坐标值 <math>Z(x)</math> 四次方的平均值分别与 <math>Pq</math>、<math>Rq</math> 和 <math>Wq</math> 的四次方的比值</p> $Rku = \frac{1}{Rq^4} \left[ \frac{1}{lr} \int_0^{lr} Z^4(x) dx \right]$ <p>注:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上式定义了 <math>Rku</math> 用类似方式定义 <math>Pku</math> 和 <math>Wku</math></li> <li>2. <math>Pku</math>、<math>Rku</math> 和 <math>Wku</math> 是纵坐标值概率密度函数陡度的测定</li> </ol>	
12	间距参数	<p>以轮廓单元宽度值定义的参数, 如轮廓单元的平均宽度</p>	
13	轮廓单元的平均宽度 $PSm$ 、 $RSm$ 、 $WSm$	<p>在取样长度内, 轮廓单元宽度 <math>X_s</math> 的平均值</p> $PSm, RSm, WSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{Si}$ <p>注: 对参数 <math>PSm</math>、<math>RSm</math>、<math>WSm</math> 需要辨别高度和间距。若未另外规定, 省略标注的高度分辨率分别为 <math>Pz</math>、<math>Rz</math>、<math>Wz</math> 的 10%, 省略标注的间距分辨率为取样长度的 1%。上述两个条件都应满足</p>	
14	评定轮廓的均方根斜率 $P\Delta q$ 、 $R\Delta q$ 、 $W\Delta q$	<p>在取样长度内, 纵坐标斜率 <math>\frac{dZ}{dX}</math> 的均方根值</p>	

(续)

序号	术语	定义或解释	图 示
15	曲线和相关参数	依据评定长度而不是在取样长度上定义, 以提供稳定的曲线和相关参数, 包括轮廓的支承长度率, 轮廓的支承长度率曲线, 轮廓截面高度差, 相对支承比率及轮廓幅度分布曲线等	
16	轮廓的支承长度率 $Pmr(c)$ 、 $Rmr(c)$ 、 $Wmr(c)$	在给定的水平位置 $c$ 上, 轮廓的实体材料长度 $Ml(c)$ 与评定长度的比率 $Pmr(c)$ 、 $Rmr(c)$ 、 $Wmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln}$	
17	轮廓的支承长度率曲线	表示轮廓支承率随水平位置而变的关系曲线 注: 该曲线为在一个评定长度内的各坐标值 $Z(x)$ 采样累积的分布概率函数	
18	轮廓截面高度差 $P\delta_c$ 、 $R\delta_c$ 、 $W\delta_c$	给定支承比率的两个水平截面之间的垂直距离 $R\delta_c = C(Rmr1) - C(Rmr2)$ $Rmr1 < Rmr2$ 注: 以 J 公式定义了 $R\delta_c$ , 用类似方法可定义 $P\delta_c$ 和 $W\delta_c$	
19	相对支承比率 $Pmr$ 、 $Rmr$ 、 $Wmr$	在一个轮廓水平截面 $R\delta_c$ 确定的, 与起始零位 $C0$ 相关的支承比率 $Pmr$ 、 $Rmr$ 、 $Wmr = Pmr$ 、 $Rmr$ 、 $Wmr$ (C1) 式中: $C1 = C0 - R\delta_c$ (或 $P\delta_c$ 或 $W\delta_c$ ) $C0 = C(Pmr0, Rmr0, Wmr0)$	
20	轮廓幅度分布曲线	在评定长度内, 纵坐标值 $Z(x)$ 采样的概率密度函数 注: 有关轮廓幅度分布曲线的各参数见本表中 7~11	

2.2.2 新、老标准对比

标准列表对比, 基本术语的对比见表 5.4-6, 表面结构参数的对比见表 5.4-7。

为便于实施 2000 年标准, 现将该标准与 1983 年

表 5.4-6 基本术语的对比

基本术语	1983 版本	2000 年版本	基本术语	1983 版本	2000 年版本
取样长度	$l$	$l_p, l_w, l_r$	轮廓峰高	$y_p$	$Z_p$
评定长度	$l_n$	$l_n$	轮廓谷深	$y_v$	$Z_v$
纵坐标值	$y$	$Z(r)$	轮廓单元的高度	—	$Z_l$
局部斜率	—	$\frac{dZ}{dX}$	轮廓单元的宽度	—	$X_s$
			在水平位置, ±轮廓的实体材料长度	$\eta_p$	$Ml(c)$

① 给定的一种不同轮廓的取样长度, 分别对应于  $R$ 、 $W$  和  $P$  参数。

表 5.4-7 表面结构参数对比

参 数	1983 版本	2000 年版本	在测量范围内	
			评定长度 $l_n$	取样长度 <sup>①</sup>
最大轮廓峰高	$R_p$	$Rp^c$		✓ <sup>③</sup>
最大轮廓谷深	$R_m$	$Rm^c$		✓
轮廓的最大高度	$R_y$	$Rz^c$		✓
轮廓单元的平均线高度	$R_c$	$Rc^c$		✓
轮廓的总高度	—	$R_t^c$	✓	
评定轮廓的算术平均偏差	$R_a$	$Ra^c$		✓
评定轮廓的均方根偏差	$R_q$	$Rq^c$		✓
评定轮廓的偏斜度	$S_k$	$Rsk^c$		✓
评定轮廓的陡度	—	$Rku^c$		✓
轮廓单元的平均宽度	$S_m$	$Rsm^c$		✓
评定轮廓的均方根斜率	$\Delta_q$	$R\Delta q^c$		
轮廓的支承长度率	—	$Rmr(c)^c$	✓	
轮廓截面高度	—	$Rdc^c$	✓	
相对支承比率	$t_p$	$Rmr^c$	✓	
十点高度	$R_z$	—		

① 表中取样长度是  $l_r$ 、 $l_w$  和  $l_p$ , 分别对应于  $R$ 、 $W$  和  $P$  参数。

② 在规定的三个轮廓参数中, 表中只列出了粗糙度轮廓参数。例如: 三个参数为  $P_a$  (原始轮廓)、 $R_a$  (粗糙度轮廓)、 $W_a$  (波纹度轮廓)。

③ 表中符号 ✓ 表示在测量范围内采用的标准评定长度和取样长度。

### 2.3 表面粗糙度数值及其选用原则

GB/T1031—1995《表面粗糙度 参数及其数值》规定, 表面粗糙度参数首先从三项高度参数 ( $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_q$ ) 中选取, 根据表面功能的需要, 在高度参数不能满足要求的情况下, 可选用附加评定参数——轮廓微观不平度的平均间距  $S_m$  (即  $RS_m$ )、轮廓的单峰平均间距  $S$  和轮廓支承率。对于表面粗糙度有要求的表面须给出两项基本要求, 即给出高度参数值和评定时的取样长度。间距参数  $S_m$ 、 $S$  和形状特性参数  $t_p$  在评定表面粗糙度时, 一般不单独使用, 它常作为补充参数使用, 与高度参数共同控制零件表面的微观不平度值。

标准中给出了各参数的系列值, 即将原标准 GB/T1031—1983 中的第一系列值规定为系列值, 同时将原标准中的第二系列值作为补充系列值, 在标准正文中规定系列值不能满足要求时, 可选用附录中补充系列值。

⊙  $R_z$ 、 $R_y$  与 GB/T 3505—2000 中含义不一致。

#### 2.3.1 参数值及取样长度

##### (1) 高度参数值

$R_a$  的系列值见表 5.4-8,  $R_z$ 、 $R_y$  的系列值见表 5.4-9

$R_c$  的补充系列值见表 5.4-10,  $R_t$ 、 $R_y$  的补充系列值见表 5.4-11。

表 5.4-8  $R_a$  系列值 ( $\mu m$ )

$R_a$	0.012	0.20	3.2	50
	0.025	0.40	6.3	100
	0.050	0.80	12.5	
	0.100	1.60	25	

表 5.4-9  $R_z$ 、 $R_y$  系列值 ( $\mu m$ )

$R_z, R_y$	0.025	0.40	6.3	100	1 600
	0.050	0.80	12.5	200	
	0.100	1.60	25	400	
	0.20	3.2	50	800	

注: 表内的  $R_z$ 、 $R_y$  均为 GB/T 1031—1995 标准中规定的、现仍在执行中, 其定义与 GB/T 3505—1983 致, 但与 GB/T 3505—2000 不一致, 现正在研究协调中。

表 5.4-10  $R_a$  的补充系列值 ( $\mu\text{m}$ )

$R_a$	0.008	0.125	2.0	32
	0.010	0.160	2.5	40
	0.016	0.25	4.0	63
	0.020	0.32	5.0	80
	0.032	0.50	8.0	
	0.040	0.63	10.0	
	0.063	1.00	16.0	
	0.080	1.25	20	

表 5.4-11  $R_z, R_y$  的补充系列值 ( $\mu\text{m}$ )

$R_z, R_y$	0.032	0.50	8.0	125
	0.040	0.63	10.0	160
	0.063	1.00	16.0	250
	0.080	1.25	20	320
	0.125	2.0	32	500
	0.160	2.5	40	630
	0.25	4.0	63	1000
	0.32	5.0	80	1250

## (2) 间距参数值

间距参数  $S_m, S$  的数值系列见表 5.4-12,  $S_m, S$  的补充系列值见表 5.4-13。

表 5.4-12 间距参数值 (mm)

$S_m, S$	0.006	0.1	1.6
	0.0125	0.2	3.2
	0.025	0.4	6.3
	0.05	0.8	12.5

表 5.4-13 间距补充系列值 (mm)

$S_m, S$	0.002	0.032	0.50	8.0
	0.003	0.040	0.63	10.0
	0.004	0.063	1.00	
	0.005	0.080	1.25	
	0.008	0.125	2.0	
	0.010	0.160	2.5	
	0.016	0.25	4.0	
	0.020	0.32	5.0	

## (3) 形状特性参数值

$t_p$  是度量表面耐磨性的参数, 是控制微观不平度高度和间距的综合参数。 $t_p$  的数值见表 5.4-14。

表 5.4-14  $t_p$  的数值

$t_p$ (%)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

选用轮廓支承长度率参数时必须同时给出轮廓水平截距  $c$  值。

当两个零件的配合表面给出相同的  $c$  时, 如  $t_p$  值小, 则表明零件配合的实际接触面积小, 表面磨损较快。反之,  $t_p$  值越大, 则配合表面实际接触面积越大, 表面的耐磨性就越好。

轮廓水平截距  $c$  值可用  $\mu\text{m}$  或轮廓最大高度  $R_a$  的百分数表示。百分数系列为  $R_a$  的 5%、10%、15%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%。如  $t_p 70\%$ ,  $c 50\%$ , 表示水平截距  $c$  在轮廓最大高度  $R_a$  的 50% 位置上, 支承长度率的最小允许值为 70%。

## (4) 取样长度和评定长度

取样长度  $l$  的数值见表 5.4-15。

表 5.4-15 取样长度值 (mm)

$l$	0.08	0.25	0.8	2.5	8	25
-----	------	------	-----	-----	---	----

一般情况下, 在测量  $R_a, R_z$  和  $R_y$  时推荐按表 5.4-16 和表 5.4-17 选用对应的取样长度值, 此时取样长度值的标注在图样上或技术文件中可省略。当有特殊要求时应给出相应的取样长度值, 并在图样上或技术文件中注出。

表 5.4-16 测  $R_a$  的取样长度值

$R_a/\mu\text{m}$	$l/\text{mm}$	$l_n(l_n=5 \times l)/\text{mm}$
$\geq 0.008 \sim 0.02$	0.08	0.4
$> 0.02 \sim 0.1$	0.25	1.25
$> 0.1 \sim 2.0$	0.8	4.0
$> 2.0 \sim 10.0$	2.5	12.5
$> 10.0 \sim 80.0$	8.0	40.0

表 5.4-17 测  $R_z, R_y$  的取样长度值

$R_z, R_y/\mu\text{m}$	$l/\text{mm}$	$l_n(l_n=5 \times l)/\text{mm}$
$\geq 0.025 \sim 0.10$	0.08	0.4
$> 0.10 \sim 0.50$	0.25	1.25
$> 0.50 \sim 10.0$	0.8	4.0
$> 10.0 \sim 50.0$	2.5	12.5
$> 50 \sim 320$	8.0	40.0

对于微观不平度间距较大的端铣、滚铣及其他大进给走刀量的加工表面, 应按标准中规定的取样长度系列选取较大的取样长度值。

由于加工表面的不均匀性, 在评定表面粗糙度时其评定长度应根据不同的加工方法和相应的取样长度并考虑加工表面的均匀状况来确定。如被测表面均匀性较好, 测量时可选用小于  $5l$  的评定长度值, 均匀性较差的表面可选用大于  $5l$  的评定长度值。

## 2.3.2 参数及参数值的选用原则

## (1) 参数的选择原则

1) 在  $R_a, R_z, R_y$  三个高度参数中, 由于  $R_a$  既能反映加工表面的微观几何形状特征又能反映凸峰高

度,且在测量时便于进行数值处理,因此被推荐优先选用  $R_a$  来评定轮廓表面。

参数  $R_a$  只能反映被测表面轮廓突出的五个峰和谷的数值,不能全面反映轮廓微观的几何形状特征。因此,当零件表面轮廓只需控制零件表面微观轮廓的高度,而不需要评定其综合微观几何形状特征时,可选用  $R_z$  参数。 $R_z$  与  $R_a$  由于定义性质不同,不能同时使用。

在常用参数范围内,即  $R_a$  为  $0.025 \sim 6.3 \mu\text{m}$ ,  $R_z$  为  $0.1 \sim 25 \mu\text{m}$ , 应优先选用  $R_a$ 。

参数  $R_t$  只能反映表面轮廓的最大高度,不能反映轮廓的微观几何形状特征,但参数  $R_t$  可控制表面不平度的极限情况,因此常用于某些零件不允许出现较深的加工痕迹及小零件的表面,其测量、计算也较方便。常用于在  $R_a$  或  $R_z$  评定的同时控制  $R_t$ , 也可单独使用。

2) 在  $S_m$ 、 $S$ 、 $t_p$  三个参数中,  $S_m$  和  $S$  参数都是反映轮廓间距特性的评定参数;  $t_p$  是反映轮廓微观不平度形状特性的综合评定参数。在大多数情况下,首先采用  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_t$  反映高度特性的参数,只有在选用高度参数还不能满足零件表面功能要求时,即还需要控制其间距或综合情况时,才选用  $S$ 、 $S_m$  或  $t_p$  其中的一个参数。例如,必须控制零件表面加工痕迹的疏密度时,应增加选用  $S_m$  或  $S$ ; 当零件要求具有良好的耐磨性能时,则应增加选用  $t_p$  参数。需要指出的是参数  $t_p$  是一个在高度和间距方面全面反映零件微观几何形状的参数,一些先进工业国家常以  $t_p$  这一综合性参数来观察零件的微观几何形状。

#### (2) 参数值的选择原则

参数值的选用应根据零件功能要求来确定,在满足零件的工作性能和使用寿命的前提下,应尽可能选择要求较低的表面粗糙度。由于零件的材料和功能要求不同,每个零件的表面都有一个合理的参数值范围。一般来讲,高于或低于合理值都会影响零件的性能和使用寿命。

在选用表面粗糙度参数值时,还应考虑下列各种因素。

1) 同一零件上工作面的粗糙度参数值应小于非工作面的参数值。

2) 工作过程中摩擦表面粗糙度参数值应小于非摩擦表面的粗糙度参数值;滚动摩擦表面的粗糙度参数值应小于滑动摩擦表面的粗糙度参数值。

3) 运动精度要求高的表面,应选取较小的粗糙度参数值。

4) 接触刚度要求较高的表面,应选取较小的粗糙度参数值。

5) 承受交变载荷的零件,在易引起应力集中的部位,粗糙度参数值要求较小。

6) 表面承受腐蚀的零件,应选取较小的粗糙度参数值。

7) 配合性质和公差相同的零件、基本尺寸较小的零件,应选取较小的粗糙度参数值。

8) 要求配合稳定可靠的零件表面,其粗糙度参数值应选取较小的值。

9) 在间隙配合中,间隙要求越小,粗糙度参数值也应相应的小;在条件相同时,间隙配合表面的粗糙度参数值应比过盈配合表面的粗糙度参数值小;在过盈配合中,为了保证联接强度,应选取较小的粗糙度参数值;

10) 对于操作手柄、食品用具及卫生设备等特殊用途的零件表面,因其尺寸大小和公差等级无关,一般应选取较小的粗糙度参数值,以保证外观光滑、亮洁。

### 2.3.3 实际加工中有关参数的经验图表

对零件表面粗糙度的要求,除考虑其功能要求外,还应进一步掌握加工中的内在规律及各参数的特征,以便准确合理地规定其参数及参数值。现提供一些在生产实际中的经验图表,供选择参数及参数值时参考。

#### (1) 加工时间对参数值的影响

英国标准中提供了几种常用切削加工方法所得的  $R_a$  值和所需的生产工时之间的关系(图 5.4-3)。从曲线可以看出,加工时间越长,其表面得到的  $R_a$  值越小,表面的状况也越好。

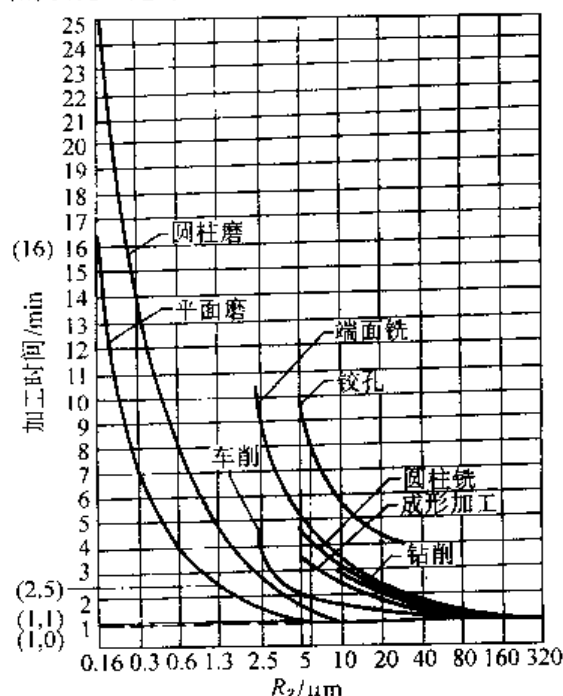


图 5.4-3

按图中平面磨加工可以看出:表面参数值  $R_a = 20 \mu\text{m}$  时,加工时间为 1min;  $R_a = 6.3 \mu\text{m}$  时,加工时间为 1.1min;  $R_a = 1.3 \mu\text{m}$  时,加工时间为 2.5min; 当  $R_a = 0.16 \mu\text{m}$  时,则加工时间需长达 16min。因此,当给

出表面粗糙度参数值时,应同时考虑加工的经济性,即在降低零件使用性能的前提下,尽量选用较大的粗糙度数值。

(2) 相同的  $R_a$  值其表面微观几何形状会差异很大

由于  $R_a$  值是由表面不平状况的所有各点参与计算并取绝对值的算术平均值,因此相同的  $R_a$  值,实际表面的微观几何特性会有很大差异。图 5.4-4 说明三个表面的  $R_a$  值相同,但  $R_y$  值相差甚大,必要时应对 c 图中给出  $R_y$  值加以限制。

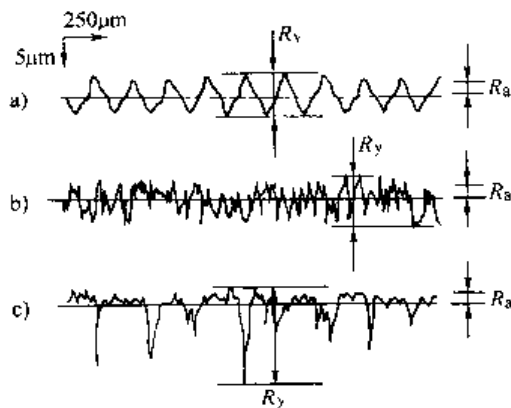


图 5.4-4

(3) 相同的  $R_a$  值具有不同的  $R_p/R_z$  值

两个表面虽然微观不平度十点高度  $R_a$  相同,但由于在取样长度内从轮廓峰顶线至中线距离  $R_p$  不等,因此它的比值也必然不等(图 5.4-5)。

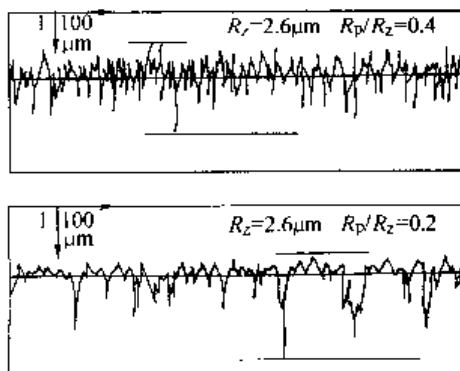


图 5.4-5

2.3.4 参数值应用举例

- 1) 表面粗糙度参数值  $R_a$  的应用范围见表 5.4-18。
- 2) 部分典型零件表面的  $R_a$  和  $t_p$  值见表 5.4-19, 请参照使用。
- 3) 常用零件表面的表面粗糙度参数值见表 5.4-20。
- 4) 各种加工方法所能达到的  $R_a$  值见表 5.4-21, 供参考。
- 5) 各种加工方法所能达到的  $R_a$  值见表 5.4-22,  $R_a$  值应小于尺寸公差值  $T$ , 一般应遵循的关系:  $T/R_a \geq 5/1$ 。

表 5.4-18  $R_a$  的应用范围

$R_a/\mu\text{m}$	适 应 的 零 件 表 面
12.5	粗加工非配合表面。如轴端面、倒角、钻孔、键槽非工作表面、垫圈接触面、不重要的安装支承面、螺钉、铆钉孔表面等
6.3	半精加工表面。用于不重要的零件的非配合表面,如支柱、轴、支架、外壳、衬套、盖等的端面;螺钉、螺栓和螺母的自由表面;不要求定心和配合特性的表面,如螺栓孔、螺钉通孔、铆钉孔等;飞轮、带轮、离合器、联轴节、凸轮、偏心轮的侧面;平键及键槽上下面,花键非定心表面,齿顶圆表面;所有轴和孔的退刀槽;不重要的连接配合表面;犁铧、犁侧板、深耕铲等零件的摩擦工作面;插秧爪面等
3.2	半精加工表面。外壳、箱体、盖、套筒、支架等和其他零件连接而不形成配合的表面;不重要的紧固螺纹表面。非传动用梯形螺纹、锯齿形螺纹表面;燕尾槽表面;键和键槽的工作面;需要发蓝的表面;需滚花的预加工表面;低速滑动轴承和轴的摩擦面;张紧链轮、导向滚轮与轴的配合表面;滑块及导向面(速度 20~50m/min);收割机械切割器的摩擦器刀片、压力片的摩擦面,脱粒机格板工作表面等
1.6	要求有定心及配合特性的固定支承、衬套、轴承和定位销的压入孔表面;不要求定心及配合特性的活动支承面,活动关节及花键结合面;8 级齿轮的齿面,齿条齿面;传动螺纹工作面;低速传动的轴颈;楔形键及键槽上、下面;轴承盖凸肩(对中心用),V 带轮槽表面,电镀前金属表面等
0.8	要求保证定心及配合特性的表面,锥销和圆柱销表面;与 P0 和 P6 级滚动轴承相配合的孔和轴颈表面;中速转动的轴颈,过盈配合的孔 IT7, 间隙配合的孔 IT8, 花键轴定心表面,滑动导轨面 不要求保证定心及配合特性的活动支承面;高精度的活动球状接头表面、支承垫圈、榨油机螺旋榨棍表面等
0.2	要求能长期保持配合特性的孔 IT6、IT5, 6 级精度齿轮齿面,蜗杆齿面(6~7 级),与 P5 级滚动轴承配合的孔和轴颈表面;要求保证定心及配合特性的表面;滑动轴承轴瓦工作表面;分度盘表面;工作时受交变应力的重要零件表面;受力螺栓的圆柱表面,曲轴和凸轮轴工作表面、发动机气门圆锥面,与橡胶油封相配的轴表面等



(续)

$R_a/\mu\text{m}$	适 应 的 零 件 表 面
0.1	工作时受较大交变应力的重要零件表面,保证疲劳强度、防腐蚀性及在活动接头工作中耐久性的一些表面;精密机床主轴箱与套筒配合的孔;活塞销的表面;液压传动用孔的表面,阀的工作表面,汽缸内表面,保证精确定心的锥体表面;仪器中承受摩擦的表面,如导轨、槽面等
0.05	滚动轴承套圈滚道、滚动体表面,摩擦离合器的摩擦表面,工作量规的测量表面,精密刻度盘表面,精密机床主轴套筒外圆面等
0.025	特别精密的滚动轴承套圈滚道、滚动体表面;量仪中较高精度间隙配合零件的工作表面;柴油机高压泵中柱塞副的配合表面;保证高度气密的接合表面等
0.012	仪器的测量面;量仪中高精度间隙配合零件的工作表面;尺寸超过100mm量块的工作表面等

注:1. 上表中只列举了  $R_a$  参数值所适应的零件表面的示例,如由于客观条件的限制或某些特殊的要求,只能测出  $R_z$  或  $R_v$  参数值时,可根据  $R_a$  和  $R_z$ 、 $R_a$  和  $R_v$  之间的大致对应比值关系,换算出  $R_z$  或  $R_v$  的参数值。

2. 对应关系比值为

$$R_a \geq 2.5\mu\text{m}, R_z : R_a = 1 : 4 \text{ 或 } R_z = 4R_a;$$

$$R_a < 2.5\mu\text{m}, R_z : R_a = 1 : 5 \text{ 或 } R_z = 5R_a;$$

$R_v = (4 \sim 15) R_a$  (由于较大轮廓出现的随机性较大,因此其发散范围也较大,一般处于中间部位)。

表 5.4-19 典型零件表面的  $R_a$  和  $t_p$  值

要求的表面	$R_a/\mu\text{m}$	$C(20\%)$ $t_p(\%)$	$t/\text{mm}$	要求的表面	$R_a/\mu\text{m}$	$C(20\%)$ $t_p(\%)$	$t/\text{mm}$	
和滑动轴承配合的支承轴颈 <sup>①</sup>	0.32	30	0.8	蜗杆齿侧面	0.32	—	0.25	
				铸铁箱体上主要孔	1.0~2.0	—	0.8	
和青铜轴瓦配合的支承轴颈	0.40	15	0.8	钢箱体上主要孔	0.63~1.6	—	0.8	
和巴比特合金轴瓦配合的支承轴颈	0.25	20	0.25	箱体和盖的结合面 <sup>②</sup>	—	—	2.5	
和铸铁轴瓦配合的支承轴颈	0.32	40	0.8	机床滑动导轨	普通的	0.63	—	0.8
					高精度的	0.10	15	0.25
					重型的	1.6	—	0.25
和石墨片轴瓦 AMC-1 配合的支承轴颈	0.32	40	0.8	滚动导轨	0.16	—	0.25	
和滚动轴承配合的支承轴颈	0.80	—	0.8	缸体工作面	0.40	40	0.8	
钢球和滚柱轴承的工作面	0.80	15	0.25	活塞环工作面	0.25	—	0.25	
保证选择器或排挡转移情况的表面	0.25	15	0.25	曲轴轴颈	0.32	30	0.8	
				曲轴连杆轴颈	0.25	20	0.25	
和齿轮孔配合的轴颈	1.6	—	0.8	活塞侧缘	0.80	—	0.8	
按疲劳强度工作的轴	—	60	0.8	活塞上活塞销孔	0.50	—	0.8	
喷镀过的滑动摩擦面	0.08	10	0.25	活塞销	0.25	15	0.25	
准备喷镀的表面 <sup>③</sup>	—	—	0.8	分配轴轴颈和凸轮部分	0.32	30	0.8	
电化学镀层前的表面	0.2~0.8	—	—	油针偶件	0.08	15	0.25	
齿轮配合孔	0.5~2.0	—	0.8	摇杆小轴孔和轴颈	0.63	—	0.8	
齿轮齿面	0.63~1.25	—	0.8	腐蚀性的表面 <sup>④</sup>	0.063	10	0.25	

①  $R_v = 1\mu\text{m}$ ;

②  $R_z = 125\mu\text{m}$ ,  $S_m = 0.5\text{mm}$ ;

③  $R_z = 10\mu\text{m}$ ;

④  $S_m = 0.032\text{mm}$ 。

表 5-4-20 常用零件表面的粗糙度参数值

配合表面	公差等级		表面	基本尺寸 /mm					
				≤50	50~500				
	5	轴	0.2	0.4					
孔			0.4	0.8					
	6	轴	0.4	0.8					
孔			0.1~0.8	0.8~1.6					
	7	轴	0.4~0.8	0.8~1.6					
孔			0.8						
	8	轴	0.8						
孔			0.8~1.6						
	过盈配合	压入装配	公差等级		基本尺寸 /mm				
≤50					50~120	120~500			
5			轴	0.1~0.2	0.4	0.4			
				孔	0.2~0.4	0.8	0.8		
6~7			轴		0.4	0.8	1.6		
				孔	0.8	1.6	1.6		
8		轴	0.8		0.8~1.6	1.6~3.2			
			孔						
热装		轴		1.6					
			孔	1.6~3.2					
分组装配的零件表面				分组公差 /μm					
			表面	<2.5	2.5	5	10	20	
			轴	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	
孔	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6				
定心精度高的配合表面			径向跳动公差 /μm						
			表面	2.5	4	6	10	16	20
			轴	0.05	0.1	0.1	0.2	0.4	0.8
孔	0.1	0.2	0.2	0.4	0.8	1.6			
滑动轴承表面			公差等级			流体润滑			
			表面	IT6~IT9		IT10~IT12			
			轴	0.4~0.8		0.8~3.2		0.1~0.4	
孔	0.8~1.6		1.6~3.2		0.2~0.8				
导轨面	性质		速度 /m·s	平面度公差 /(μm/100mm)					
				≤6	10	20	60	>60	
	滑动	≤0.5	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2		
		>0.5	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6		
	滚动	≤0.5	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6		
>0.5		0.05	0.1	0.2	0.4	0.8			
圆锥结合工作表面			密封结合		对中结合		其他		
			0.1~0.4		0.4~1.6		1.6~6.3		
键结合	不动结合		键		轴上键槽		毂上键槽		
			3.2		1.6~3.2		1.6~3.2		
	用导向键	工作面	6.3~12.5		6.3~12.5		6.3~12.5		
		非工作面	1.6~3.2		1.6~3.2		1.6~3.2		
渐开线花键结合	不动结合		孔槽	轴齿	定心面		非定心面		
					孔	轴	孔	轴	
	动结合	1.6~3.2	1.6~3.2	0.8~1.6	0.4~0.8	3.2~6.3	1.6~6.3		
		0.8~1.5	0.4~0.8	0.8~1.6	0.4~0.8	3.2	1.6~6.3		







(续)

加工方法	$R_a/\mu\text{m}$								
	0.15	0.4	1.0	2.5	6	16	40	100	250
车削									
磨削									
铣削									
钻削									
抛光									

## 2.4 表面粗糙度符号、代号及其标注

国家标准 GB/T131—1993《机械制图 表面粗糙度符号、代号及其注法》中规定了零件表面粗糙度符号、代号及其在图样上的表示方法,该标准等效采用国际标准 ISO 1302—1992《技术制图 标准表面特征的方法》。

### 2.4.1 标注的基本原则

1) 图样上所有要素均应给出表面粗糙度的要求。所标注的表面粗糙度符号和代号如不另加说明,则表示是该表面加工后的要求。

2) 有关表面粗糙度的各项规定应按功能要求给定。若仅需要加工(采用去除材料的方法或不去除材料的方法)而对表面粗糙度的其他规定(如数值)没有要求时,允许只注表面粗糙度符号。

3) 当允许在表面粗糙度参数的所有实测值中超过规定值的个数少于总数的16% (如测100处,超出规定值的部位应少于16处)时,应在图样上标注表面粗糙度参数的上限值或下限值,即仅标出参数值,不加符号。

4) 当要求在表面粗糙度参数的所有实测值中任何一处均不得超过规定值时,应在图样上标注表面粗糙度参数的最大值或最小值,即除参数值外,还要加注 max 或 min。

### 2.4.2 符号与代号

#### (1) 符号

表面粗糙度的基本符号由两条长度不等且与被注表面投影轮廓成 $60^\circ$ 的细实线 $\left(\frac{h}{10}\right)$ 组成。各种符号的含义见表5.4-23。

符号的比例见图5.4-6。符号的尺寸见表5.4-24。其符号的线宽及高度与字体高度 $h$ 及轮廓线的线宽 $b$ 有关,其比例为 $d'=b/10$ ;  $H_1=10b$ 。

#### (2) 代号

在表面粗糙度符号的规定位置上标注表面粗糙度的参数值及其他有关要求,即构成表面粗糙度的代号。

代号各部位的内容见表5.4-25。



图 5.4-6 符号比例

表 5.4-23 符号含义

符 号	意义及说明
	基本符号,表示表面可用任何方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明(例如,表面处理,局部热处理状况等)时,仅适用于简化代号标注。
	基本符号加一短划,表示表面是用去除材料的方法获得,例如:车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等。如不加注粗糙度数值,则仅要求去除材料。
	基本符号加一小圆,表示表面是用不去除材料的方法获得,例如:铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等。如不注数值,则表示该表面为保持原供应状况或保持上道工序状况的表面。
	在上述三个符号的长边上均可加一横线,用于标注有关参数和说明。
	在上述三个符号上均可加一小圆,表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求。

表 5.4-24 符号尺寸 (mm)

轮廓线的线宽 $b$	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2	2.8
数字与大写字母(或/和小写字母)的高度 $h$	2.5	3.5	5	7	10	14	20
符号的线宽 $d'$ 数字与字母的笔画宽度 $d$	0.250	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2
高度 $H_1$	3.5	5	7	10	14	20	28
高度 $H_2$	8	11	15	21	30	42	60

代号中各参数及有关要求的注写位置的具体画法见图 5.4-7。

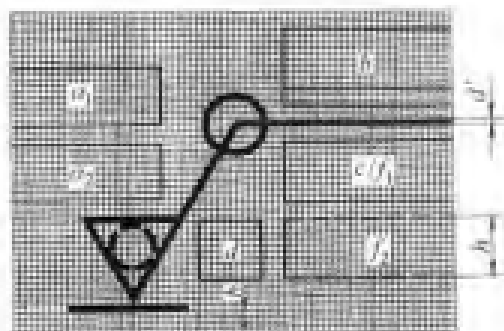
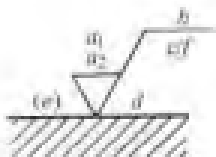


图 5.4-7

表 5.4-25 代号含义

代号	含义
	<p><math>a_1, a_2</math>——粗糙度高度参数代号及其数值 (<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>b</math>——加工要求、镀覆、涂覆、表面处理或其他说明</p> <p><math>c</math>——取样长度或波纹度 (<math>\mu\text{m}</math>)</p> <p><math>d</math>——加工纹理方向符号</p> <p><math>e</math>——加工余量 (mm)</p> <p><math>f</math>——粗糙度间距参数值 (mm) 或轮廓支承长度率</p>

### 2.4.3 各参数的表示方法

#### (1) 轮廓算术平均偏差 $R_a$ 值的表示方法

$R_a$  值在代号中用数值表示。由于  $R_a$  是最常用的参数，因此数值前省略参数代号  $R_a$ 。见表 5.4-26。

#### (2) 轮廓微观不平度十点高度 $R_z$ 及轮廓最大高度 $R_y$ 的表示方法。

$R_z$  和  $R_y$  参数值在代号中用数值表示，参数符号必须在数值前标出，见表 5.4-27。表中有关极限值、最大值和最小值的含义见表 5.4-26 中的说明。

#### (3) 轮廓的单峰平均间距 $S$ 和轮廓微观不平度的平均间距 $S_m$ 的表示方法

零件表面若需要标注  $S$  值或  $S_m$  值时，应注在符号长边的横线下面，数值前应标出相应的代号，参数值单位为 mm，与高度参数的单位  $\mu\text{m}$  不一样，因已在标准中明确规定，因此在图样中仍然不必注出。图 5.4-8a 为  $S$  上限值标注示例，图 5.4-8b 为  $S_m$  最大值的标注示例。

表 5.4-26  $R_a$  数值意义

代号	意义
	用任何方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ， $R_a$ 的下限值为 $1.6\mu\text{m}$
	用任何方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$ ， $R_a$ 的最小值为 $1.6\mu\text{m}$

表 5.4-27

代号	意义
	用任何方法获得的表面粗糙度， $R_y$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_z$ 的上限值为 $200\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_z$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ，下限值为 $1.6\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$ ， $R_z$ 的上限值为 $12.5\mu\text{m}$
	用任何方法获得的表面粗糙度， $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$

(续)

代号	意义
	用不去除材料方法获得的表面粗糙度, $R_a$ 的最大值为 $200\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度, $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$ , 最小值为 $1.6\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面粗糙度, $R_a$ 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$ , $R_z$ 的最大值为 $12.5\mu\text{m}$

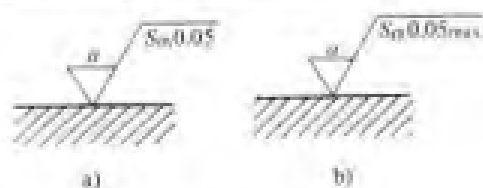


图 5.4-8

(4) 轮廓支承长度率  $t_p$  的表示方法

图 5.4-9 为  $t_p$  的标注示例。图 5.4-9a 表示水平截面  $C$  在轮廓最大高度  $R$  的 50% 位置上, 支承长度率为 70%, 给出的  $t_p$  值为下限值。图 5.4-9b 为  $t_p$  的最小值。

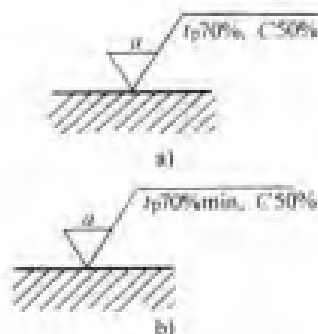


图 5.4-9

## (5) 取样长度的表示方法

取样长度应标注在符号长边的横线下面(图 5.4-10), 按标准规定值选用时, 图样上可省略标注。

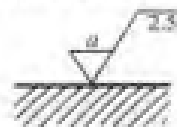


图 5.4-10

## 2.4.4 表面加工纹理方向、加工余量、加工方法、镀(涂)覆层的符号及标注

## (1) 纹理方向符号及标注

当零件由于功能需要, 例如对于密封表面、需建立油膜的轴承表面、与两零件相对移动方向一致的纹理方向、保证零件的装拆性以及提高疲劳强度等功能要求等, 应对其表面提出加工纹理方向或纹理形状的要求, 此时需在表面粗糙度代号中注出加工纹理方向符号, 见图 5.4-11。加工纹理符号的比例及画法见图 5.4-12。

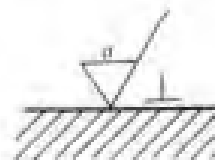



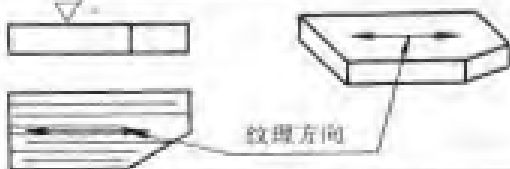


图 5.4-11

常用的加工纹理方向符号及其标注位置及说明见表 5.4-28。若表中所列符号不能清楚表明所要求的纹理时, 可在图样上用文字说明。



图 5.4-12

表 5.4-28 加工纹理方向的符号

符号	说明	示意图
	纹理平行于标注代号的视图的投影面	
	纹理垂直于标注代号的视图的投影面	



(续)

符号	说明	示意图
X	纹理呈两相交的方向	
M	纹理呈多方向	
C	纹理呈近似同心圆	
R	纹理呈近似放射形	
P	纹理无方向或呈凸起的细粒状	

(2) 加工余量的标注

为了保证零件达到表面粗糙度参数值的要求，有时需要规定表面的加工余量以限制其加工方法。其标注方法如图 5.4-13 所示。图例所注“5”即指为达到参数值  $a$  的加工余量为 5mm。

(3) 加工方法的标注

如零件表面的粗糙度要求由指定的加工方法获得时，可用文字标注在符号长边的横线上面，见图 5.4-14。

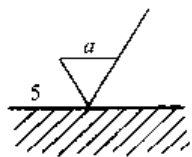


图 5.4-13

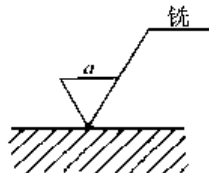


图 5.4-14

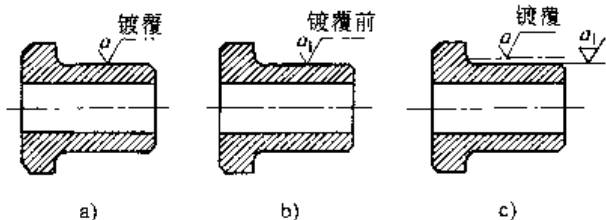


图 5.4-15

(4) 镀(涂)覆表面处理的要求

为提高零件表面质量，需镀(涂)覆或表面处理时，其要求应标注在粗糙度符号长边的横线上面，见图 5.4-15。如不另加说明，表面粗糙度的数值为完工后的数值。

图 5.4-15a 表示镀覆后表面粗糙度参数值的标注示例；图 5.4-15b 表示  $a_1$  值是由镀覆前达到的；图 5.4-15c 表示镀覆前后分别要求达到粗糙度的参数值。

关于镀(涂)覆的表示方法或标记应按 GB/T11911—1992 金属镀覆和化学处理表示方法和 GB/T4054—1983 涂料涂覆标记的规定进行标注。

2.4.5 表面粗糙度代号在图样上标注的规定

(1) 一般规定

根据 GB/T131 的规定，在图样上应遵循表 5.4-29 所列的各项规定。

(2) 简化注法

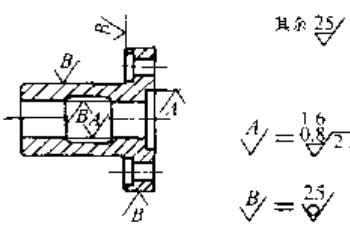
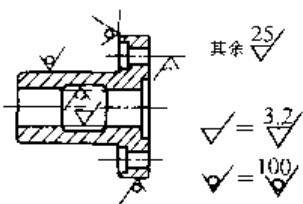
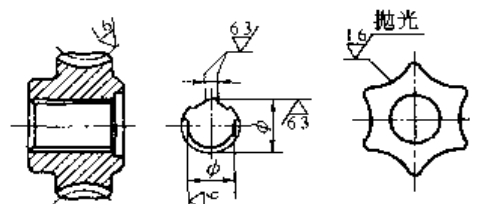
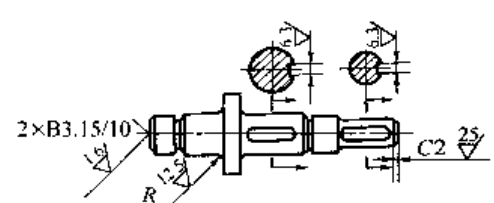
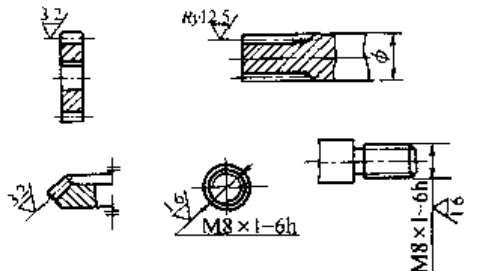
为了节省设计时间或者在图样上标注位置受到限制时，可采用简化代号标注或省略标注，见表 5.4-30。

表 5.4 29

序 号	规 定	图 例
1	符号、代号一般注在可见轮廓线、尺寸界线、引出线或它们的延长线上,并尽可能靠近有关尺寸线 符号的尖端必须从材料外指向表面 代号中数字方向应与尺寸数字的方向致	
2	在倾斜轮廓线上标注代号时,应注意代号方向(无论任何角度的符号,在它旋转到水平位置时,应与基本符号一致)	
3	在指引线上的横线上标注有关参数,应与尺寸数字方向一致。符号可以引出标注	
4	图样上位置狭小或不便标注时,符号、代号可以引出标注 当零件的大部分表面具有相同的表面粗糙度要求时,对其中使用最多的一种符号、代号可以统一注在图样的右上角,并加注“其余”两字	
5	当零件所有表面具有相同的表面粗糙度要求时,其符号、代号可在图样的右上角统一标注	
6	同一表面上有不同的表面粗糙度要求时,须用细实线画出其分界线,并注出相应的表面粗糙度代号和尺寸	
7	零件需要局部热处理或局部镀(涂)覆时,应用粗点划线画出其范围,标注相应的尺寸,也可将其要求写在符号长边的横线上	
8	需要规定表面粗糙度测量截面的方向时,应在该表面上标出测量方向	

说明:当统一标注表面粗糙度要求时,其符号、代号和说明文字的高度均应是图样中其他表面所注代号和文字的1.4倍。

表 5.4-30

序号	简化内容	图例
1	采用简化代号,并在标题栏附近说明简化代号的意义	
2	采用简化代号,并在标题栏附近说明简化代号的意义	
3	连续表面和重复要素的表面,其表面粗糙度符号、代号只标注一次	
4	中心孔的工作表面、键槽工作面、倒角、圆角的表面粗糙度代号可按图例简化标注	
5	齿轮、渐开线花键、螺纹等工作表面在没有画出齿(牙)形时,表面粗糙度代号可按图例简化标注	

说明:简化代号的符号、代号和文字说明的高度均应是图样中所订代号和文字的1.6倍。

(3) 标注示例

表面粗糙度的标注示例见表 5.4-31。

表 5.4-31

序号	标注示例	说明	序号	标注示例	说明
1		在符号长边的横线下 面同时标注取样长度与 轮廓支承长度率 $t_p$ 时, 在 $t_p$ 前需加注斜线, 此 时 $R_a$ 与 $t_p$ 的取样长度 均为 0.8mm	9		部分不镀(涂)覆表 面, 可用粗点划线画 出, 同时在横线 1 加以 注明
2		$R_a$ 与 $R_y$ 的取样长度 均为 2.5mm	10		当横线上没有足够 的位置标注所有内容 时, 可采用图例的方法 标注
3		$R_a$ 的取样长度 为 0.8mm; $R_y$ 的取样长度 为 2.5mm	11		镀(涂)覆表面不再 进行加工时, 应按图例 的方法标注。当所有表 面具有相同的表面粗 糙度要求时, 可在符号 上加画一小圆表示
4		在符号长边的横线 上面, 可注写注释性说 明, 图例表示前、后两 面的表面粗糙度均为 12.5	12		相同要求的表面, 当 标注位置受到限制时, 可用粗点划线画出, 在 引出线上标注一次符 号、代号
5		在横线上面可同时注 写加工方法与注释性说 明	13		结合件的配合表面 可按图标注表面粗糙 度代号。件 1 外圆柱面 表面粗糙度为 1.6, 件 2 内 圆柱面表面粗糙度为 3.2
6		在横线上面可注写加 工要求, 图例表示导轨 工作面经刮削后, 在 25mm × 25mm 面积内 接触点不小于 10 点, $R_a$ 的上限值为 1.6μm	14		木材表面可按图标 注表面粗糙度代号。该 件外圆柱面 $R_a$ 的上限 值为 12.5μm, $R_a$ 的数 值按 GB12472 表 1 选 取
7		在横线上面同时注写 镀层要求与独立加工方 法时, 按工艺顺序用斜 线隔开。图例表示表面 镀硬铬, 镀层厚度为 (60±5) μm, 镀后经机 械抛光, $R_a$ 的上限值为 0.4μm	15		表面粗糙度、表面镀 覆及尺寸标注综合示 例。其中 GR 表示磨光
8		在横线上面同时注写 化学处理与涂覆要求 时, 按工艺顺序用斜线 隔开。图例表示表面化 学氧化后, 涂黑色 A04- 9 氨基烘干磁漆, 使用 于一般环境条件下, 并 按 III 级外观等级加工。			

### 2.5 木制品表面粗糙度及其数值

由于木制品的表面功能、加工方法以及评定方法不同于金属和非金属表面, GB/T 12472—2004《产品几何量技术规范(GPS)表面结构 轮廓法 木制品表面粗糙度参数及其数值》中规定了对木制品表面粗糙度的评定方法、参数和数值。该标准适用于木制品未经涂饰处理表面的粗糙度评定;也适用于采用单板、复面板木质基材、胶合板、木质刨花板、木质层压板、中密度纤维板等制成的制品未经涂饰处理表面的粗糙度评定。

#### 2.5.1 评定参数及其数值

木制品的有关表面粗糙度的术语及定义与国标 GB/T 3305—2000《表面粗糙度 术语 表面及其参数》完全一致。为适用于评定有较粗孔材表面粗糙度在该标准的附录中增加了参数  $R_{pv}$ 。

##### (1) 高度参数及其数值

评定木制品表面粗糙度的高度参数可由轮廓算术平均偏差  $R_a$ 、微观不平度十点高度  $R_z$  和轮廓最大高度  $R_y$  三项中选取。其参数值见表 5.4-32。

表 5.4-32 ( $\mu\text{m}$ )

$R_a$	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100
$R_z$	3.2	6.3	12.5	25	50	100	200	400

##### (2) 附加的评定参数

根据表面功能的需要,除高度参数 ( $R_a$ 、 $R_z$ ) 外,可用轮廓微观不平度的平均间距  $RS_m$  作为附加的评定参数。其数值见表 5.4-33。

表 5.4-33 (mm)

$RS_m$	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5
--------	-----	-----	-----	-----	-----	------

##### (3) 取样长度的数值 (见表 5.4-34) 和选用

表 5.4-34 (mm)

$l_r$	0.8	25	8	25
-------	-----	----	---	----

在测量  $R_a$  和  $R_z$  时,可按表 5.4-35 选用对应的取样长度,此时,在图样上的表面粗糙度代号或技术文件中无须注出。如有特殊要求时,应给出相应的取样长度,并在图样上注出其数值。

表 5.4-35

$R_a/\mu\text{m}$	$R_z/\mu\text{m}$	$l_r/\text{mm}$
0.8、1.6、3.2	3.2、6.3、12.5	0.8
6.3、12.5	25、50	2.5
25、50	100、200	8
100	400	25

##### (4) 单个微观不平度高度和在测量长度上的平均值 ( $R_{pv}$ )

为了减小木材导管被剖切形成构造不平度对测量结果的影响,标准中增加了参数  $R_{pv}$ ,见图 5.4-16,即在给定测量长度 ( $L$ ) 内各单个微观不平度的高度 ( $h_i$ ) 之和除以该测量长度,以单位  $\mu\text{m}/\text{mm}$  表示,计算公式为

$$R_{pv} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{L}$$

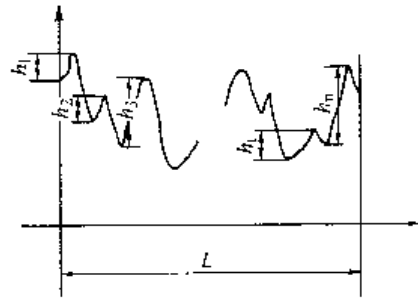


图 5.4-16

测量长度规定为 20~200mm,一般情况下选用 200mm,若被测表面幅面较小或微观不平度均匀性较好时可选用 20mm。

单个微观不平度高度和在测量长度上的平均值  $R_{pv}$  的数值见表 5.4-36。

表 5.4-36 ( $\mu\text{m}/\text{mm}$ )

$R_{pv}$	6.3	12.5	25	50	100
----------	-----	------	----	----	-----

#### 2.5.2 选用木制品表面粗糙度的一般规则

在选用和标注木制品表面粗糙度时应遵循下列规则:

(1) 必须给出高度参数的数值和测定时的取样长度,必要时也可规定构造纹理、加工工艺等附加要求。

(2) 标注方法应符合 GB/T 131—1993《机械制图 表面粗糙度符号、代号及其注法》的有关规定。

(3) 表面粗糙度各参数的数值是指在垂直于基准面的各截面上获得的。给定的表面如截面方向与加工产生的微观不平度高度参数 ( $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_y$ ) 最大值的方向一致时,可不规定其测量截面的方向,否则应在图样上标出。

(4) 用  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_y$  参数评定木制品表面粗糙度时,一般应避免剖切导管较集中的局部表面。若无法避开,则应在评定时除去剖切导管形成的轮廓凹坑。

(5) 对木制品表面粗糙度的要求不适用于表面缺陷。在评定时不应把表面缺陷(如裂纹、节子、纤维撕裂、表面碰伤、木刺等)包含在内,必要时,可单独规定对表面缺陷的限制。

在标准附录中给出了不同加工方法对不同材质所能达到的参数值范围见表 5.4-37。

表 5.4-37

加工方法	表面树种	参 数 值 范 围		
		$R_a/\mu\text{m}$	$R_z/\mu\text{m}$	$R_{Dv}/\mu\text{m} \cdot \text{mm}^{-1}$
手光刨	水曲柳	12.5~25	50~200	12.5~25
	柞木	3.2~25	25~200	12.5~25
	樟子松	3.2~25	25~100	6.3~25
	落叶松	6.3~25	25~100	12.5~50
	柳桉	6.3~50	25~200	12.5~25
	美松	3.2~12.5	25~50	6.3~25
	红杉	3.2~25	25~100	12.5~25
	红松	3.2~12.5	25~50	12.5~25
	色木	3.2~12.5	25~50	6.3~25
砂光	柞木	6.3~25	25~200	25~100
	水曲柳	6.3~50	25~200	25~100
	刨花板	6.3~50	50~200	12.5~50
	人造柚木	3.2~25	12.5~200	25~100
	柳桉	6.3~50	50~200	25~100
	红松	3.2~12.5	25~100	12.5~50
	柞木	6.3~25	25~100	12.5~25
机光刨	红松	6.3~25	50~100	12.5~25
	樟子松	6.3~25	25~100	12.5~25
	落叶松	6.3~25	25~100	12.5~25
	红杉	6.3~25	25~100	12.5~50
	美松	6.3~25	25~100	12.5~50
	红松	3.2~25	25~100	—
	落叶松	3.2~12.5	25~100	—
车削	樟子松	3.2~25	25~100	—
	红杉	12.5~25	50~100	—
	美松	3.2~25	50~100	—
	樟子松	3.2~12.5	25~100	12.5~25
	美松	3.2~12.5	25~100	12.5~25
纵铣	红松	6.3~12.5	25~100	12.5~25
	落叶松	3.2~25	25~100	12.5~25
	红杉	3.2~12.5	25~100	12.5~50
	水曲柳	6.3~50	50~200	12.5~25
	柞木	6.3~50	50~200	12.5~50
平刨	麻栎	3.2~25	25~200	12.5~50
	桦木层压板	3.2~12.5	12.5~50	12.5~25
	柳桉	6.3~50	50~200	12.5~50
	樟子松	3.2~25	25~100	12.5~25
	红松	3.2~25	25~100	12.5~25
	美松	3.2~12.5	25~100	12.5~25
	枫杨	6.3~25	25~100	12.5~50
	落叶松	3.2~25	25~100	12.5~25
	红杉	6.3~50	50~100	12.5~25
	栲木	6.3~25	50~200	12.5~25
	水曲柳	3.2~50	25~200	12.5~50
	柞木	6.3~25	25~200	12.5~50
	麻栎	3.2~50	25~100	12.5~50
	桦木层压板	3.2~25	25~100	12.5~25
柳桉	3.2~50	50~200	12.5~50	
压刨	水曲柳	3.2~50	25~200	12.5~50
	柞木	6.3~25	25~200	12.5~50
	麻栎	3.2~50	25~100	12.5~50
	桦木层压板	3.2~25	25~100	12.5~25
	柳桉	3.2~50	50~200	12.5~50

(续)

加工方法	表面树种	参 数 值 范 围		
		$R_a/\mu\text{m}$	$R_z/\mu\text{m}$	$R_{z\lambda}/\mu\text{m} \cdot \text{mm}^{-1}$
压刨	美松	6.3~50	25~100	12.5~25
	樟子松	6.3~25	25~100	12.5~25
	红杉	3.2~12.5	25~100	12.5~25
	美松	3.2~12.5	25~100	12.5~25
	落叶松	3.2~25	25~100	12.5~25
	柞木	6.3~25	25~100	12.5~25

注：除砂光、机光刨光及手光刨的测量方向垂直于木材构造纹理外，其他加工方法的测量方向均平行于木材构造纹理方向。

### 3 表面波纹度

表面波纹度是间距大于表面粗糙度但小于表面几何形状误差的表面几何不平度。零件表面在机械加工过程中由于机床与工具系统的振动形成了表面波纹度。表面波纹度直接影响零件表面的机械性能，如零件的接触刚度、疲劳强度、结合强度、耐磨性、抗振性和密封性等，它与表面粗糙度一样也是影响产品质量的一项重要指标，与表面粗糙度、形状误差一起形成零件的表面特征。

GB/T16747—1997《表面波纹度 词汇》规定了波纹度的术语、词汇、定义及参数。为使读者较全面了解和选用表面波纹度，本节除介绍GB/T16747外还介绍国家标准和国际标准尚未规定的参数值和不同加工方法可能达到的表面波纹度波幅值范围，供读者参考。

#### 3.1 表面波纹度术语、词汇及定义

波纹度是指由间距比粗糙度大得多的、随机的或

接近周期形式的成分构成的表面不平度（见图 5.4-17）。通常包含了工件表面加工时由意外因素引起的那种不平度，例如，由一个工件或某一刀具的失控运动所引起的。波纹度通频带的极限由高通滤波器的长波段截止波长和短波段截止波长之比， $\lambda_c : \lambda_s$  为 10 : 1，否则需另加规定。

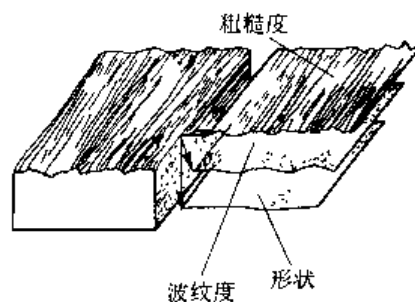


图 5.4-17

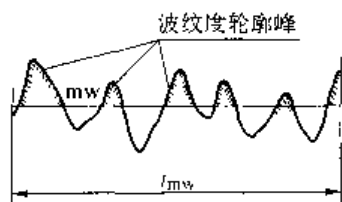
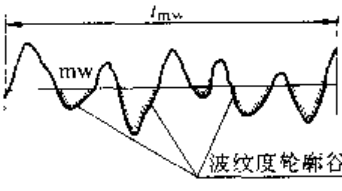
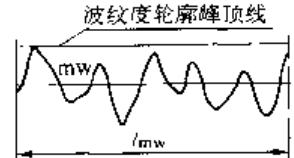
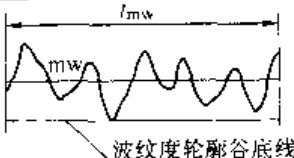
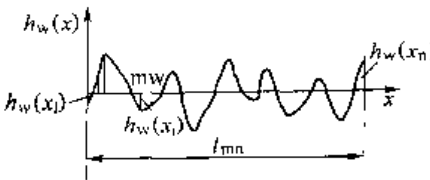
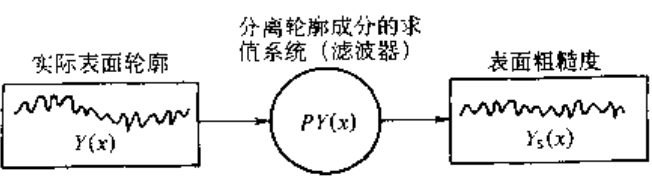
#### 3.1.1 表面与轮廓

有关表面与轮廓的术语及定义见表 5.4-38。

表 5.4-38

序号	术语	定义或解释	图 例
1	实际表面	工件上实际存在的一个表面，它是按所定特征由加工形成的。实际表面是由粗糙度、波纹度和形状叠加而成的一个表面	见图 5.4-1
2	实际表面的轮廓（实际轮廓）	由一个平面与实际表面相交所得的轮廓。它由粗糙度轮廓、波纹度轮廓和形状轮廓构成	
3	表面波纹度轮廓（波纹度轮廓）	是一个实际表面的轮廓的组成部分，其不平度的间距比粗糙度大得多的那部分。实际上，该轮廓部分是用波纹度求值系统（滤波器）从实际表面的轮廓中分离而得出	

(续)

序号	术语	定义或解释	图例
4	波纹度轮廓峰	表面波纹度轮廓与波纹度中线相交, 相邻两点之间的向外 (从工件材料到周围介质) 的轮廓部分 注: 在波纹度取样长度内, 即使是始端或终端, 若有向外的轮廓部分, 也应视作波纹度轮廓峰。当计算波纹度的连续几个取样长度上的峰数时, 对每个取样长度的始端或终端的波纹度轮廓峰, 只应计入一次始端的	
5	波纹度轮廓谷	表面波纹度轮廓与波纹度中线相交, 相邻两交点之间的向内 (从周围介质到材料) 的轮廓部分 注: 在波纹度取样长度的始端或终端, 若有向内的轮廓部分, 也应视作轮廓谷。当计算波纹度的连续几个取样长度上的谷数时, 对每个取样长度的始端或终端的波纹度轮廓谷, 只计入一次始端的	
6	波纹度轮廓峰顶线	在波纹度取样长度内, 与基准线等距并通过波纹度轮廓最高点的线	
7	波纹度轮廓谷底线	在波纹度取样长度内, 与基准线等距并通过波纹度轮廓最低点的线	
8	波纹度轮廓偏距 $h_w(x)$	波纹度轮廓上的点与波纹度中线之间的距离	
9	分离实际表面轮廓成分的求值系统 (滤波器)	通过预定的信息转换, 对实际表面的轮廓的成分进行分离的一种处理过程, 如图示。实际上, 该过程可用不同的方式实现, 对各种不同的方式分离出的轮廓成分, 应说明其方法离差。若总体轮廓含有公认的公称形状, 就需用一个附加的预处理过程来消除该轮廓的形状部分	



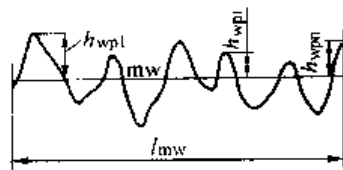
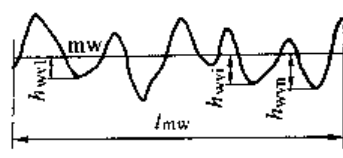
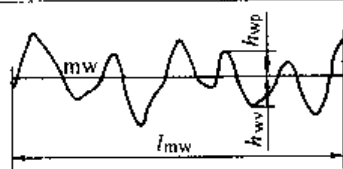
(续)

序号	术语	定义或解释	图例
10	标准的波纹度求值系统	具有符合标准规定特性的求值系统(滤波器)。该求值系统一般被认为是理想的	
11	波纹度截止波长	在高斯滤波器的传输系数为0.5条件下,短波区界的波长 $\lambda_s$ 和长波区界的波长 $\lambda_l$	
12	波纹度评定长度 $L_w$	波纹度轮廓上的一段基准线长度,它等于长波区截止波长 $\lambda_l$ 。在这段长度上确定波纹度参数	
13	波纹度评定长度 $l_{mw}$	用于评定波纹度参数值的一段长度,它可包含一个或几个取样长度	
14	波纹度轮廓基准线	基准线对确定波纹度参数有关。在波纹度评定长度范围内划出的中线,被用作波纹度基准线。这是在使用波纹度理想操作器后获得的一条直线	

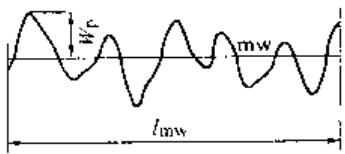
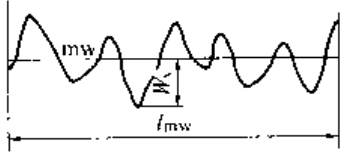
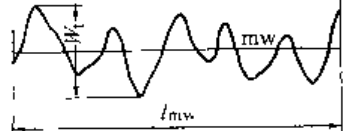
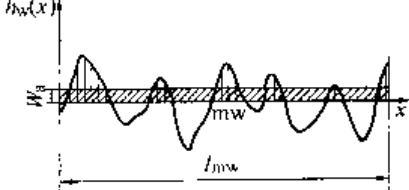
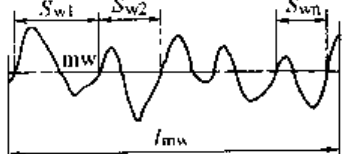
3.1.2 参数

有关表面波纹度的参数的术语及定义见表 5.4-39。

表 5.4-39 波纹度参数的术语及定义

序号	术语	定义或解释	图例
1	波纹度轮廓峰高 ( $h_{wp}$ )	波纹度中线至波纹度轮廓峰最高点之间的距离	
2	波纹度轮廓谷深 ( $h_{wv}$ )	波纹度中线至波纹度轮廓谷最低点之间的距离	
3	波纹度轮廓不平度高度	波纹度轮廓峰高和相邻波纹度轮廓谷深之和	
4	波纹度轮廓不平度的平均高度 (W)	在波纹度评定长度内,波纹度轮廓峰高和波纹度轮廓谷深的平均值绝对值之和。计算公式如下: $W_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{wpi} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  h_{wvi} $	

(续)

序号	术语	定义或解释	图例
5	波纹度轮廓的最大峰高 ( $W_p$ )	在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓最高点和波纹度中线之间的距离	
6	波纹度轮廓的最大谷深 ( $W_v$ )	在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓最低点和波纹度中线之间的距离	
7	波纹度轮廓的最大高度 ( $W_t$ )	在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓峰顶线和波纹度轮廓谷底线之间的距离	
8	波纹度轮廓算术平均偏差 ( $W_a$ )	在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓偏距绝对值的算术平均值 $W_a = \frac{1}{l_w} \int_0^{l_w}  h_w(x)  dx$ 或近似为 $W_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  h_{wi} $ 式中 $n$ —— 离散的波纹度轮廓偏距的个数	
9	波纹度轮廓均方根偏差 ( $W_q$ )	在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓偏距的均方根值 $W_q = \sqrt{\frac{1}{l_w} \int_0^{l_w} h_w^2(x) dx}$	
10	波纹度轮廓不平度的间距 ( $S_{wi}$ )	含有一个波纹度轮廓峰和相邻波纹度轮廓谷的一段波纹度中线长度	
11	波纹度轮廓的平均间距 ( $S_{wm}$ )	在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓不平度间距的平均值 $S_{wm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{wi}$ 式中 $S_{wi}$ —— 波纹度轮廓不平度间距 $n$ —— 在波纹度评定长度内, 波纹度轮廓间距的个数	

### 3.2 表面波紋度参数值

在原ISO/TC57的工作文件《表面粗糙度参数数值和给定要求的通则》中提出了在图样和技术文件规定表面波紋度要求的一般规则，表面波紋度评定参数、参数值和波紋度截止波长数值等内容。

工作文件中规定，在需要给出评定表面波紋度参数时，一般采用波紋度轮廓最大高度  $W_t$  参数。如需要也可采用以下波紋度参数：

- 表面波紋度轮廓不平度平均高度  $W_a$ ；
- 表面波紋度轮廓最大峰高  $W_p$ ；
- 表面波紋度轮廓算术平均偏差  $W_s$ ；
- 表面波紋度轮廓最大谷深  $W_v$ ；
- 表面波紋度轮廓不平度的平均间距  $S_{wm}$ ；

对于表面波紋度参数的数值，在工作文件中只规定了波紋度轮廓最大高度  $W_t$  的参数系列值，见表

5.1-10。

对  $W_a$ 、 $W_p$ 、 $W_s$ 、 $W_v$  和  $S_{wm}$  等5个波紋度参数的数值，可从ISO 3 1973 优先数—优先数系中选取优先数系列值。

表 5.4-40  $W_t$  的参数系列值 ( $\mu\text{m}$ )

	0.1	1.6	25
	0.2	3.2	50
	0.4	6.3	100
0.05	0.8	12.5	200

### 3.3 不同加工方法可能达到的表面波紋度波幅值范围

不同加工方法可能达到的表面波紋度幅值范围见表 5.4-41。

表 5.4-41

加工方法		粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差等级	波幅值 / $\mu\text{m}$							
				直径基本尺寸/mm							
				$\leq 6$	6~18	18~50	50~120	120~260	260~500		
外圆柱表面	车加工	粗	14	20	30	40	50	60	80		
			12~13	12	20	25	30	40	50		
		半精	11	8	12	16	20	25	30		
			10	5	8	10	12	16	20		
	磨加工	精细	8~9	3	5	6	8	10	12		
			6~7	2	3	4	5	6	8		
		粗	8~9	3	5	6	8	10	12		
			6~7	2	3	4	5	6	8		
	超精磨和研磨	粗	5~6	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3		
			4~5	0.5	0.8	1	1.2	1.6	2		
		精细	3~4	0.3	0.5	0.6	0.8	1	1.2		
	滚压	0.32~1.25	8~10	3	5	6	8	10	12		
6~7			2	3	4	5	6	8			
内圆表面	钻、扩钻	2.5~20	12~13	12	20	25	30	—	—		
			11	8	12	16	—	—	—		
	扩	5~20	12~13	—	20	25	30	—	—		
			毛坯上孔	2.5~10	11	—	12	16	20	—	—
			精	2.5~10	10	—	8	10	12	—	—
	铰	2.5	11	5	8	10	12	16	20		
10			3	5	6	8	10	12			

(续)

加工方法		粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差 等级	波幅值 $/\mu\text{m}$						
				直径基本尺寸/mm						
				$\leq 6$	6~18	18~50	50~120	120~260	260~500	
内 圆 表 面	铰	精	1.25	8~9	2	3	4	5	6	8
		精细	0.63	6~7	1.2	2	2.5	3	4	5
	拉	粗	2.5	11	—	—	10	12	16	—
		精	0.4~1.25	7~9	—	3	4	5	6	—
	镗	粗	5~20	12~13	8	12	16	20	25	30
				11	5	8	10	12	16	20
		精	1.25~5	9~10	3	5	6	8	10	12
				7~8	2	3	4	5	6	8
	磨	精细	0.16~1.25	6	1.2	2	2.5	3	4	5
		粗	2.5	9	3	5	6	8	10	12
				精	0.4~1.25	7~8	2	3	4	5
	磨	精细	0.08~0.63	6	1.2	2	2.5	3	4	5
		粗	0.8~2.5	9	—	—	6	8	10	12
				精	0.16~0.63	7~8	—	—	4	5
	磨	精细	0.08~0.32	6	—	—	2.5	3	4	5
		精	0.04~0.32	6	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3
				5	0.5	0.8	1.0	1.2	1.6	2
	磨	精细	0.01~0.08	4	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2

加工方法		粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差 等级	波幅值 $/\mu\text{m}$				
				加工平面尺寸/mm×mm				
				$\leq 60\times 60$	60×60 ~160×160	160×160 ~400×400	400×400 ~1000×1000	
平 面 加 工	铣和刨	粗	5~20	12~13	40	60	100	160
			11	25	40	60	100	
			9~10	16	25	40	60	
		精	0.63~2.5	10~11	25	40	60	100
				9	16	25	40	60
				8	10	16	25	40
	精细	0.4~1.25	9	10	16	25	40	
			8	6	10	16	25	
			7	4	6	10	16	
	端面车	粗	10~40	12~14	40	60	100	160
				11	25	40	60	100
		精	1.25~20	12~13	40	60	100	160
11				25	40	60	100	
10				16	25	40	60	
9	10	16	25	40				

(续)

加工方法			粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	尺寸公差 等级	波幅值 $\mu\text{m}$			
					加工平面尺寸 $\text{mm}\times\text{mm}$			
					$\leq 60\times 60$	$60\times 60$ $\sim 160\times 160$	$160\times 160$ $\sim 400\times 400$	$400\times 400$ $\sim 1000\times 1000$
平 面 加 工	端面车	精细	0.32~2.5	10	10	16	25	40
				9	6	10	16	25
				8	4	6	10	16
	拉		0.63~2.5	10	10	16	25	40
				9	6	10	16	25
				8	4	6	10	16
	磨	粗	2.5	10	10	16	25	40
				9	6	10	16	25
				8	4	6	10	16
		精	0.4~1.25	9	6	10	16	25
				8	4	6	10	16
				7	2.5	4	6	10
		精细	0.08~0.63	8	2.5	4	6	10
				7	1.6	2.5	4	6
				6	1.0	1.6	2.5	4
	研磨和刮		0.16~0.63	6	1.6	2.5	4	6
				6	1.0	1.6	2.5	4
				5	0.6	1.0	1.6	2.5

#### 4 表面缺陷

表面缺陷是零件表面在加工、运输、储存或使用过程中生成的无一定规则的单元体。它与表面粗糙度、表面波纹度和有限表面上的形状误差一起综合形成了零件的表面特征。

GB/T15757·2002《产品几何量技术规范(GPS)

表面缺陷 术语、定义及参数》等效采用国际标准草案 ISO/DIS8785—1998《表面缺陷 术语、定义及参数》。由于国际标准化组织尚未对表面缺陷在图样上的表示方法制定统一的标准，目前只能以文字叙述的方式在图样或技术文件中说明。

##### 4.1 一般术语与定义 (表 5.4-42)

表 5.4-42

名称	定义或解释	说 明
基准面	用以评定表面缺陷参数的一个几何表面	1. 基准面通过除缺陷之外的实际表面的最高点，且与由最小二乘法确定的表面等距 2. 基准面是在一定的表面区域或表面区域的某有限部分上确定的，这个区域和单个缺陷的尺寸大小有关。该区域的大小须足够用来评定缺陷，同时在评定时能控制表面形状误差的影响 3. 基准面具有几何表面形状，它的方位和实际表面在空间与总的走向相一致
表面缺陷评定区域 (A)	工件实际表面的局部或全部，在该区域上，检验和确定表面缺陷	
表面结构	出自几何表面的重复或偶然的偏差，这些偏差形成该表面的三维形貌	表面结构包括在有限区域上的粗糙度、波纹度、纹理方向、表面缺陷和形状误差
表面缺陷 (SIM)	在加工、储存或使用期间，非故意或偶然生成的实际表面的单元体、成组的单元体、不规则体	1. 这些单元体或不规则体的类型，明显区别于构成一个粗糙度表面的那些单元体或不规则体 2. 在实际表面上存在缺陷并不表示该表面不可用。缺陷的可接受性取决于表面的用途或功能，并由适当的项下来确定，即长度、宽度、深度、高度、单位面积上的缺陷数等

### 4.2 表面缺陷的特征和参数

表面上允许的表面缺陷参数和特征的最大值，是一个规定的极限值，零件的表面缺陷不允许超过这个极限值。

例如： $SIM_n = 60$

式中  $SIM_n$  是表示表面缺陷数。

$$SIM_n/A = 60/lm^2$$

$$SIM_n/A = 10/50mm^2$$

式中  $A$  是表面缺陷评定区域。

1) 表面缺陷长度 ( $SIM_L$ ) 平行于基准面测得的表面缺陷最大尺寸。

2) 表面缺陷宽度 ( $SIM_w$ ) 平行于基准面且垂直于表面缺陷长度测得的表面缺陷最大尺寸。

3) 缺陷深度

a) 单一表面缺陷深度 ( $SIM_{sd}$ ) 从基准面垂直测得的表面缺陷最大深度。

b) 混合表面缺陷深度 ( $SIM_{cd}$ ) 从基准面垂直测得的该基准面和表面缺陷中的最低点之间的距离。

4) 缺陷高度

a) 单一表面缺陷高度 ( $SIM_{sh}$ ) 从基准面垂直测

得的表面缺陷最大高度。

b) 混合表面缺陷高度 ( $SIM_{ch}$ ) 从基准面垂直测得的该基准面和表面缺陷中的最高点之间的距离。

5) 表面缺陷面积 ( $SIM_s$ ) 单个表面缺陷投影在基准面上的面积。

6) 表面缺陷总面积 ( $SIM_t$ ) 在商定的判别极限内，各单个表面缺陷面积之和。

注 1: 表面缺陷总面积的计算公式:

$$SIM_t = SIM_{s1} + SIM_{s2} + \dots + SIM_{sn}$$

注 2: 使用判别极限时，采用的尺寸判别条件规定了表面缺陷特征的最小尺寸，在确定  $SIM_n$  和  $SIM_t$  值时，小于该差别条件的表面缺陷被忽略。

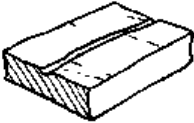






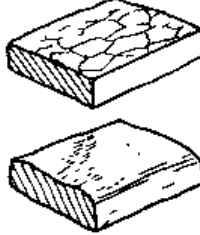
7) 表面缺陷数 ( $SIM_n$ ) 在商定判别极限范围内，实际表面上的表面缺陷总数。

8) 单位面积上表面缺陷数 ( $SIM_n/A$ ) 在给定的评定区域面积  $A$  内，表面缺陷的个数。


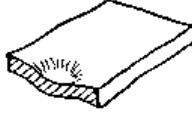
### 4.3 表面缺陷类型的术语及定义

#### 4.3.1 凹缺陷 (表 5.4-43)

表 5.4-43









序号	术语	定义或解释	图例	序号	术语	定义或解释	图例
1	沟槽	具有一定长度的、底部圆弧形或平的凹缺陷		5	砂眼	由于杂粒失落、侵蚀或气体影响形成的以单个凹缺陷形式出现的表面缺陷	
2	擦痕	形状不规则和没有确定方向的凹缺陷		6	缩孔	铸件、焊缝等在凝固时，由于不均匀收缩所引起的凹缺陷	
3	破裂	由于表面和基体完整性的破损造成具有尖锐底部的条状缺陷		7	裂缝、缝隙、裂隙	条状凹缺陷，呈尖角形，有很浅的不规则开口	
4	毛孔	尺寸很小，斜壁很陡的孔穴，通常带锐边。孔穴的上边缘不高过基准面的切平面		8	缺损	在工件两个表面的相交处呈圆弧状的缺陷	

(续)

序号	术语	定义或解释	图例	序号	术语	定义或解释	图例
9	瓢曲 (凹面)	板材表面由于局部弯曲形成的凹缺陷		10	窝陷	无隆起的凹坑, 通常由于压印或打击产生塑性变形而引起的凹缺陷	

4.3.2 凸缺陷 (表 5.4-44)

表 5.4-44





序号	术语	定义或解释	图例	序号	术语	定义或解释	图例
1	树瘤	小尺寸和有限高度的脊状或丘状凸起		5	夹杂物	嵌进工件材料里的杂物	
2	疱疤	由于表面下层含有气体或液体所形成的局部凸起		6	飞边	表面周边上尖锐状的凸起, 通常在对应的一边出现缺损	
3	瓢曲 (凸面)	板材表面由于局部弯曲所形成的拱起		7	缝脊	工件材料的脊状凸起, 是由于模铸或模锻等成型加工时材料从模子缝隙挤出, 或在电阻焊接(电阻对焊、熔接对焊)两表面时在受压面的垂直方向形成	
4	氧化皮	和基体材料成分不同的表皮层剥落形成局部脱离的小厚度鳞片状凸起		8	附着物	堆积在工件上的杂物或另一工件上的材料	

该类型的术语及定义见表 5.4-45。

4.3.3 混合缺陷

混合表面缺陷是指部分向外和部分向内的缺陷,

表 5.4-45









序号	术语	定义或解释	图例	序号	术语	定义或解释	图例
1	环形坑	环形周边隆起、类似火山口的坑, 它的周边高出基准面		3	划痕	由于外来物移动, 划掉或挤压工件表层材料而形成的连续凹凸状缺陷	
2	折叠	微小厚度的舌状隆起, 一般呈皱纹状, 是滚压或锻压时的材料被褶皱压向表层所形成		4	切削残余	由于切削去除不良引起的带状隆起	

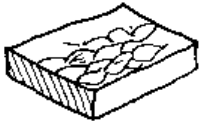
(续)

4.3.4 区域缺陷和外观缺陷

散布在最外层表面上,一般没有尖锐的轮廓,且通常没有实际可测量的深度或高度。见表 5.4-46。

表 5.4-46

序号	术语	定义或解释	图例
1	滑痕	由于间断性过载在表面上个别区域出现,如球轴承、滚子轴承和轴承座圈上所形成的雾状表面损伤	
2	磨蚀	表面由于物理性破坏或磨损而造成的表面损伤	
3	腐蚀	表面由于化学性破坏造成的表面损伤	
4	麻点	在表面上大面积分布,往往是深的凹点状和小孔状缺陷	
5	裂纹	表面上呈网状细小裂痕的缺陷	
6	斑点; 斑纹	用眼看上去与相邻表面不同的区域	
7	褪色	表面上脱色或颜色变淡的区域	
8	条纹	深度较浅的呈带状的凹陷区域,或表面结构呈异样的区域	

序号	术语	定义或解释	图例
9	劈裂、鳞片	局部工件表层部分分离所形成的缺陷	

5 轮廓法评定表面结构的规则和方法

国家标准 GB/T 10610 1998《产品几何技术规范 表面结构 轮廓法评定表面结构的规则和方法》规定了各种表面结构参数测得值和公差极限相比对的规则。

5.1 参数评定

1) 表面结构参数不能用来描述表面缺陷,因此在检验表面结构时,不应把表面缺陷(如划痕、气孔等)考虑进去。

2) 为了判定工件表面是否符合技术要求,必须采用表面结构参数的一组测量值,其中每个单元的数值是从一个评定长度上测得的。

3) 判别被检表面是否符合技术要求的可靠性,以及由同一表面获得的表面结构参数平均值的精度取决于获得表面参数单元值的评定长度内取样长度的个数。

4) 粗糙度轮廓参数。对于 GB/T 3505 有关的粗糙度系列参数,如果评定长度不等于 5 个取样长度,则上、下限值应重新计算,而且将其和等于 5 个取样长度的评定长度联系起来。图 5.4-18 所示每个  $\sigma$  等于  $\sigma_s$ 。

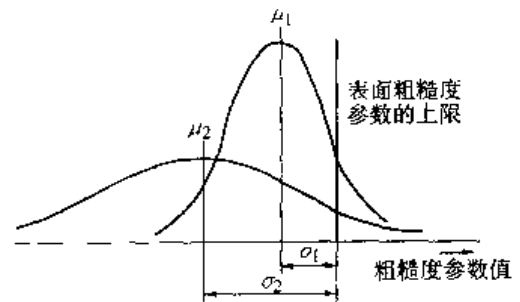


图 5.4-18

$\sigma_n$  和  $\sigma_s$  的关系由下式给出:  $\sigma_s \approx \sigma_n \sqrt{n/5}$

式中  $n$  为所用取样长度的个数 (小于 5)。

测量的次数愈多、评定长度愈长,则判别被检表面是否符合要求的可靠性愈高,测量参数平均值的不确定度也愈小。

然而,测量次数的增加将导致测量时间和成本的增加,因此,检验方法必须考虑一个兼顾可靠性和成本



的折衷方案。

### 5.2 粗糙度轮廓参数的测量

1) 当没有指定测量方向时, 工件的安放应使其测量截面方向与粗糙度高度参数 ( $R_a$ 、 $R_z$ ) 的最大值相一致, 该方向垂直于被测表面的加工纹理。对无方向性的表面, 测量截面的方向可以是任意的。

2) 应该在被测表面可能产生极值的部位进行测量, 这可通过目测来估计。应在表面这一部位均匀分布的位置上分别测量, 以获得各个独立的测量结果。

3) 为了确定粗糙度轮廓参数的测得值, 应首先观察表面并判断粗糙度轮廓是周期性的还是非周期性的。若没有其他指示, 基于这一判别, 则应分别遵照下述 a) 或 b) 中一个规定的程序执行。如果采用特殊的测量程序, 必须在技术文件和测量记录中加以说明。

#### a) 非周期性粗糙度轮廓的测量程序

对于具有非周期性粗糙度轮廓的表面应遵循下列步骤进行测量:

① 待求的粗糙度轮廓参数  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值, 择优选用以下手段, 例如: 目测、用粗糙度比较样块、全轮廓轨迹的图解分析等方法来估计。

② 利用①中估计的  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值, 按表 5.4-47、表 5.4-48 或表 5.4-49 预选取样长度。

③ 利用测量仪器按②中预选的取样长度, 完成  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的一次典型的测量。

④ 将测得的  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值和表 5.4-47、表 5.4-48 或表 5.4-49 中预先取样长度所对应的  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值范围相比较。

如果测得值超出了预选取样长度对应的数值范围, 则应按测得值指示的取样长度来设定, 即把仪器调整至相应的较高或较低的取样长度。然后应用这一调定的取样长度测得一组典型数值, 并再次与三个表中数值相比。此时, 测得值应达到由表中建议的测得值和取样长度的组合。

⑤ 如果以前在④步骤评定时没有采用过更短的取样长度, 则把取样长度调至更短些获得一组  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值, 检查所得到的  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值和取样长度的组合是否亦满足表中的规定。

⑥ 只要④步骤中最后的设定与表相符合, 则设定的取样长度和  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值两者是正确的, 如果⑤步骤也产生一个满足表中规定的组合, 则这个较短的取样长度设定值和相对应的  $R_a$ 、 $R_z$ 、 $R_{z1max}$  或  $RSm$  的数值是正确的。

⑦ 运用上述步骤中预选出的截止波长 (取样长

度) 完成一次典型的要求的参数的测量。

#### b) 周期性粗糙度轮廓的测量程序

对于具有周期性粗糙度轮廓的表面应采用下述步骤进行测量:

① 用图解法估计待求粗糙度的表面参数  $RSm$  的数值。

② 按估计的  $RSm$  的数值, 由表 5.4-49 确定推荐的取样长度作为截止波长值。

③ 必要时, 如在有争议的情况下, 利用由②选定的截止波长值测量  $RSm$  值。

④ 如果按照③步骤相应的  $RSm$  值由表 5.4-49 查出的取样长度比②步骤较小或较大, 则应采用这较小或较大的取样长度值作为截止波长值。

⑤ 用上述步骤中预选的截止波长 (取样长度) 完成一次典型的要求的参数的测量。

表 5.4-47 测量  $R_a$  值的取样长度

$R_a$ / $\mu\text{m}$	粗糙度取样长度 $l_r$ /mm	粗糙度评定长度 $l_n$ /mm
$(0.006) < R_a \leq 0.02$	0.08	0.4
$0.02 < R_a \leq 0.1$	0.25	1.25
$0.1 < R_a \leq 2$	0.8	4
$2 < R_a \leq 10$	2.5	12.5
$10 < R_a \leq 80$	8	40

表 5.4-48 测量  $R_z$ 、 $R_{z1max}$  值的取样长度

$R_z$ 、 $R_{z1max}$ / $\mu\text{m}$	粗糙度取样长度 $l_r$ /mm	粗糙度评定长度 $l_n$ /mm
$(0.025) < R_z, R_{z1max} \leq 0.1$	0.08	0.4
$0.1 < R_z, R_{z1max} \leq 0.5$	0.25	1.25
$0.5 < R_z, R_{z1max} \leq 10$	0.8	4
$10 < R_z, R_{z1max} \leq 50$	2.5	12.5
$50 < R_z, R_{z1max} \leq 200$	8	40

①  $R_z$  是在测量  $R_z$ 、 $R_v$ 、 $R_p$ 、 $R_c$  和  $R_t$  时使用。

②  $R_{z1max}$  仅在测量  $R_{z1max}$ 、 $R_{v1max}$ 、 $R_{p1max}$  和  $R_{c1max}$  时使用。

表 5.4-49 测量  $RSm$  值时的取样长度

$RSm$ / $\mu\text{m}$	粗糙度取样长度 $l_r$ /mm	粗糙度评定长度 $l_n$ /mm
$0.013 < RSm \leq 0.04$	0.08	0.4
$0.04 < RSm \leq 0.13$	0.25	1.25
$0.13 < RSm \leq 0.4$	0.8	4
$0.4 < RSm \leq 1.3$	2.5	12.5
$1.3 < RSm \leq 4$	8	40

## 6 表面粗糙度比较样块

对于完工的零件或在加工过程中 (如镀前) 有表面粗糙度要求的零件表面需进行表面粗糙度的检测和评定, 以保证产品质量。

常用的检测方法有触针法, 干涉法, 光切法等, 均

需在精密的测量仪器上进行。在车间里则常用比较法进行检测。

比较法，即将零件的被测表面与一组表面粗糙度的比较样块进行比对，凭触觉或视觉(肉眼观察或借助放大镜或显微镜)进行评定。用触觉即凭手指抚摸其加工痕迹的深浅和疏密程度时，应将两者放在同一温度的外环境下进行。用视觉进行比对时，要求两者的加工方法一致，并注意从各个方向观测，比对其加工痕迹及反光强度，避免粗糙度和光亮度相混淆。

比较法虽简便、快速，经济实用，但只能定性测量，无法得到表面粗糙度的量值。比较法要求检验者具有丰富的实践经验。因此，比较法用于具有一般而不是严格要求的表面粗糙度的零件表面。

本节主要介绍已发布的六项比较样块标准的主要内容。

### 6.1 铸造表面比较样块

铸造表面长期被人们认为是粗糙的表面，所以

表 5.4-50 铸造表面样块的分类及参数值

铸造方法 粗糙度 参数公称值 $R_a/\mu m$	合金种类															
	砂型类						金属型类									
	钢			铁			铜	铝	镁	锌	铜		铝		镁	锌
	砂型 铸造	壳型 铸造	熔模 铸造	砂型 铸造	壳型 铸造	砂型 铸造	砂型 铸造	砂型 铸造	砂型 铸造	砂型 铸造	金属型 铸造	压力 铸造	金属型 铸造	压力 铸造	压力 铸造	压力 铸造
0.2																
0.4																
0.8			×										×	×	※	※
1.6		×	×		×							×	×	※	※	※
3.2		×	※	×	×	×	×	×	×	×	×	×	※	※	※	※
6.3		※	※	×	※	×	×	×	×	×	×	※	※	※	※	※
12.5	×	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
25	×	※		※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
50	※	※		※		※	※	※	※	※	※	※	※			
100	※			※		※	※	※	※	※	※					
200	※			※		※	※	※	※							
400	※															

注：×为采取特殊措施方能达到的粗糙度；  
※表示可以达到的粗糙度。

#### 6.1.2 样块的表面特征

1) 样块表面特征应呈现它所表征的特定铸造金属及合金材质和铸造方法产生的铸造表面粗糙度特征，而不应含有表面粗糙度以外的其他表面特征(尽管这些特征可能是实际铸造表面所允许存在的)，如波紋度、缺陷等。

2) 样块表面的色泽，应是它所表征的特定铸造金属及合金材质铸件表面所能出现的色泽。

对其表面粗糙度一般不加以控制与评定，设计者在零件图上对铸造表面只标注不加工符号。但随铸造加工工.艺的发展，铸造表面质量的不断提高，对铸件表面粗糙度的控制和评定引起有关行业和部门的重视。设计者根据功能要求在图样上规定了铸造表面粗糙度要求。在评定铸造表面粗糙度时，最好的方法是样块比较法。

GB/T 6060.1-1997《表面粗糙度比较样块 铸造表面》规定了铸造金属及合金表面粗糙度比较样块的制造方法、表面特征、样块分类和粗糙度参数值及其评定方法，适用于与同他表征的铸造金属及合金，和铸造方法相同的并经过喷砂、喷丸、滚筒清理等方法清理的铸造表面进行比对，它还作为其他特定铸造工艺和铸造表面粗糙度选用的参考依据。

#### 6.1.1 样块的分类及参数值

铸造表面比较样块按铸造工.艺及材质的不同分成两大类15种，其详细分类及所表征的表面粗糙度参数值( $R_a$ )见表5.4.50。

#### 6.1.3 样块粗糙度的评定方法

##### (1) 测量数据与取样长度

在均匀分布的表面位置上取足够的数数据(对于大多数铸造表面，取25个读数)，如数据过于分散可增加数目。测量时，对应样块的粗糙度参数公称值，选用表5.4.51的取样长度值。

##### (2) 平均值公差

测得读数值的平均值对公称值的偏离量不应超过

表 5.4-51

表面粗糙度参数 公称值/ $\mu\text{m}$	0.2	0.4	0.8	1.6	3.6	6.3	12.5	25	50	100	200	400
取样长度/mm	0.25	0.8			2.5			8		25		

给出的公称值百分率的范围, 见表 5.4-52。

表 5.4-52 平均值公差及标准偏差

合金种类	铸造方法	平均值公差 (公差值 百分率) (%)	标准偏差 (有效值百分率)(%)				
			评定长度所包括的 取样长度的数目				
			2个	3个	4个	5个	6个
黑色金属	砂型铸造	-10	32	26	22	20	18
	壳型铸造						
	熔模铸造						
有色金属	各种方法	-20	24	19	17	15	14

测量结果的标准偏差, 应不超过表 5.4-52 中给出的有效值(即算术平均值)百分率的范围。表中以 5 个取样长度的评定长度标准偏差为基础, 对其他不同评

表 5.4-53 铸造表面样块的每边最小尺寸

粗糙度参数值 / $\mu\text{m}$		$R_a$											
		0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100	200	400
样块规格尺寸 /mm	I	20						30	50				
	II	17						26					
	III	100											

6.1.5 样块的标志

比较样块的标志包括以下各项:

- 1) 国标号—GB/T 6060.1—1997;
- 2) 表面粗糙度参数公称值  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ );
- 3) 表征的铸造金属及合金材质种类及铸造方法的类型;
- 4) 制造厂名称或注册商标;
- 5) 产品序号。

6.2 机械加工——磨、车、镗、铣、插及刨加工表面的比较样块

GB/T 6060.2 -1985 规定了表征磨、车、镗、铣、插及刨等机械加工的已知轮廓算术平均偏差  $R_a$  值的表面粗糙度比较样块, 该样块用来与相同加工纹理和相同方法制造的加工表面进行比较, 通过视觉和触觉评定表面粗糙度。

机械加工样块有电铸复制、塑料或其他材料复制和机加工三种, 电铸复制经济耐用, 复制精度不失真, 机加工样块精度高, 但成本也高。一般采用电铸法较多。

定长度(即测量长度)的标准偏差的最大允许值, 依据其评定长度所包括的取样长度的个数, 按下式计:

$$\delta_n = \delta_5 \sqrt{\frac{5}{n}}$$

式中  $\delta_n$  ——评定长度包括  $n$  个取样长度的标准偏差;  
 $\delta_5$  ——评定长度包括 5 个取样长度的标准偏差;  
 $n$  ——实测所选用的评定长度包括的取样长度的个数。

6.1.4 样块的结构尺寸

样块表面每边的最小尺寸符合表 5.4-53 中的规定。

6.2.1 样块的定义及表面特征

(1) 定义

磨、车、镗、铣、插及刨加工的表面粗糙度比较样块是表征一种特定机械加工或其他生产方法的已知表面轮廓算术平均偏差 ( $R_a$ ) 值的样块。

“加工纹理”系指主要表面的加工痕迹方向, 通常由加工方法决定。

(2) 表面特征

样块表面只应呈现它所表征的机械加工方法产生的表面粗糙度特征, 而不应包含其他特征, 如在正常条件下, 磨削可能产生的不真实表面特征。

6.2.2 分类及参数值

样块按加工方法分成四类, 其分类及所表征的表面粗糙度参数值 ( $R_a$ ) 见表 5.4-54

6.2.3 样块的加工纹理




加工纹理的总方向最好平行于样块的短边。对精圆周铣削时, 虽然走刀痕迹可平行于长边, 但主要加工纹理仍应平行于样块的短边, 面由于切削刃的不完善

所产生的表面微观不平度不视作加工纹理。样块的加工纹理特征见表 5-4-55。

表 5-4-54 机械加工表面样块的分类及特征  
( $\mu\text{m}$ )

加工方法	磨	车、磨	铣	插、刨
粗 糙 度 参 数 $R_a$ 公 称 值	0.025	—	—	—
	0.05	—	—	—
	0.1	—	—	—
	0.2	—	—	—
	0.4	0.4	0.4	—
	0.8	0.8	0.8	0.8
	1.6	1.6	1.6	1.6
	3.2	3.2	3.2	3.2
	—	6.3	6.3	6.3
	—	12.5	12.5	12.5
—	—	—	25	

表 5-4-55 机加工表面样块的纹理特征

纹理形式	加工方法	样块表面形式	
直 纹 理	圆磨	平面圆	
	磨削	柱凸面	
	车	圆柱凸面	
	铣	圆柱凹面	
	平铣	平面	
	插	平面	
与 形 纹 理	端铣	平面	
	端车	平面	
交 叉 式 与 形 纹 理	端铣	平面	
	端磨	平面	
	杯形砂轮磨	平面	

#### 6.2.4 样块的结构尺寸及标志

(1) 样块的结构尺寸应便于样块与机械加工表面的对比,以及便于自身的检测,样块表面每边的最小尺寸应符合表 5-4-56 的要求。

表 5-4-56 机加工表面样块每边最小尺寸

粗糙度参数公称值 $R_a/\mu\text{m}$	0.025~1.2	6.3~12.5	25
最小尺寸/mm	20	30	50

(2) 机加工样块必须有相应的标志,以表明其加工方法与参数值,其内容包括以下 5 个方面:

- 国标号—GB/T 6060.2—1986;
- 粗糙度参数及参数值— $R_a$  及参数值;
- 表面特征—表征其机械加工方法,如磨、车、铣等;
- 制造厂厂名或商标;
- 产品序号。

#### 6.3 电火花加工表面比较样块

GB/T 6060.3—1986 规定了电火花加工表面粗糙度比较样块的表面特征,以便通过触觉和视觉与用电火花加工方法加工的工件表面作比较。

电火花比较样块可用电铸法复制、塑料或其他材料复制或直接用火花加工方法制造。

##### 6.3.1 样块的定义及表面特征

(1) 定义

电火花加工表面粗糙度比较样块是具有表征电火花加工方法的已知轮廓算术平均偏差  $R_a$  值的标准表面,用触觉和视觉来比较、评定电火花加工的表面粗糙度的工具。

(2) 表面特征

样块表面只应呈现电火花加工作用而产生的粗糙度特征。样块表面呈无方向的纹理特征。

##### 6.3.2 样块的参数及数值

电火花比较样块仅呈现  $R_a$  值,标准中也仅规定了  $R_a$  的数系见表 5-4-57。

表 5-4-57 电火花加工表面样块参数系列  
( $\mu\text{m}$ )

$R_a$	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5
-------	-----	-----	-----	-----	-----	------

##### 6.3.3 样块的结构尺寸及标志

(1) 样块的结构尺寸应满足使用及测量自身粗糙度的要求。样块表面为矩形平面,每边均应大于等于 20mm。

(2) 样块的标志应表示在样块的非标准表面或托架上,其内容应包括:

- 国标号—GB/T 6060.3—1986;
- 粗糙度参数及参数值— $R_a$  及参数值;
- 表面特征—表征电火花加工方法;
- 制造厂厂名或商标;
- 产品序号。

#### 6.4 抛光加工表面比较样块

GB/T 6060.4—1986 规定了抛光加工表面粗糙度

比较样块的表面特征，用以与抛光加工工件表面进行比较。通过触觉和视觉的比较来评定抛光加工表面的粗糙度。还可用做选用抛光加工工件表面粗糙度数值的参考依据

6.4.1 样块的定义及表面特征

(1) 定义

抛光加工的比较样块具有表征抛光加工方法的已知表面轮廓算术平均偏差  $R_a$  值的标准表面。

(2) 表面特征

样块表面只呈现抛光加工方法所产生的表面粗糙度特征。

6.4.2 样块的参数及参数值

样块的表面粗糙度参数为轮廓算术平均偏差  $R_a$ ，标准仅规定了它的系列值，见表 5.4-58。

表 5.4-58 抛光加工表面样块的参数系列 ( $\mu\text{m}$ )

$R_a$	0.012	0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
-------	-------	-------	------	------	------	------	------

6.4.3 样块的加工纹理

样块加工纹理的总方向为平行于样块短边的方向。其纹理特征如表 5.4-59 所示。

表 5.4-59 抛光表面样块的纹理特征

纹理形式	加工方法	样块形式
多方向性直纹理	机械抛光	平面
	电化学抛光	
无方向性	化学抛光	凸圆-圆柱形

6.4.4 样块的结构尺寸及标志

1) 样块的结构尺寸应满足使用及测量自身表面粗糙度的要求。样块为矩形，每边的尺寸应不小于 20mm。

2) 样块的标志应表示在非标准表面上，其内容包括：

- a) 国标号—GB/T 6060.4—1988；
- b) 粗糙度参数及参数值— $R_a$  及其参数值；
- c) 表面特征—抛光加工方法；
- d) 制造厂厂名或商标；
- e) 产品序号。

6.5 抛（喷）丸、喷砂加工表面比较样块

GB/T 6060.5—1988 规定了抛（喷）丸、喷砂加工金属表面粗糙度比较样块的表面特征。用以与抛（喷）丸、喷砂加工的表面进行比较。通过视觉和触觉评定抛（喷）丸、喷砂加工表面的粗糙度，还可以作为

选用抛（喷）丸、喷砂加工工件表面粗糙度数值的参考依据。

6.5.1 样块的定义及表面特征

(1) 定义

抛（喷）丸、喷砂加工表面粗糙度比较样块是具有表征特定金属材质和抛（喷）丸、喷砂加工方法的已知表面轮廓算术平均偏差  $R_a$  值的标准表面。

(2) 表面特征

样块表面只应呈现其所要表征的金属材质和抛（喷）丸、喷砂加工所产生的表面粗糙度特征，并呈无方向的纹理特征。

6.5.2 样块的分类及表面粗糙度参数

按加工方法及材质，样块分为两类 6 种，其详细分类与所表征的表面粗糙度参数值  $R_a$  见表 5.4-60。

表 5.4-60 抛（喷）丸、喷砂表面样块的分类及参数值

表面粗糙度参数公称值 $R_a$ / $\mu\text{m}$	样 块			分 类			覆盖 率 (%)
	抛（喷）丸			喷 砂			
	钢、铁、铜	铝、镁、锌	钢、铁、铜	铝、镁、锌	钢、铁、铜	铝、镁、锌	
0.2	×	×	×	—	—	—	98
0.4	×	×	×	—	—	—	
0.8	*	*	*	*	*	*	
1.6	*	*	*	*	*	*	
3.2	*	*	*	*	*	*	
6.3	*	*	*	*	*	*	
12.5	*	*	*	*	*	*	
25	*	*	*	*	*	*	
50	*	*	*	—	—	—	
100	*	*	*	—	—	—	

注：“×”表示采取特殊措施方能达到的表面粗糙度；  
“\*”表示采取一般工艺措施可以达到的表面粗糙度。

6.5.3 样块的结构尺寸及标志

(1) 样块的结构尺寸应满足使用以及测量自身表面粗糙度的要求。

样块的标准表面为矩形平面，每边尺寸不小于 20mm。 $R_a$  值为 50 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$  的样块，其长边尺寸不小于 50mm。

(2) 样块的标志应包括下述内容：

- a) 国标号—GB/T 6060.5—1988；
- b) 粗糙度参数及参数值— $R_a$  及其参数值；
- c) 表面特征应表征其金属材质及加工方法，例如：钢、铁、铜、铝、镁、锌以及抛（喷）丸或喷砂；

- d) 制造厂厂名或商标;  
e) 产品序号。

### 6.6 木制件表面粗糙度比较样块

GB/T 14495—1993 规定了木制件表面粗糙度比较样块的制造方法、表面特征、样块分类、表面粗糙度参数、评定方法结构尺寸及标志等内容。它适用于砂、铣、刨、车等方法加工的木制件。该样块用以与其结构纹理相近和加工方法相同的表面进行比较。通过视觉和触觉来评定木制件的表面粗糙度。还可作为木制件表面粗糙度选用的参考依据。

#### 6.6.1 样块的定义及表面特征

##### (1) 定义

木制件表面粗糙度比较样块是表征木材经机械加工或其他方法加工的具有相近表面特征的已知表面轮廓算术平均偏差  $R_a$  的样块。

##### (2) 表面特征

样块表面只应呈现它所表征的特定材质和加工方法所产生的表面粗糙度特征，面不应含有表面粗糙度以外的如波纹度、翘曲度、木材缺陷及加工缺陷等其他表面特征。

#### 6.6.2 样块的分类及参数值

样块按加工方法及材质分成四类 8 种。其详细分类与所表征的表面粗糙度参数值  $R_a$  见表 5.4-61。

#### 6.6.3 样块的结构尺寸及标注

1) 样块的结构尺寸应满足使用需要及对自身表面粗糙度测量的要求。它的最小尺寸应为 50mm × 100mm。

2) 样块的标志应包括:

- a) 国标号—GB/T 14495—1993;

b) 粗糙度参数及参数值— $R_a$  及其参数值;

c) 表面特征 应表征木材分类及加工方法的类型;

d) 制造厂厂名或商标;

e) 产品序号。

表 5.4-61 木制件表面样块的分类及参数值  
( $\mu\text{m}$ )

加工方法	砂光		光刨类		平、压刨类		车削	
	粗孔材	细孔材	粗孔材	细孔材	粗孔材	细孔材	粗孔材	细孔材
木材分类	粗孔材	细孔材	粗孔材	细孔材	粗孔材	细孔材	粗孔材	细孔材
表面粗糙度参数公称值 $R_a$	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
	12.5	12.5	12.5	—	12.5	12.5	12.5	12.5
	25	—	25	—	25	25	25	—
	—	—	—	—	30	50	—	—

注: 1. 光刨类包括手光刨、机光刨、刮刨。

2. 平、压刨类包括铣削。

3. 粗孔材类指管孔直径大于 200 $\mu\text{m}$  的木材;

细孔材类指管孔直径小于或等于 200 $\mu\text{m}$  的木材(包括无孔材)。

#### 6.6.4 几种常用树种的木材管孔直径范围

该标准给出了几种常用树种的木材管孔直径范围供与比较样块作对比时参考, 见表 5.4-62。

表 5.4-62 常用树种的木材管孔直径范围  
( $\mu\text{m}$ )

树种	管孔直径范围
落叶松 <sup>①</sup>	37~60
椴木	50~83
杨木	56~126
桦木	60~183
榆木	195~280
水曲柳	220~390

① 落叶松系针叶材, 其数值指管胞直径。

# 第 5 章 螺 纹

## 1 概述

下等优点,长期以来被广泛地应用于各种机电产品。各种常用螺纹的用途和特征见表 5.5-1。

### 1.1 螺纹的用途和特征

螺纹具有结构简单、装拆方便、性能可靠,易于加

### 1.2 螺纹标准 (见表 5.5 2)

表 5.5-1 常用螺纹的用途和特征

螺纹名称	主要用途和特征	备 注
普通螺纹	主要用于紧固联接,是牙型角 60°,牙型对称的圆柱螺纹,其螺距分为粗牙和细牙。粗牙螺纹的直径和螺距的比例适中,强度好;细牙螺纹用于薄壁零件和轴向尺寸受限制的场合或用于轴向微调机构	亦称一般用途的螺纹,是螺纹件数量最多的一种
特种细牙螺纹	主要用于光学仪器上大直径小螺距的薄壁零件。其牙型与普通螺纹相同,而螺距比普通螺纹的细牙更细	
过渡配合螺纹	主要用于双头螺柱固定于机体的一端,其牙型与普通螺纹相同,选取普通螺纹的部分尺寸,利用内、外螺纹旋合后在中径上形成过渡配合进行锁紧,易产生过松或过紧而影响装配效率	应在中径尺寸之外采用辅助的锁紧结构,防止螺柱松动
过盈配合螺纹	主要用于功率大、转速高、工作环境恶劣的动力机械(如飞机发动机),其牙型与普通螺纹相同,利用中径尺寸过盈锁紧螺柱,不允许采用辅助的锁紧机构	推荐采用分组装配以提高效益
短牙螺纹	用于细牙螺纹尚不能满足的薄壁零件,将牙型高度由普通螺纹的 $\frac{5}{8}H$ 改为 $\frac{4}{8}H$ 。牙型角仍为 60°,其螺距采用了普通螺纹的全部细牙螺距,公称直径范围为 8~160mm	多用于光学仪器的调焦
MJ 螺纹	主要用于航空和航天器,其牙型角为 60°,与普通螺纹相比,加大了外螺纹的牙底圆弧半径 $R$ ,加大了小径的削平量,从而提高了螺纹强度	亦称加强螺纹
小螺纹	用于钟表、仪器仪表和电子产品中公称直径小于 1mm 的紧固联接螺纹,其牙型角为 60°,为提高小螺纹的强度,其基本牙型上小径处的削平高度由普通螺纹的 $0.25H$ 提高为 $0.321H$	由于小螺纹的牙槽浅工艺性能有改善
方形螺纹	最初的传动螺纹,牙型为 90°正方形,传动效率高,牙根强度差,对中性不好,磨损后间隙也无法补偿,因工艺性能差,目前仅用于对传动效率有较高要求的机件	亦称矩形螺纹,没有制定国标
梯形螺纹	一般用途的传动螺纹,牙型角为 30°,牙型高度为 $0.5P$ ,与方形螺纹相比,强度好,对中性也好,间隙可调,工艺性能好,但传动效率低于方形螺纹,被广泛应用于各种传动和大尺寸机件的紧固	
短牙梯形螺纹	适用于要求径向尺寸小的梯形螺纹传动,如阀门等,牙型角为 30°,牙型高度为 $0.3P$ ,结构紧凑、强度好,工艺性也好,也可用于紧固和定位	
锯齿形螺纹	用于单向受力的传动和定位,是集方形螺纹效率高和梯形螺纹工艺好、强度好于一身的非对称牙型的螺纹。一般用途的锯齿形螺纹其牙侧角分别为 3°/30°。此外可根据传动效率来选择承载面的牙侧角,并根据牙底强度的需要选取非承载面的牙侧角,同时还需选择大径和中径两种不同定心方式中的一种	目前使用的牙侧角有: 3°/30°、3°/45°、7°/45°、0°/45°等数种不同的锯齿形螺纹
圆弧螺纹	因其牙型为圆弧,故不易碰伤并易于清除污垢,用于玻璃器皿的瓶口、吊钩或需清除污物的场合。常用的牙型角为 30°或 45°	亦称圆螺纹
55°非密封管螺纹	牙型角为 55°,内、外螺纹均为圆柱形的管螺纹。内、外螺纹配合后不具有密封性,在管路系统中仅起机械联结作用,也可用于电线保护等场合。由于可借助密封圈在螺纹副之外的端面进行密封,多用于静载下的低压管路系统	牙型角为 55°的管螺纹,其牙顶和牙底均为圆弧形
55°密封管螺纹	牙型角为 55°的密封管螺纹,内、外螺纹旋紧后螺纹副本身具有密封能力,它包括两种配合方式: 1) 圆柱内螺纹/圆锥外螺纹,密封机率高,用于低压静载,水、煤气管多为此种配合方式。2) 圆锥内螺纹/圆锥外螺纹,密封机率低,但不易被破坏,可用于高压,承受冲击载荷的场合	锥螺纹的锥度为 1:16,牙顶和牙底均为圆弧形

(续)

螺纹名称	主要用途和特征	备注
60°密封管螺纹	牙型角为60°的密封管螺纹,与55°密封管螺纹的配合方式及性能相类似,在汽车、飞机和机床等行业中使用较多,其锥度为1:16	该螺纹牙型规定的牙顶和牙底均是平的,实际加工中多呈圆弧形,该螺纹牙型来源于美国标准
米制锥螺纹	基本牙型及尺寸系列均符合普通螺纹规定的管螺纹,其性能与其他密封管螺纹相类似。其优点是能与普通螺纹组成配合,加工和测量都比较方便,锥度为1:16	
气瓶螺纹	牙型角为55°,锥度为3:25的圆锥螺纹,用于气瓶与瓶阀的连接,以及用于瓶帽与颈圈连接的圆柱螺纹	牙顶与牙底均为圆弧形

表 5.5-2 我国常用螺纹标准一览表

序号	标准名称	标准号	对应的国际标准
1	螺纹术语	GB/T14791-1993	ISO5408
2	普通螺纹 基本牙型	GB/T192-2003	ISO68
3	普通螺纹 直径与螺距系列	GB/T193-2003	ISO261
4	普通螺纹 基本尺寸	GB/T196-2003	ISO724
5	普通螺纹 公差	GB/T197-2003	ISO965-1
6	普通螺纹 极限偏差	GB/T2516-2003	ISO965-3
7	普通螺纹 优选系列	GB/T9144-2003	
8	普通螺纹 中等精度优选系列的极限尺寸	GB/T9145-2003	ISO965-2
9	普通螺纹 粗糙精度优选系列的极限尺寸	GB/T9146-2003	
10	商品紧固件的普通螺纹选用系列	JB/T7912-1999	ISO262
11	普通螺纹 极限尺寸	GB/T15756-1995	
12	普通螺纹 量规技术条件	GB/T3934-2003	ISO1502
13	光学仪器 特种细牙螺纹	JB/T9313-1999	
14	光学仪器用目镜螺纹	JB/T8240-1999	
15	光学仪器用短牙螺纹	JB/T5450-1991	
16	MJ 螺纹第一部分:通用要求	GJB3.1-2003	ISO5355
17	MJ 螺纹第二部分:螺栓螺母螺纹的极限尺寸	GJB3.2-2003	
18	MJ 螺纹第三部分:管路件螺纹的极限尺寸	GJB3.3-2003	
19	过渡配合螺纹	GB/T1167-1996	
20	过盈配合螺纹	GB/T1181-1998	
21	小螺纹牙型	GB/T15054.1-1994	ISO1501
22	小螺纹 直径与螺距系列	GB/T15054.2-1994	ISO1501
23	小螺纹 公差	GB/T15054.3-1994	ISO1501
24	小螺纹 极限尺寸	GB/T15054.4-1994	ISO1501
25	梯形螺纹 牙型	GB5796.1-1986	ISO2901
26	梯形螺纹 直径与螺距系列	GB5796.2-1986	ISO2902
27	梯形螺纹 基本尺寸	GB5796.3-1986	ISO2904
28	梯形螺纹 公差	GB5796.4-1986	ISO2903
29	梯形螺纹 极限尺寸	GB/T12359-1990	
30	机床梯形螺纹丝杠、螺母技术条件	JB/T2886-1992	
31	锻压阀门用短牙梯形螺纹	JB/TQ374-1985	
32	锯齿形(3°、30°)螺纹牙型	GB/T13576.1-1992	
33	锯齿形(3°、30°)螺纹直径与螺距系列	GB/T13576.2-1992	
34	锯齿形(3°、30°)螺纹基本尺寸	GB/T13576.3-1992	
35	锯齿形(3°、30°)螺纹公差	GB/T13576.4-1992	
36	水压机45°锯齿形螺纹牙型与基本尺寸	JB/T2001.73-1999	
37	55°密封管螺纹第一部分:圆柱内螺纹与圆锥外螺纹	GB/T7306.1-2000	ISO7-1
38	55°密封管螺纹第二部分:圆锥内螺纹与圆锥外螺纹	GB/T7306.2-2000	ISO7-1
39	55°非密封管螺纹	GB/T7307-2001	ISO228-1
40	60°密封管螺纹	GB/T12716-2002	
41	用螺纹密封的管螺纹量规	JB/T10031-1999	ISO7-2
42	非螺纹密封的管螺纹量规	GB/T10922-1989	ISO228-2
43	普通螺纹 管路系列	GB/T1414-2003	
44	米制锥螺纹	GB/T1415-1992	
45	气瓶专用螺纹	GB8335-1998	
46	气瓶专用螺纹量规	GB/T8336-1998	
47	轮胎气门嘴螺纹	GB/T9785-1997	ISO4570
48	气缸气口螺纹	GB/T14038-1993	ISO7180



(续)

序号	标准名称	标准号	对应的国际标准
49	包装 玻璃容器 螺纹瓶口尺寸	GB/T17419—1998	ISO9056
50	螺纹样板	JB/T7981—1999	
51	普通螺纹 收尾、肩距、退刀槽和导角	GB/T3—1997	ISO3508
52	搓、滚制普通螺纹前的毛坯直径	GB/T18685—2002	ISO4755

### 1.3 英制螺纹

国外常用英制螺纹的代号、名称和标准号见表 5.5-3。

表 5.5-3 国外常用英制螺纹的代号、名称和标准号

标记代号	名 称	国别及标准号	备 注
B. S. W.	标准惠氏粗牙系列, 一般用途圆柱螺纹	英国标准 BS84	牙型角为 55°的英制螺纹
B. S. F.	标准惠氏细牙系列, 一般用途圆柱螺纹		
Whit. S	附加的惠氏可选择系列, 一般用途圆柱螺纹		
Whit	惠氏牙型的非标准螺纹		
UN	恒定螺距系列的统一螺纹	美国标准 ANSI B1.1	牙型角为 60°的英制螺纹, 具有标准牙型(牙底是平的或随意倒圆的)的内、外螺纹
UNC	粗牙系列的统一螺纹		
UNF	细牙系列的统一螺纹		
UNEF	超细牙系列的统一螺纹		
UNS <sup>①</sup>	特殊系列的统一螺纹		
UNR	圆弧牙底恒定螺距系列的统一螺纹		
UNRC	圆弧牙底粗牙系列统一螺纹		
UNRF	圆弧牙底细牙系列统一螺纹		
UNREF	圆弧牙底超细牙系列统一螺纹		
UNRS	圆弧牙底特殊系列统一螺纹		
NPT <sup>②</sup>	一般用途的锥管螺纹	美国标准 ANSI B1.20.1	牙型角为 60°的英制管螺纹
NPSC <sup>②</sup>	管接头用直管螺纹		
NPTR	导杆连接用锥管螺纹		
NPSM	机械连接用直管螺纹		
NPSL	锁紧螺母用直管螺纹		
NPSH	软管连接用直管螺纹		
NPTF	干密封标准型锥管螺纹		
PTF-SAE SHORT	干密封短型锥管螺纹	美国标准 ANSI B1.20.3	I 型
NPSF	干密封标准型燃油用直管内螺纹		II 型
NPS1	干密封标准型一般用直管内螺纹		IV 型
ACME <sup>③</sup>	一般用途的梯形螺纹	美国标准 ANSI B1.5	牙型角为 29°的英制传动螺纹

① 公差使用与标准系列相同的公式计算的标准系列之外的所有直径与螺距组合。

② 我国的 60°圆锥管螺纹 GB/T12716—2002 包括 NPT 和 NPSC。

③ ACME 螺纹包括一般用途的和定心的两种配合的梯形螺纹, 其中一般用途者与我国标准 GB/T5796—1986 规定的梯形螺纹的性能相类似。

## 2 螺纹术语

螺纹术语及其定义 (GB/T14791—1993) 见表 5.5-4。

### 2.1 螺纹术语中几个定义的更新

(1) 关于基本牙型定义的改变

在 GB/T14791—1993 “螺纹术语”基本牙型的定义和 GB/T2515—1981 “普通螺纹术语”标准中有关基本牙型的定义是有区别的。前者着眼于各类螺纹, 后者仅着眼于普通螺纹。现将这两个标准中的规定对比如下。

GB/T 14791—1993 的定义:

削去原始三角形的顶部和底部所形成的内、外螺纹共有的理论牙型, 它是确定设计牙型的基础

GB/T2515—1981 的定义:

截去原始三角形的顶部和底部所形成的理论牙型, 该牙型具有基本尺寸

普通螺纹的基本牙型和设计牙型是一致的, 并且是内、外螺纹共有的牙型。但是对其他的螺纹就不一定合适, 例如梯形螺纹的基本尺寸就在设计牙型上, 而它的设计牙型又不同于基本牙型, 参看图 5.5-1。

在梯形螺纹设计牙型上的基本尺寸有两个尺寸不同于基本牙型上的对应尺寸, 它们是:

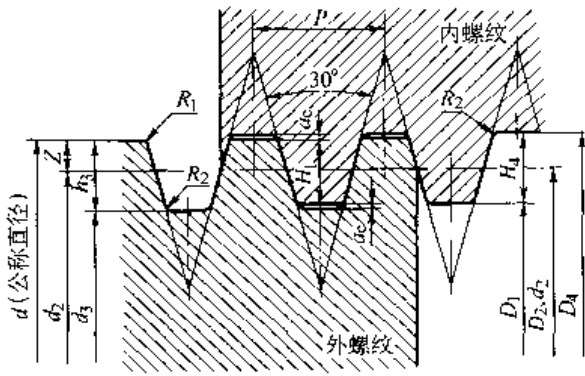


图 5.5-1 梯形螺纹的设计牙型和基本尺寸

内螺纹的大径  $D_1 = D + 2a$

外螺纹的小径  $d_3 = d_1 - 2a$

公式中的  $D$  和  $d_1$  分别是基本牙型上的大径和小径，虽然梯形螺纹的设计牙型具有基本尺寸但却不是内、外螺纹共有的牙型。正因为如此，在左边的螺纹术语标准中规定的基本牙型的定义中强调了基本牙型必须是内、外螺纹共有的理论牙型，否则就不是基本牙型，这一特征对所有的螺纹都是适用的。

(2) 牙型半角定义的改变

普通螺纹术语标准中规定的牙型半角的定义恰好

是后来制定的螺纹术语标准中规定的牙侧角的定义（见表 5.5-5 序号 36），这是因为普通螺纹牙型的角平分线垂直于螺纹轴线，是对称牙型，其半角就是牙侧角；但是对于牙型不对称螺纹轴线的垂线者其半角就不等于牙侧角了。因此作为螺纹通用术语必须将牙型半角和牙侧角加以区分，规定出明确的不同定义。参看图 5.5-2。

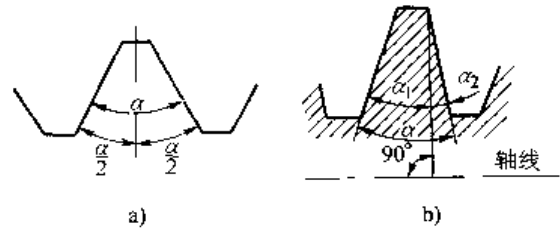


图 5.5-2 牙侧角和牙型半角的比较

a) 对称牙型 b) 不对称牙型

$\frac{\alpha}{2}$  -- 半角  $\alpha_1, \alpha_2$  -- 牙侧角

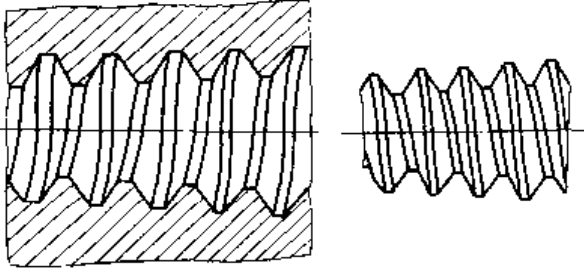
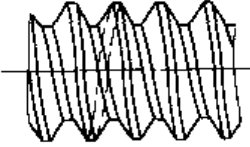

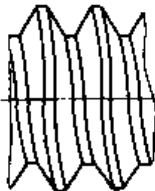
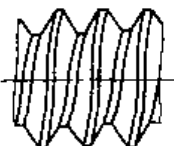

(3) 螺纹精度概念的更新

数十年前公差值大小曾是衡量螺纹精度等级的唯一依据，当 20 世纪 80 年代采用了国际标准之后螺纹精度概念有了变化。从普通螺纹内、外螺纹的推荐公差

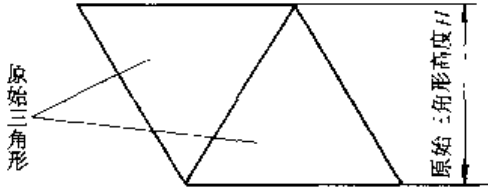
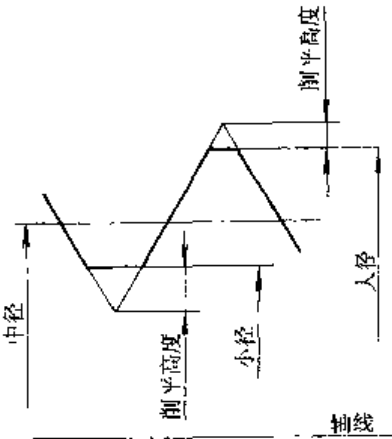
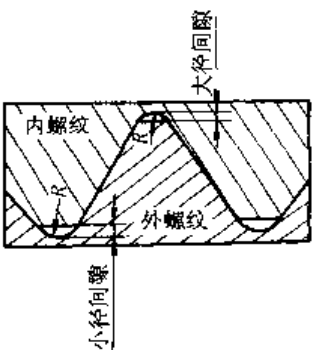
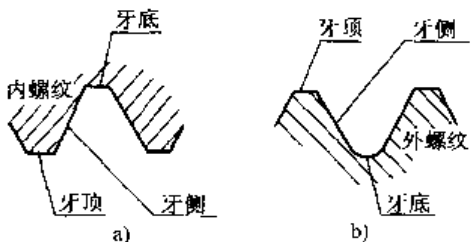
表 5.5-4 螺纹术语及其定义

序号	术语	定义
1	<p>螺旋线</p> <p>a) 圆柱螺旋线 b) 圆锥螺旋线</p>	<p>沿着圆柱或圆锥表面运动的点的轨迹，该点的轴向位移和相应的角位移成定比</p>
2	<p>螺纹</p> <p>a) 外螺纹 b) 内螺纹</p>	<p>在圆柱或圆锥表面上，沿着螺旋线所形成的具有规定牙型的连续凸起</p> <p>注：凸起是指螺纹两侧面间的实体部分，又称牙</p>
3	<p>圆柱螺纹（见序号 2 图）</p>	<p>在圆柱表面上所形成的螺纹</p>

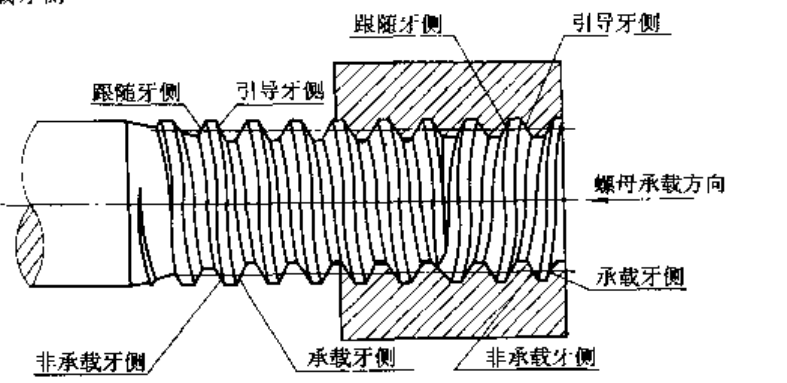
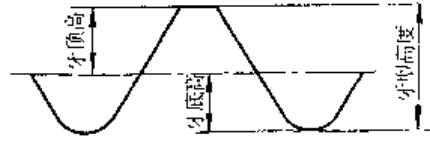
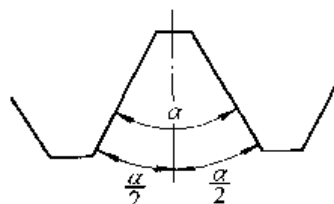
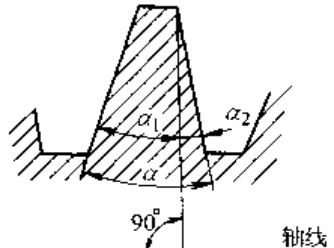
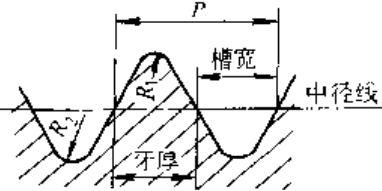
(续)

序号	术 语	定 义
4	圆锥螺纹  <p style="text-align: center;">a) 外螺纹                      b) 内螺纹</p>	在圆锥表面上所形成的螺纹
5	外螺纹 (见序号 2 和 4 的图 a)	在圆柱或圆锥外表面上所形成的螺纹
6	内螺纹 (见序号 2 和 4 的图 b)	在圆柱或圆锥内表面上所形成的螺纹
7	螺纹副	内、外螺纹相互旋合形成的联结
8	单线螺纹 	沿一条螺旋线所形成的螺纹
9	多线螺纹 	沿两条或两条以上的螺旋线所形成的螺纹, 该螺旋线在轴向等距分布
10	右旋螺纹 	顺时针旋转时旋入的螺纹
11	左旋螺纹 	逆时针旋转时旋入的螺纹
12	完整螺纹 (见序号 59 图)	牙顶和牙底均具有完整形状的螺纹
13	不完整螺纹 (见序号 59 图)	牙底完整而牙顶不完整的螺纹
14	螺尾 (见序号 59 图)	向光滑表面过渡的牙底不完整的螺纹
15	有效螺纹 (见序号 59 图)	由完整螺纹和不完整螺纹组成的螺纹, 不包括螺尾
16	螺纹牙型 	在通过螺纹轴线的剖面上, 螺纹的轮廓形状

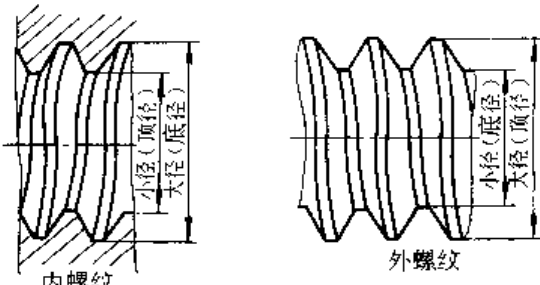
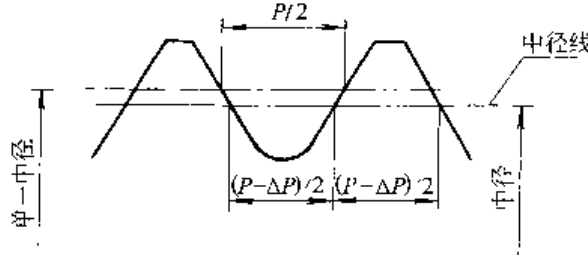
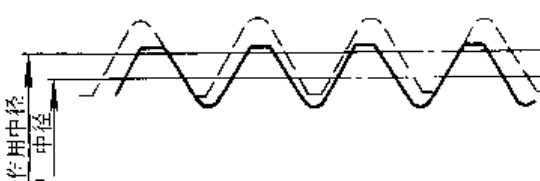
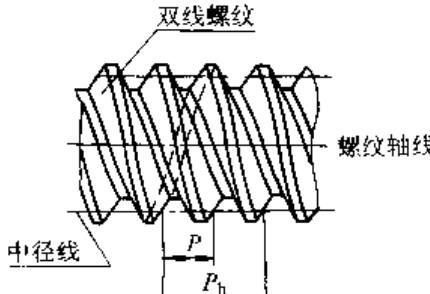
(续)

序号	术语	定义
17	原始三角形 	形成螺纹牙型的三角形，其底边平行于中径圆柱或圆锥的母线
18	原始三角形高度（见序号17图）	由原始三角形顶点沿垂直于螺纹轴线方向至其底边的距离
19	基本牙型 	削去原始三角形的顶部和底部所形成的内、外螺纹共有的理论牙型。它是确定螺纹设计牙型的基础
20	削平高度（见序号19图）	从螺纹牙型的顶部或底部到它在原始三角形的顶点之间，在垂直于螺纹轴线方向上的距离
21	设计牙型 	设计给定的牙型，该牙型相对于基本牙型规定出功能所需的各种间隙和圆弧半径。它是内、外螺纹基本偏差的起点
22	最大实体牙型	由设计牙型和各直径的基本偏差和公差所决定的最大实体状态下的螺纹牙型
23	最小实体牙型	由设计牙型和各直径的基本偏差及公差所决定的最小实体状态下的螺纹牙型
24	牙顶 	在螺纹凸起的顶部，连接相邻两个牙侧的螺纹表面

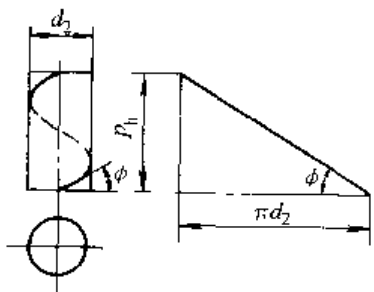
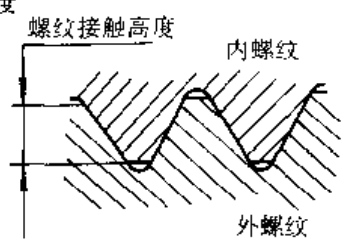
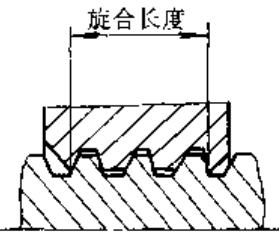
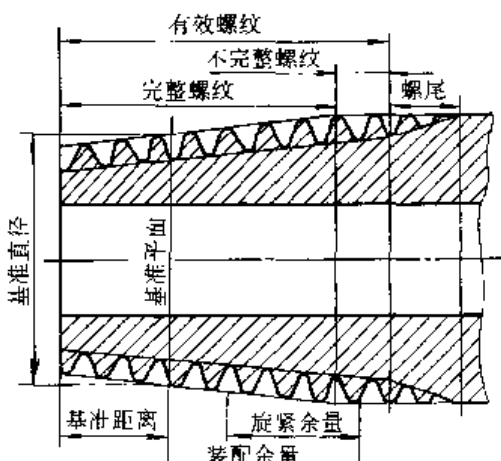
(续)

序号	术 语	定 义
25	牙底 (见序号 24 图)	在螺纹沟槽的底部, 连接相邻两个牙侧的螺纹表面
26	牙侧 (见序号 24 图)	在通过螺纹轴线的剖面上, 牙顶和牙底之间的那部分螺旋表面
27	<p>承载牙侧</p> 	螺纹副中承受轴向载荷的牙侧
28	非承载牙侧 (见序号 27 图)	与承载牙侧相对的牙侧
29	引导牙侧 (见序号 27 图)	螺纹前进时面对前进方向的牙侧
30	跟随牙侧 (见序号 27 图)	与引导牙侧相对的牙侧
31	<p>牙顶高</p> 	在螺纹牙型上, 由牙顶沿垂直于螺纹轴线方向到中径线的距离
32	牙底高 (见序号 31 图)	在螺纹牙型上, 由牙底沿垂直于螺纹轴线方向到中径线的距离
33	牙型高度 (见序号 31 图)	在螺纹牙型上, 牙顶到牙底在垂直于螺纹轴线方向上的距离
34	<p>牙型角</p> 	在螺纹牙型上, 两相邻牙侧间的夹角
35	牙型半角 (见序号 34 图)	牙型角的一半
36	<p>牙侧角</p> 	在螺纹牙型上, 牙侧与螺纹轴线的垂线间的夹角 (图中: $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ —牙侧角; $\alpha$ —牙型角)
37	<p>牙顶圆弧半径</p> 	牙顶上呈圆弧部分的半径

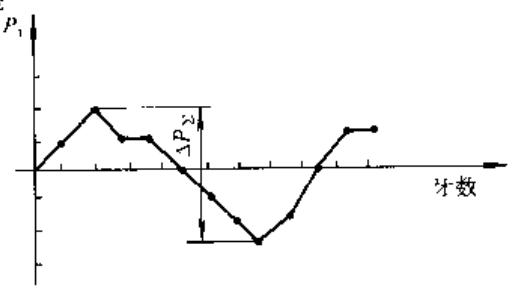
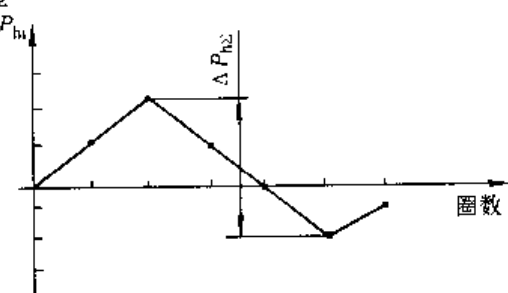
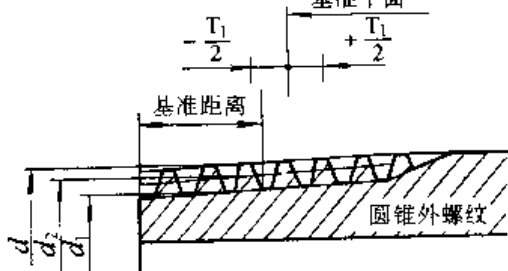
(续)

序号	术 语	定 义
38	牙底圆弧半径 (见序号 37 图)	牙底上呈圆弧部分的半径
39	公称直径	代表螺纹尺寸的直径 注: 管螺纹用尺寸代号表示
40	<p>大径</p>  <p>内螺纹</p> <p>外螺纹</p>	与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱或圆锥的直径
41	小径 (见序号 40 图)	与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱或圆锥的直径
42	顶径 (见序号 40 图)	与外螺纹或内螺纹牙顶相切的假想圆柱或圆锥的直径, 即外螺纹大径或内螺纹小径
43	底径 (见序号 40 图)	与外螺纹或内螺纹牙底相切的假想圆柱或圆锥的直径, 即外螺纹小径或内螺纹大径
44	<p>中径</p> 	一个假想圆柱或圆锥的直径, 该圆柱或圆锥的母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方。该假想圆柱或圆锥称为中径圆柱或中径圆锥
45	单一中径 (见序号 44 图)	一个假想圆柱或圆锥的直径, 该圆柱或圆锥的母线通过牙型上沟槽宽度等于 $\frac{1}{2}$ 基本螺距的地方
46	<p>作用中径</p> 	在规定的旋合长度内, 恰好包容实际螺纹的一个假想螺纹的中径, 这个假想螺纹具有理想的螺距、半角以及牙型高度, 并另在牙顶处和牙底处留有间隙, 以保证包容时不与实际螺纹的大、小径发生干涉
47	基准直径 (见序号 39 图)	设计给定的内锥螺纹或外锥螺纹的基本大径
48	<p>螺纹轴线</p> 	中径圆柱或中径圆锥的轴线
49	中径线 (见序号 48 图)	中径圆柱或中径圆锥的母线

(续)

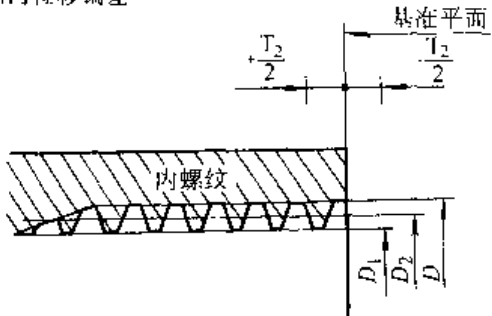
序号	术 语	定 义
50	螺距 (见序号 48 图)	相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离
51	导程 (见序号 48 图)	同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离
52	螺纹升角 	在中径圆柱或中径圆锥上, 螺纹轴线的切线与垂直于螺纹中线的平面的夹角
53	螺纹牙厚 (见序号 37 图)	在螺纹牙型上, 一个螺纹凸起的两外侧间在中径线上的轴向距离
54	螺纹槽宽 (见序号 37 图)	在螺纹牙型上, 一个螺纹沟槽的两牙侧间在中径线上的轴向距离
55	螺纹接触高度 	在两个相互配合螺纹的牙型上, 牙侧重合部分在垂直于螺纹轴线方向的距离
56	大径间隙 (见序号 21 图)	在设计牙型上, 同轴装配的内螺纹牙底与外螺纹牙顶之间的径向距离
57	小径间隙 (见序号 21 图)	在设计牙型上, 同轴装配的内螺纹牙顶与外螺纹牙底之间的径向距离
58	螺纹旋合长度 	两个相互配合的螺纹沿螺纹轴线方向相互旋合部分的长度
59	基准平面 	垂直于锥螺纹轴线, 具有基准直径的平面, 简称基面

(续)

序号	术 语	定 义
60	基准距离 (见序号 59 图)	从基准平面到外螺纹小端的距离, 简称基距
61	装配余量 (见序号 59 图)	在外锥螺纹基准平面之后的有效螺纹长度, 它提供了与最小实体状态下的内螺纹配合时的余量
62	旋紧余量 (见序号 59 图)	内、外锥螺纹用手旋合后所余下的有效螺纹长度, 它提供了与最小实体状态下之内螺纹手旋合之后的旋紧量 注: 手旋合的理想状态系指内、外锥螺纹的配合处于间隙和过盈均为零的状态
63	行程	内、外螺纹相对转动某一角度所产生的相对轴向位移量
64	螺纹精度	由螺纹公差带和旋合长度共同组成的衡量螺纹质量的综合指标
65	螺距偏差	螺距的实际值与其基本值之差 $N$ 个螺距偏差系指跨 $N$ 个牙螺距的实际值与其基本值之差
66	螺距累积误差 	在规定的螺纹长度内, 任意两同名牙侧与中径线交点间的实际轴向距离与基本值之差的最大绝对值
67	导程偏差	导程的实际值与其基本值之差
68	导程累积误差 	在规定的螺纹长度内, 同一螺旋面上任意两同名牙侧与中径线交点间的实际轴向距离与其基本值之差的最大绝对值
69	螺旋线轴向误差	在规定的长度内, 实际螺旋线沿轴向偏离其理想螺旋线的最大变动量
70	牙侧角偏差	牙侧角的实际值与其基本值之差
71	螺距误差中径当量	将螺距误差换算成中径的数值
72	牙侧角误差中径当量	将牙侧角误差换算成中径的数值
73	基准距离偏差 	基准距离的实际值与其基本值之差



(续)

序号	术 语	定 义
74	基准平面的轴向位移偏差 	螺纹基准平面偏离规定轴向位置的轴向量
75	行程偏差	行程的实际值与基本值之差

带表(参看普通螺纹标准的表 7 和表 8)中可以看到:当两个螺纹同是 7H 公差带时(即公差值相同),若螺纹的旋合长度属于 L 组则其精度属于中等级,当其螺纹的旋合长度属于 N 组时,其精度属于粗糙级。此说明螺纹的精度除了与公差值有关,还与螺纹的旋合长度相关。但是当两个螺纹的旋合长度同属于一组时,它们的精度又再次由公差值来决定。据此新近修订的普通螺纹公差标准 GB/T197--2003 将其称为“公差精度”。在一些国家中则将其称之为“公差质量”,无非都在表达螺纹的精度或质量是一个与公差值大小相关的综合指标。现将螺纹公差制中规定的公差带的组成,旋合长度和公差精度(或螺纹精度)之间的关系归纳如图 5.5-3 所示。

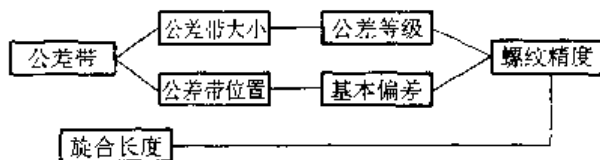


图 5.5-3 螺纹的公差结构

(4) 螺旋线轴向误差的正名

在机械加工中一般是采用测量实际螺旋线在轴线方向偏离理想螺旋线的距离来控制螺旋线精度的,并习惯于将其称为螺旋线误差。但是由于螺旋线是一条空间曲线,在空间各个方向均可能产生误差,笼统地将其轴向误差称为螺旋线误差是不够科学的。为此螺纹术语标准明确地将螺旋线轴向误差定义为:在规定的长度内,实际螺旋线沿轴向偏离理想螺旋线的最大变动量。使这个常用方法所测得的误差值有了更确切的名称。

2.2 术语应用中的注意事项

下面将说明几组相关术语间的关系和用途

(1) 螺纹的线数、螺距和导程的关系

在螺距和导程的定义中没有说明它们之间的关

系。对于相邻牙在同一条螺旋线上的单线螺纹,螺距也是导程。对于相邻牙不在同一螺旋线上的多线螺纹,螺距和导线不再相同,它们的关系可用公式:“导程=螺距×线数”表示。当直径和螺距为常数时,线数愈多螺纹的升角愈大。适用于要求快速旋入或退出的螺纹副。例如大尺寸的短瓶口螺纹的旋合,在瓶口的一周上分布着与线数相同的螺纹牙与瓶盖相旋合,只需转动很小的角度就可使各牙同时旋紧。

(2) 接触高度和旋合长度的用途

接触高度和旋合长度都是螺纹的配合尺寸,单独的内螺纹或外螺纹是不存在该尺寸的。其中接触高度与内、外螺纹的顶径尺寸及其公差有关。标准中规定内螺纹的小径公差和外螺纹的大径公差就是为了保证内、外螺纹配合后有足够的接触高度。它与螺纹的强度密切相关。

旋合长度可以是螺纹的全长,当螺母全部旋入螺栓时,整个螺母的厚度就是旋合长度。也可能不是螺纹全长,例如螺栓的旋合长度与螺母相同,而不是螺栓螺纹的全长。在螺纹公差标准中规定有螺纹旋合长度的分组数值范围,螺纹旋合长度的组别关系到螺纹的公差精度级别,是很重要的,千万不要与螺纹的全长相混淆。

(3) 螺纹轴线和中径线的作用

螺纹轴线的定义在于它明确了中径圆柱或圆锥的轴线是螺纹的轴线,这是因为中径是螺纹配合中起关键作用的尺寸。当螺纹的大、中、小径不同心时应以中径来确定螺纹轴线的位置。中径圆柱或圆锥的母线通过牙槽和牙厚相等的地方,并称该母线为中径线,它和螺纹轴线共同构成螺纹测量的基准。螺距、导程、牙高等尺寸的测量均在中径线上进行。

(4) 中径、单一中径和作用中径的区别

中径、单一中径和作用中径是同一个螺纹上三个概念和作用均不相同的尺寸。中径强调其圆柱或圆锥的母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等处,不考虑其

宽度值的大小,是泛指的理论尺寸;单一中径则注重中径圆柱或圆锥的母线通过牙型上沟槽宽度等于 $\frac{1}{2}$ 基本螺距处,至于牙厚尺寸大小则不予考虑。故可在沟槽为固定值( $\frac{1}{2}$ 基本螺距)处,采用三针法测得螺纹中径本身的尺寸;作用中径是内、外螺纹配合时的作用尺寸,除了中径本身的尺寸之外还包含牙型角和螺距误差的影响,是一个包容多个要素在内的综合尺寸。到目前为止还难于用一般的手段进行测量,生产中使用的通端螺纹量规就是内、外螺纹最大实体状态下的极限尺寸。当螺纹完全没有误差时三个中径是相等的,当螺纹出现误差时三者不再相等,并存在如下所示的关系式:

$$d_{\text{作用}} = d_{\text{中}} - (f_{\alpha} + f_p)$$

式中  $f_{\alpha}$ ——牙侧角误差的中径当量;

$f_p$ ——螺距误差的中径当量。

式中正号用于外螺纹,负号用于内螺纹。在验收不方便使用量规的大尺寸螺纹时,可以先测出螺纹的牙侧角误差和螺距误差,然后用上述关系式计算作用中径的尺寸大小,用以判断其是否合格。

(5) 牙侧角误差、螺距误差的中径补偿值和中径当量的差别

术语标准中分别给出了牙侧角误差和螺距误差中径当量的定义,即该两项误差通过几何关系折算到中径方向的数值,在计算作用中径时就用到这两个量。这里要说明的是牙侧角和螺距误差的中径当量与牙侧角和螺距误差的中径补偿值是两种不同的量。后者是指在确定螺纹的中径公差数值大小时,考虑到牙侧角和螺距误差对中径尺寸有影响,制订者给中径公差值再增加的部分公差值;而前者则是从实际螺纹上测得的具体误差值。因此不能将两者混为一谈。

(6) 基准直径与基本直径的不同

**基准直径**是锥螺纹的专门用语,是设计给定的锥螺纹大径的基本尺寸。在锥螺纹的各个轴向截面中,具有基准直径的截面就是基准平面。锥螺纹的加工精度就是用规定基准平面的轴向位移量来控制的。由此可见基准直径做为锥螺纹基准尺寸的理论地位。它不是加工尺寸,也没有公差。而基本直径则是泛指各种螺纹直径的基本尺寸,如基本大径、基本中径等,其作用完全不能与基准直径相比。

(7) 完整螺纹、不完整螺纹、螺尾和有效螺纹长度,以及对有效螺纹长度的规定

完整螺纹的牙顶和牙底都是完好的,不完整螺纹的牙底也是完整的,只有牙顶缺少材料,多是因为用圆柱形棒料加工锥螺纹时,螺纹大端材料不够造成的,螺

尾是在退刀时形成的牙底不完整的那部分螺纹。有效螺纹包括完整螺纹和不完整螺纹,因为它们均能正常旋合,在螺纹联结中起作用。而螺尾由于其牙底的深度不够、内、外螺纹不能正常旋合,所以不是有效螺纹,不能将这部分长度计算在有效螺纹长度之内。管螺纹标准中规定有锥管螺纹的有效螺纹的长度值,该值是满足管螺纹装配所需要的最小值,是管螺纹设计的重要尺寸,加工中若材料和位置允许尽可以超出,但不能小于规定值。

(8) 旋紧余量和装配余量

这两个值均与有效螺纹长度的确定密切相关。装配余量是指外螺纹基准平面之后的那部分有效螺纹的长度值。正是由于装配余量计算的是基准平面之后的有效螺纹长度,因而可暂不考虑外螺纹直径误差对装配余量的影响,因为外螺纹的尺寸大小只会引起外螺纹基准平面之前的基准距离的变化。装配余量必须保证内螺纹处于最小实体状态(孔最大)下,内、外螺纹装配时所需要的有效螺纹长度值是足够的。这就保证了合格螺纹在任何尺寸的情况下都是够用的。旋紧余量是用于旋合后再旋紧的有效螺纹长度,它应该是设计者根据管螺纹的密封性能要求确定的,并与装配时的扭矩大小成正比。由于是计算手旋合位置之后的尺寸,应该与内、外螺纹的尺寸误差没有关系。

一般情况下装配余量应比旋紧余量大,其差值等于内螺纹上偏差的轴向量。如果没有误差,则装配余量可以等于旋紧余量。此时一旦孔做大了就达不到旋紧的要求。鉴于上述情况锥螺纹的最小有效螺纹长度应该是基准距离与装配余量之和。由于外螺纹的加工误差,基准距离是变化的,为此标准中给出了基准距离为基本值,最大值和最小值三种情况下对应的三个有效螺纹长度的最小值。实际生产中一般都要求实际螺纹的有效螺纹长度值不小于标准中给出的最大值,只有在轴向尺寸很紧张的情况下才会分别考虑。

(9) 关于密封管螺纹,非密封管螺纹和干密封管螺纹的概念

密封管螺纹是指内、外螺纹旋合后,螺纹副本身具有密封能力的管螺纹。非密封管螺纹系指内、外螺纹旋合后螺纹副本身不具有密封能力的管螺纹,但并不排除在螺纹副之外利用其他形式获得密封性,如内、外螺纹均为圆柱形管螺纹的配合,螺纹副本身是没有密封能力的,此时可利用管子的端面压紧密封垫圈,同样可以达到密封的目的。

干密封管螺纹系指除螺纹副本身具有密封能力之外,不允许在螺纹副内添加任何密封剂,以免管路内的气体或液体与密封剂发生化学作用,以及在高温下溶化等。为保证该螺纹在没有密封剂的情况下仍能有良好的

好的密封性能，对其加工和材料提出了更高的要求。

(10) 螺距偏差和螺距累积误差的区分

螺距偏差的定义规定了单个螺距的偏差和跨  $N$  个牙的螺距偏差，均为它们的实际值与基本值之差。因为是两数之差，所以有正有负，这是偏差值的特点。而螺距累积误差的定义告诉我们，该值是不分正负的，因为它是规定长度内任意两牙间的实际距离与基本值之差的绝对值。测量该值的目的在于发现规定长度内那两个牙的实际距离偏离基本值最多。不管该值比基本值大还是小，因此被称之为累积误差。在此之前曾经有人将跨  $N$  个牙的螺距偏差称之为螺距累积误差是不合适的。

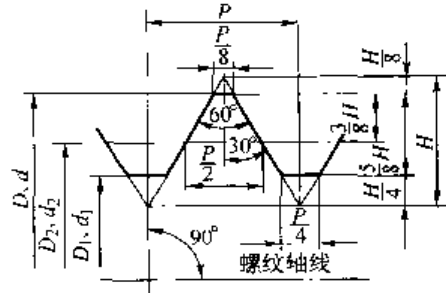


图 5.5-4 普通螺纹基本牙型

$D$ —内螺纹大径  $D_2$ —内螺纹中径  
 $D_1$ —内螺纹小径  $d$ —外螺纹大径  
 $d_2$ —外螺纹中径  $d_1$ —外螺纹小径  
 $P$ —螺距  $H$ —原始三角形高度

3 普通螺纹

我国的普通螺纹标准采用了国际标准中的米制螺纹系列，其内容包括牙型、尺寸、公差和标记等。

3.1 普通螺纹的基本牙型

3.1.1 普通螺纹基本牙型的规定

普通螺纹基本牙型的原始三角形为  $60^\circ$  的等边三角形。在其顶部和底部分别削去  $\frac{H}{8}$  和  $\frac{H}{4}$  便构成了普通螺纹的基本牙型，具体形状如图 5.5-4 所示。

普通螺纹的基本牙型是内、外螺纹共有的牙型并具有基本尺寸。

3.1.2 普通螺纹基本牙型的尺寸

基本牙型上的尺寸按下列公式计算，其值列于表 5.5 5。

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2} P = 0.866\ 025\ 404 P;$$

$$\frac{5}{8} H = 0.541\ 265\ 877 P;$$

$$\frac{3}{8} H = 0.324\ 759\ 526 P;$$

$$\frac{1}{4} H = 0.216\ 506\ 315 P;$$

$$\frac{1}{8} H = 0.108\ 253\ 175 P.$$

表 5.5-5 基本牙型尺寸

(mm)

$P$	$H$	$\frac{5}{8} H$	$\frac{3}{8} H$	$\frac{H}{4}$	$\frac{H}{8}$
0.2	0.173205	0.108253	0.064952	0.043301	0.021651
0.25	0.216506	0.135316	0.081190	0.054127	0.027063
0.3	0.259808	0.162380	0.097428	0.064952	0.032476
0.35	0.303109	0.189443	0.113666	0.075777	0.037889
0.4	0.346410	0.216506	0.129904	0.086603	0.043301
0.45	0.389711	0.243570	0.146142	0.097428	0.048714
0.5	0.433013	0.270633	0.162380	0.108253	0.054127
0.6	0.519615	0.324760	0.194856	0.129904	0.064952
0.7	0.606218	0.378886	0.227332	0.151554	0.075777
0.75	0.649519	0.405949	0.243570	0.162380	0.081190
0.8	0.692820	0.433013	0.259808	0.173205	0.086603
1	0.866025	0.541266	0.324760	0.216506	0.108253
1.25	1.082532	0.676582	0.405949	0.270633	0.135316
1.5	1.299038	0.811899	0.487139	0.324760	0.162380
1.75	1.515544	0.947215	0.568329	0.378886	0.189443
2	1.732051	1.082532	0.649519	0.433013	0.216506
2.5	2.165064	1.353165	0.811899	0.541266	0.270633
3	2.598076	1.623798	0.974279	0.649519	0.324760
3.5	3.031089	1.894431	1.136658	0.757772	0.378886
4	3.464102	2.165064	1.299038	0.866025	0.433013
4.5	3.897114	2.435696	1.461418	0.974279	0.487139
5	4.330127	2.706329	1.623798	1.082532	0.541266
5.5	4.763140	2.976962	1.786177	1.190785	0.595392
6	5.196152	3.247595	1.948557	1.299038	0.649519
8	6.928203	4.330127	2.598076	1.732051	0.866025

### 3.2 普通螺纹的尺寸

#### 3.2.1 普通螺纹的直径与螺距系列

普通螺纹的尺寸是由直径和螺距两个尺寸共同决定的。标准规定了它们的搭配关系,并称之为直径与螺距的组合。设计者应该按标准的规定进行选用。

GB/T193 2003“普通螺纹 直径与螺距系列”标准对普通螺纹(一般用途米制螺纹)的直径与螺距组合系列做了如下规定:

1) 该标准适用于一般用途的机械紧固螺纹联接,其螺纹本身不具有密封功能。

2) 直径与螺距的标准组合系列见表 5.5-6 的规定,在表内应选择与直径处于同一行内的螺距,并尽可能

避免选用括号内的螺距;对于直径,则应优先选用第一系列的直径,其次是第二系列,最后再选择第三系列。此外表内还有两个常注(a、b)的尺寸规格,仅用于其脚注所限定的特定场合使用。

3) 除了标准系列,还规定有直径与螺距的特殊系列,对特殊系列的使用有如下限制:

a) 对于标准系列的直径,如需使用比标准组合系列中规定还要小的特殊螺距,则应从下列螺距中选取:

3mm、2mm、1.5mm、0.75mm、0.5mm、0.35mm、0.25mm、0.2mm。

选择非标准组合的特殊螺距会增加螺纹的制造难度。

b) 表 5.5-7 规定了表中所列各螺距对应的最大特殊直径。

表 5.5-6 直径与螺距标准组合系列

(mm)

公称直径 $D$ 、 $d$			螺距 $P$												
第 1 系列	第 2 系列	第 3 系列	粗 牙	细 牙											
				3	2	1.5	1.25	1	0.75	0.5	0.35	0.25	0.2		
1			0.25												0.2
1.2	1.1		0.25												0.2
	1.4		0.3												0.2
1.6	1.8		0.35												0.2
			0.35												0.2
2			0.4											0.25	
2.5	2.2		0.45											0.25	
			0.45											0.35	
3			0.5										0.35		
4	3.5		0.6											0.35	
	4.5		0.7										0.5		
5	5.5		0.75											0.5	
			0.8											0.5	
6			1										0.75		
8	7		1											0.75	
			1.25											0.75	
10	9		1.25											0.75	
			1.25											0.75	
12	11		1.5				1.25	1	0.75						
			1.5				1.25	1	0.75						
16	14	15	1.75			1.5	1.25	1							
			2			1.5	1.25 <sup>①</sup>	1							
			2			1.5	1.5	1							
20	17		1.5			1.5		1							
			2			1.5		1							
24	18		2.5		2	1.5		1							
			2.5		2	1.5		1							
30	22		2.5		2	1.5		1							
			3		2	1.5		1							
36	25		2		2	1.5		1							
			1.5			1.5		1							
			1.5			1.5		1							
36	27		3		2	1.5		1							
			2		2	1.5		1							
36	28		3.5	(3)	2	1.5		1							
			2		2	1.5		1							
36	33		3.5	(3)	2	1.5									
			2		2	1.5									
36	35 <sup>②</sup>		4	3	2	1.5									
			1.5		2	1.5									
36	38		1.5		2	1.5									
			1.5		2	1.5									
36	39		4	3	2	1.5									

(续)

公称直径 $D, d$			螺 距 $P$						
第 1 系列	第 2 系列	第 3 系列	粗 牙	细 牙					
				8	6	4	3	2	1.5
42	45	40	4.5				3	2	1.5
			4.5			4	3	2	1.5
48	52	50	5			4	3	2	1.5
			5			4	3	2	1.5
56	60	55	5.5			4	3	2	1.5
		58				4	3	2	1.5
64	68	62	6			4	3	2	1.5
		65				4	3	2	1.5
72	76	70	6		6	4	3	2	1.5
		75			6	4	3	2	1.5
80	85	78	6		6	4	3	2	1.5
		82			6	4	3	2	1.5
90	95				6	4	3	2	
					6	4	3	2	
100	105				6	4	3	2	
					6	4	3	2	
110	115				6	4	3	2	
					6	4	3	2	
125	120		8		6	4	3	2	
					6	4	3	2	
140	130	135		8	6	4	3	2	
				8	6	4	3	2	
160	150	145	8		6	4	3	2	
		155			6	4	3	2	
180	170	165	8		6	4	3		
		175			6	4	3		
200	190	185	8		6	4	3		
		195			6	4	3		
220	210	205	8		6	4	3		
		215			6	4	3		
250	240	225	8		6	4	3		
		230			6	4	3		
260	235	235	8		6	4	3		
		245			6	4	3		
250	255		8		6	4	3		
					6	4			
	260		8		6	4			

(续)

公称直径 $D, d$			螺距 $P$							
第1系列	第2系列	第3系列	粗牙	细牙						
				8	6	4	3	2	1.5	
280		265			6	4				
		270		8	6	4				
		275			6	4				
		285		8	6	4				
		290		8	6	4				
	300	295		8	6	4				

- ① 仅用于发动机的火花塞。
- ② 仅用于轴承的锁紧螺母。

表 5.5-7 最大公称直径 (mm)

螺距	最大公称直径
0.5	22
0.75	33
1	80
1.5	150
2	200
3	300

4) 螺纹的标记方法见 GB/T197 的规定。

### 3.2.2 普通螺纹的基本尺寸

依据普通螺纹基本牙型上的尺寸关系和普通螺纹直径与螺距系列标准规定的尺寸规格, GB/T196-2003“普通螺纹 基本尺寸”标准对普通螺纹的基本尺寸做了如下规定:

1) 标准适用于一般用途的机械紧固螺纹联接, 其螺纹本身不具有密封功能。

2) 大、中、小径的位置如图 5.5-5 所示, 标准中各尺寸的代号规定如下:

- $D$ ——内螺纹基本大径 (公称直径);
- $d$ ——外螺纹基本大径 (公称直径);
- $D_2$ ——内螺纹基本中径;
- $d_2$ ——外螺纹基本中径;
- $D_1$ ——内螺纹基本小径;

$d_1$ ——外螺纹基本小径;

$H$ ——原始三角形高度;

$P$ ——螺距。

3) 普通螺纹的中径和小径按下列公式计算, 计算数值圆整到小数点后的第三位。

$$D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8} H = D - 0.649 5P;$$

$$d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8} H = d - 0.649 5P;$$

$$D_1 = D - 2 \times \frac{5}{8} H = D - 1.082 5P;$$

$$d_1 = d - 2 \times \frac{5}{8} H = d - 1.082 5P;$$

其中:  $H = \frac{\sqrt{3}}{2} P = 0.866 025 404 P$ 。

普通螺纹直径与螺距标准组合系列的基本尺寸值见表 5.5-7。

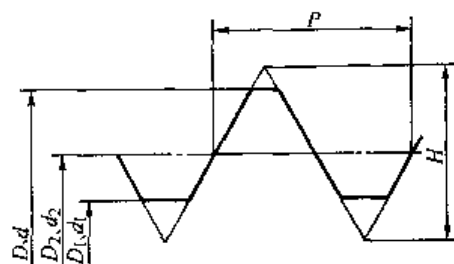


图 5.5-5 普通螺纹基本尺寸

表 5.5-8 普通螺纹基本尺寸

(mm)

公称直径 (大径) $D, d$	螺距 $P$	中径 $D_2, d_2$	小径 $D_1, d_1$	公称直径 (大径) $D, d$	螺距 $P$	中径 $D_2, d_2$	小径 $D_1, d_1$
1	0.25	0.838	0.729	2	0.4	1.740	1.567
	0.2	0.870	0.783		0.25	1.838	1.729
1.1	0.25	0.938	0.829	2.2	0.45	1.908	1.713
	0.2	0.970	0.883		0.25	2.038	1.929
1.2	0.25	1.038	0.929	2.5	0.45	2.208	2.013
	0.2	1.070	0.983		0.35	2.273	2.121
1.4	0.3	1.205	1.075	3	0.5	2.675	2.459
	0.2	1.270	1.183		0.35	2.773	2.621
1.6	0.35	1.373	1.221	3.5	0.6	3.110	2.850
	0.2	1.470	1.383		0.35	3.273	3.121
1.8	0.35	1.573	1.421	4	0.7	3.545	3.242
	0.2	1.670	1.583		0.5	3.675	3.459

(续)

公称直径 (大径) $D, d$	螺 距 $P$	中 径 $D_2, d_2$	小 径 $D_1, d_1$	公称直径 (大径) $D, d$	螺 距 $P$	中 径 $D_2, d_2$	小 径 $D_1, d_1$
4.5	0.75	4.013	3.688	27	1	26.350	25.917
	0.5	4.175	3.959		28	2	26.701
5	0.8	4.480	4.134	1		1.5	27.026
	0.5	4.675	4.459		30	1	27.350
5.5	0.5	5.175	4.959	32		3.5	27.727
6	1	5.350	4.917		3	3	28.051
	0.75	5.513	5.188	2		2	28.701
7	1	6.350	5.917		1.5	1.5	29.026
	0.75	6.513	6.188	1		1	29.350
8	1.25	7.188	6.647		32	2	30.701
	1	7.350	6.917	1.5		1.5	31.026
9	0.75	7.513	7.188		33	3.5	30.727
	1.25	8.188	7.647	3		3	31.051
10	1	8.350	7.917		2	2	31.701
	0.75	8.513	8.188	1.5		1.5	32.026
11	1.5	9.026	8.376		35	1.5	34.026
	1.25	9.188	8.647	4		4	33.402
12	1	9.350	8.917		36	3	34.051
	0.75	9.513	9.188	2		2	34.701
13	1.5	10.026	9.376		38	1.5	35.026
	1	10.350	9.917	1.5		1.5	37.026
14	0.75	10.513	10.188		39	4	36.402
	1.75	10.863	10.106	3		3	37.051
15	1.5	11.026	10.376		2	2	37.701
	1.25	11.188	10.647	1.5		1.5	38.026
16	1	11.350	10.917		40	3	38.051
	2	12.701	11.835	2		2	38.701
17	1.5	13.026	12.376		1.5	1.5	39.026
	1.25	13.188	12.647	4.5		4.5	39.077
18	1	13.350	12.917		42	4	39.402
	1.5	14.026	13.376	3		3	40.051
19	1	14.350	13.917		2	2	40.701
	2	14.701	13.835	1.5		1.5	41.026
20	1.5	15.026	14.376		45	4.5	42.077
	1	15.350	14.917	4		4	42.402
21	1.5	16.026	15.376		3	3	43.051
	1	16.350	15.917	2		2	43.701
22	2.5	16.376	15.294		48	1.5	44.026
	2	16.701	15.835	5		5	44.752
23	1.5	17.026	16.376		4	4	45.402
	1	17.350	16.917	3		3	46.051
24	2.5	18.376	17.294		2	2	46.701
	2	18.701	17.835	1.5		1.5	47.026
25	1.5	19.026	18.376		50	3	48.051
	1	19.350	18.917	2		2	48.701
26	2.5	20.376	19.294		52	1.5	49.026
	2	20.701	19.835	5		5	48.752
27	1.5	21.026	20.376		4	4	49.402
	1	21.350	20.917	3		3	50.051
28	3	22.051	20.752		55	2	50.701
	2	22.701	21.835	1.5		1.5	51.026
29	1.5	23.026	22.376		4	4	52.402
	1	23.350	22.917	3		3	53.051
30	2	23.701	22.835		2	2	53.701
	1.5	24.026	23.376	1.5		1.5	54.026
31	1	24.350	23.917		56	3.5	52.428
	2	24.701	24.835	4		4	53.402
32	1.5	25.026	24.376		3	3	54.051
	3	25.051	23.752	2		2	54.701
33	2	25.701	24.835		1.5	1.5	55.026
	1.5	26.026	25.376	4		4	55.402

(续)

公称直径 (大径) $D, d$	螺距 $P$	中径 $D_2, d_2$	小径 $D_1, d_1$	公称直径 (大径) $D, d$	螺距 $P$	中径 $D_2, d_2$	小径 $D_1, d_1$	
58	3	56.051	54.752	95	6	91.103	88.505	
	2	56.701	55.835		4	92.402	90.670	
	1.5	57.026	56.376		3	93.051	91.752	
3.5	56.428	54.046	2		93.701	92.835		
60	4	57.402	55.670	100	6	96.103	93.505	
	3	58.051	56.752		4	97.402	95.670	
	2	58.701	57.835		3	98.051	96.752	
	1.5	59.026	58.376		2	98.701	97.835	
62	4	59.402	57.670	105	6	101.103	98.505	
	3	60.051	58.752		4	102.402	100.670	
	2	60.701	59.835		3	103.051	101.752	
	1.5	61.026	60.376		2	103.701	102.835	
64	6	60.103	57.505	110	6	106.103	103.505	
	4	61.402	59.670		4	107.402	105.670	
	3	62.051	60.752		3	108.051	106.752	
	2	62.701	61.835		2	108.701	107.835	
	1.5	63.026	63.376		6	111.103	108.505	
65	4	62.402	60.670	115	4	112.402	110.670	
	3	63.051	61.752		3	113.051	111.752	
	2	63.701	62.835		2	113.701	112.835	
	1.5	64.026	63.376		6	116.103	113.505	
68	6	64.103	61.505	120	4	117.402	115.670	
	4	65.402	63.670		3	118.051	116.752	
	3	66.051	64.752		2	118.701	117.835	
	2	66.701	65.835		6	121.103	118.505	
	1.5	67.026	66.376		4	122.402	120.670	
70	6	66.103	63.505	125	3	123.051	121.752	
	4	67.402	65.670		2	123.701	122.835	
	3	68.051	66.752		6	126.103	123.505	
	2	68.701	67.835		4	127.402	125.670	
	1.5	69.026	68.376		3	128.051	126.752	
72	6	68.103	65.505	130	2	128.701	127.835	
	4	69.402	67.670		6	131.103	128.505	
	3	70.051	68.752		4	132.402	130.670	
	2	70.701	69.835		3	133.051	131.752	
	1.5	71.026	70.376		2	133.701	132.835	
75	4	72.402	70.670	140	6	136.103	133.505	
	3	73.051	71.752		4	137.402	135.670	
	2	73.701	72.835		3	138.051	136.752	
	1.5	74.026	73.376		2	138.701	137.835	
76	6	72.103	69.505	145	6	141.103	138.505	
	4	73.402	71.670		4	142.402	140.670	
	3	74.051	72.752		3	143.051	141.752	
	2	74.701	73.835		2	143.701	142.835	
	1.5	75.026	74.376		8	144.804	141.340	
78	2	76.700	75.835	150	6	146.103	143.505	
	6	76.103	73.505		4	147.402	145.670	
80	4	77.402	75.670		3	148.051	146.752	
	3	78.051	76.752		2	148.701	147.835	
	2	78.701	77.835	6	151.103	148.505		
	1.5	79.026	78.376	4	152.402	150.670		
82	2	80.701	79.835	155	3	153.051	151.752	
	6	81.103	78.505		8	154.804	151.340	
85	4	82.402	80.670		160	6	156.103	153.505
	3	83.051	81.752			4	157.402	155.670
	2	83.701	82.835	3		158.051	156.752	
	6	86.103	83.505	6		161.103	158.505	
90	4	87.402	85.670	165	4	162.402	160.670	
	3	88.051	86.752		3	163.051	161.752	
	2	88.701	87.835		8	164.804	161.340	
	6	86.103	83.505		170			



(续)

公称直径 (大径) $D, d$	螺 距 $P$	中 径 $D_2, d_2$	小 径 $D_1, d_1$	公称直径 (大径) $D, d$	螺 距 $P$	中 径 $D_2, d_2$	小 径 $D_1, d_1$
170	6	166.103	163.505	230	6	226.103	223.505
	4	167.402	165.670		4	227.402	225.670
	3	168.051	166.752		3	228.051	226.752
175	6	171.103	168.505	235	6	231.103	228.505
	4	172.402	170.670		4	232.402	230.670
	3	173.051	171.752		3	233.051	231.752
180	8	174.804	171.340	240	8	234.804	231.340
	6	176.103	173.505		6	236.103	233.505
	4	177.402	175.670		4	237.402	235.670
	3	178.051	176.752		3	238.051	236.752
185	6	181.103	178.505	245	6	241.103	238.505
	4	182.402	180.670		4	242.402	240.670
	3	183.051	181.752		3	243.051	241.752
190	8	184.804	181.340	250	8	244.804	241.340
	6	186.103	183.505		6	246.103	243.505
	4	187.402	185.670		4	247.402	245.670
	3	188.051	186.752		3	248.051	246.752
195	6	191.103	188.505	255	6	251.103	248.505
	4	192.402	190.670		4	252.402	250.670
	3	193.051	191.752	260	8	254.804	251.340
8	194.804	191.340	6		256.103	253.505	
200	6	196.103	193.505	265	4	257.402	255.670
	4	197.402	195.670		6	261.103	258.505
	3	198.051	196.752	4	262.402	260.670	
205	6	201.103	198.505	270	8	264.804	261.340
	4	202.402	200.670		6	266.103	263.505
	3	203.051	201.752		4	267.402	265.670
210	8	204.804	201.340	275	6	271.103	268.505
	6	206.103	203.505		4	272.402	270.670
	4	207.402	205.670	280	8	274.804	271.340
	3	208.051	206.752		6	276.103	273.505
215	6	211.103	208.505	285	4	277.402	275.670
	4	212.402	210.670		6	281.103	278.505
	3	213.051	211.752	4	282.402	280.670	
220	8	214.804	211.340	290	8	284.804	281.340
	6	216.103	213.505		6	286.103	283.505
	4	217.402	215.670		4	287.402	285.670
	3	218.051	216.752		6	291.103	288.505
225	6	221.103	218.505	295	4	292.402	290.670
	4	222.402	220.670		8	294.804	291.340
	3	223.051	221.752	6	296.103	293.505	
230	8	224.804	221.340	300	4	297.402	295.670

### 3.3 普通螺纹公差

#### 3.3.1 适用范围和代号

GB/T197—2003“普通螺纹 公差”标准规定了普通螺纹的公差和标记。适用于一般用途机械紧固螺纹联接，其螺纹本身不具有密封功能。

标准中所用各种代号及名称规定如下：

$D$ ——内螺纹的基本大径（公称直径）；

$d$ ——外螺纹的基本大径（公称直径）；

$D_2$ ——内螺纹的基本中径；

$d_2$ ——外螺纹的基本中径；

$D_1$ ——内螺纹的基本小径；

$d_1$ ——外螺纹的基本小径（在基本牙型上）

$d_3$ ——外螺纹的小径（见图 5.5-7）；

$P$ ——螺距；

$Ph$ ——导程；

$H$ ——原始三角形高度；

$S$ ——短旋合长度组；

$N$ ——中等旋合长度组；

$L$ ——长旋合长度组；

$T$ ——公差；

$T_{D_2}$ ——内螺纹中径公差；

$T_{d_2}$ ——外螺纹中径公差；

$T_{D_1}$ ——内螺纹小径公差；

- $T_d$ ——外螺纹大径公差;
- $EI$ ——内螺纹直径的下偏差(基本偏差);
- $ei$ ——外螺纹直径的下偏差;
- $ES$ ——内螺纹直径的上偏差;
- $es$ ——外螺纹直径的上偏差(基本偏差);
- $R$ ——外螺纹的牙底圆弧半径;
- $C$ ——外螺纹的牙底削平高度。

3.3.2 公差带

(1) 公差带的位置

螺纹的公差带是沿基本牙型均匀分布的牙型公差带,并在垂直于螺线轴线方向计量其公差和偏差值的

大小。公差带的位置是指公差带起始点离开基本牙型的距离,该距离被称之为基本偏差。普通螺纹的基本偏差主要用于容纳涂镀层和螺纹件的装配间隙,是选择公差带位置主要依据。并按下列规定选取内、外螺纹的公差带位置。

内螺纹:

G——其基本偏差(EI)为正值,见图 5.5-6a;

H——其基本偏差(EI)为零,见图 5.5-6b。

外螺纹:

e、f、g——其基本偏差(es)为负值,见图 5.5-7a;

7a;

h——其基本偏差(es)为零,见图 5.5-7b。

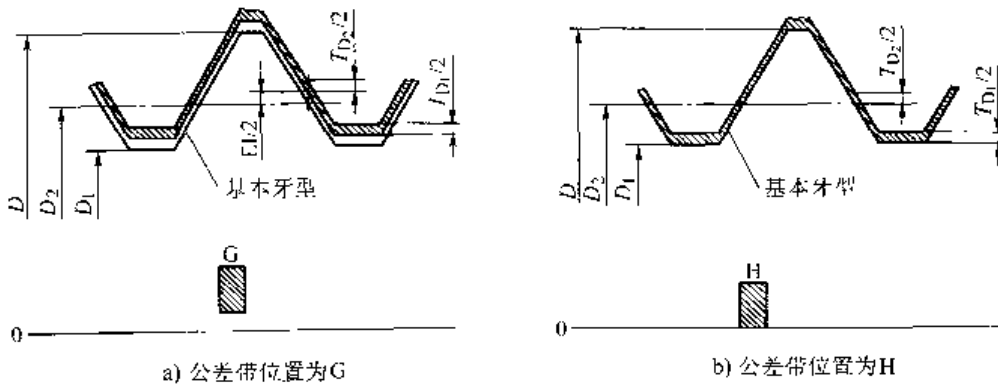
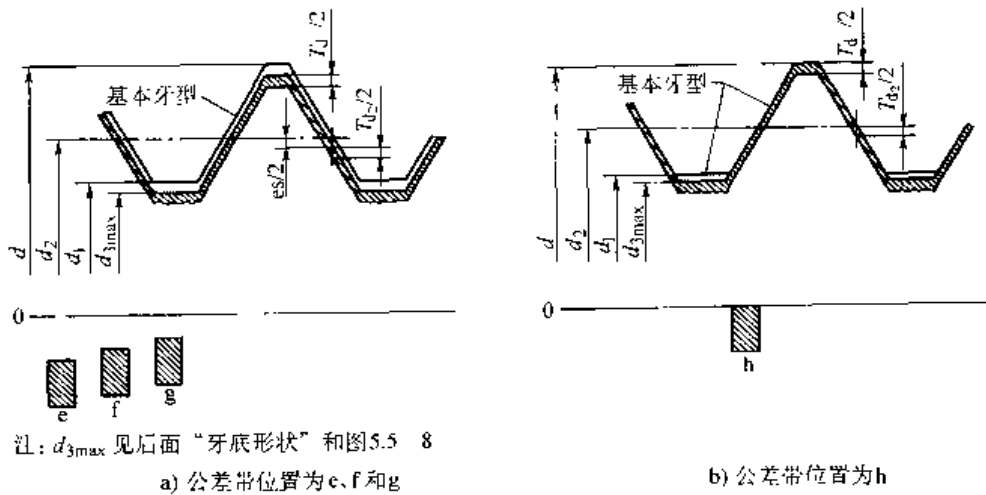


图 5.5-6 内螺纹公差带位置



注:  $d_{3max}$  见后面“牙底形状”和图 5.5-8

图 5.5-7 外螺纹公差带位置

基本偏差值见表 5.5-9。

(2) 公差等级

公差等级是以公差值的多少来区分的,它代表公差带的大小。

普通螺纹公差标准对内、外螺纹的顶径和中径均规定有公差。规定顶径公差的目的在于保证内、外螺纹旋合后能有足够的接触高度。中径公差是决定内、外螺纹配合性质的重要尺寸,是螺纹质量的关键所在。根据不同直径的不同作用,标准对螺纹

的中径和顶径规定有数量不等的公差等级。设计者应在下列规定中分别选取中径和顶径的公差等级。标准中没有规定内、外螺纹的底径公差,底径的尺寸是由工艺来保证的。

螺纹直径	公差等级
内螺纹小径 $D_1$	4、5、6、7、8
外螺纹大径 $d$	4、6、8
内螺纹中径 $D_2$	4、5、6、7、8
外螺纹中径 $d_2$	3、4、5、6、7、8、9

表 5.5-9 内外螺纹的基本偏差

螺 距 $P$	基 本 偏 差					
	内 螺 纹			外 螺 纹		
	$G$ $EI$	$H$ $EI$	$e$ $es$	$f$ $es$	$g$ $es$	$h$ $es$
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
0.2	+17	0	—	—	-17	0
0.25	+18	0	—	—	18	0
0.3	+18	0	—	—	18	0
0.35	+19	0	—	-34	19	0
0.4	+19	0	—	34	-19	0
0.45	+20	0	—	35	-20	0
0.5	+20	0	-50	36	-20	0
0.6	+21	0	-53	-36	-21	0
0.7	+22	0	-56	-38	-22	0
0.75	+22	0	-56	38	-22	0
0.8	+24	0	60	-38	24	0
1	+26	0	60	-40	-26	0
1.25	+28	0	-63	-42	28	0
1.5	+32	0	67	45	-32	0
1.75	+34	0	-71	18	-34	0
2	+38	0	-71	52	-38	0
2.5	+42	0	-80	58	-42	0
3	+48	0	-85	63	-48	0
3.5	-53	0	90	-70	-53	0
4	-60	0	95	-75	60	0
4.5	+63	0	-100	80	-63	0
5	+71	0	106	-85	-71	0
5.5	+75	0	112	-90	-75	0
6	+80	0	-118	-95	80	0
8	-100	0	-140	-118	-100	0

内螺纹小径 ( $D_2$ ) 的公差值见表 5.5-10

外螺纹大径 ( $d$ ) 的公差值见表 5.5-11

因螺纹接触高度不够, 顶径公差表内没有给出部分小螺距规格螺纹的顶径公差值。

内螺纹中径 ( $D_2$ ) 的公差值见表 5.5-12

外螺纹中径 ( $d_2$ ) 的公差值见表 5.5-13

因必须保证外螺纹中径公差不大于其顶径公差, 内螺纹中径公差不大于  $0.25P$ , 中径公差表内没有给出部分小螺距规格螺纹的中径公差值。

上述没有列出公差值的各级公差, 一般是不能采用的。

表 5.5-10 内螺纹小径公差 ( $T_{D1}$ )

螺 距 $P$	公 差 等 级				
	4	5	6	7	8
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
0.2	38	—	—	—	—
0.25	45	56	—	—	—
0.3	53	67	85	—	—
0.35	63	80	100	—	—
0.4	71	90	112	—	—
0.45	80	100	125	—	—
0.5	90	112	140	180	—
0.6	100	125	160	200	—
0.7	112	140	180	224	—
0.75	118	150	190	236	—
0.8	125	160	200	250	315
1	150	190	236	300	375
1.25	170	212	265	335	425
1.5	190	236	300	375	475
1.75	212	265	335	425	530

(续)

螺 距 $P$	公 差 等 级				
	4	5	6	7	8
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
2	236	300	375	475	600
2.5	280	355	450	560	710
3	315	400	500	630	800
3.5	355	450	560	710	900
4	375	475	600	750	950
4.5	425	530	670	850	1060
5	450	560	710	900	1120
5.5	475	600	750	950	1180
6	500	630	800	1000	1250
8	630	800	1000	1250	1600

表 5.5-11 外螺纹大径公差 ( $T_d$ )

螺 距 $P$	公 差 等 级		
	4	6	8
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
0.2	36	56	—
0.25	42	67	—
0.3	48	75	—
0.35	53	85	—
0.4	60	95	—
0.45	63	100	—
0.5	67	106	—
0.6	80	125	—
0.7	90	140	—
0.75	90	140	—
0.8	95	150	236
1	112	180	280
1.25	132	212	335
1.5	150	236	375
1.75	170	265	425
2	180	280	450
2.5	212	335	530
3	236	375	600
3.5	265	425	670
4	300	475	750
4.5	315	500	800
5	335	530	850
5.5	355	560	900
6	375	600	950
8	450	710	1180

表 5.5-12 内螺纹中径公差 ( $T_{D2}$ )

基本大径 $D$	螺距 $P$	公 差 等 级				
		4	5	6	7	8
大于	小于和等于	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
0.99	1.4	0.2	40	—	—	—
		0.25	45	56	—	—
		0.3	48	60	75	—
1.4	2.8	0.2	52	—	—	—
		0.25	48	60	—	—
		0.35	53	67	85	—
		0.4	56	71	90	—
		0.45	60	75	95	—
2.8	5.6	0.35	56	71	90	—
		0.5	63	80	100	125
		0.6	71	90	112	140
		0.7	75	95	118	150
		0.75	75	95	118	150
		0.8	80	100	125	160

(续)

基本大径 $D$		螺距 $P$	公差等级						
大于	小于和等于		4	5	6	7	8		
mm	mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		
5.6	11.2	0.75	85	106	132	170	—		
		1	95	118	150	190	236		
		1.25	100	125	160	200	250		
		1.5	112	140	180	224	280		
11.2	22.4	1	100	125	160	200	250		
		1.25	112	140	180	224	280		
		1.5	118	150	190	236	300		
		1.75	125	160	200	250	315		
		2	132	170	212	265	335		
22.4	45	2.5	140	180	224	280	355		
		1	106	132	170	212	—		
		1.5	125	160	200	250	315		
		2	140	180	224	280	355		
		3	170	212	265	335	425		
		3.5	180	224	280	355	450		
45	90	4	190	236	300	375	475		
		4.5	200	250	315	400	500		
		1.5	132	170	212	265	335		
		2	150	190	236	300	375		
		3	180	224	280	355	450		
		4	200	250	315	400	500		
90	180	5	212	265	335	425	530		
		5.5	224	280	355	450	560		
		6	236	300	375	475	600		
		2	160	200	250	315	400		
		3	190	236	300	375	475		
		4	212	265	335	425	530		
180	355	6	250	315	400	500	630		
		8	280	355	450	560	710		
		3	212	265	335	425	530		
		4	236	300	375	475	600		
5.6	11.2	1	56	71	90	112	140	180	224
		1.25	60	75	95	118	150	190	236
		1.5	67	85	106	132	170	212	265

表 5.5-13 外螺纹中径公差 ( $T_{d2}$ )

基本大径 $d$		螺距 $P$	公差等级						
大于	小于和等于		3	4	5	6	7	8	9
mm	mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
0.99	1.4	0.2	24	30	38	48	—	—	—
		0.25	26	34	42	53	—	—	—
		0.3	28	36	45	56	—	—	—
1.4	2.8	0.2	25	32	40	50	—	—	—
		0.25	28	36	45	56	—	—	—
		0.35	32	40	50	63	80	—	—
		0.4	34	42	53	67	85	—	—
		0.45	36	45	56	71	90	—	—
2.8	5.6	0.35	34	42	53	67	85	—	—
		0.5	38	48	60	75	95	—	—
		0.6	42	53	67	85	106	—	—
		0.7	45	56	71	90	112	—	—
		0.75	45	56	71	90	112	—	—
		0.8	48	60	75	95	118	150	190
5.6	11.2	0.75	50	63	80	100	125	—	—
		1	56	71	90	112	140	180	224
		1.25	60	75	95	118	150	190	236
		1.5	67	85	106	132	170	212	265

(续)

基本大径 $d$		螺距 $P$	公差等级						
大于	小于和等于		3	4	5	6	7	8	9
mm	mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
11.2	22.4	1	60	75	95	118	150	190	236
		1.25	67	85	106	132	170	212	265
		1.5	71	90	112	140	180	224	280
		1.75	75	95	118	150	190	236	300
		2	80	100	125	160	200	250	315
		2.5	85	106	132	170	212	265	335
22.4	45	1	63	80	100	125	160	200	250
		1.5	75	95	118	150	190	236	300
		2	85	106	132	170	212	265	335
		3	100	125	160	200	250	315	400
		3.5	106	132	170	212	265	335	425
		4	112	140	180	224	280	355	450
45	90	4.5	118	150	190	236	300	375	475
		1.5	80	100	125	160	200	250	315
		2	90	112	140	180	224	280	355
		3	106	132	170	212	265	335	425
		4	118	150	190	236	300	375	475
		5	125	160	200	250	315	400	500
90	180	5.5	132	170	212	265	335	425	530
		6	140	180	224	280	355	450	560
		2	95	118	150	190	236	300	375
		3	112	140	180	224	280	355	450
		4	125	160	200	250	315	400	500
		6	150	190	236	300	375	475	600
180	355	8	170	212	265	335	425	530	670
		3	125	160	200	250	315	400	500
		4	140	180	224	280	355	450	560
		6	160	200	250	315	400	500	630
5.6	11.2	8	180	224	280	355	450	560	710

3.3.3 旋合长度及其分组

旋合长度影响螺纹的公差精度，螺纹越长加工越困难，需给予更大的公差值。标准将螺纹的旋合长度分为短、中、长三组，分别用S、N、L表示，各组的长度范围见表 5.5-14。

表 5.5-14 螺纹的旋合长度 (mm)

基本大径 $D, d$		螺距 $P$	旋合长度			
大于	小于和等于		S	N		L
大于	小于和等于	小于和等于	大于	小于和等于	大于	
0.99	1.4	0.2	0.5	0.5	1.4	1.4
		0.25	0.6	0.6	1.7	1.7
		0.3	0.7	0.7	2	2
1.4	2.8	0.2	0.5	0.5	1.5	1.5
		0.25	0.6	0.6	1.9	1.9
		0.35	0.8	0.8	2.6	2.6
		0.4	1	1	3	3
		0.45	1.3	1.3	3.8	3.8
2.8	5.6	0.35	1	1	3	3
		0.5	1.5	1.5	4.5	4.5
		0.6	1.7	1.7	5	5
		0.7	2	2	6	6
		0.75	2.2	2.2	6.7	6.7
		0.8	2.5	2.5	7.5	7.5

(续)

基本大径 <i>D, d</i>		螺距 <i>P</i>	旋 合 长 度				
大于	小于和 等于		S		N		L
			小于和 等于	大于	小于和 等于	大于	
5.6	11.2	0.75	2.4	2.4	7.1	7.1	
		1	3	3	9	9	
		1.25	4	4	12	12	
		1.5	5	5	15	15	
11.2	22.4	1	3.8	3.8	11	11	
		1.25	4.5	4.5	13	13	
		1.5	5.6	5.6	16	16	
		1.75	6	6	18	18	
		2	8	8	24	24	
22.4	45	2.5	10	10	30	30	
		1	4	4	12	12	
		1.5	6.3	6.3	19	19	
		2	8.5	8.5	25	25	
		3	12	12	36	36	
		3.5	15	15	45	45	
45	90	4	18	18	53	53	
		4.5	21	21	63	63	
		1.5	7.5	7.5	22	22	
		2	9.5	9.5	28	28	
		3	15	15	45	45	
		4	19	19	56	56	
		5	24	24	71	71	
90	180	5.5	28	28	85	85	
		6	32	32	95	95	
		2	12	12	36	36	
		3	18	18	53	53	
		4	24	24	71	71	
		6	36	36	106	106	
180	355	8	45	45	132	132	
		3	20	20	60	60	
		4	26	26	80	80	
		6	40	40	118	118	
8	50	50	150	150			

3.3.4 公差精度及推荐公差带的应用

(1) 公差精度分级

螺纹的公差精度是衡量螺纹质量的综合指标。它不仅取决于螺纹的公差等级，还与螺纹的旋合长度密切相关，其重要程度可以在以后的内、外螺纹的推荐公差带表中得到体现。在国际标准中将其称之为公差质

量 (Tolerance quality)。普通螺纹公差标准根据使用场合将公差精度分为精密、中等和粗糙三个级别。

1) 精密级：用于精密螺纹，它能保证内、外螺纹间的配合性质变化较小；

2) 中等级：用于一般用途螺纹；

3) 粗糙级：用于制造螺纹有困难的情况，例如在热轧棒料上和深盲孔内加工螺纹。

(2) 推荐公差带及其选用原则

1) 一般情况下应按表 5.5-15 和表 5.5-16 的规定选取内、外螺纹的公差带，除特殊情况外，不宜选用推荐公差带表规定之外的公差带。

2) 如果不知道螺纹旋合长度的实际值，推荐按中等旋合长度 (N) 选取螺纹公差带。

3) 推荐公差带的优先选择顺序为：粗字体公差带、一般字体公差带、括号内的公差带。带方框的粗字体公差带用于大量生产的紧固件螺纹。

(3) 内、外螺纹公差带的组合

表 5.5-15 的内螺纹公差带能与表 5.5-16 的外螺纹公差带任意组合。但是，为了保证内、外螺纹间有足够的接触高度，推荐完工后的螺纹件优先组成 H/g、H/h、或 G/h 配合。对于公称直径小于 1.4mm 的螺纹应选用 5H/6h、4H/6h 或更精密的配合。

(4) 涂镀螺纹的公差带

如无特殊说明，推荐公差带适用于涂镀前的螺纹；涂镀后，螺纹实际轮廓上的任何点均不应超越由公差位置 H、h 所确定的最大实体牙型。

推荐公差带仅适用于具有较薄涂镀层的螺纹，例如电镀螺纹；而不适用于过厚涂层的螺纹，如热浸锡等。

表 5.5-15 内螺纹的推荐公差带

公差精度	公差带位置 G			公差带位置 H		
	S	N	L	S	N	L
精 密	-	-	-	4H	5H	6H
中 等	(5G)	<b>6G</b>	(7G)	5H	<b>6H</b>	7H
粗 糙	-	(7G)	(8G)	-	7H	8H

表 5.5-16 外螺纹的推荐公差带

公差精度	公差带位置 e			公差带位置 f			公差带位置 g			公差带位置 h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
精密	-	-	-	-	-	-	-	(4g)	(5g4g)	(3h4h)	<b>4h</b>	(5h4h)
中等	-	<b>6e</b>	(7e6e)	-	<b>6f</b>	-	(5g6g)	<b>6g</b>	(7g6g)	(5h6h)	6h	(7h6h)
粗糙	-	(8e)	(9e8e)	-	-	-	-	8g	(9g8g)	-	-	-

3.3.5 关于牙底形状的规定

1) 内、外螺纹牙底实际轮廓上的任何点不应超越按基本牙型和公差带位置所确定的最大实体牙型。该

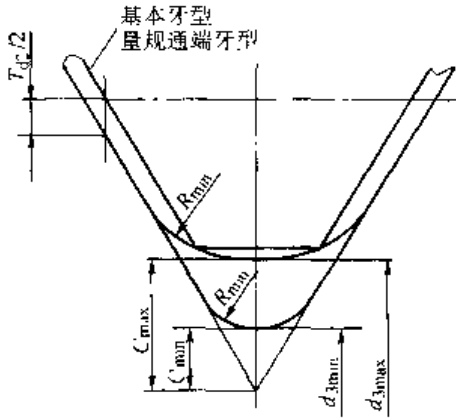
规定保证了内、外螺纹能够顺利地相旋合。

2) 为提高螺纹的抗疲劳强度，对机械性能（见 GB/T3098.1-2000 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱）高于和等于 8.8 级的紧固件，其外螺纹牙底轮廓

应没有反向圆弧，并且牙底各处的圆弧半径应不小于  $0.125P$ 。牙底最小圆弧半径 ( $R_{min}$ ) 值见表 5.5-17。具体形状见图 5.5 8。

由图可知，在最大的小径 ( $d_{3max}$ ) 位置处，两个  $R_{min}$  =  $0.125P$  的圆弧通过螺纹最大实体牙侧与量规 (符合 GB/T3934 的规定) 通端小径圆柱的交点，并且与螺纹最小实体牙侧相切。

最大削平高度  $C_{max}$  按下式计算：

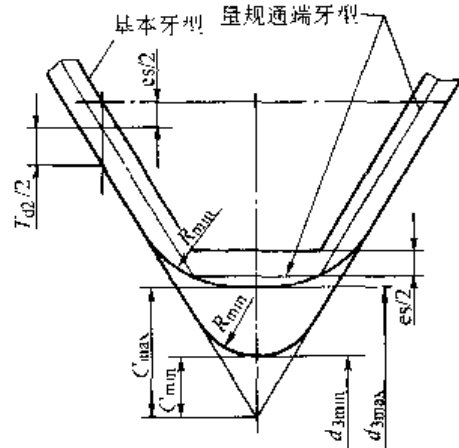


a) h 位置

$$C_{max} = \frac{H}{4} - R_{min} \left\{ 1 - \cos \left[ \frac{\pi}{3} - \arccos \left( 1 - \frac{T_{d2}}{4 \times R_{min}} \right) \right] \right\} + \frac{T_{d2}}{2}$$

最小削平高度  $C_{min}$  按下式计算：

$$C_{min} = 0.125P \approx \frac{H}{7}$$



b) e, f 和 g 位置

图 5.5-8 外螺纹牙底形状

a) h 位置 b) e, f, g 位置

表 5.5-17 外螺纹最小牙底圆弧半径

螺距 $P/mm$	$R_{min}$ $/\mu m$	螺距 $P/mm$	$R_{min}$ $/\mu m$
0.2	25	1.25	156
0.25	31	1.5	188
0.3	38	1.75	219
0.35	44	2	250
0.4	50	2.5	313
0.45	56	3	375
0.5	63	3.5	438
0.6	75	4	500
0.7	88	4.5	563
0.75	94	5	625
0.8	100	5.5	688
1	125	6	750
		8	1000

3) 对于机械性能等级低于 8.8 级的紧固件，其外螺纹牙底形状宜优先遵守机械性能等级等于和高于 8.8 级紧固件外螺纹牙底的相关要求，因为牙底圆弧对承受疲劳和冲击载荷的螺纹紧固件至关重要。但是除了外螺纹最大的小径应小于量规通端的最小小径之外，对外螺纹牙底没有其他要求。

4) 建议外螺纹牙底采用  $\frac{H}{6}$  削平，此时对应的牙底圆弧半径  $R=0.14434P$ 。并且以削平高度  $\frac{H}{6}$  作为外螺纹小径  $d_3$  应力计算的基础，相应的数值见 GB/

T2516。

### 3.3.6 螺纹标记

完整的螺纹标记由螺纹特征代号、尺寸代号、公差带代号及有必要进一步说明的其他个别信息组成。

(1) 螺纹特征代号用大写字母“M”表示，该字母代表米制一般用途普通螺纹。

(2) 螺纹尺寸代号中的尺寸单位全部为毫米。

1) 单线螺纹的尺寸代号为“公称直径×螺距”，对于粗牙螺纹可省略其螺距不标注，其标记示例如下：

M10×1 表示公称直径为 10mm，螺距为 1mm 的细牙螺纹

M10 表示公称直径为 10mm，螺距为 1.5mm 的粗牙螺纹 (省略其粗牙螺距)。

2) 多线螺纹的尺寸代号为“公称直径×Ph 导程 P 螺距”。如果要进一步表明螺纹的线数，可在后面增加括号用英语进行说明。其标记示例如下：

M36×Ph4P2 (twostarts) 表示公称直径为 36mm，导程为 4mm，螺距为 2mm 的双线螺纹。

(3) 公差带代号

公差带代号由中径公差带代号和顶径公差带代号两部分组成。中径公差带代号在前，顶径公差带代号在后。若两者相同，则只标记一组代号。写在尺寸代号的

后面,用“ ”分开。

各直径的公差带代号是由表示公差等级的数值和代表公差带位置的字母组成。内螺纹用大写字母、外螺纹用小写字母,并以此区分内、外螺纹。其标记示例如下:

M8×1-5h4h,表示中径公差带为5h,顶径公差带为4h的外螺纹;

M8 6H 表示中径公差带和顶径公差带均为6H的粗牙内螺纹(此例中省去了一组公差带代号和粗牙螺纹的螺距)。

对于公差带代号仅有中等公差精度的下列情况可以略去其标记:

1) 公称直径小于和等于1.4mm的5H;公称直径大于和等于1.6mm的6H。

2) 公称直径小于和等于1.4mm的6h;公称直径大于和等于1.6mm的6g。

基于上述规定,M10将能代表中径公差带和顶径公差带均为6H。中等公差精度的粗牙内螺纹;或是中径公差带和顶径公差带均为6g的中等公差精度的粗牙外螺纹。

#### (4) 内、外螺纹的配合

表示内、外螺纹配合时,内螺纹公差带代号在前,外螺纹公差带代号在后,中间用一斜线分开,其示例如下:

M24×2-7H/8g,表示内螺纹公差带为7H与外螺纹公差带为8g的外螺纹组成配合。

根据各项标记的简化规定,当内螺纹公差带为6H,外螺纹公差带为6g时,它们的配合标记也将被省略,例如M8将代表M8-6H/6g。

#### (5) 有必要说明的其他信息的标记规定

1) 对短旋合长度或长旋合长度的螺纹,宜在公差带代号之后加注旋合长度代号“S”或“L”,用“-”与公差带代号分开,中等旋合长度的螺纹不标注旋合长度代号,例如:

M10×1-5H S为短旋合长度的内螺纹。

M5-7h6h-L为长旋合长度的外螺纹。

2) 对左旋螺纹,应在旋合长度代号之后加注左旋代号“LH”,用“-”与旋合长度代号分开。右旋螺纹不标注旋向代号,其示例如下:

M4×0.5-7h6h-L LH表示长旋合长度的左旋外螺纹。

M6-5G/5h6h-S·LH表示短旋合长度的左旋螺纹副。

#### (6) 繁、简螺纹标记的对比

总结一下在GB/T197-2003中规定的螺纹标记方法,最复杂和最简要的标记之间相差甚远,使用者要

根据具体场合,注意选择和区分。

1) 各项标记均未省略的标记如下:

M36×ph4p2 (two starts) -7H/7h6h L LH。

上述标记代表公称直径为36mm、导程为4mm,螺距为2mm,内螺纹公差带为7H,外螺纹公差带为7h6h,旋合长度为L、中等公差精度的左旋螺纹副。

2) 各项标记均省略后的标记如下:

M10

该标记代表公称直径为10mm、螺距为1.5mm、粗牙、单线、公差带为6H、中等旋合长度、中等公差精度的右旋内螺纹;或公差带为6g、中等旋合长度、中等公差精度的右旋外螺纹;或是公差带为6H/6g、中等旋合长度、中等公差精度的右旋螺纹副。至于到底是内螺纹、是外螺纹、还是螺纹副,则要根据具体情况而定。

### 3.3.7 标准中的公式

由中径、顶径公差计算式和基本偏差计算式计算得到的数值,需圆整到R40优先数系的最临近值。当出现小数时,此数要进一步圆整到最临近的整数。

为了给出均匀的公差系列值,会有个别数值不完全遵守上述原则,当按下列公式计算出的数值与公差表中所列数值有差异时,应以公差表中所列数值为准。

基本偏差计算式

$$EI_c = + (15 + 11P);$$

$$EI_H = 0;$$

$$es_e = - (50 + 11P);$$

$$es_f = - (30 + 11P);$$

$$es_g = - (15 + 11P);$$

$$es_h = 0$$

EI和es的单位为 $\mu\text{m}$ 、P的单位为mm。

注:当 $P=0.45\text{mm}$ 时, $es_e = - (50 + 11P)$ 不适用;当 $P \leq 0.3\text{mm}$ 时 $es_f = - (30 + 11P)$ 不适用。

顶径公差计算式

外螺纹大径的6级公差

$$T_d(6) = 180P^{\frac{2}{3}} - \frac{3.15}{\sqrt{P}}$$

$T_d$ 的单位为 $\mu\text{m}$ 、P的单位为mm。

外螺纹大径的4级和8级公差

$$T_d(4) = 0.63T_d(6)$$

$$T_d(8) = 1.6T_d(6)$$

内螺纹小径的6级公差

1) 当 $0.2\text{mm} \leq P \leq 0.8\text{mm}$ 时:

$$T_{D_1}(6) = 433P - 190P^{1.22}$$

2) 当 $P \geq 1\text{mm}$ 时:

$$T_{D_1}(6) = 230P^{0.7}$$

$T_{D_1}$  的单位为  $\mu\text{m}$ ,  $P$  的单位为  $\text{mm}$ 。

内螺纹小径的 4 级、5 级、7 级和 8 级公差:

$$T_{D_1}(4) = 0.63T_{D_1}(6)$$

$$T_{D_1}(5) = 0.8T_{D_1}(6)$$

$$T_{D_1}(7) = 1.25T_{D_1}(6)$$

$$T_{D_1}(8) = 1.6T_{D_1}(6)$$

中径公差计算式

外螺纹中径的 6 级公差:

$$T_{d_2}(6) = 90P^{0.4} \cdot d^{0.1}$$

式中  $d$  为各螺纹公称直径分段内首尾两数的几何平均值。 $T_{d_2}$  的单位为  $\mu\text{m}$ ,  $P$  和  $d$  的单位为  $\text{mm}$ 。

外螺纹中径的 3 级、4 级、5 级、7 级、8 级和 9 级公差:

$$T_{d_2}(3) = 0.5T_{d_2}(6);$$

$$T_{d_2}(4) = 0.63T_{d_2}(6);$$

$$T_{d_2}(5) = 0.8T_{d_2}(6);$$

$$T_{d_2}(7) = 1.25T_{d_2}(6);$$

$$T_{d_2}(8) = 1.6T_{d_2}(6);$$

$$T_{d_2}(9) = 2T_{d_2}(6);$$

$T_{d_2}$  值不得大于推荐公差带表内与它组合的相应大径的公差值。

内螺纹中径的 4 级、5 级、6 级、7 级和 8 级公差:

$$T_{D_2}(4) = 0.8T_{d_2}(6);$$

$$T_{D_2}(5) = 1.06T_{d_2}(6);$$

$$T_{D_2}(6) = 1.32T_{d_2}(6);$$

$$T_{D_2}(7) = 1.7T_{d_2}(6);$$

$$T_{D_2}(8) = 2.12T_{d_2}(6)。$$

$T_{D_2}$  值不得大于  $0.25P$ 。

旋合长度的计算式

$$l_{N_{\min}} \approx 2.24Pd^{0.2}$$

$$l_{N_{\max}} \approx 6.7Pd^{0.2}$$

式中的  $d$  为各螺纹公称直径分段内最靠近分段下限的,并符合 GB/T193 表中所规定的标准公称直径。 $l$ 、 $P$  和  $d$  的单位为  $\text{mm}$ 。

### 3.4 普通螺纹极限尺寸

#### 3.4.1 普通螺纹极限尺寸的计算

计算  $M24 \times 2-6H/6g$  的极限尺寸

1) 在表 5.5 8 中查取各直径的基本尺寸

$$d = D = 24\text{mm}$$

$$d_2 = D_2 = 22.701\text{mm}$$

$$d_1 = D_1 = 21.835\text{mm}$$

2) 内螺纹  $M24 \times 2-6H$  的极限尺寸,参看图 5.5-6b)图。

$$D_{\min} = D = 24\text{mm}$$

$$D_{2\min} = D_2 = 22.701\text{mm}$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} + T_{D_2} \text{ (在表 5.5-12 中查取)}$$

$$= (22.701 + 0.224)\text{mm} = 22.925\text{mm}$$

$$D_{1\max} = D_1 = 21.835\text{mm}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - T_{D_1} \text{ (在表 5.5-10 中查取)}$$

$$= (21.835 - 0.375)\text{mm} = 22.21\text{mm}$$

3) 外螺纹  $M24 \times 1-6g$  的极限尺寸,参看图 5.5-7a)图。

$$d_{\max} = d + es \text{ (在表 5.5-9 中查取)}$$

$$= (24 + 0.038)\text{mm} = 23.962\text{mm}$$

$$d_{\text{min}} = d_{\max} - T_d \text{ (在表 5.5-11 中查取)}$$

$$= (23.962 - 0.280)\text{mm} = 23.682\text{mm}$$

$$d_{2\max} = d_2 + es \text{ (在表 5.5-9 中查取)}$$

$$= (22.701 + 0.038)\text{mm} = 22.663\text{mm}$$

$$d_{2\min} = d_{2\max} - T_{d_2} \text{ (在表 5.5-13 中查取)}$$

$$= (22.663 - 0.170)\text{mm} = 22.493\text{mm}$$

$$d_{1\max} = d_1 - es \text{ (同中径)}$$

$$= (21.835 - 0.038)\text{mm} = 21.797\text{mm}$$

#### 3.4.2 普通螺纹常用极限尺寸标准

为了避免计算错误,普通螺纹标准中有多个极限尺寸标准(见表 5.5-2)供使用者直接查表选用。这里仅介绍两个最常用的极限尺寸标准。它们是根据 GB/T9144-2003“普通螺纹优选系列”标准规定的尺寸系列(见表 5.5 18)列出了其中最常用的中等精度和粗糙精度的极限尺寸。适用于一般用途机械紧固螺纹联接,其螺纹本身不具有密封功能。

表 5.5-18 普通螺纹的优选系列

(mm)

公称直径 $D, d$		螺距 $P$	
第 1 选择	第 2 选择	粗 牙	细 牙
1		0.25	
1.2		0.25	
	1.4	0.3	
1.6		0.35	
	1.8	0.35	
		0.4	
2.5		0.45	
3		0.5	
	3.5	0.6	
4		0.7	
5		0.8	
6		1	
	7	1	
8		1.25	1
10		1.5	1.25 1



(续)

公称直径 $D, d$		螺距 $P$	
第 1 选择	第 2 选择	粗 牙	细 牙
12		1.75	1.5 1.25
16	14	2	1.5
		2	1.5
20	18	2.5	2 1.5
		2.5	2 1.5
	22	2.5	2 1.5
24		3	2
		3	2
30	27	3.5	2
		3.5	2
36	33	4	3
		4	3
	39	4	3
42		4.5	3
		4.5	3
48	45	5	3
		5	3
	52	5	4
56		5.5	4
		5.5	4
	60	5.5	4
64		6	4
		6	4

1) GB/B9145—2003“普通螺纹 中等精度优选系列的极限尺寸”标准的有关规定如下:

① 粗牙内螺纹

公差精度:中等

旋合长度:中等

公差带:5H 用于公称直径小于和等于 1.4mm。

6H 用于公称直径大于 1.4mm。

粗牙内螺纹中径和小径的极限尺寸见表 5.5-19。

表 5.5-19 粗牙内螺纹中径和小径的极限尺寸

(mm)

螺纹	旋合长度		中径 $D_2$		中径 $D_1$	
	大于	大于和等于	max	min	max	min
M1	0.6	1.7	0.894	0.838	0.785	0.729
M1.2	0.6	1.7	1.094	1.038	0.985	0.929
M1.4	0.7	2	1.265	1.205	1.142	1.075
M1.6	0.8	2.6	1.458	1.373	1.321	1.221
M1.8	0.8	2.6	1.658	1.573	1.521	1.421
M2	1	3	1.830	1.740	1.679	1.567
M2.5	1.3	3.8	2.303	2.208	2.138	2.013
M3	1.5	4.5	2.775	2.675	2.599	2.459
M3.5	1.7	5	3.222	3.110	3.010	2.850
M4	2	6	3.663	3.545	3.422	3.242
M5	2.5	7.5	4.605	4.480	4.334	4.134
M6	3	9	5.500	5.350	5.153	4.917
M7	3	9	6.500	6.350	6.153	5.917
M8	4	12	7.348	7.188	6.912	6.647
M10	5	15	9.206	9.026	8.676	8.376
M12	6	18	11.063	10.863	10.441	10.106
M14	8	24	12.913	12.701	12.210	11.835
M16	8	24	14.913	14.701	14.210	13.835
M18	10	30	16.600	16.376	15.744	15.294
M20	10	30	18.600	18.376	17.744	17.294
M22	10	30	20.600	20.376	19.744	19.294

(续)

螺纹	旋合长度		中径 $D_2$		中径 $D_1$	
	大于	大于和等于	max	min	max	min
M24	12	36	22.316	22.051	21.252	20.752
M27	12	36	35.316	25.051	24.252	23.752
M30	15	45	28.007	27.727	26.771	26.211
M33	15	45	31.007	30.727	29.771	29.211
M36	18	53	33.702	33.402	32.270	31.670
M39	18	53	36.702	36.402	35.270	34.670
M42	21	63	39.392	39.077	37.799	37.129
M45	21	63	42.392	42.077	40.799	40.129
M48	24	71	45.087	44.752	43.297	42.587
M52	24	71	49.087	48.752	47.297	46.587
M56	28	85	52.783	52.428	50.796	50.046
M60	28	85	56.783	56.428	54.796	54.046
M64	32	95	60.478	60.103	58.305	57.505

② 粗牙外螺纹

公差精度:中等

旋合长度:中等

公差带:6h 用于公称直径小于和等于 1.4mm;6g 用于公称直径大于 1.4mm。

粗牙外螺纹大径和中径的极限尺寸见表 5.5-20。

表 5.5-20 粗牙外螺纹大径和中径的极限尺寸

(mm)

螺纹	旋合长度		大径 $d$		中径 $d_2$		牙底圆弧半径
	大于	大于和等于	max	min	max	min	
M1	0.6	1.7	1.000	0.933	0.838	0.785	0.031
M1.2	0.6	1.7	1.200	1.133	1.038	0.985	0.031
M1.4	0.7	2	1.400	1.325	1.205	1.149	0.038
M1.6	0.8	2.6	1.581	1.496	1.354	1.291	0.044
M1.8	0.8	2.6	1.781	1.696	1.554	1.491	0.044
M2	1	3	1.981	1.886	1.721	1.654	0.050
M2.5	1.3	3.8	2.480	2.380	2.188	2.117	0.056
M3	1.5	4.5	2.980	2.874	2.655	2.580	0.063
M3.5	1.7	5	3.479	3.354	3.089	3.004	0.075
M4	2	6	3.978	3.849	3.523	3.433	0.088
M5	2.5	7.5	4.976	4.846	4.456	4.361	0.100
M6	3	9	5.974	5.844	5.324	5.212	0.125
M7	3	9	6.974	6.844	6.324	6.212	0.125
M8	4	12	7.972	7.842	7.160	7.042	0.156
M10	5	15	9.968	9.838	8.994	8.862	0.188
M12	6	18	11.966	11.836	10.829	10.679	0.219
M14	8	24	13.962	13.832	12.663	12.503	0.250
M16	8	24	15.962	15.832	14.663	14.503	0.250
M18	10	30	17.958	17.828	16.334	16.164	0.313
M20	10	30	19.958	19.828	18.334	18.164	0.313
M22	10	30	21.958	21.828	20.334	20.164	0.313
M24	12	36	23.952	23.822	22.003	21.803	0.375
M27	12	36	26.952	26.822	25.003	24.803	0.375
M30	15	45	29.947	29.822	27.674	27.462	0.438
M33	15	45	32.947	32.822	30.674	30.462	0.438
M36	18	53	35.940	35.815	33.342	33.118	0.500
M39	18	53	38.940	38.815	36.342	36.118	0.500
M42	21	63	41.937	41.812	39.014	38.778	0.563
M45	21	63	44.937	44.812	42.014	41.778	0.563
M48	24	71	47.929	47.804	44.681	44.431	0.625

(续)

螺纹	旋合长度		大径 $d$		中径 $d_2$		牙底圆弧半径 $\min^*$
	大于	大于和等于	max	min	max	min	
M52	24	71	51.929	51.399	48.681	48.131	0.625
M56	28	85	55.925	55.365	52.353	52.088	0.688
M60	28	85	59.925	59.365	56.353	56.088	0.688
M64	32	95	63.920	63.320	60.023	59.743	0.750

\* 其数值同表 5.5-17 的规定

## ③ 细牙内螺纹

公差精度:中等

旋合长度:中等

公差带:6H

细牙内螺纹中径和小径的极限尺寸见表 5.5-21。

## ④ 细牙外螺纹

公差精度:中等

旋合长度:中等

公差带:6g

细牙外螺纹大径和中径的极限尺寸见表 5.5-22。

表 5.5-21 细牙内螺纹中径和小径的极限尺寸

(mm)

螺 纹	旋合长度		中径 $D_2$		小径 $D_1$		螺 纹	旋合长度		中径 $D_2$		小径 $D_1$	
	大于	大于和等于	max	min	max	min		大于	大于和等于	max	min	max	min
M8×1	3	9	7.500	7.350	7.153	6.917	M22×2	5.6	16	20.913	20.701	20.210	19.835
M10×1	4	12	9.500	9.350	9.153	8.917	M24×2	8.5	25	22.925	22.701	22.210	21.835
M10×1.25	4	12	9.348	9.188	8.912	8.647	M27×2	8.5	25	25.925	25.701	25.210	24.835
M12×1.25	4.5	13	11.368	11.188	10.912	10.647	M30×2	8.5	25	28.925	28.701	28.210	27.835
M12×1.5	4.5	13	11.216	11.026	10.676	10.376	M33×2	8.5	25	31.925	31.701	31.210	30.752
M14×1.5	5.6	16	13.216	13.026	12.676	12.376	M36×2	12	36	34.316	34.051	33.252	32.752
M16×1.5	5.6	16	15.216	15.026	14.676	14.376	M39×3	12	36	37.316	37.051	36.252	35.752
M18×1.5	5.6	16	17.216	17.026	16.676	16.376	M42×3	12	36	40.316	40.051	39.252	38.752
M18×2	5.6	16	16.913	16.701	16.210	15.835	M45×3	12	36	43.316	43.051	42.252	41.752
M20×1.5	5.6	16	19.216	19.026	18.676	18.376	M48×3	15	45	46.331	46.051	45.252	44.752
M20×2	5.6	16	18.913	18.701	18.210	17.835	M52×4	19	56	49.717	49.402	48.270	47.670
M22×1.5	5.6	16	21.216	21.026	20.676	20.376	M56×4	19	56	53.717	53.402	52.270	51.670
							M60×4	19	56	57.717	57.402	56.270	55.670
							M64×4	19	56	61.717	61.402	60.270	59.670

表 5.5-22 细牙外螺纹大径和中径的极限尺寸

(mm)

螺 纹	旋合长度		中径 $d_2$		中径 $d_1$		牙底圆弧半径 $\min^{\text{①}}$
	大于	大于和等于	max	min	max	min	
M8×1	3	9	7.974	7.794	7.324	7.212	0.125
M10×1	4	12	9.974	9.794	9.324	9.212	0.125
M10×1.25	4	12	9.972	9.760	9.160	9.042	0.156
M12×1.25	4.5	13	11.972	11.760	11.160	11.028	0.156
M12×1.5	4.5	13	11.968	11.732	10.994	10.854	0.188
M14×1.5	5.6	16	13.968	13.732	12.994	12.854	0.188
M16×1.5	5.6	16	15.968	15.732	14.994	14.854	0.188
M18×1.5	5.6	16	17.968	17.732	16.994	16.854	0.188
M18×2	5.6	16	17.962	17.682	16.663	16.503	0.250
M20×1.5	5.6	16	19.968	19.732	18.994	18.854	0.188
M20×2	5.6	16	19.962	19.682	18.663	18.503	0.250
M22×1.5	5.6	16	21.968	21.732	20.994	20.854	0.188
M22×2	5.6	16	21.962	21.682	20.663	20.503	0.250
M24×2	8.5	25	23.962	23.682	22.663	22.493	0.250
M27×2	8.5	25	26.962	26.682	25.663	25.493	0.250
M30×2	8.5	25	29.962	29.682	28.663	28.493	0.250
M33×2	8.5	25	32.962	32.682	31.663	31.493	0.250
M36×3	12	36	35.952	35.577	34.003	33.803	0.375
M39×3	12	36	38.952	38.577	37.003	36.803	0.375
M42×3	12	36	41.952	41.577	40.003	39.803	0.375
M45×3	12	36	44.952	44.577	43.003	42.803	0.375
M48×3	15	45	47.952	47.577	46.003	45.791	0.375
M52×4	19	56	51.940	51.465	49.342	49.106	0.500
M56×4	19	56	55.940	55.465	53.342	53.106	0.500
M60×4	19	56	59.940	59.465	57.342	57.106	0.500
M64×4	19	56	63.940	63.465	61.342	61.106	0.500

① 其数值同表 5.5-17 的规定

2) GB/T9146 2003 “普通螺纹 粗糙精度优选系列的极限尺寸”标准的有关规定如下:

① 粗糙精度、中等旋合长度 7H 公差带的粗牙内螺纹中径和小径的极限尺寸见表 5.5-23。

表 5.5 23 粗牙内螺纹中径和小径的极限尺寸

(mm)

螺纹	旋合长度		中径 $D_2$		小径 $D_1$	
	大于	大于和等于	max	min	max	min
M3	1.5	4.5	2.800	2.675	2.639	2.459
M3.5	1.7	5	3.250	3.110	3.050	2.850
M4	2	6	3.695	3.545	3.466	3.242
M5	2.5	7.5	4.640	4.480	4.381	4.134
M6	3	9	5.540	5.350	5.217	4.917
M7	3	9	6.540	6.350	6.217	5.917
M8	4	12	7.388	7.188	6.982	6.647
M10	5	15	9.250	9.026	8.751	8.376
M12	6	18	11.113	10.863	10.531	10.106
M14	8	24	12.966	12.701	12.310	11.835
M16	8	24	14.966	14.701	14.310	13.835
M18	10	30	16.656	16.376	15.854	15.294
M20	10	30	18.656	18.376	17.834	17.291
M22	10	30	20.656	20.376	19.834	19.294
M24	12	36	22.386	22.051	21.382	20.752
M27	12	36	25.386	25.051	24.382	23.752
M30	15	45	28.082	27.727	26.921	26.211
M33	15	45	31.082	30.727	29.921	29.211
M36	18	53	33.777	33.402	32.470	31.670
M39	18	53	36.777	36.402	35.420	34.670
M42	21	63	39.477	39.077	37.979	37.129
M45	21	63	42.477	42.077	40.979	40.129
M48	24	71	45.177	44.752	43.487	42.387
M52	24	71	49.177	48.752	47.487	46.587
M56	28	85	52.878	52.428	50.996	50.046
M60	28	85	56.878	56.428	54.996	54.046
M64	32	95	60.578	60.103	58.505	57.505

② 粗糙精度、中等旋合长度、6g 公差带的粗牙外螺纹大径和中径的极限尺寸见表 5.5-24。

表 5.5-24 粗牙外螺纹大径和中径的极限尺寸

(mm)

螺纹	旋合长度		大径 $d$		中径 $d_2$		牙底圆弧半径
	大于	大于和等于	max	min	max	min	
M5	2.5	7.5	4.976	4.740	4.456	4.306	0.100
M6	3	9	5.974	5.694	5.324	5.144	0.125
M7	3	9	6.974	6.694	6.324	6.144	0.125
M8	4	12	7.972	7.637	7.160	6.970	0.156
M10	5	15	9.968	9.593	8.994	8.782	0.188
M12	6	18	11.966	11.541	10.829	10.593	0.219
M14	8	24	13.962	13.512	12.663	12.413	0.250
M16	8	24	15.962	15.512	14.663	14.413	0.250
M18	10	30	17.958	17.428	16.334	16.069	0.313
M20	10	30	19.958	19.428	18.334	18.069	0.313
M22	10	30	21.958	21.428	20.334	20.069	0.313
M24	12	36	23.952	23.352	22.003	21.688	0.375
M27	12	36	26.952	26.352	25.003	24.688	0.375
M30	15	45	29.947	29.277	27.674	27.339	0.438

(续)

螺纹	旋合长度		大径 $d$		中径 $d_2$		牙底圆弧半径
	大于	大于和等于	max	min	max	min	
M33	15	45	32.947	32.277	30.674	30.339	0.438
M36	18	53	35.940	35.190	33.342	32.987	0.500
M39	18	53	38.940	38.190	36.342	35.987	0.500
M42	21	63	41.937	41.137	39.014	38.639	0.563
M45	21	63	44.937	44.137	42.014	41.639	0.563
M48	24	71	47.929	47.079	44.681	44.281	0.625
M52	24	71	51.929	51.079	48.681	48.281	0.625
M56	28	85	55.925	55.025	52.353	51.928	0.688
M60	28	85	59.925	59.025	56.353	55.928	0.688
M64	32	95	63.920	62.970	60.023	59.573	0.750

、其数值同表 5.5 17 的规定。

## 4 过渡配合螺纹

### 4.1 过渡配合螺纹的性质和用途

内、外螺纹配合后其中径尺寸具有过渡配合性质的螺纹称为过渡配合螺纹。利用中径的这种尺寸关系可将外螺纹固定于螺孔之中，例如用于双头螺柱固定于机体的一端，以防止当扭开螺柱另一端的螺母时螺柱从机体中脱出。

### 4.2 过渡配合螺纹的牙型和尺寸

过渡配合螺纹采用了与普通螺纹完全相同的基本牙型(参看图 5.5-1)，即由原始三角形为 60°等边三角形在大径和小径处分别削去  $\frac{H}{8}$  和  $\frac{H}{4}$  所构成。同时推荐在外螺纹(如双头螺柱)上采用 GB/T197-2003 “普通螺纹公差”标准中规定的圆弧形牙底(参看图 5.5-8)，这对提高外螺纹的强度和延长其使用寿命都是非常有效的。

过渡配合螺纹选用了普通螺纹的部分尺寸，其直径与螺距系列见表 5.5-25。由于这些规格均符合普通螺纹的尺寸规定，所以其大、中、小径的基本尺寸可在普通螺纹的基本尺寸表(见表 5.5-8)中查取。

表 5.5-25 过渡配合螺纹直径与螺距系列

(GB/T1167-1996) (mm)

公称直径		螺距	
第一系列	第二系列	粗牙	细牙
5		0.8	
6		1	
8		1.25	1
10		1.5	1.25
12		1.75	1.25
	14	2	1.5
16		2	1.5
	18	2.5	1.5
20		2.5	1.5

(续)

公称直径		螺距	
第一系列	第二系列	粗牙	细牙
24	22	2.5	1.5
		3	2
30	27	3	
		3.5	
36	33	3.5	
		4	
	39	4	

### 4.3 过渡配合螺纹的公差带

#### (1) 内螺纹公差带

过渡配合中的内螺纹采用了普通螺纹 H 位置的

标准公差带, 中径公差带分为 3H、4H 和 5H 三种, 其顶径公差带均为 5H。这样就省去了为过渡配合内螺纹制造专用工、量具的麻烦。

#### (2) 外螺纹公差带

由于内螺纹选用了普通螺纹规定的标准公差带, 过渡配合螺纹所需要的各种间隙或过盈均依赖于改变外螺纹的中径尺寸来完成, 因此必须在过渡配合螺纹标准中规定专门用于过渡配合外螺纹的公差带, 它们分别是: 4kj、3k 和 2km。这些公差带都是普通螺纹所没有的。外螺纹的小径公差均为 6h。

上述内、外螺纹的公差带位置及其极限偏差见图 5.5-9 及表 5.5-26、表 5.5-27。

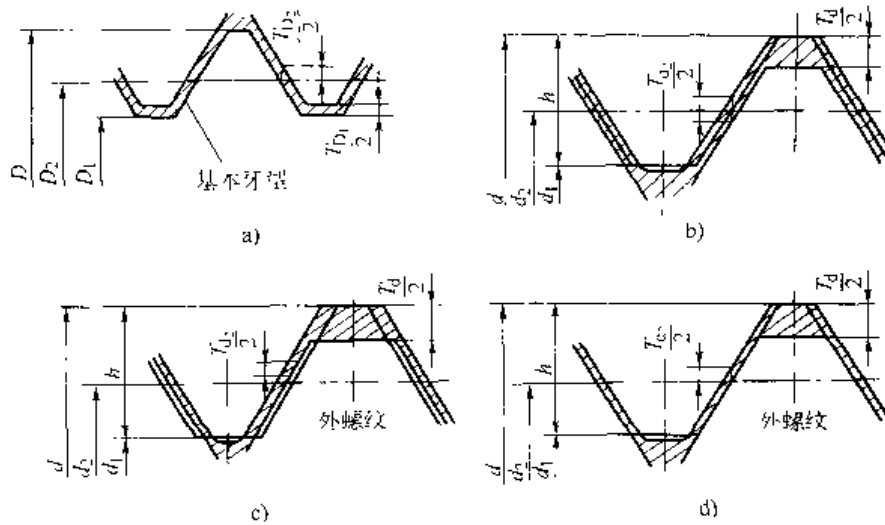


图 5.5-9 过渡配合螺纹的公差带

- a) 内螺纹公差带 3H、4H、5H
- b) 外螺纹公差带 4kj
- c) 外螺纹公差带 2km
- d) 外螺纹公差带 3k

表 5.5-26 内螺纹公差带的极限偏差

(GB/T1167—1996) (μm)

直径 <i>d</i> /mm	螺距 <i>p</i> /mm	中 径			小径 5H		
		上 偏 差	下 偏 差	上 偏 差	下 偏 差		
		3H	4H	5H	3H, 4H, 5H	上 偏 差	下 偏 差
5	0.8	+63	-80	+100	0	+160	0
6	1	+75	-95	+118	0	+190	0
8	1.25	+80	-100	+125	0	+212	0
	1	+75	+95	+118	0	+190	0
10	1.5	+90	+112	+140	0	+236	0
	1.25	+80	+100	+125	0	+212	0
12	1.75	+100	+125	+160	0	+265	0
	1.25	+90	+112	+140	0	+212	0
14	2	+106	+132	+170	0	+300	0
	1.5	+95	+118	+150	0	+236	0
16	2	+106	+132	+170	0	+300	0
	1.5	+95	+118	+150	0	+236	0
18	2.5	+112	+140	+180	0	+355	0
	1.5	+95	+118	+150	0	+236	0
20	2.5	+112	+140	+180	0	+355	0
	1.5	+95	+118	+150	0	+236	0

(续)

直径 <i>d</i> mm	螺距 <i>p</i> /mm	中 径				小径 5H	
		上 偏 差	下 偏 差	上 偏 差	下 偏 差		
		3H	4H	5H	3H, 4H, 5H	上 偏 差	下 偏 差
22	2.5	-112	-140	-180	0	-355	0
	1.5	-95	-118	-150	0	+236	0
24	3	-132	-170	+212	0	+400	0
	2	+112	+140	+180	0	+300	0
27	3	-132	+170	+212	0	+400	0
30	3.5	-140	+180	+224	0	+450	0
33	3.5	+140	-180	-224	0	+450	0
36	4	+150	-190	-236	0	+475	0
39	4	+150	+190	+236	0	+475	0

表 5.5-27 外螺纹公差带的极限偏差

(GB/T1167—1996) (μm)

直径 <i>d</i> mm	螺距 <i>p</i> /mm	中 径			大径 6h		
		上 偏 差	下 偏 差	上 偏 差	下 偏 差		
		3k, 2km, 4kj	3k	2km	4kj	上 偏 差	下 偏 差
5	0.8	-18	0	+10	-12	0	-150
6	1	-36	0	+11	-15	0	180

(续)

直径 <i>d</i> /mm	螺距 <i>p</i> /mm	中 径			大径 6 <i>h</i>		
		上 偏 差 3 <i>k</i> , 2 <i>km</i> , 4 <i>kj</i>	下 偏 差 3 <i>k</i> , 2 <i>km</i> , 4 <i>kj</i>		上偏 差	下偏 差	
8	1.25	-60	0	+12	-15	0	212
	1	-55	0	+11	-15	0	-180
10	1.5	-67	0	+14	-18	0	236
	1.25	+60	0	-12	-15	0	-212
12	1.75	+75	0	-15	-20	0	-263
	1.25	+67	0	-14	-18	0	212
14	2	+80	0	+17	-20	0	280
	1.5	+71	0	+15	-19	0	236
16	2	+80	0	+17	-20	0	-280
	1.5	-71	0	-15	-19	0	-236
18	2.5	-85	0	+18	-21	0	335
	1.5	-71	0	+15	-19	0	236
20	2.5	+85	0	-18	-21	0	-335
	1.5	+71	0	-15	-19	0	-236
22	2.5	+85	0	-18	-21	0	-335
	1.5	+71	0	+15	-19	0	-236
24	3	+100	0	+20	-25	0	-375
	2	+85	0	+18	-21	0	280
27	3	+100	0	-20	-25	0	375
30	3.5	+106	0	-21	-26	0	-425
33	3.5	+106	0	-21	-26	0	425
36	4	-112	0	+22	-28	0	475
39	4	-112	0	+22	-28	0	-475

#### 4.4 公差带的组合及适用场合

过渡配合螺纹的选用公差带是成组推荐的。标准规定一般情况下应优先选用 4H/4*kj*，其次是 4H/3*k* 或 5H/3*k*。对于精度有较高要求的场合或希望中径有较可靠的防松性能时应考虑采用 4H/2*km* 或 3H/3*k*。当机体材料较软(如钢螺栓旋入铝机体)时采用较紧密的配合尤为必要。内、外螺纹各种公差带之间的相对关系如图 5.5-10 所示。

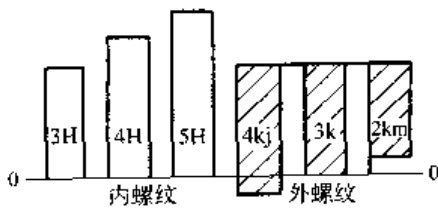


图 5.5-10 内、外螺纹各种公差带间的关系

#### 4.5 过渡配合螺纹的标记

过渡配合螺纹的标记由螺纹代号和中径公差带代号组成。由于其基本牙型、直径与螺距系列均取自普通螺纹，所以其螺纹代号(包括用字母 M 代表螺纹的牙型特征和用直径×螺距表示尺寸)与普通螺纹相同。与普通螺纹的区别在于有关公差带标记的不同规定。过渡配合螺纹虽然也有中径和顶径两组公差带，但其顶

径公差带却是固定不变的，即内螺纹的小径永远是 3H，而外螺纹大径永远是 6*h*。所以标准规定过渡配合螺纹只标记中径公差带。其具体示例如下：

内螺纹：M12×1.25 4H

左旋外螺纹：M24×2LH-3*k*

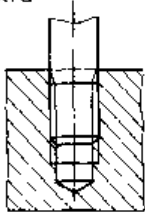
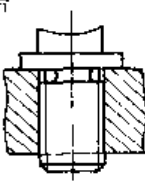
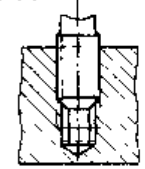
螺纹副：M16×1.5 3H/3*k*

与普通螺纹相比，过渡配合螺纹没有 L 组和 S 组螺纹，由于其长度均为 N 组，故标记中不出现旋合长度的代号。值得注意的是当过渡配合的内螺纹公差带为 3H 和 4H 时，实际上相当于普通螺纹的 3H5H 和 4H5H，在无法确认为过渡配合螺纹的场合，最好仍标记为 3H5H 和 4H5H，以免产生误解。至于过渡配合的外螺纹，其公差带都是普通螺纹所没有的，所以不存在相混淆的问题。

#### 4.6 过渡配合螺纹与辅助锁紧结构

在产品装配中过渡配合螺纹经常会出现过松或过紧的情况，过松时螺柱被带出机体；过紧时拧入困难，严重影响装配效率。其实这一现象是过渡配合螺纹本身的性质决定的，是不可避免的。解决的办法就是缩小公差，提高制造精度，使所有的零件尺寸都处在很小的过盈配合范围内，从而保证配合质量和装配效率。但是这样就加大了工艺难度、增加了成本。为了减轻中径尺寸的制造压力，近年来许多国家采用了辅助锁紧装置来解决过松现象，并放大间隙以避免过紧现象的产生。我国于 1996 年颁布的过渡配合螺纹标准 GB/T 1167-1996 就采用了这样的思路，推荐了辅助锁紧方式(见表 5.5-28)。

表 5.5 28 辅助锁紧方式

辅助锁紧型式	机体材料	备 注
1. 螺纹收尾 	钢、铸铁和铝合金等	螺尾锁紧是一种最常用的锁紧形式 用于透孔和不通孔 不适合用于动载荷较高的场合 螺尾的最大轴向长度为 2.5 <i>P</i>
2. 平凸台 	铝合金等	用于透孔和不通孔。凸台端面应与螺纹轴线垂直。其直径应不小于 1.5 <i>d</i>
3. 端面顶尖 	钢、铸铁和铝合金等	用于不通孔 顶尖的光滑圆柱直径应小于内螺纹的小径。顶尖的圆锥角应与麻花钻钻头的刃角重合

(续)

辅助锁紧型式	机体材料	备注
4. 厌氧型螺纹锁固密封剂	钢、铸铁和铝合金等	涂于螺纹表面, 具有锁固和密封功能。与前三中辅助锁紧形式结合使用, 可使螺母的承载能力进一步地提高

#### 4.7 使用中的几点注意事项

1) 对于原有国内使用 GB/T1167-1974 中的第一种配合的产品, 推荐使用新标准中的 3H/3K, 因为该组公差带与旧标准的第一种配合非常接近。如果原有工艺比较稳定, 可不加任何改变即可过渡为新标准的 3H/3K, 并可采用最简便的螺尾锁紧结构以防松脱。旧标准中的第一种配合是使用最多的过渡配合螺纹, 第二和第三种配合由于过盈量太大本来就很少使用, 因此新标准的贯彻将不会给原有产品的生产和使用带来任何麻烦。

2) 过渡配合的内螺纹就是普通螺纹, 可采用与普通螺纹完全相同的办法进行验收。但过渡配合的外螺纹公差带则是普通螺纹所没有的, 为了能综合控制其各个单项要素, 必须制造过渡配合用的各种公差带的专用通规。另外由于外螺纹的中径尺寸是决定配合性质的关键所在, 为了得到中径的具体尺寸一般不使用止规, 而是采用三针法来测量其单一中径。当然也不排除供需双方协议使用的其他验收方法。

### 5 过盈配合螺纹

#### 5.1 过盈配合螺纹的性质和用途

过盈配合螺纹是指内、外螺纹配合后在中径上具有过盈配合性质的螺纹。它采用了与普通螺纹相同的基本牙型, 并从普通螺纹的直径与螺距系列中选取了部分尺寸做为过盈配合螺纹的尺寸。过盈配合螺纹利用其中径尺寸的过盈能将外螺纹牢固地固定于螺孔之中。如果说过渡配合螺纹还需要依赖于辅助锁紧结构帮助锁紧的话, 而过盈配合螺纹则完全不需要任何辅助锁紧。所以通常被用于功率较大、转数较高、振动较大的动力机械, 以及使用要求较严格或野外作业等条件下的工作机。

#### 5.2 过盈配合螺纹标准的制定原则

过盈配合螺纹标准的制定, 原则上应以内、外螺纹的材料及产品对扭矩的要求来决定螺纹中径的尺寸, 其中最大过盈应限于外螺纹不被扭断、内螺纹不被胀裂, 而最小过盈则应保证螺纹联结不松动。

与过渡配合螺纹一样, 当前各国都采用基孔制, 即使用普通螺纹中公差带为  $H$  位置的内螺纹, 其公差等级一般较过渡配合更高, 并另外规定外螺纹公差带, 以达到中径尺寸的过盈。从保证产品性能考虑, 内、外螺纹的公差值愈小, 螺纹的配合性质愈稳定。但是由于受到制造技术和效益的限制, 公差带不可能做得太小。在公差带大小适中的情况下要做到螺纹联结的性能稳定, 不松动、装配时不困难, 较为有效的办法就是分组装配。

#### 5.3 过盈配合螺纹标准的主要内容

##### 5.3.1 过盈配合螺纹的牙型和尺寸

1) 过盈配合螺纹的基本牙型应符合 GB/T192 的规定, 外螺纹设计牙型的牙底为圆滑连接的曲线, 并符合 GB/T197 对性能等级高于 8.8 级紧固件螺纹牙底的规定。牙底圆弧的最小半径不得小于  $0.125P$ 。

2) 直径与螺距系列和基本尺寸见表 5.5-29, 应优先选用表中第一系列的直径、对公称直径为 8mm 和 10mm 的螺纹, 应优先选用粗牙螺纹。

表 5.5-29 过盈配合螺纹的直径与螺距系列及其基本尺寸 (mm)

公称直径 $D, d$		螺距 $P$		中径 $D_2, d_2$	小径 $D_1, d_1$
第一系列	第二系列	粗牙	细牙		
5		0.8		4.480	4.134
6		1		5.350	4.917
8		1.25		7.188	6.647
			1	7.350	6.917
10		1.5		9.026	8.376
			1.25	9.188	8.647
12		1.5	1.25	11.026	10.376
			1.25	11.188	10.647
16	14	1.5		13.026	12.376
			1.5	15.026	14.376
20	18	1.5		17.026	16.376
			1.5	19.026	18.376

##### 5.3.2 过盈配合螺纹的公差

###### (1) 内螺纹公差带

内螺纹的中径公差带为 2H; 小径公差带为 4D 或 5D; 当螺距为 1.5mm 时小径的公差带为 4C 或 5C。机体材料为铝合金或镁合金时小径公差等级取 5 级; 机体材料为钢或钛合金时, 小径公差等级为 4 级。内螺纹的公差带如图 5.5-11。其基本偏差和公差值见表 5.5-30 和表 5.5-31。

###### (2) 外螺纹公差带

外螺纹中径公差带为 3P、3n 或 3m, 大径公差带为 6e, 当螺距  $P=1.5\text{mm}$  时大径公差为 6c。外螺纹公差带分布如图 5.5-12。其基本偏差和公差值见表 5.5-

30 和表 5.5-31。

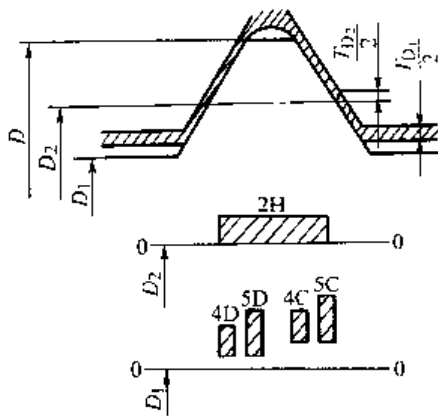


图 5.5-11 过盈配合内螺纹的公差带

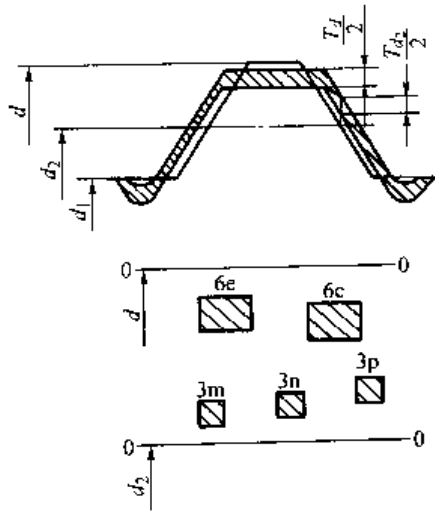


图 5.5-12 过盈配合外螺纹的公差带

表 5.5-30 过盈配合螺纹的基本偏差

螺距 P mm	内 螺 纹			外 螺 纹				
	中径 D <sub>2</sub>	小径 D <sub>1</sub>	大径 d	大径 d		中径 d <sub>2</sub>		
	下偏差 EI	下偏差 EI	上偏差 es	e	c	m	n	p
0.8	0	+90	-	-60	-	+24	+34	+18
1	0	+90	-	-60	-	+26	+38	+53
1.25	0	+95	-	-63	-	+28	+42	+56
1.5	0	-	+140	-	-140	+32	-45	+63

表 5.5-33 2H/3p 螺纹中径分组极限偏差

公称直径 D, d mm		螺距 P mm	外 螺 纹 3p				内 螺 纹 2H				中径径向过盈量 (平均)	
>	≠		es	3-2 交界	2-1 交界	ei	ES	3-2 交界	2-1 交界	EI	max	min
2.8	5.6	0.8	+96	+80	+64	+48	-50	+33	+16	0	64	31
		1	+109	+90	+71	+53	+60	+40	+20	0	70	31
5.6	11.2	1.25	+116	+96	+76	+56	+63	+42	+21	0	75	34
		1.5	+130	+108	+85	+63	-71	+47	-23	0	84	38
11.2	22.4	1.25	+123	+101	+78	+56	+71	-47	+23	0	77	31
		1.5	+134	+110	+86	+63	+75	+50	+25	0	85	36

表 5.5-31 过盈配合螺纹的公差 (μm)

公称直径 D, d mm		螺距 P mm	内 螺 纹			外 螺 纹	
>	≠		中径 T <sub>D2</sub>	小径 T <sub>D1</sub>		大径 T <sub>d</sub>	中径 T <sub>d2</sub>
2.8	5.6	0.8	50	125	160	150	48
		1	60	150	190	180	56
5.6	11.2	1.25	63	170	212	212	60
		1.5	71	190	236	236	67
11.2	22.4	1.25	71	170	212	212	67
		1.5	75	190	236	236	71

外螺纹的三种中径公差带是按机体材料来选取的,具体地对应关系及中径的分组数见表 5.5-32。

表 5.5-32 螺纹中径公差带及其分组数

内螺纹材料/ 外螺纹材料	内螺纹公差带/ 外螺纹公差带	中径公差带分组数
铝合金或镁合金/钢	2H/3p	3
钢/钢	2H/3n	4
钛合金/钢	2H/3m	4

(3) 螺纹中径公差带的分组

内、外螺纹中径公差带的分组位置见图 5.5-13。分组的极限偏差值列于表 5.5-33、表 5.5-34 和表 5.5-35。

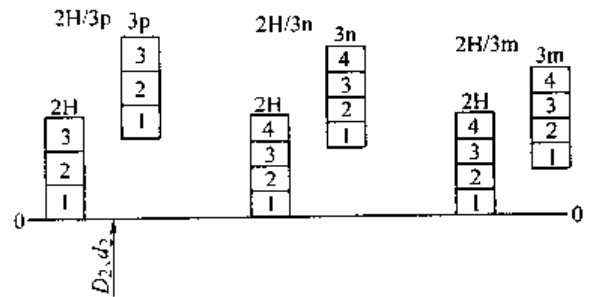


图 5.5-13 螺纹中径公差带分组位置

1) 上述三个表中“(n+1)-n”交界栏的数值是第(n+1)组公差带的下偏差和第n组公差带的上偏差。

2) 对于外螺纹,在螺纹轴向长度的中部按单一中径进行分组;对于内螺纹按作用中径进行分组。

(4) 螺纹其他要素的公差

表 5.5-34 2H/3n 螺纹中径分组极限偏差

( $\mu\text{m}$ )

公称直径 $D, d$ mm		螺距 $P$ mm	外 螺 纹 3n					内 螺 纹 2H					中径径向过盈量(平均)	
$>$	$\leq$		es	4-3 交界	3-2 交界	2-1 交界	ei	ES	4-3 交界	3-2 交界	2-1 交界	EI	max	min
2.8	5.6	0.8	+82	-70	+58	+46	+31	+50	+38	+25	+13	0	45	21
5.6	11.2	1	+94	-80	+66	+52	+38	+60	+45	+30	+16	0	50	21
		1.25	+102	+87	+72	+57	-42	+63	+47	+32	+16	0	56	25
		1.5	+112	+95	+78	+61	-45	+71	+53	+36	+18	0	60	25
11.2	22.4	1.25	+109	+92	+75	+58	+42	+71	+53	+36	+18	0	57	22
		1.5	+116	+98	+80	+62	+45	+75	+56	+38	+20	0	61	24

表 5.5-35 2H/3m 螺纹中径分组极限偏差

( $\mu\text{m}$ )

公称直径 $D, d$ mm		螺距 $P$ mm	外 螺 纹 3m					内 螺 纹 2H					中径径向过盈量(平均)	
$>$	$\leq$		es	4-3 交界	3-2 交界	2-1 交界	ei	ES	4-3 交界	3-2 交界	2-1 交界	EI	max	min
2.8	5.6	0.8	+72	+60	+48	+36	+24	+50	+38	+25	-13	0	35	11
5.6	11.2	1	+82	+68	+54	+40	-26	+60	+45	+30	+16	0	38	9
		1.25	-88	+73	+58	+43	+28	+63	+47	+32	+16	0	42	11
		1.5	+99	+82	+65	+48	+32	+71	+53	+36	+18	0	47	12
11.2	22.4	1.25	+95	+79	+62	+45	+28	+71	+53	+36	+18	0	44	9
		1.5	+103	+85	+67	+49	+32	+75	+56	+38	+20	0	48	11

螺距累积误差和牙侧角误差的极限偏差见表 5.5-36。

表 5.5-36 螺距累积偏差和牙侧角偏差

螺距 $P$ /mm	极限偏差	
	螺距/ $\mu\text{m}$	牙侧角( $''$ )
0.8	$\pm 12$	$\pm 40$
1		
1.25		
1.5	$\pm 16$	$\pm 30$

5.3.3 过盈配合螺纹的旋合长度

过盈配合螺纹标准所规定的螺纹公差仅适用于旋合长度符合表 5.5-37 规定的过盈配合螺纹。对于旋合长度过长或过短的过盈配合螺纹为满足标准规定的装配扭矩要求,需适当调整螺纹公差。

表 5.5-37 过盈配合螺纹的旋合长度

内螺纹机体材料	旋合长度
钢、钛合金	$1d \sim 1.25d$
铝合金、镁合金	$1.5d \sim 2d$

5.3.4 螺纹零件的其他技术要求

1) 表面质量 螺纹应具有光滑的表面,不得有影响使用的夹层、裂纹和毛刺。镀前外螺纹牙型表面粗糙度  $R_a$  值不得大于  $1.6\mu\text{m}$ ,内螺牙型表面粗糙度  $R_a$  值不得大于  $3.2\mu\text{m}$ 。

2) 倒角 为方便装配,外螺纹件的旋入端应倒圆或倒角,内螺纹件的螺孔应倒角。

3) 镀层 当外螺纹表面需要涂镀时,镀前尺寸应符合极限偏差表的要求。

5.3.5 装配质量要求

1) 清洁度 装配前应清除螺孔内的金属屑,硬粒和其他碎物。

2) 润滑 装配前应对螺纹进行良好的润滑。推荐优先对螺孔进行润滑,对外螺纹也可同时进行润滑。对盲孔螺纹润滑时,为防止对装配产生液压阻力,禁止使用过量的润滑液。

3) 扭紧过程 用手将外螺纹旋入螺孔,手感良好后再进行扳紧。应根据零件的材料、表面硬度和表面粗糙度的状况,选择适当的旋拧速度和暂停散热的时间、次数。应旋拧外螺纹到预定的深度。并严禁螺尾参与螺纹挤压配合。

4) 装配扭矩 装配时,应在同一分组组别内的内、外螺纹进行装配。螺纹的最终装配扭矩应满足表 5.5-38 的要求。在保证表中规定之扭矩的前提下,螺纹可不按分组进行装配。

表 5.5-38 螺纹装配扭矩 ( $\text{N} \cdot \text{m}$ )

螺纹规格 (公称直径 $\times$ 螺距)	2H/3p		2H/3n		2H/3m	
	max	min	max	min	max	min
$5 \times 0.8$	7.00	3.30	—	—	—	—
$6 \times 1$	12.00	5.00	15.00	7.70	14.80	5.40
$8 \times 1$	25.70	11.90	30.70	15.00	34.20	12.20
$8 \times 1.25$	24.10	10.30	33.80	17.80	37.10	15.10
$10 \times 1.25$	44.10	22.50	64.20	28.30	59.20	24.00
$10 \times 1.5$	46.90	23.60	65.10	26.90	62.80	25.00
$12 \times 1.25$	65.40	29.50	95.40	36.20	102.10	30.40
$12 \times 1.5$	72.10	34.30	100.90	40.00	112.80	37.40
$14 \times 1.5$	95.70	45.50	131.00	51.00	146.40	48.60
$16 \times 1.5$	128.70	61.00	178.40	70.00	199.50	66.20
$18 \times 1.5$	166.60	79.00	233.10	91.00	260.60	86.00
$20 \times 1.5$	201.60	95.00	277.70	110.00	310.50	103.00



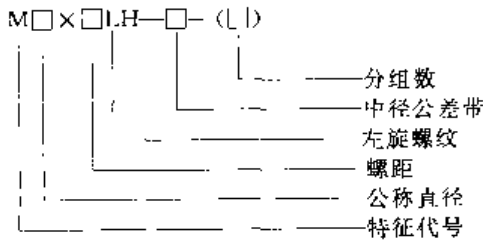
装配扭矩的计算式见附录 C(提示的附录)。

外螺纹:M8-3m(4)

螺纹副:M8 2H/3m(4)

5.3.6 过盈配合螺纹的标记

过盈配合螺纹的标记由螺纹特征代号(M)、螺纹尺寸代号(公称直径×螺距),中径公差带代号及其分组数组成。对粗牙螺纹,在螺纹尺寸代号中可不注出螺距值。对左旋螺纹,应在尺寸代号之后加注左旋代号“LH”。表示螺纹副时,应先注出内螺纹公差带代号,再注出外螺纹公差带代号,中间用斜线分开。



标记示例:

内螺纹:M8×1-2H(3);

5.4 过盈配合螺纹标准的各项附录

5.4.1 用于有色金属螺柱的过盈配合螺纹 (附录 A)

该附录规定了有色金属螺柱或钢制螺套旋入铝镁合金机体所采用的过盈配合螺纹。其技术要求如下:

1) 除螺纹中径公差带、中径分组数以及最终的装配扭矩要求不同外,附录中螺纹的其他技术要求同标准正文的相应要求完全一致。

2) 内、外螺纹的中径公差带分别为 2H 和 3m,其中径成组装配的分组数为 3 组。中径分组的极限偏差见表 5.5-39。

3) 螺纹装配的扭矩由产品设计者根据使用情况自行提出。

表 5.5-39 用于有色金属螺柱的 2H/3m 螺纹中径分组极限偏差 (μm)

公称直径 D、d /mm		螺距 P /mm	外 螺 纹 3m				内 螺 纹 2H				中径径向过盈量 (平均)	
>	≤		es	3-2 交界	2-1 交界	ei	ES	3-2 交界	2-1 交界	EI	max	min
2.8	5.6	0.8	+72	-56	+40	+24	+50	+33	+16	0	40	7
		1	+82	+63	+44	+26	+60	+40	+20	0	43	4
5.6	11.2	1.25	-88	+68	+48	+28	+63	+42	+21	0	47	6
		1.5	+99	+77	-55	+32	+71	+47	+23	0	54	8
11.2	22.4	1.25	+95	+73	+51	+28	+71	+47	+23	0	50	4
		1.5	-103	+80	+56	+32	+75	+50	+25	0	55	6

5.4.2 公差计算式(附录 B)

基本偏差计算式见表 5.5-40,中径和顶径的计算

表 5.5-40 基本偏差计算公式

内螺纹下偏差 EI	外螺纹中径下偏差 ei	外螺纹大径上偏差 es
$EI_H = 0$	$ei_m = -(15 - 11P)$	$es_e = -(50 + 11P)$
$EI_D = +(80 + 11P)$	$ei_n = +(22.5 + 16.5P)$	$es_c = -(125 + 11P)$
$EI_C = +(125 + 11P)$	$ei_p = -(30 + 22P)$	

注:EI,ei 和 es 的单位为 μm,P 的单位为 mm。

表 5.5-41 直径公差计算公式

直径	计算公式
外螺纹中径公差	$T_{D_2} = K \times 90P^{0.4} d^{0.1}$
内螺纹中径公差	$T_{D_2} = K \times 118P^{0.4} d^{0.1}$
外螺纹大径公差	$T_D = K(180P^{2.1} - 3.15P^{-1.2})$
内螺纹小径公差	$T_{D_1} = K(433P - 190P^{1.22})(P = 0.2 \sim 0.8)$
	$T_{D_1} = K \times 230P^{0.7}(P \geq 1)$

注:1.  $T_{D_2}$ 、 $T_{D_2}$ 、 $T_D$  和  $T_{D_1}$  的单位为 μm;P 和 d 的单位为 mm。

2. 式中的 d 取螺纹公称直径分段内首、尾两数的几何平均值。

式见表 5.5-41,公差等级数见表 5.5-42。公式计算出的数值需经系列均衡性、优先数和小数圆整处理。

表 5.5-42 公差等级系数 K

公差等级	2	3	4	5	6
K	0.4	0.5	0.63	0.8	1

5.4.3 装配扭矩计算式(附录 C)

1) 装配扭矩计算式:

$$T = \frac{n \cdot \pi \cdot \mu}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (C_1 + C_2) \cdot p$$

式中 n——旋合长度内的牙数;

$\mu$ ——内、外螺纹牙侧面间的摩擦系数;

$C_1 = \frac{AD_2(D_1^2 - D_2^2)}{D_1 + D_2}$ , ( $D_2$  和  $D_1$  分别为螺纹的中径和小径);

$C_2 = \frac{8D_2(D^3 - D_2^3)}{3(D + D_2)}$ , ( $D$  和  $D_2$  分别为螺纹的大径和中径)。

p——中径假想压力,(将螺纹配合假想成光滑

轴孔配合)；

① 当螺柱和机体的过盈变形都处于弹性变形范围时,中径假想压力为：

$$p = A \cdot \Delta$$

式中  $A \approx \frac{1}{\left\{ \frac{1}{E_1} (1 - \mu_1) + \frac{1}{E_2} \left( 1 + \mu_2 - \frac{2D_2^2}{b^2 - D_2^2} \right) \right\}} \cdot D_2$

$E_1, \mu_1$  和  $E_2, \mu_2$  分别为螺柱和机体材料的弹性模量及泊松比；

$b$  为机体的计算直径,可取 4~5 倍的  $D_2$ ；

$\Delta$  — 内、外螺纹间的总径向过盈量。

② 当螺柱处于弹性变形,机体处于弹塑性变形范围时：

螺柱上中径假想压力与变形的关系为：

$$p = \frac{E_1 \cdot \Delta_1}{(1 + \mu_1) D_2}$$

机体上中径假想压力与变形的关系为：

$$p = \sigma_{s2} \left( 1 - \frac{E_p}{E_2} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \ln \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\epsilon_s} \cdot \frac{\Delta_2}{D_2} \right) + E_p \cdot \frac{2}{3} \left( \frac{\Delta_2}{D_2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \epsilon_s \right) + \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_{s2}$$

式中  $\sigma_{s2}$  — 材料的屈服点；

$E_p$  — 材料的割线弹性模量；

$\epsilon_s$  — 材料的屈服应变。

螺柱变形量( $\Delta_1$ )与机体变形量( $\Delta_2$ )之和为总径向过盈量：

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

已知总过盈量,利用各式可算出中径假想压力。

2) 一般按表 5.5-43 推荐的平均摩擦系数( $\mu_i$ )代入公式计算装配扭矩。

表 5.5-43 内、外螺纹牙侧间的摩擦系数

螺距与直径 系列/mm	内螺纹材料/外螺纹材料					
	铝、镁合金/钢		钢/钢		钛合金/钢	
	max	min	max	min	max	min
5×0.8	0.035	0.025	0.035	0.030	0.055	0.050
6×1	0.035	0.025	0.035	0.030	0.055	0.050
8×1	0.035	0.025	0.035	0.030	0.065	0.060
8×1.25	0.035	0.025	0.035	0.030	0.065	0.060
10×1.25	0.035	0.025	0.045	0.030	0.065	0.060
10×1.5	0.035	0.025	0.045	0.030	0.065	0.060
12×1.25	0.035	0.025	0.045	0.030	0.075	0.065
12×1.5	0.035	0.025	0.045	0.030	0.075	0.065
14×1.5	0.035	0.025	0.045	0.030	0.075	0.065
16×1.5	0.035	0.025	0.045	0.030	0.075	0.065
18×1.5	0.035	0.025	0.045	0.030	0.075	0.065
20×1.5	0.035	0.025	0.045	0.030	0.075	0.065

螺纹牙侧表面间的摩擦系数受材料、表面粗糙度、润滑剂、热处理、表面涂镀、螺纹加工精度(各种形位误差)、螺纹规格等因素影响。必要时,用户可利用计算公

式,对特定条件下的过盈配合螺纹摩擦系数进行验证(已知总过盈量和装配扭矩,求摩擦系数)和调整。

## 6 以普通螺纹为基础的其他螺纹

### 6.1 光学仪器特种细牙螺纹

光学仪器特种细牙螺纹的牙型与普通螺纹相同,并采用了与普通螺纹相同的公差制,只在普通螺纹尺寸的基础上补充了用于光学仪器行业所要的特殊直径和较小螺距的螺纹。这是由于诸如镜头距离的调整,要求螺纹转动一周时产生较小的轴向移动,以达到微调的目的。

#### 6.1.1 光学仪器特种细牙螺纹的尺寸

(1) 光学仪器特种细牙螺纹的直径与螺距系列

见表 5.5-44。优先选用第一系列的直径,其次是第二系列、第三系列;对于同一公称直径,应在允许的范围内优先选用较大的螺距。

表 5.5-44 特种细牙螺纹直径与螺距系列 (mm)

公称直径 $D, d$			螺距 $P$				
第一系列	第二系列	第三系列	特 种 细 牙				
			1.5	1	0.75	0.5	0.35
4							0.35
5							0.35
6							0.35
		7					0.35
							0.35
8							0.35
		9					0.35
10							0.35
		13			0.75	0.5	
		15			0.75	0.5	
		17			0.75	0.5	
		19			0.75	0.5	
		21			0.75	0.5	
	23				0.75	0.5	
		25			0.75	0.5	
		26			0.75	0.5	
	27						0.5
		28			0.75	0.5	
		29			0.75	0.5	
	30						0.5
		31			0.75	0.5	
		32		1	0.75	0.5	
	33						0.5
		34		1	0.75	0.5	
		35		1	0.75	0.5	
	36				0.75	0.5	
		37			0.75	0.5	
		38		1	0.75	0.5	
	39				0.75	0.5	
		40		1	0.75	0.5	

(续)

(续)

公称直径 $D, d$			螺 距 $P$				
第一系列	第二系列	第三系列	特 种 细 牙				
			1.5	1	0.75	0.5	0.35
		41			0.75	0.5	
42					0.75	0.5	
		43			0.75	0.5	
		44			0.75	0.5	
	45				0.75	0.5	
		46		1	0.75	0.5	
		47			0.75	0.5	
48					0.75	0.5	
		49			0.75	0.5	
		50		1	0.75	0.5	
	52				0.75	0.5	
		54		1	0.75	0.5	
		55		1	0.75	0.5	
56					0.75	0.5	
		58		1	0.75	0.5	
	60				0.75	0.5	
64			62	1	0.75		
		65		1	0.75		
		66		1	0.75		
	68				0.75		
		70		1	0.75		
72					0.75		
		74		1	0.75		
		75		1	0.75		
	76				0.75		
		78		1	0.75		
80					0.75		
		82		1	0.75		
	85			1	0.75		
		88		1	0.75		
90				1	0.75		
		92		1	0.75		
	95			1	0.75		
		98		1	0.75		
100				1	0.75		
		102		1	0.75		
	105			1	0.75		
		108		1	0.75		
110				1	0.75		
		112		1			
	115			1			
		118		1			
	120			1			
		122		1			
125				1			
		128		1			
	130			1			
		132		1			
		135		1			
		138		1			
140				1			
		142		1			
		145		1			
		148		1			
	150			1			
		155		1.5			
160				1.5			

公称直径 $D, d$			螺 距 $P$				
第一系列	第二系列	第三系列	特 种 细 牙				
			1.5	1	0.75	0.5	0.35
		165	1.5				
		170	1.5				
		175	1.5				
180			1.5				
		185	1.5				
	190		1.5				
		195	1.5				
200			1.5				
		205	1.5				
	210		1.5				
		215	1.5				
220			1.5				
		225	1.5				
		230	1.5				
		235	1.5				
	240		1.5				
		245	1.5				
250			1.5				
		255	1.5				
	260		1.5				

(2) 光学仪器特种细牙螺纹的基本尺寸

由于光学仪器特种细牙螺纹的基本牙型与普通螺纹相同,其基本尺寸的计算式也与普通螺纹相同,即:

$$\text{内螺纹中径 } D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8}H$$

$$\text{外螺纹中径 } d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8}H$$

$$\text{内螺纹小径 } D_1 = D - 2 \times \frac{5}{8}H$$

$$\text{外螺纹小径 } d_1 = d - 2 \times \frac{5}{8}H$$

$$\text{原始三角形高度 } H = \frac{\sqrt{3}}{2}P = 0.866025404P$$

由于特种细牙螺纹的直径与螺距系列与普通螺纹有所不同,所以列出的基本尺寸规格也有所不同,需要者可根据计算式进行计算。也可在 JB/T9313-1999 “光学仪器特种细牙螺纹”标准的基本尺寸表中直接查取。

6.1.2 光学仪器特种细牙螺纹的公差

1) 特种细牙螺纹的公差带(包括公差带位置、公差等级)按 GB/T197 的规定。

2) 特种细牙螺纹的旋合长度分为短(S)、中(N)和长(L)三组,其分段数值见表 5.5-45。由于其直径与螺距系列有别于普通螺纹,所以其旋合长度分组也有别于普通螺纹。

3) 特种细牙螺纹内、外螺纹的选用公差带见表 5.5-46 和表 5.5-47。由表可知光学螺纹均为精制螺纹,间隙也都比较小,这些都是光学螺纹的特点。

4) 特种细牙螺纹的牙底形状按 GB/T197 的规定  
(参看本手册第 5 篇第 5 章 3.3.5)

**表 5.5-45 特种细牙螺纹的旋合长度分组**  
(mm)

公称直径 $D, d$		螺距 $P$	旋合长度			
$>$	$\leq$		S	N		L
$>$	$\leq$		$\leq$	$>$	$\leq$	$>$
2.8	5.6	0.35	1	1	3	3
5.6	11.2		1.1	1.1	3.3	3.3
11.2	22.4	0.5	1.8	1.8	5.4	5.4
		0.75	2.7	2.7	8.1	8.1
22.4	45	0.5	2.1	2.1	6.2	6.2
		0.75	3.1	3.1	9.4	9.4
		1	4	4	12	12
45	90	0.5	2.4	2.4	7.1	7.1
		0.75	3.6	3.6	11	11
		1	4.8	4.8	14	14
90	180	0.75	4.1	4.1	12	12
		1	5.5	5.5	16	16
		1.5	8.3	8.3	25	25
180	355	1.5	9.5	9.5	28	28

**表 5.5 46 内螺纹选用公差带**

准确度	公差带位置 $H$		
	S	N	L
精密	(4H)	4H5H	
中等	(5H)	6H	(7H)

**表 5.5 47 外螺纹选用公差带**

精度	公差带位置 $g$			公差带位置 $h$		
	S	N	L	S	N	L
精密					4h	
中等		6g		(5A6h)	6h	(7h6h)

注:括号内的公差带尽可能不用。

6.1.3 特种细牙螺纹的极限偏差

虽然特种细牙螺纹的公差制与普通螺纹相同,但由于两者的尺寸系列不同,在计算极限尺寸时,仍有相当一部分尺寸不能在普通螺纹标准列出的公差表中查到相应的数值,所以在光学仪器特种细牙螺纹标准中列出了特种细牙内、外螺纹选用公差带的极限偏差(见表 5.5-48),供设计者计算极限尺寸时直接查表采用。

**表 5.5-48 光学仪器特种细牙螺纹极限偏差**

直径分段 $D, d$	螺距 $P$ mm	内 螺 纹				外 螺 纹						
		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$		
			ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei	
$\mu\text{m}$												
2.8	5.6	4H	+56	0	-63	0	4h	0	-42	0	53	
		4H5H	+56	0	+80	0	5h6h	0	-53	0	85	
		5H	-71	0	+80	0	6h	0	-67	0	-85	
							7h6h	0	-85	0	-85	
							6g	-19	-86	-19	-104	
5.6	11.2	4H	+60	0	+63	0	4h	0	-45	0	-53	
		4H5H	+60	0	+80	0	5h6h	0	-56	0	85	
		5H	-75	0	+80	0	6h	0	-71	0	85	
							6g	-19	-90	-19	-104	
11.2	22.4	0.5	4H	+75	0	-90	0	4h	0	-56	0	-67
			4H5H	+75	0	-112	0	5h6h	0	-71	0	-106
			5H	+95	0	+112	0	6h	0	90	0	106
		0.75	6H	-118	0	+140	0	6g	20	110	-20	126
			7H	+150	0	-180	0					
			4H	-90	0	-118	0	4h	0	-67	0	-90
			4H5H	-90	0	+150	0	5h6h	0	-85	0	-140
5H	+112	0	+150	0	6h	0	-106	0	140			
6H	-140	0	-190	0	6g	20	128	-22	162			
7H	+180	0	-236	0	7h6h	0	-132	0	-140			
22.4	45	0.5	4H	+80	0	+90	0	4h	0	-60	0	-67
			4H5H	+80	0	+112	0	5h6h	0	-75	0	-106
			5H	+100	0	-112	0	6h	0	-95	0	-106
			6H	-125	0	+140	0	6g	20	115	-20	126
7H	-160	0	+180	0								
22.4	45	0.75	4H	+95	0	+118	0	4h	0	-71	0	-90
			4H5H	-95	0	-150	0	5h6h	0	90	0	-140
			5H	-118	0	+150	0	6h	0	-112	0	-140
			6H	+150	0	+190	0	6g	-22	-134	-22	-162
			7H	+190	0	-236	0	7h6h	0	140	0	-140
22.4	45	1	4H	+106	0	+150	0	4h	0	80	0	-112
			4H5H	-106	0	+190	0	5h6h	0	-100	0	-180
			5H	+132	0	+190	0	6h	0	-125	0	-180

(续)

直径分段 $D, d$		螺距 $P$ mm	内 螺 纹				外 螺 纹					
$>$	$\leq$		公差带	中径 $D_2$		小径 $D_1$		公差带	中径 $d_2$		大径 $d$	
mm				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
			$\mu\text{m}$									
22-4	45	1	6H	+170	0	-236	0	6g	26	-151	-26	-206
			7H	+212	0	+300	0	7h6h	0	-160	0	180
		0.5	4H	+90	0	+90	0	4h	0	-67	0	-67
			4H5H	-90	0	+112	0	5h6h	0	-85	0	-106
			5H	+112	0	+112	0	6h	0	-106	0	106
								6g	-20	-126	-20	126
		0.75	4H	+100	0	+118	0	4h	0	-75	0	90
			4H5H	+100	0	+150	0	6h6h	0	-95	0	-140
			5H	-125	0	+150	0	6h	0	-118	0	-140
			6H	-160	0	+190	0	6g	-22	-140	-22	-162
			7H	+200	0	-236	0					
		1	4H	+118	0	-150	0	4h	0	-90	0	-112
			4H5H	+118	0	+190	0	5h6h	0	112	0	180
			5H	-150	0	-190	0	6g	0	-140	0	-180
			6H	+180	0	-236	0	6g	-26	-166	-26	-206
			7H	+236	0	+300	0	7h6h	0	-180	0	-180
		0.75	4H	+112	0	+118	0	4h	0	-85	0	-90
			4H5H	-112	0	+150	0	5h6h	0	-106	0	-140
			5H	+140	0	+150	0	6h	0	-132	0	-140
			6H	+180	0	-190	0	6g	-22	-154	-22	-162
			7H	-210	0	+236	0					
		1	4H	+125	0	-150	0	4h	0	-95	0	-112
			4H5H	+125	0	-190	0	5h6h	0	-188	0	-180
			5H	+160	0	-190	0	6h	0	-150	0	-180
			6H	+200	0	-236	0	6g	26	-176	-26	206
			7H	+260	0	-300	0					
		1.5	4H	+140	0	+190	0	4h	0	-106	0	-150
			4H5H	+140	0	+236	0	5h6h	0	-132	0	-236
			5H	-180	0	+236	0	6h	0	-170	0	-236
			6H	-224	0	+300	0	6g	-32	-220	-32	-268
			7H	+280	0	-375	0	7h6h	0	-212	0	-236
		1.5	4H	+150	0	-190	0	4h	0	-112	0	-150
			4H5H	+150	0	+236	0	5h6h	0	-140	0	-236
			5H	+190	0	+236	0	6h	0	-180	0	-236
			6H	+236	0	-300	0	6g	-32	-212	-32	-268
			7H	-295	0	+375	0	7h6h	0	-224	0	-236

6.1.4 光学仪器特种细牙螺纹的标记

光学仪器特种细牙螺纹的完整标记由螺纹代号、螺纹公差带代号和螺纹旋合长度代号组成，示例如下：

TM15×0.5-5h6h-S

表示光学仪器特种细牙螺纹直径为 15mm，螺距为 0.5mm、中径公差带为 5h、顶径公差带为 6h、旋合长度为 S 的外螺纹。

6.2 短牙螺纹

短牙螺纹是采用普通螺纹的原始三角形，加大了大径处的削平量而得到的螺纹牙型。由于其牙槽浅，适用于细牙螺纹还不足以满足的薄壁零件。目前主要用于光学仪器，也可以用于其他产品的薄壁零件，如薄壁管的连接等。

6.2.1 短牙螺纹的基本牙型

短牙螺纹的基本牙型是在原始三角形的顶部和底部对称地削去  $\frac{H}{4}$  后得到的。与普通螺纹相比，其牙高矮、内、外螺纹的接触高度也小。具体牙型如图 5.5-14 所示。

基本牙型上的尺寸见表 5.5-49。

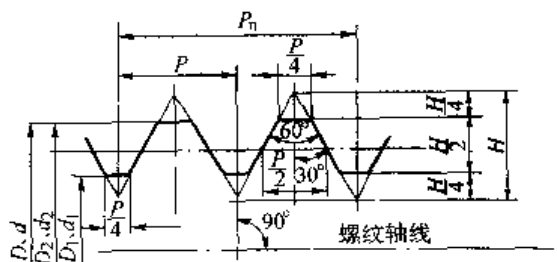


图 5.5 14 短牙螺纹的基本牙型

表 5.5-49 短牙螺纹基本牙型尺寸

(JB/T5450-1991) (mm)

P	H	$\frac{H}{2}$	$\frac{H}{4}$
0.5	0.433012702	0.216506351	0.108253176
0.75	0.649519053	0.324759527	0.162379763
1	0.866025404	0.433012702	0.216506351
1.25	1.082531755	0.541265878	0.270632939
1.5	1.299038106	0.649519053	0.324759527
2	1.732050808	0.866025404	0.433012702
3	2.598076212	1.299038106	0.649519053
4	3.464101616	1.732050808	0.866025404

## 6.2.2 短牙螺纹的尺寸

短牙螺纹的尺寸范围为公称直径 8~160mm, 其直径与螺距的组合关系符合普通螺纹标准的规定, 但只采用了普通螺纹中螺距小于 6mm 的全部细牙尺寸系列。其尺寸的选用顺序也与普通螺纹的有关规定相同, 需要者可在表 5.5-6 中查取短牙螺纹尺寸范围内的相应规格。值得注意的是: 由于短牙螺纹的基本牙型有别于普通螺纹, 所以其基本尺寸不同于普通螺纹, 短牙螺纹基本尺寸的计算式如下

$$D_2 = D - 2 \times \frac{H}{4}$$

$$d_2 = d - 2 \times \frac{H}{4}$$

$$D_1 = D - 2 \times \frac{H}{2}$$

$$d_1 = d - 2 \times \frac{H}{2}$$

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2} P - 0.866025404P$$

在 JB/T5450-1991 光学仪器用短牙螺纹标准中列有基本尺寸表, 本手册不再列入。

## 6.2.3 短牙螺纹的公差与配合

短牙螺纹采用了普通螺纹的公差原理, 并根据短牙螺纹用于光学仪器调焦的需要, 对少数公差项目或公差值进行了必要的调整 and 选择。

## (1) 公差带

对内螺纹和外螺纹分别规定了 H、G 和 h、g 各两种公差带位置, 各位置的基本偏差值与普通螺纹相应位置的基本偏差相等, 见表 5.5-9。

对各种直径规定了如下公差等级:

螺纹直径	公差等级
内螺纹小径	5、6、7
内螺纹中径	5、6、7
外螺纹大径	4、5、6、7

外螺纹中径 4、5、6、7

外螺纹小径 4、5、6、7

上述各直径的各级公差值, 除外螺纹大径 5 和 7 级及外螺纹的小径公差是短牙螺纹增加的项目外, 其余各项公差值均与普通螺纹的相应值相同, 请参看表 5.5-10~13。也可以用表 5.5-50 给出的公差计算式和表 5.5-51 给出的公差等级系数进行计算。由于普通螺纹没有规定外螺纹大径的 5 级和 7 级公差, 因此只能用公式计算。

表 5.5-50 各直径公差计算式

直径公差	计算式
$T_{D_2}$	$K118P^{0.4}d^{0.1}$
$T_{d_2}$	$K90P^{0.4}d^{0.1}$
$T_{D_1}$	$K(433P-190P^{1.22})(P=0.2\sim0.8\text{mm})$ $K230P^{0.7}(P\geq 1\text{mm})$
$T_d$	$K(180P^{2.3}-3.15P^{-1.2})$

注: 1.  $T_{D_2}$ 、 $T_{d_2}$ 、 $T_{D_1}$  和  $T_d$  的单位为  $\mu\text{m}$ ;  $P$  和  $d$  的单位为 mm。

2.  $d$  取公称直径分段内首尾两数的几何平均值。
3. 对外螺纹, 当按所列公式计算得到的  $T_{d_2}$  值超过与之组合的  $T_d$  值时, 则不在极限偏差表中给出  $T_{d_2}$  值。
4. 对内螺纹, 当按所列公式计算得到的  $T_{D_1}$  值超过 0.25P 时则不给出  $T_{D_1}$  值。
5. 对小螺距的某些等级中未列出公差值是由于没有足够的接触高度。

表 5.5-51 公差等级系数 K

公差等级	3	4	5	6	7	8	9
K	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2

表 5.5-52 中仅给出了中径公差带 g 位置的外螺纹小径公差值是因为中径公差带为 h 位置的外螺纹小径公差不作规定。

## (2) 旋合长度

短牙螺纹没有短旋合长度, 其中等旋合长度和长旋合长度的分组方法与普通螺纹相同 (参看表 5.5-14)。

## (3) 多线螺纹的公差

多线螺纹的顶径公差与单线螺纹相同, 中径公差按表 5.5-53 中列出的补偿系数给予补偿。

## (4) 精度和选用公差带

短牙螺纹分为精密和中等两个精度级别, 精密级用于光学精密调焦螺纹, 配合性质相对稳定, 中等级用于一般情况。根据各级精度螺纹的需要, 在表 5.5-54、55 中规定了两组旋合长度下对应的选用公差带。

(5) 对短牙螺纹牙底间隙及牙底和牙顶圆弧的规定

表 5.5-52 外螺纹小径公差  $T_d$

(JB/T5450 1991)

公称直径 $d$ /mm		螺距 $p$ /mm	中径公差带 $g$ 位置 与 $d_2$ 的公差等级对应的 $d_1$ 的公差值/ $\mu\text{m}$	
$>$	$\leq$		6 级	7 级
5.6	11.2		0.5	126
		0.75	147	178
		1	166	201
		1.25	176	216
11.2	22.4	0.5	133	160
		0.75	155	187
		1	174	214
		1.25	193	241
		1.5	207	257
22.4	45	2	238	288
		0.75	162	197
		1	182	226
		1.5	220	270
		2	251	303
		3	298	361
45	90	4	340	410
		1	201	251
		1.5	232	282
		2	263	318
90	160	3	313	379
		4	355	435
		1.5	245	297
		2	276	333
		3	328	398
		4	373	454

表 5.5-53 中径公差的补偿系数

(JB/T5450-1991)

线数	2	3	4	$\geq 5$
系数	1.12	1.25	1.40	1.60

表 5.5-54 内螺纹的选用公差带

(JB/T5450-1991)

精 度	公差带位置 G		公差带位置 H	
	N	L	N	L
精 密	—	—	5H	6H
中 等	6G	7G	6H	7H

表 5.5-55 外螺纹的选用公差带

(JB/T5450-1991)

精 度	公差带位置 g		公差带位置 h	
	N	L	N	L
精 密	—	—	4h	5h
中 等	6g	7g	6h	7h

短牙螺纹用于调焦时,在内、外螺纹的顶径和底径之间留有间隙用于贮油,以保持动作灵活。另外还在外螺纹的牙顶和内、外螺纹的牙底制有圆角,以消除尖角和毛刺。其牙底间隙  $a_c$  和圆角半径值见表 5.5-56。

短牙螺纹的基本牙型、间隙及公差带间的关系如图 5.5-15 所示。

表 5.5-56 牙底间隙  $a_c$  和圆角半径  $R$

(mm)

螺 距 $P$	外螺纹小径 $d_1$ 和 内螺纹大径 $D$		外螺纹大径 $d$ 牙顶圆角 $R_{1max}$
	牙底间隙 $a_c$	牙底圆角 $R_{2max}$	
0.5	0.025	0.025	0.013
0.75	0.038	0.038	0.019
1	0.050	0.050	0.025
1.25	0.063	0.063	0.031
1.5	0.075	0.075	0.038
2	0.100	0.100	0.050
3	0.150	0.150	0.075
4	0.200	0.200	0.100

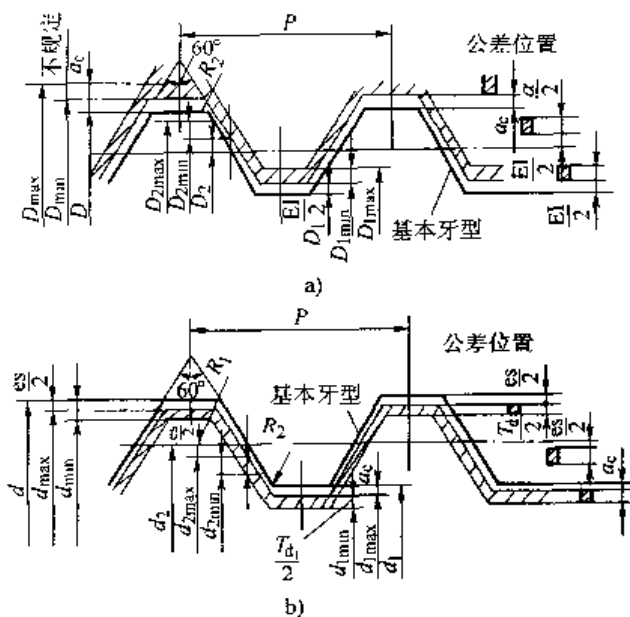


图 5.5-15 短牙螺纹的基本牙型、基本偏差、间隙及公差带的关系

a) 内螺纹公差带 (G 位置) b) 外螺纹公差带 (g 位置)

EI—内螺纹基本偏差  $T_{D_1}$ —内螺纹小径公差

es—外螺纹基本偏差  $T_{D_2}$ —内螺纹中径公差

$a_c$ —牙底间隙  $T_d$ —外螺纹大径公差

$R_1$ —外螺纹牙顶圆角半径  $T_{d_2}$ —外螺纹中径公差

$R_2$ —内、外螺纹牙底圆角半径  $T_{d_1}$ —外螺纹小径公差

### 6.2.4 短牙螺纹的标记方法

短牙螺纹的标记采用了普通螺纹的基本模式,其不同之处主要有如下两方面:

1) 短牙螺纹的牙型特征字母为“MD”;

2) 短牙螺纹的螺距、导程和线数的表示方法与普通螺纹、梯形螺纹都有不同,是采用:公称直径×螺距×线数的方法,当线数为 1 时可以省去。

具体的标记示例如下:

MD36×2×4 表示公称直径为 36mm,螺距为 2mm,线数为 4 的螺纹。

MD36×2 表示公称直径为 36mm,螺距为

2mm, 线数为 1 的螺纹。

MD36×2×4 左-5h 表示外螺纹大、中、小径公差带均为 5h 的左旋螺纹。

MD36×2×4-6H 表示内螺纹中径和小径公差带均为 6H 的右旋螺纹。

MD36×2-5h-L 表示该螺纹长度属 L 组, 因为中等长度 N 可以省去不标注, 当特殊需要时可用具体的旋合长度值代替组别代号 L。

MD36×2-6H/5h 表示一个螺纹副, 分子表示内螺纹的公差带, 分母表示外螺纹的公差带。而且该螺纹副是线数为 1 的右旋螺纹。

### 6.3 MJ 螺纹

MJ 螺纹又称高强度螺纹, 亦称加强螺纹。世界各国的研究和试验都表明, 无论是低抗拉强度钢还是高抗拉强度钢制成的螺栓, 其牙底圆弧半径的尺寸大小都直接影响其疲劳强度的高低。即牙底圆弧半径较大的螺栓其抗疲劳的能力明显高于牙底圆弧较小的螺栓。尤其是使用高抗拉强度钢制成的螺栓, 其牙底圆弧半径  $R$  大小对疲劳强度的影响更为敏感。当然圆弧尺寸的增加与抗疲劳强度的这种关系是在一定的尺寸范围之内。为此 MJ 螺纹的主要特点就是外螺纹的牙底具有较大的圆弧半径。为适应大圆弧牙底的需要, MJ 螺纹的基本牙型在普通螺纹基本牙型的基础上加大了对原始三角形相当于螺纹小径处的削平量。除牙型外, 在尺寸和公差制方面均与普通螺纹类同。目前这种螺纹主要用于航空和航天产品, 最早由原航空工业部根据国际标准 ISO5855 “MJ 螺纹” 订有国家军用标准

(见表 5.5 2), 随着科技的发展, 今后也可用于功率较大、转速高、振动大的其他动力机械。

#### 6.3.1 MJ 螺纹的基本牙型

MJ 螺纹的基本牙型如图 5.5-16 所示。其尺寸列于表 5.5-57。由图可知, 其原始三角形与普通螺纹相同, 基本牙型小径处, 原始三角形的削平高度为  $\frac{5}{16}H$ , 而普通螺纹则为  $\frac{H}{4}$ 。MJ 螺纹的削平量较普通螺纹增大了  $\frac{H}{16}$ , 使其最大牙底圆弧半径  $R_{max}=0.18042P$ 。与普通螺纹  $R_{min}=0.125P$  相比增加了许多, 是 MJ 螺纹具有高疲劳强度的根本原因。外螺纹牙底圆弧半径的尺寸列于表 5.5-58。

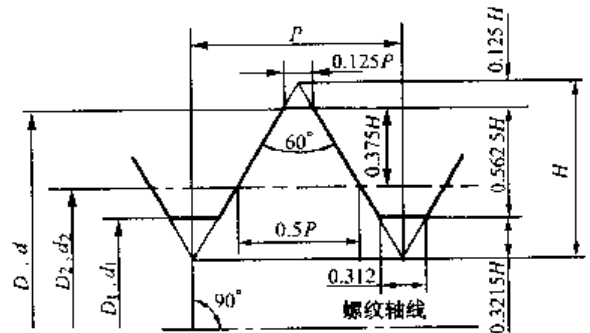


图 5.5-16 MJ 螺纹的基本牙型

$D$ —内螺纹的基本大径  $D_2$ —内螺纹的基本中径  
 $D_1$ —内螺纹的基本小径  $d$ —外螺纹的基本大径  
 $d_2$ —外螺纹的基本中径  $d_1$ —外螺纹的基本小径  
 $H$ —原始三角形高度  $P$ —螺距

表 5.5-57 基本牙型尺寸 (摘自 GJB/T3.1—2003)

(mm)

$P$	$0.125P$	$0.3125P$	$H$ $0.8660254038P$	$0.125H$ $0.10825P$	$0.3125H$ $0.27063P$	$0.375H$ $0.32476P$
0.2	0.025 00	0.062 50	0.173 21	0.021 65	0.054 13	0.064 95
0.25	0.031 25	0.078 13	0.216 51	0.027 06	0.067 66	0.081 19
0.35	0.043 75	0.109 38	0.303 11	0.037 89	0.094 72	0.113 67
0.4	0.050 00	0.125 00	0.346 41	0.043 30	0.108 25	0.129 90
0.45	0.056 25	0.140 62	0.389 71	0.048 71	0.121 78	0.146 14
0.5	0.062 50	0.156 25	0.433 01	0.054 13	0.135 32	0.162 38
0.6	0.075 00	0.187 50	0.519 62	0.064 95	0.162 38	0.194 86
0.7	0.087 50	0.218 75	0.606 22	0.075 78	0.189 44	0.227 33
0.75	0.093 75	0.234 38	0.649 52	0.081 19	0.202 97	0.243 57
0.8	0.100 00	0.250 00	0.692 82	0.086 60	0.216 51	0.259 81
1	0.125 00	0.312 50	0.866 03	0.108 25	0.270 63	0.324 76
1.25	0.156 25	0.390 62	1.082 53	0.135 32	0.338 29	0.405 95
1.5	0.187 50	0.468 75	1.299 04	0.162 38	0.405 95	0.487 14
1.75	0.218 75	0.546 88	1.515 54	0.189 44	0.473 60	0.568 33
2	0.250 00	0.625 00	1.732 05	0.216 51	0.541 27	0.649 52
2.5	0.312 50	0.781 25	2.165 06	0.270 63	0.676 58	0.811 90
3	0.375 00	0.937 50	2.598 08	0.324 75	0.811 89	0.974 28
3.5	0.437 50	1.093 75	3.031 09	0.378 88	0.947 21	1.136 66
4	0.500 00	1.250 00	3.464 10	0.433 00	1.082 52	1.299 04
4.5	0.562 50	1.406 25	3.897 11	0.487 13	1.217 84	1.461 42
5	0.625 00	1.562 50	4.330 13	0.541 25	1.353 15	1.623 80
5.5	0.687 50	1.718 75	4.763 14	0.595 38	1.488 47	1.786 18
6	0.750 00	1.875 00	5.196 15	0.649 50	1.623 78	1.948 56



(续)

<i>P</i>	0.562 5 <i>H</i> 0.487 14 <i>P</i>	0.583 33 <i>H</i> 0.505 18 <i>P</i>	0.56580 <i>P</i>	0.75 <i>H</i> 0.649 519 <i>P</i>	0.916 67 <i>H</i> 0.793 86 <i>H</i>	1.125 <i>H</i> 0.974 28 <i>P</i>
0.2	0.097 43	0.10104	0.11316	0.129904	0.15877	0.19485
0.25	0.121 79	0.126 30	0.141 45	0.162 380	0.198 46	0.243 57
0.35	0.170 50	0.176 81	0.198 03	0.227 332	0.277 85	0.341 00
0.4	0.194 86	0.202 07	0.226 32	0.259 808	0.317 54	0.389 71
0.45	0.219 21	0.227 33	0.254 61	0.292 283	0.357 24	0.438 43
0.5	0.243 57	0.252 59	0.282 90	0.324 759	0.396 93	0.487 14
0.6	0.292 28	0.303 11	0.339 48	0.389 711	0.476 32	0.584 57
0.7	0.341 00	0.353 63	0.396 06	0.454 663	0.555 70	0.682 00
0.75	0.365 36	0.378 88	0.424 35	0.487 139	0.595 39	0.730 71
0.8	0.389 71	0.404 14	0.452 64	0.519 615	0.635 09	0.779 42
1	0.487 14	0.505 18	0.565 80	0.649 519	0.793 86	0.974 28
1.25	0.608 92	0.631 47	0.707 25	0.811 899	0.992 32	1.217 85
1.5	0.730 71	0.757 78	0.848 70	0.974 278	1.190 79	1.461 42
1.75	0.852 50	0.884 06	0.990 15	1.136 658	1.389 25	1.704 99
2	0.974 28	1.010 36	1.131 60	1.299 038	1.587 72	1.948 56
2.5	1.217 85	1.262 95	1.414 50	1.623 797	1.984 65	2.435 70
3	1.461 42	1.515 54	1.697 40	1.948 557	2.381 58	2.922 84
3.5	1.704 99	1.768 13	1.980 30	2.273 316	2.778 51	3.409 98
4	1.948 56	2.020 72	2.263 20	2.598 076	3.175 44	3.897 12
4.5	2.192 13	2.273 31	2.546 10	2.922 835	3.572 37	4.384 26
5	2.435 70	2.525 90	2.829 00	3.247 595	3.969 30	4.871 40
5.5	2.679 27	2.778 49	3.111 90	3.572 354	4.366 23	5.358 54
6	2.922 84	3.031 08	3.394 80	3.987 114	4.763 16	5.845 68

6.3.2 MJ 螺纹的尺寸

$$d_1 = d - 2 \times \frac{9}{16}H$$

1) 螺栓、管件等各种用途 MJ 螺纹的直径与螺距的组合系列均选自普通螺纹的标准系列，仅对个别的直径与螺距进行了调整。MJ 结构件螺纹的公称直径与螺距系列见表 5.5.59。

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2}P = 0.866025404P$$

表 5.5.58 外螺纹牙底圆弧度半径

(摘自 GJB/T3.4—2003) (mm)

<i>P</i>	<i>R</i> <sub>max</sub>	<i>R</i> <sub>min</sub>	<i>P</i>	<i>R</i> <sub>max</sub>	<i>R</i> <sub>min</sub>
0.2	0.036	0.030	1.5	0.271	0.225
0.25	0.045	0.038	1.75	0.316	0.263
0.35	0.063	0.053	2	0.361	0.300
0.4	0.072	0.060	2.5	0.451	0.375
0.45	0.081	0.068	3	0.541	0.450
0.5	0.090	0.075	3.5	0.631	0.525
0.6	0.108	0.090	4	0.722	0.600
0.7	0.126	0.105	4.5	0.812	0.676
0.75	0.135	0.113	5	0.902	0.751
0.8	0.144	0.120	5.5	0.992	0.826
1	0.180	0.150	6	1.083	0.901
1.25	0.226	0.188			

由表可知，MJ 螺纹的公称直径范围为 1.6~300mm，并且不再有第一、第二系列直径和粗、细牙的分类。

2) 由于 MJ 螺纹的基本牙型在小径处不同于普通螺纹，所以两者的小径尺寸也就不同了。一般来说两者是不能互换的。MJ 螺纹中径和小径基本尺寸的计算式如下：

$$D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8}H$$

$$d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8}H$$

$$D_1 = D - 2 \times \frac{9}{16}H$$

表 5.5.59 公称直径与螺距组合 (GJB/T3.1—2003)

(mm)

<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>	<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>	<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>	<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>	<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>	<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>	<i>D</i> ( <i>d</i> )× <i>P</i>
1.6×0.35	18×1	40×2	64×4	90×6	135×4	210×3
1.8×0.35	18×1.5	40×3	64×6	92×1.5	135×6	210×4
2×0.4	18×2	42×1.5	65×1.5	95×1.5	140×1.5	210×6
2.2×0.45	18×2.5	42×2	65×2	95×2	140×2	215×3
2.5×0.35	20×1	42×3	65×3	95×3	140×3	215×4
2.5×0.45	20×1.5	42×4	65×4	95×4	140×4	215×6
3×0.35	20×2	42×4.5	68×1.5	95×6	140×6	220×3
3×0.5	20×2.5	45×1.5	68×2	98×1.5	145×1.5	220×4
3.5×0.35	22×1	45×2	68×3	100×1.5	145×2	220×6

(续)

$D(d) \times P$	$D(d) \times P$	$D(d) \times P$	$D(d) \times P$	$D(d) \times P$	$D(d) \times P$	$D(d) \times P$
3.5×0.6	22×1.5	45×3	68×4	100×2	145×3	225×3
4×0.5	22×2	45×4	68×6	100×3	145×4	225×4
4×0.7	22×2.5	45×4.5	70×1.5	100×4	145×6	225×6
4.5×0.5	24×1	48×1.5	70×2	100×6	150×1.5	230×3
4.5×0.75	24×1.5	48×2	70×3	102×1.5	150×2	230×4
5×0.5	24×2	48×3	70×4	105×1.5	150×3	230×6
5×0.8	24×3	48×4	70×6	105×2	150×4	235×3
5.5×0.5	25×1	48×5	72×1.5	105×3	150×6	235×4
6×0.75	25×1.5	50×1.5	72×2	105×4	155×3	235×6
6×1	25×2	50×2	72×3	105×6	155×4	240×3
7×0.75	26×1.5	50×3	72×4	108×1.5	155×6	240×4
7×1	27×1	52×1.5	72×6	110×1.5	160×3	240×6
8×0.75	27×1.5	52×2	75×1.5	110×2	160×4	245×3
8×1	27×2	52×3	75×2	110×3	160×6	245×4
8×1.25	27×3	52×4	75×3	110×4	165×3	245×6
9×0.75	28×1	52×5	75×4	110×6	165×4	250×3
9×1	28×1.5	55×1.5	76×1.5	112×1.5	165×6	250×4
9×1.25	28×2	55×2	76×3	115×1.5	170×3	250×6
10×0.75	30×1	55×3	76×4	115×2	170×4	255×4
10×1	30×1.5	55×4	76×6	115×3	170×6	255×6
10×1.25	30×2	56×1.5	78×1.5	115×4	175×3	260×4
10×1.5	30×3	56×2	78×2	115×6	175×4	260×6
11×0.75	30×3.5	56×3	78×3	118×1.5	175×6	265×4
11×1	32×1.5	56×4	80×1.5	120×1.5	180×3	265×6
11×1.25	32×2	56×5.5	80×2	120×2	180×4	270×4
11×1.5	33×1.5	58×1.5	80×3	120×3	180×6	270×6
12×1	33×2	58×2	80×4	120×4	185×3	275×4
12×1.25	33×3	58×3	80×6	120×6	185×4	275×6
12×1.5	33×3.5	58×4	82×1.5	125×1.5	185×6	280×4
12×1.75	35×1.5	60×1.5	82×2	125×2	190×3	280×6
14×1	35×2	60×2	82×3	125×3	190×4	285×4
14×1.25	36×1.5	60×3	85×1.5	125×4	190×6	285×6
14×1.5	36×2	60×4	85×2	125×6	195×3	290×4
14×2	36×3	60×5.5	85×3	130×1.5	195×4	290×6
15×1	36×4	62×1.5	85×4	130×2	195×6	295×4
15×1.5	38×1.5	62×2	85×6	130×3	200×3	295×6
16×1	39×1.5	62×3	88×1.5	130×4	200×4	300×4
16×1.5	39×2	62×4	90×1.5	130×6	200×6	300×6
16×2	39×3	64×1.5	90×2	135×1.5	205×3	
17×1	39×4	64×2	90×3	135×2	205×4	
17×1.5	40×1.5	64×3	90×4	135×3	205×6	

### 6.3.3 MJ 螺纹的公差

MJ 螺纹采用了普通螺纹的公差制,各直径的公差分级及其公差值大小均与普通螺纹相等。区别在于 MJ 螺纹选用的公差精度较高。具体规定见表 5.5-60。表中公差带的最大、最小实体牙型如图 5.5-17。

由图可知,对内螺纹牙侧和牙底的连接形状不做规定;而对外螺纹,牙底圆弧和牙侧必须是平滑地连接。

为保证 MJ 螺纹的质量,标准除对螺纹的中径进行综合控制之外,还要求螺距、牙型半角、圆度、锥度

等一切影响螺纹形位误差的中径当量总和不得超过中径公差值的  $\frac{1}{2}$ 。并给出了螺距和牙型半角两项影响最大的

单项要素的极限偏差值(见表 5.5-61)。

表 5.5-60 MJ 螺纹的选用公差带  
(根据 GJB/T3.4—2003)

外螺纹			内螺纹	
$d_2$	4h	4g	$D_2$	4H
$d$	6h	6g	$D_1$	5H ( $D > 5\text{mm}$ )
				6H ( $D \leq 5\text{mm}$ )

表 5.5-61 螺纹螺距 (导程) 和牙型半角极限偏差

公称直径 <i>d</i> 或 <i>D</i> /mm	螺距 <i>P</i> /mm	外 螺 纹		内 螺 纹		公称直径 <i>d</i> 或 <i>D</i> /mm	螺距 <i>P</i> /mm	外 螺 纹		内 螺 纹	
		$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$	$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$			$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$	$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$
1.6	0.35	9.2	1°45'	12.2	2°19'	22	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'
1.8	0.35	9.2	1°45'	12.2	2°19'	22	2	23.1	0°46'	30.5	1°
2	0.4	9.7	1°37'	12.9	2°8'	22	2.5	24.5	0°39'	32.3	0°51'
2.2	0.45	10.4	1°32'	13.9	2°2'	24	1	18.5	1°13'	24.5	1°37'
2.5	0.35	9.2	1°45'	12.2	2°19'	24	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
2.5	0.45	10.4	1°32'	13.9	2°2'	24	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
3	0.35	9.7	1°50'	12.9	2°27'	24	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
3	0.5	11.1	1°28'	11.5	1°55'	25	1	18.5	1°13'	24.5	1°37'
3.5	0.35	9.8	1°50'	12.9	2°27'	25	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
3.5	0.6	12.2	1°21'	16.4	1°48'	25	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
4	0.5	11.1	1°28'	14.5	1°55'	26	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
4	0.7	12.9	1°13'	17.3	1°38'	27	1	18.5	1°13'	24.5	1°37'
4.5	0.5	11.1	1°28'	14.5	1°55'	27	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
4.5	0.75	12.9	1°8'	17.3	1°32'	27	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
5	0.5	11.1	1°28'	14.5	1°55'	27	3	28.9	0°38'	39.3	1°52'
5	0.8	13.9	1°9'	18.5	1°32'	28	1	18.5	1°13'	24.5	1°37'
5.5	0.5	11.1	1°28'	14.5	1°55'	28	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
6	0.75	14.5	1°17'	19.6	1°44'	28	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
6	1	16.4	1°5'	21.9	1°27'	30	1	18.5	1°13'	24.5	1°37'
7	0.75	14.5	1°17'	19.6	1°44'	30	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
7	1	16.4	1°5'	21.9	1°27'	30	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
8	0.75	14.5	1°17'	19.6	1°44'	30	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
8	1	16.4	1°5'	21.9	1°27'	30	3.5	30.5	0°35'	41.6	0°47'
8	1.25	17.3	0°55'	23.1	1°13'	32	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
9	0.75	14.5	1°17'	19.6	1°44'	32	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
9	1	16.4	1°5'	21.9	1°27'	33	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
9	1.25	17.3	0°55'	23.1	1°13'	33	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
10	0.75	14.5	1°17'	19.6	1°44'	33	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
10	1	16.4	1°5'	21.9	1°27'	33	3.5	30.5	0°35'	41.6	0°47'
10	1.25	17.3	0°55'	23.1	1°13'	35	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
10	1.5	19.6	0°52'	25.9	1°8'	35	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
11	0.75	14.5	1°17'	19.6	1°44'	36	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
11	1	16.4	1°5'	21.9	1°27'	36	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
11	1.25	17.3	0°55'	23.1	1°13'	36	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
11	1.5	19.6	0°52'	25.9	1°8'	36	4	32.3	0°32'	43.9	0°44'
12	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	38	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
12	1.25	19.6	1°2'	25.9	1°22'	39	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
12	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	39	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
12	1.75	21.9	0°50'	28.9	1°5'	39	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
14	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	39	4	32.3	0°32'	43.9	0°44'
14	1.25	19.6	1°2'	25.9	1°22'	40	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
14	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	40	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
14	2	23.1	0°46'	30.5	1°	40	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
15	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	42	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
15	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	42	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
16	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	42	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
16	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	42	4	32.3	0°32'	43.9	0°44'
16	2	23.1	0°46'	30.5	1°	42	4.5	34.6	0°31'	46.2	0°41'
17	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	45	1.5	21.9	0°58'	28.9	1°16'
17	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	45	2	24.5	0°49'	32.3	1°4'
18	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	45	3	28.9	0°38'	39.3	0°52'
18	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	45	4	32.3	0°32'	43.9	0°44'
18	2	23.1	0°46'	30.5	1°	45	4.5	34.6	0°31'	46.2	0°41'
18	2.5	24.5	0°39'	32.3	0°51'	48	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
20	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	48	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'
20	1.5	20.8	0°55'	27.3	1°12'	48	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
20	2	23.1	0°46'	30.5	1°	48	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'
20	2.5	24.5	0°39'	32.3	0°51'	48	5	36.9	0°29'	49	0°39'
22	1	17.3	1°9'	23.1	1°32'	50	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°20'

(续)

公称直径 $d$ 或 $D$ /mm	螺距 $P$ /mm	外螺纹		内螺纹		公称直径 $d$ 或 $D$ /mm	螺距 $P$ /mm	外螺纹		内螺纹	
		$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$	$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$			$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$	$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$
50	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	75	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'
50	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	76	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
52	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	76	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
52	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	76	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'
52	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	76	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'
52	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	78	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
52	5	36.9	0°29'	49	0°39'	78	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'
55	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	78	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
55	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	80	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
55	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	80	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'
55	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	80	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
56	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	80	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'
56	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	80	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'
56	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	82	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
56	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	82	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'
56	5.5	39.3	0°28'	51.7	0°37'	82	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
58	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	85	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
58	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	85	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'
58	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	85	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
58	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	85	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'
60	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	85	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'
60	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	88	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
60	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	90	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'
60	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	90	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'
60	5.5	39.3	0°28'	51.7	0°37'	90	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'
62	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	90	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'
62	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	90	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'
62	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	92	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
62	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	95	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
64	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	95	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'
64	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	95	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'
64	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	95	4	36.9	0°37'	49	0°49'
64	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	95	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'
64	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'	98	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
65	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	100	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
65	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	100	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'
65	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	100	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'
65	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	100	4	36.9	0°37'	49	0°49'
68	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	100	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'
68	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	102	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
68	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	105	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
68	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	105	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'
68	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'	105	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'
70	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	105	4	36.9	0°37'	49	0°49'
70	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	105	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'
70	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	108	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
70	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	110	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
70	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'	110	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'
72	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	110	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'
72	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	110	4	36.9	0°37'	49	0°49'
72	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	110	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'
72	4	34.6	0°34'	46.2	0°46'	112	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
72	6	41.6	0°28'	54.5	0°36'	115	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'
75	1.5	23.1	1°1'	30.5	1°21'	115	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'
75	2	25.9	0°51'	34.6	1°8'	115	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'
75	3	30.5	0°40'	41.6	0°55'	115	4	36.9	0°37'	49	0°49'

(续)

公称直径 <i>d</i> 或 <i>D</i> /mm	螺距 <i>P</i> /mm	外螺纹		内螺纹		公称直径 <i>d</i> 或 <i>D</i> /mm	螺距 <i>P</i> /mm	外螺纹		内螺纹	
		$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$	$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$			$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$	$\Delta P$ / $\mu\text{m}$	$\Delta\alpha$
115	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	190	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
118	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	190	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
120	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	195	3	36.9	0°49'	49	1°5'
120	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	195	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
120	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	195	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
120	4	36.9	0°37'	49	0°49'	200	3	36.9	0°49'	49	1°5'
120	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	200	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
125	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	200	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
125	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	205	3	36.9	0°49'	49	1°5'
125	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	205	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
125	4	36.9	0°37'	49	0°49'	205	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
125	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	210	3	36.9	0°49'	49	1°5'
130	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	210	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
130	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	210	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
130	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	215	3	36.9	0°49'	49	1°5'
130	4	36.9	0°37'	49	0°49'	215	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
130	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	215	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
135	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	220	3	36.9	0°49'	49	1°5'
135	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	220	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
135	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	220	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
135	4	36.9	0°37'	49	0°49'	225	3	36.9	0°49'	49	1°5'
135	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	225	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
140	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	225	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
140	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	230	3	36.9	0°49'	49	1°5'
140	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	230	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
140	4	36.9	0°37'	49	0°49'	230	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
140	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	235	3	36.9	0°49'	49	1°5'
145	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	235	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
145	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	235	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
145	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	240	3	36.9	0°49'	49	1°5'
145	4	36.9	0°37'	49	0°49'	240	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
145	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	240	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
150	1.5	24.5	1°4'	32.3	1°25'	245	3	36.9	0°49'	49	1°5'
150	2	27.3	0°54'	36.9	1°13'	245	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
150	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	245	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
150	4	36.9	0°37'	49	0°49'	250	3	36.9	0°49'	49	1°5'
150	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	250	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
155	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	250	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
155	4	36.9	0°37'	49	0°49'	255	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
155	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	255	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
160	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	260	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
160	4	36.9	0°37'	49	0°49'	260	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
160	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	265	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
165	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	265	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
165	4	36.9	0°37'	49	0°49'	270	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
165	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	270	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
170	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	275	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
170	4	36.9	0°37'	49	0°49'	275	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
170	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	280	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
175	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	280	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
175	4	36.9	0°37'	49	0°49'	285	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
175	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	285	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
180	3	32.3	0°43'	43.9	0°58'	290	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
180	4	36.9	0°37'	49	0°49'	290	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
180	6	43.9	0°29'	57.7	0°38'	295	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
185	3	36.9	0°49'	49	1°5'	295	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
185	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'	300	4	41.6	0°41'	54.5	0°54'
185	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'	300	6	46.2	0°31'	61.2	0°40'
190	3	36.9	0°49'	49	1°5'						

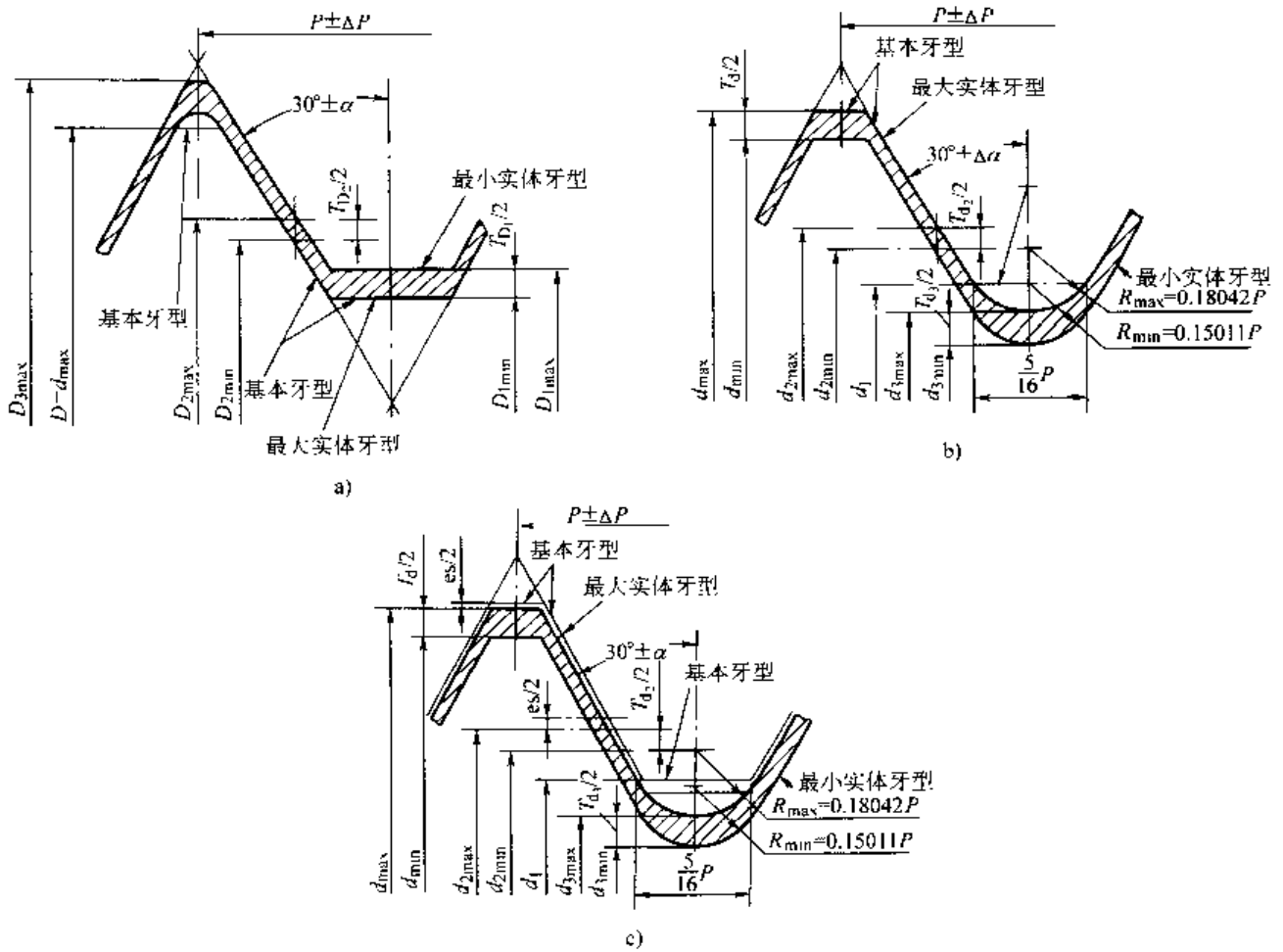


图 5.5-17 MJ 螺纹的最大、最小实体牙型  
a) H 位置的内螺纹 b) h 位置的外螺纹 c) g 位置的外螺纹

6.3.4 MJ 螺纹的标记

(1) MJ 螺纹的基本标记

MJ 公称直径 × 螺距 —— 公差带代号

其中 M —— 表示米制螺纹

J —— 表示螺纹牙型特征

例如: MJ6 × 1 — 4h6h

(2) 特殊螺纹的标记

凡公称直径、螺距或公差带中任何一项或几项不符合标准规定者,但螺纹各参数是按标准规定计算式计算的螺纹可按下列方法标记,并称之为特殊螺纹。其标记方法为:

MJS 公称直径 × 螺距 —— 公差带

例如: MJS13 × 1 — 4h

其中 S —— 表示特殊螺纹,示例中的公称直径 13 为非标准直径,4h 不是标准规定的适用公差带。

上述螺纹如为左旋则应在公差带代号之后加注左旋螺纹的代号 LH,并用一分开。

例如: MJ12 × 1.5 — 4H5H — LH

6.3.5 MJ 螺纹极限尺寸的计算

外螺纹的极限尺寸计算式如下:

1) 外螺纹的极限尺寸

$$d_{max} = d + es$$

$$d_{min} = d_{max} - T_d$$

$$d_{2max} = d_{max} - 0.64952P$$

$$d_{2min} = d_{2max} - T_{d_2}$$

$$d_{3max} = d_{2max} - 0.50518P$$

$$d_{3min} = d_{2min} - 0.56580P$$

2) 内螺纹的极限尺寸

$$D_{1min} = D - 0.97428P + EI$$

$$D_{1max} = D_{1min} + T_{D_1}$$

$$D_{2min} = D - 0.64952P + EI$$

$$D_{2max} = D_{2min} + T_{D_2}$$

$$D_{3max} = D_{2max} + 0.79386P$$

上述各式中的单位均为 mm,式中的公差和基本偏差值均与普通螺纹相同,可在普通螺纹的相应数值

表中查取。非标准螺纹的公差可由设计者自行规定。

另外 MJ 螺纹标准中还给出了螺距和半角误差的计算公式：

$$\Delta P = 0.4T_{d_2}/1.7321$$

$$\Delta \alpha = \tan^{-1} (0.3T_{d_2}/1.125P)$$

## 7 小螺纹

公称直径小于 1mm 的螺纹被叫做小螺纹，在我国曾经是普通螺纹的一部分，但由于小螺纹的尺寸小、强度差、工艺性不好等特点与普通螺纹使用相同的牙型和公差都是不合适的。因此，制订了专门的小螺纹标准 (GB/T15054—1994)。该标准的发布执行，使小螺纹的使用性能和质量都有了很大的提高。目前小螺纹主要用于钟表、仪器仪表、照相机、电子产品和部分音像产品。

### 7.1 小螺纹的牙型特点

小螺纹的牙型包括基本牙型和设计牙型，适用于公称直径 0.3~1.4mm 的螺纹。

为增加小螺纹的强度，改善其加工条件，小螺纹的牙槽比较浅、牙底呈圆弧形，根据这些特点，标准规定的小螺纹的基本牙型和设计牙型如图 5.5-18、19 所示。

从图 5.5-18 中得知基本牙型上大径处的削平高度为  $\frac{H}{8} = 0.125H$ ，此值与普通螺纹一样；而小径处的削平高度为  $0.321H$ ，此值大于普通螺纹的削平量  $\frac{H}{4}$  ( $=0.25H$ )，所以牙型的总高度也有减小。

图 5.5-19 为小螺纹的设计牙型，该牙型具有基本尺寸，可根据图中的公式计算出小螺纹大、中、小径的基本尺寸。如图所示，在设计牙型上外螺纹的牙底是在

基本牙型的基础上再留出一个高度  $a_r$  以便能做成圆弧形牙底，其圆弧半径为  $R$ ，并称  $a_r$  为小径间隙。

比较上述两图，可知内螺纹的设计牙型与基本牙型是相同的，但外螺纹的设计牙型则不同于基本牙型，这是因为外螺纹需要有一个圆弧牙底，目的是在增加牙底高度的基础上进一步提高外螺纹的强度。基本牙型和设计牙型的尺寸列于表 5.5-62、63。

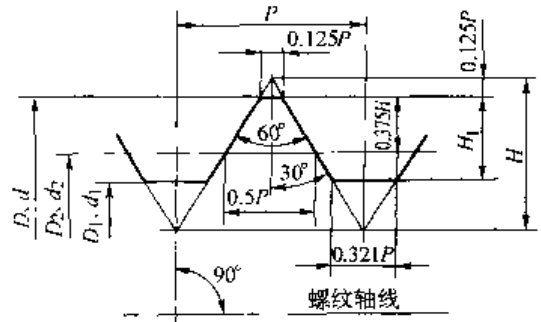


图 5.5-18 小螺纹基本牙型

$D, d$ —内螺纹大径  $d$ —外螺纹大径

$P$ —螺距  $D_2$ —内螺纹中径

$d_2$ —外螺纹中径  $H$ —原始三角形高度

$D_1$ —内螺纹小径  $d_1$ —外螺纹小径

$H_1$ —基本牙型高度

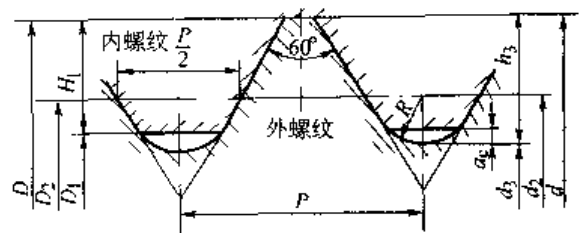


图 5.5-19 小螺纹设计牙型

$$D = d \quad D_2 = d_2 = d - 0.75H = d - 0.64952P$$

$$D_1 = d - 2H_1 = 0.96P \quad d_1 = d - 2h_3 = d - 1.12P$$

$$H_1 = 0.48P \quad a_r = 0.08P \quad h_3 = H_1 + a_r = 0.56P$$

$$R_{max} = 0.2P$$

表 5.5-62 小螺纹基本牙型尺寸

(mm)

螺距 $P$	$H$ ( $0.866025P$ )	$H_1$ ( $0.480000P$ )	$0.375H$ ( $0.324000P$ )	$0.125000P$	$0.320744P$
0.08	0.069282	0.038400	0.025981	0.010000	0.025660
0.09	0.077942	0.043200	0.029228	0.011250	0.028867
0.1	0.086603	0.048000	0.032476	0.012500	0.032074
0.125	0.108253	0.060000	0.040595	0.015625	0.040093
0.15	0.129904	0.072000	0.048714	0.018750	0.048112
0.175	0.151554	0.084000	0.056833	0.021875	0.056130
0.2	0.173205	0.096000	0.064952	0.025000	0.064149
0.225	0.194856	0.108000	0.073071	0.028125	0.072167
0.25	0.216506	0.120000	0.081190	0.031250	0.080186
0.3	0.259808	0.144000	0.097428	0.037500	0.096223

表 5.5 63 小螺纹设计牙型尺寸

(mm)			
<i>P</i>	$2a_c$	$h_1$	$R_{max}$
0.08	0.013	0.045	0.016
0.09	0.014	0.050	0.018
0.1	0.016	0.056	0.020
0.125	0.020	0.070	0.025
0.15	0.024	0.084	0.030
0.175	0.028	0.098	0.035
0.2	0.032	0.112	0.040
0.225	0.036	0.126	0.045
0.25	0.040	0.140	0.050
0.3	0.048	0.168	0.060

7.2 小螺纹的尺寸

小螺纹各尺寸的名称、代号和关系式见表 5.5 64。

表 5.5 64 尺寸的名称、代号和关系式  
(摘自 GB/T15054.3 - 1994)

名称	代号	关系式
外螺纹大径	<i>d</i>	
内螺纹大径	<i>D</i>	$D=d$
螺距	<i>P</i>	
小径间隙	$a_c$	$a_c=0.08P$
基本牙型高度	$H_1$	$H_1=0.48P$
外螺纹牙高	$h_1$	$h_1=H_1+a_c=0.56P$
外螺纹中径	$d_2$	$d_2=d-0.75H_1=d-0.64925P$
内螺纹中径	$D_2$	$D_2=d_2$
外螺纹小径	$d_3$	$d_3=d-2h_1=d-1.12P$
内螺纹小径	$D_1$	$D_1=d-2H_1=d-0.96P$
牙底圆弧半径	<i>R</i>	$R_{max}=0.2P$

在小螺纹的尺寸范围内公称直径 1~1.4mm 的这段尺寸与普通螺纹是重叠的，这是因为使用英制螺纹国家的一般用途螺纹标准规定的最小直径为 1.524mm (No. 0—8UNF)，在他们的要求下 ISO 小螺纹标准将公称直径的范围扩大到了 1.4mm。为此设计者在产品中不应单独的使用小螺纹的这段尺寸，只有在在使用小螺纹的其他尺寸(公称直径 0.3~1mm)的同时考虑到同一产品所用标准的一致性时才可采用这段尺寸。表 5.5-65 为我国小螺纹标准规定的直径与螺距系列及基本尺寸。

表 5.5-65 小螺纹的直径与螺距系列及基本尺寸  
(mm)

公称直径		螺距 <i>P</i>	中径 $d_2=D_2$	小 径	
第一系列	第二系列			$d_3$	$D_1$
0.3		0.08	0.248038	0.210200	0.223200
	0.35	0.09	0.291543	0.249600	0.263600
0.4		0.1	0.335048	0.288000	0.304000
	0.45	0.1	0.385048	0.338000	0.354000
0.5		0.125	0.418810	0.360000	0.380000
	0.55	0.125	0.468810	0.410000	0.430000

(续)

公称直径		螺距 <i>P</i>	中径 $d_2=D_2$	小 径	
第一系列	第二系列			$d_3$	$D_1$
0.6		0.15	0.502572	0.432000	0.456000
	0.7	0.175	0.586334	0.504000	0.532000
0.8		0.2	0.670096	0.576000	0.608000
	0.9	0.225	0.753858	0.648000	0.684000
1		0.25	0.837620	0.720000	0.760000
	1.1	0.25	0.937620	0.820000	0.860000
1.2		0.25	0.937620	0.920000	0.960000
	1.4	0.3	0.205144	0.064000	1.112000

7.3 小螺纹的公差制

小螺纹采用了国际标准规定的公差制，其公差原理与普通螺纹是一致的。

7.3.1 公差带的位置和大小

公差带的位置由基本偏差决定，外螺纹的基本偏差为上偏差  $es$ ，内螺纹的基本偏差为下偏差  $EI$ 。根据标准规定，外螺纹大、中、小径的公差带位置均为  $h$ ， $h$  的基本偏差为零；内螺纹小径的公差带位置为  $H$ ，其基本偏差为零，内螺纹中径的公差带有两种位置  $H$  和  $G$ ，大径的基本偏差与中径相同。其基本偏差值列于表 5.5-66。

表 5.5-66 内螺纹大径和中径的基本偏差  
(GB/T15054.4—1994) ( $\mu m$ )

螺 距 <i>P</i> /mm	大径 <i>D</i> 和中径 $D_2$	
	H EI	G EI
0.08	0	+6
0.09	0	+6
0.1	0	+6
0.125	0	+8
0.15	0	+8
0.175	0	+10
0.2	0	+10
0.225	0	+10
0.25	0	+12
0.3	0	+12

公差带的大小是用公差等级来表示的，标准对小螺纹各直径规定的公差等级如下：

直径	公差等级
内螺纹中径 $D_2$	3、4
内螺纹小径 $D_1$	5、6
外螺纹大径 $d$	3、5
外螺纹中径 $d_2$	5
外螺纹小径 $d_3$	4

上述各直径的各级公差值见表 5.5-67~69。



表 5.5 67 内、外螺纹的顶径公差

(GB/T15054.4 1994) ( $\mu\text{m}$ )

螺 距 $P$ /mm	内螺纹小径公差等级		外螺纹大径公差等级	
	5	6	3	5
0.08	17		16	
0.09	22		18	
0.1	26	38	20	
0.125	35	55	20	32
0.15	46	66	25	40
0.175	53	73	25	45
0.2	57	79	30	50
0.225	61	81	30	50
0.25	65	85	35	
0.3	73	93	40	

表 5.5 68 内、外螺纹的中径公差

(GB/T15054.4—1993) ( $\mu\text{m}$ )

螺 距 $P$ /mm	内螺纹中径公差等级		外螺纹中径公差等级
	3	4	5
0.08	14	20	20
0.09	16	22	22
0.1	18	24	24
0.125	18	26	26
0.15	20	28	28
0.175	22	32	32
0.2	26	36	36
0.225	30	40	40
0.25	32	44	44
0.3	38	50	50

表 5.5-69 外螺纹小径公差

(GB/T15054.4—1994)

螺 距 $P$ /mm	公差等级 4 / $\mu\text{m}$
0.08	20
0.09	22
0.1	24
0.125	28
0.15	32
0.175	36
0.2	40
0.225	44
0.25	48
0.3	56

7.3.2 公差带的组成和选用

公差带是由公差带位置和公差等级组成的。根据前述公差带位置和公差等级的情况，标准只允许内螺纹中径组成两种公差带：4H 和 3G，其顶径公差可以在 5 级和 6 级中选择。因此，内螺纹总共能组成四组公差带：4H5、4H6、3G5 和 3G6。对于外螺纹的中径和小径分别都只有一种公差带，中径为 5h、小径为 4h，但外螺纹大径可以在 3 级和 5 级公差中进行选择，所以外螺纹最终可以组成 5h3 和 5h5 两组公差带，它们所对应的小径都是 4h（不标注）。内、外螺纹的上述公差

带的相对位置参看图 5.5-20、21。

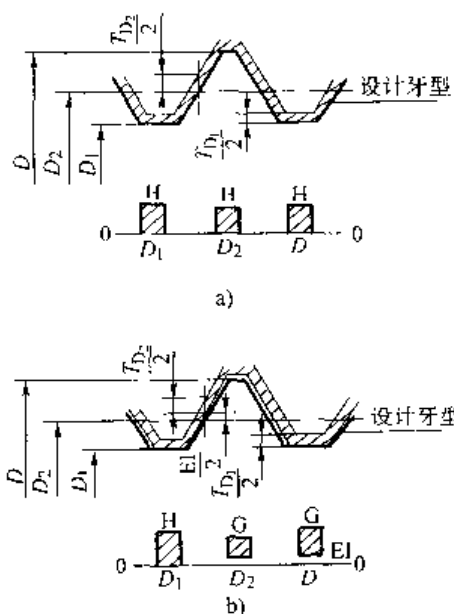


图 5.5 20 内螺纹公差带

- a) 公差带 4H5、4H6
- b) 公差带 3G5、3G6

$D$ —内螺纹大径  $D_2$ —内螺纹中径  
 $D_1$ —内螺纹小径  $EI$ —大径和中径  
 的基本偏差  $T_{D_2}$ —内螺纹中  
 径公差  $T_{D_1}$ —内螺纹小径公差

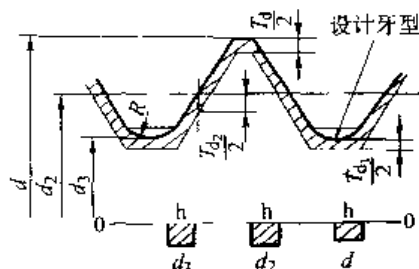


图 5.5-21 外螺纹公差带 5h3 或 5h5

$d$ —外螺纹大径  $T_{d_1}$ —大径公差  
 $d_2$ —外螺纹中径  $T_{d_2}$ —中径公差  
 $d_3$ —外螺纹小径  $T_{d_3}$ —小径公差

小螺纹的尺寸小，抗拉强度低，牙槽浅，螺牙的接触高度也小，所以往往产生滑牙现象。规定公差带的组成种类并推荐选用公差带都是从改善小螺纹的上述弱点出发的。例如标准只允许使用内螺纹 4H 和 3G 两种公差带是因为两者的性能不同（4H 的保证间隙为零，3G 具有  $6\mu\text{m}$  的保证间隙），但其最大极限尺寸却相等或接近，这样就能使其强度相对稳定，参看图 5.5-22。从发展看，提高小螺纹各直径的公差，尤其是顶径公差是决定小螺纹是否滑牙的关键。因此，标准推荐优先选用 4H5 和 5h3 组成的螺纹副。

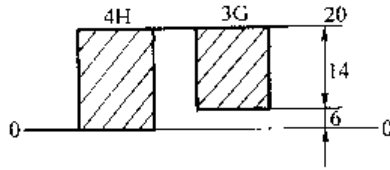
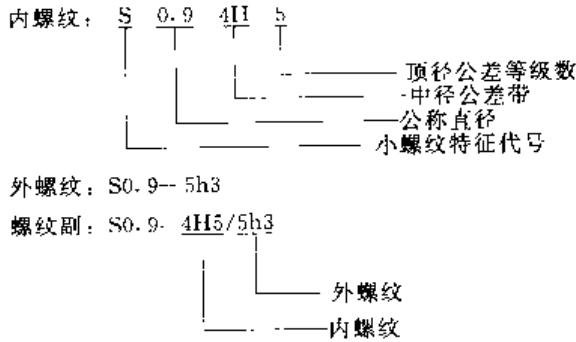


图 5.5-22 内螺纹 S0.3 的中径公差带 4H 和 3G

### 7.4 小螺纹的标记

小螺纹的标记包括代表小螺纹的特征代号 S，用直径（只对应一个螺距）表示的尺寸和公差带代号。其中的公差带代号本应由中径公差带和顶径公差带两组公差带组成，但由于顶径公差带位置在什么时候都是 H 或 h，可以不用标注，于是就变成了只标注中径公差带和顶径公差等级了。至于底径，其中内、外螺纹的基本偏差总是和中径相同而外螺纹的小径只有一种公差等级，也不用标注。具体示例如下：



当螺纹为左旋时，应在公称直径之后加注左旋代号 LH。

### 7.5 小螺纹的极限尺寸

在设计和加工中往往需要计算出零件的极限尺寸，小螺纹极限尺寸的计算式如下。

(1) 内螺纹的极限尺寸

$$D_{min} = d \text{ (最大尺寸由工具自行控制)}$$

$$D_{2max} = d - 0.75H + T_{D_2} = d - 0.64952P + T_{D_2}$$

$$D_{2min} = d - 0.75H = d - 0.64952P$$

$$D_{1max} = d - 2H_1 + T_{D_1} = d - 0.96P + T_{D_1}$$

$$D_{1min} = d - 2H_1 = d - 0.96P$$

(2) 外螺纹的极限尺寸

$$d_{max} = d$$

$$d_{min} = d - T_d$$

$$d_{7max} = d - 0.75H = d - 0.64952P$$

$$d_{2min} = d - 0.75H - T_{D_2} = d - 0.64952P - T_{D_2}$$

$$d_{3max} = d - 2h_3 = d - 1.12P$$

$$d_{3min} = d - 2h_3 - T_{d_3} = d - 1.12P - T_{d_3}$$

现将推荐的优选公差带 4H5 和 5h3 的极限尺寸列入表 5.5-70、71，使用者可直接查表。

表 5.5-70 内螺纹 4H5 的极限尺寸

(GB/T15054.5-1994) (mm)

螺纹规格	螺距 P	大径最小	中径		小径	
			最大	最小	最大	最小
S0.3	0.08	0.3	0.268	0.248	0.240	0.223
S0.35	0.09	0.35	0.314	0.292	0.268	0.264
S0.4	0.1	0.4	0.359	0.335	0.330	0.304
S0.45	0.1	0.45	0.409	0.385	0.380	0.354
S0.5	0.125	0.5	0.445	0.419	0.415	0.380
S0.55	0.125	0.55	0.495	0.469	0.465	0.430
S0.6	0.15	0.6	0.531	0.503	0.502	0.456
S0.7	0.175	0.7	0.618	0.586	0.585	0.532
S0.8	0.2	0.8	0.706	0.670	0.665	0.608
S0.9	0.225	0.9	0.794	0.754	0.745	0.684
S1	0.25	1.0	0.882	0.838	0.825	0.760
S1.1	0.25	1.1	0.982	0.938	0.925	0.860
S1.2	0.25	1.2	1.082	1.038	1.025	0.960
S1.4	0.3	1.4	1.255	1.205	1.185	1.112

表 5.5-71 外螺纹 5h3 的极限尺寸

(GB/T15054.5-1994) (mm)

螺纹规格	螺距 P	大径		中径		小径	
		最大	最小	最大	最小	最大	最小
S0.3	0.08	0.300	0.284	0.248	0.228	0.210	0.190
S0.35	0.09	0.350	0.332	0.292	0.270	0.250	0.228
S0.4	0.1	0.400	0.380	0.355	0.311	0.288	0.264
S0.45	0.1	0.450	0.430	0.385	0.361	0.338	0.314
S0.5	0.125	0.500	0.480	0.419	0.393	0.360	0.332
S0.55	0.125	0.550	0.530	0.469	0.443	0.410	0.382
S0.6	0.15	0.600	0.575	0.503	0.475	0.432	0.400
S0.7	0.175	0.700	0.675	0.586	0.554	0.504	0.468
S0.8	0.2	0.800	0.770	0.670	0.634	0.576	0.536
S0.9	0.225	0.900	0.870	0.754	0.714	0.648	0.604
S1	0.25	1.000	0.965	0.838	0.794	0.720	0.672
S1.1	0.25	1.100	1.065	0.938	0.894	0.820	0.772
S1.2	0.25	1.200	1.165	1.038	0.994	0.920	0.872
S1.4	0.3	1.400	1.360	1.205	1.155	1.064	1.008

### 7.6 关于使用小螺纹的几点说明

1) 由于小螺纹的强度低，现行标准删除了公称直径为 0.25mm 这一规格，最小公称直径为 0.3mm。

2) 现行小螺纹的特征代号 S 曾经是我国锯齿形螺纹的特征代号，由于国际标准采用 S 代表小螺纹，因此我国小螺纹标准也采用了 S，并将锯齿形螺纹的特征代号改为 B。

3) 由于现行小螺纹标准规定的牙型与原属普通螺纹牙型的小螺纹的基本牙型不同，故新、旧标准的小螺纹不能互换，即新的内螺纹可以拧入旧的外螺纹，因为旧的外螺纹牙槽深，新的内螺纹牙顶高小，所以完全能旋合。但是旧的内螺纹不能拧入新的外螺纹，因为新的外螺纹的牙槽浅，容不下旧内螺纹的牙顶。

4) 我国原有小螺纹的顶径公差过大, 是小螺纹易产生滑牙的重要原因, 也是我国小螺纹生产水平与国际标准的差距所在。工艺分析认为小螺纹顶径误差的大小主要取决于螺纹毛坯直径的精度, 故目前认为提高小螺纹螺坯尺寸的精度是解决这一问题的有效手段。由于绝大多数外螺纹均采用辗制工艺, 故精确计算小螺纹的螺坯体积(主要是螺坯直径的尺寸)是至关重要的。

## 8 梯形螺纹及梯形螺纹丝杠

梯形螺纹是使用最多的传动螺纹, 这是由于梯形螺纹具有加工比较容易、强度适中、传动性能可靠的特性。在各种机械设备中经常采用梯形螺纹将旋转运动转换为直线运动, 例如机床进给刀架、千斤顶、台虎钳、各种升降机构, 都是利用梯形螺纹这一特性的典型。另外一些大尺寸机件有时也采用梯形螺纹进行定位和连接。

国家标准 GB/T5796.1~4 1986 规定了用于一般用途梯形螺纹的牙型、尺寸和公差。该标准与国际标准 ISO2901~ISO2904 等效。该标准通用性很好, 但是不适用于对传动精度有较高要求的机床丝杠。我国机床行业对机床丝杠螺母定有专门的精度标准, 可用于各种精密机床(如螺纹磨床、精密螺纹车床)的主轴丝杠等重要部位的传动。

### 8.1 梯形螺纹的牙型

对于梯形螺纹需要了解基本牙型和最大实体牙型两种牙型。

#### 8.1.1 梯形螺纹的基本牙型

梯形螺纹的基本牙型是由原始三角形截去顶部和底部所形成的内、外螺纹共有的理论牙型。其原始三角形是顶角为  $30^\circ$  的等腰三角形, 在顶部和底部对称削平后得到基本牙型, 其牙顶和牙底的宽度均为  $0.366P$ , 具体形状如图 5.5-23 所示。基本牙型上的各参数值列于表 5.5-72。

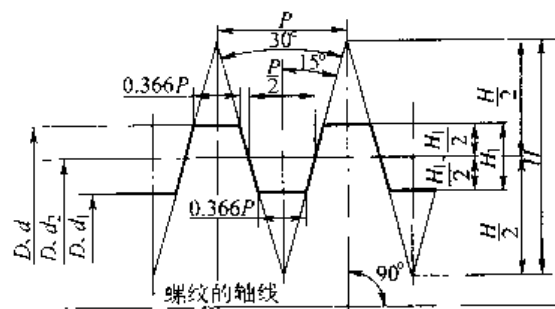


图 5.5-23 梯形螺纹基本牙型

$D$ 、 $d$ —内、外螺纹大径  $P$  螺距  
 $D_2$ 、 $d_2$ —内、外螺纹中径  $H$  原始三角形高度  
 $D_1$ 、 $d_1$ —内、外螺纹小径  $H_1$ —基本牙型高度

表 5.5-72 基本牙型尺寸 (GB/T5796.1—1986)

(mm)

螺 距	$H$	$H/2$	$H_1$	$0.366P$	螺 距	$H$	$H/2$	$H_1$	$0.366P$
$P$	(1.866P)	(0.933P)	(0.5P)		$P$	(1.866P)	(0.933P)	(0.5P)	
1.5	2.799	1.400	0.75	0.549	14	26.124	13.062	7	5.124
2	3.732	1.866	1	0.732	16	29.856	14.928	8	5.856
3	5.598	2.799	1.5	1.098	18	33.588	16.794	9	6.588
4	7.464	3.732	2	1.464	20	37.320	18.660	10	7.320
5	9.330	4.665	2.5	1.830	22	41.052	20.526	11	8.052
6	11.196	5.598	3	2.196	24	44.784	22.392	12	8.784
7	13.062	6.531	3.5	2.562	28	52.248	26.124	14	10.248
8	14.928	7.464	4	2.928	32	59.712	29.856	16	11.712
9	16.794	8.397	4.5	3.294	36	67.176	33.588	18	13.176
10	18.660	9.330	5	3.660	40	74.640	37.320	20	14.640
12	22.392	11.196	6	4.392	44	82.104	41.052	22	16.104

#### 8.1.2 梯形螺纹的最大实体牙型

具有基本牙型的内、外螺纹配合后是没有间隙的。为了保证主要做为传动用梯形螺纹的灵活性, 必须使配合后的内、外螺纹在大径间和小径间留有一定的间隙, 为此分别在内、外螺纹的基本牙型的牙底处留出一个保证间隙  $a_s$ , 这样就得到了另外一个牙型, 它就是梯形螺纹的设计牙型。具体牙型及参数关系如图 5.5-24 所示, 在图上我们看到: 设计牙型上内螺纹的大径是  $D_s$ , 它不同于基本牙型上的大径  $D$ ; 外螺纹的小

径是  $d_s$ , 它也不同于基本牙型上的小径  $d_1$ 。其余各直径的尺寸没有什么变化, 只是在内、外螺纹的牙底和外螺纹的牙顶都制有圆弧, 其半径分别为  $R_2$  和  $R_1$ 。

最大实体牙型是由设计牙型和各直径的基本偏差和公差所决定的最大实体状态下的牙型。梯形螺纹  $H/h$  位置的最大实体牙型恰好与设计牙型相一致。也就是说图 5.5-24 所示的设计牙型正是  $H/h$  位置的最大实体牙型。国标规定的梯形螺纹除了  $H/h$  位置之外还有外螺纹中径的基本偏差不为零的情况, 此时的最大

实体牙型如图 5.5-25 所示。

最大实体牙型的尺寸列于表 5.5-73。这里需要说

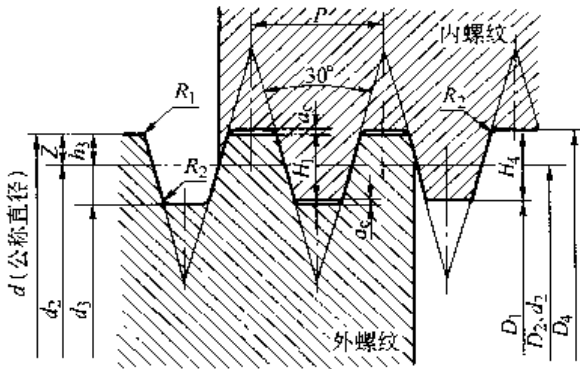


图 5.5-24 梯形螺纹的设计牙型

$$H_1 = 0.5P \quad h_1 = H_1 = a_c + H_1$$

$$R_{2max} = a_c \quad a_c - \text{牙顶 (或牙底) 间隙}$$

$$Z = H_1/2 - 0.25P \quad R_{1max} = 0.5a_c$$

$$d_2 = D_2 = d - 2z = d - 0.5P$$

$$d_3 = d - 2h_3 = d - 2(0.5P - a_c)$$

$$D_1 = d - 2H_1 = d - P \quad D_4 = d + 2a_c$$

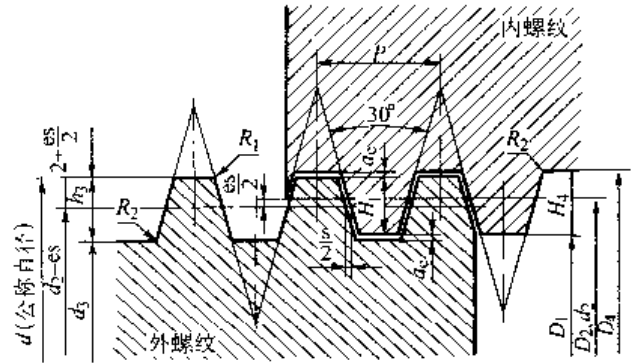


图 5.5-25 外螺纹基本偏差

不为零的最大实体牙型

es—外螺纹中径的基本偏差

S 基本偏差的轴向量

明的是：梯形螺纹标准是在螺纹术语标准 GB/T14791-1993 颁布之前制订的，那时我国还没有建立设计牙型的概念，所以只能借用最大实体牙型给出设计牙型的尺寸，所以表 5.5-73 中的尺寸其实是梯形螺纹设计牙型的尺寸。

表 5.5-73 最大实体牙型尺寸 (GB/T5796.1-1986)

(mm)

螺距 P	$a_c$	$H_1 = h_3$	$R_1$ max	$R_2$ max	螺距 P	$a_c$	$H_4 = h_3$	$R_1$ max	$R_2$ max
1.5	0.15	0.9	0.075	0.15	14	1	8	0.5	1
2	0.25	1.25	0.125	0.25	16	1	9	0.5	1
3	0.25	1.75	0.125	0.25	18	1	10	0.5	1
4	0.25	2.25	0.125	0.25	20	1	11	0.5	1
5	0.25	2.75	0.125	0.25	22	1	12	0.5	1
6	0.5	3.5	0.25	0.5	24	1	13	0.5	1
7	0.5	4	0.25	0.5	28	1	15	0.5	1
8	0.5	4.5	0.25	0.5	32	1	17	0.5	1
9	0.5	5	0.25	0.5	36	1	19	0.5	1
10	0.5	5.5	0.25	0.5	40	1	21	0.5	1
12	0.5	6.5	0.25	0.5	44	1	23	0.5	1

## 8.2 梯形螺纹的尺寸

### 8.2.1 梯形螺纹的直径与螺距系列

梯形螺纹与其他螺纹一样，其尺寸是由直径与螺

距两个尺寸共同构成的。标准规定了这两个尺寸的搭配关系，并称之为直径与螺距的组合。公称直径 8~300mm 范围内直径与螺距的组合尺寸系列见表 5.5-74。

表 5.5-74 中所示尺寸的选择顺序如下：

表 5.5-74 梯形螺纹的直径与螺距 (GB/T5796.2-1986)

(mm)

公称直径		螺距																					
第一系列	第二系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5
8																							1.5
10	9																						2
12	11																					3	2
16	14																					3	2
20	18																					4	2
24	22																					4	2
																8						5	3
																8						5	3

(续)

公称直径		螺 距																					
第一系列	第二系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5
28	26															8			5		3		
	30													10		8			5		3		
32	34													10				6			3		
36	38													10				6			3		
	42													10			7				3		
40	46													10			7				3		
	50													10			7				3		
44	55												12				7				3		
	60												12				7				3		
48	65												12			8					3		
	70												12			8					3		
52	75												12			8					3		
	80												12			8					3		
60	85											14			9						3		
	90											14			9						3		
70	95													10							4		
	100								20					10							4		
80	110								20					10							4		
	120								20					10							4		
90	130								22					10							4		
	140								22					10							4		
100	150								24					10							4		
	160								24					10							4		
120	170								28					10							4		
	180								28					10							4		
140	190								28					10							4		
	200								28					10							4		
160	210								32					10							4		
	220								32					10							4		
180	230								36					10							4		
	240								36					10							4		
200	250								36					10							4		
	260								36					10							4		
220	270								40					12							4		
	280								40					12							4		
240	290	44							44					12							4		
	300	44							44					12							4		

1) 优先选用第一系列的直径;

2) 在每个直径所对应的多个螺距中应优先选取

粗黑线框内的螺距;

3) 在特殊需要时, 允许选择表中邻近直径所对应的

螺距。

上述的第三项选择放松了对直径与螺距组合关系

的限制,实际上只是不允许使用表外的螺距,但在一般情况下应尽量不做这样的选择。

我国为了规范大尺寸梯形螺纹的使用,在GB/T5796.2-1986的附录A中列出了公称直径300~640mm范围内直径与螺距的组合系列,见表5.5-75。

表 5.5-75 大尺寸螺纹的直径与螺距 (GB/T5796.2-1986) (mm)

公称直径			螺距				
第一系列	第二系列	第三系列	48	24	20	16	12
320	360	340	48				12
			48				12
			48				12
400	440	380	48				12
			48			16	12
			48				12
500	560	460				16	
						16	
						16	
600	620	580			20		
					20		
				24			
	640		24				

注:应优先选用第一系列,其次是第二系列,第三系列尽量不用。

8.2.2 梯形螺纹的基本尺寸

梯形螺纹的基本尺寸是根据设计牙型上的尺寸关系计算得到的,各尺寸的名称和关系式如表5.5-76所示(参看图5.5-24)。

表 5.5-76 基本尺寸的名称、代号和关系式

名称	代号	关系式
外螺纹大径	$d$	
螺距	$P$	
牙顶间隙	$a_c$	
基本牙型高度	$H_1$	$H_1=0.5P$
外螺纹牙高	$h_3$	$h_3=H_1+a_c=0.5P+a_c$
内螺纹牙高	$H_2$	$H_2=H_1-a_c=0.5P+a_c$
牙顶高	$Z$	$Z=0.25P=H_1/2$
外螺纹中径	$d_2$	$d_2=d-2Z=d-0.5P$
内螺纹中径	$D_2$	$D_2=d-2Z=d-0.5P$
外螺纹小径	$d_1$	$d_1=d-2h_3$
内螺纹小径	$D_1$	$D_1=d-2H_1=d-P$
内螺纹大径	$D_3$	$D_3=d+2a_c$
外螺纹牙顶圆角	$R_1$	$R_{1max}=0.5a_c$
牙底圆角	$R_2$	$R_{2max}=a_c$

根据表5.5-76中所列关系式计算得到的大、中、小径的基本尺寸列于表5.5-77。

表 5.5-77 梯形螺纹基本尺寸

(GB/T5796.3-1986) (mm)

公称直径 $d$	螺距 $P$	中径 $d_2=D_2$	大径 $D_3$	小径	
				$d_3$	$D_1$
8	1.5	7.250	8.300	6.200	6.500
	2	8.000	9.500	6.500	7.000
10	1.5	9.250	10.300	8.200	8.500
	2	9.000	10.500	7.500	8.000
12	2	10.000	11.500	8.500	9.000
	3	9.500	11.500	7.500	8.000
14	2	13.000	14.500	11.500	12.000
	3	12.500	14.500	10.500	11.000
16	2	15.000	16.500	13.500	14.000
	4	14.000	16.500	11.500	12.000
18	2	17.000	18.500	15.500	16.000
	4	16.000	18.500	13.500	14.000
20	2	19.000	20.500	17.500	18.000
	4	18.000	20.500	15.500	16.000
22	3	20.500	22.500	18.500	19.000
	5	19.500	22.500	16.500	17.000
24	8	18.000	23.000	13.000	14.000
	3	22.500	24.500	20.500	21.000
26	5	21.500	24.500	18.500	19.000
	8	20.000	25.000	15.000	16.000
28	3	24.500	26.500	22.500	23.000
	5	23.500	26.500	20.500	21.000
30	8	22.000	27.000	17.000	18.000
	3	26.500	28.500	24.500	25.000
32	5	25.500	28.500	22.500	23.000
	8	24.000	29.000	19.000	20.000
34	3	28.500	30.500	26.500	27.000
	6	27.000	31.000	23.000	24.000
36	10	25.000	31.000	19.000	20.000
	3	30.500	32.500	28.500	29.000
38	6	29.000	33.000	25.000	26.000
	10	27.000	33.000	21.000	22.000
40	3	32.500	34.500	30.500	31.000
	6	31.000	35.000	27.000	28.000
42	10	29.000	35.000	23.000	24.000
	3	34.500	36.500	32.500	33.000
44	6	33.000	37.000	29.000	30.000
	10	31.000	37.000	25.000	26.000
46	3	36.500	38.500	34.500	35.000
	7	34.500	39.000	30.000	31.000
48	10	33.000	39.000	27.000	28.000
	3	38.500	40.500	36.500	37.000
50	7	36.500	41.000	32.000	33.000
	10	35.000	41.000	29.000	30.000
52	3	40.500	42.500	38.500	39.000
	7	38.500	43.000	34.000	35.000
54	10	37.000	43.000	31.000	32.000

(续)

公称直径 $d$		螺 距 $P$	中 径 $d_2=D_2$	大 径 $D_4$	小 径	
第一系列	第二系列				$d_3$	$D_1$
44		3	42.500	44.500	40.500	41.000
		7	40.500	45.000	36.000	37.000
		12	38.000	45.000	31.000	32.000
46		3	44.500	46.500	42.500	43.000
		8	42.000	47.000	37.000	38.000
		12	40.000	47.000	33.000	34.000
48		3	46.500	48.500	44.500	45.000
		8	44.000	49.000	39.000	40.000
		12	42.000	49.000	35.000	36.000
50		3	48.500	50.500	46.500	47.000
		8	46.000	51.000	41.000	42.000
		12	44.000	51.000	37.000	38.000
52		3	50.500	52.500	48.500	49.000
		8	48.000	53.000	43.000	44.000
		12	46.000	53.000	39.000	40.000
55		3	53.500	55.500	51.500	52.000
		9	50.500	56.000	45.000	46.000
		14	48.000	57.000	39.000	41.000
60		3	58.500	60.500	56.500	57.000
		9	55.500	61.000	50.000	51.000
		14	53.000	62.000	44.000	46.000
65		4	63.000	65.500	60.500	61.000
		10	60.000	66.000	54.000	55.000
		16	57.000	67.000	47.000	49.000
70		4	68.000	70.500	65.500	66.000
		10	65.000	71.000	59.000	60.000
		16	62.000	72.000	62.000	54.000
75		4	73.000	75.500	70.500	71.000
		10	70.000	76.000	64.000	65.000
		16	67.000	77.000	57.000	59.000
80		4	78.000	80.500	75.500	76.000
		10	75.000	81.000	69.000	70.000
		16	72.000	82.000	62.000	64.000
85		4	83.000	85.500	80.500	81.000
		12	79.000	86.000	72.000	73.000
		18	76.000	87.000	65.000	67.000
90		4	88.000	90.500	85.500	86.000
		12	84.000	91.000	77.000	78.000
		18	81.000	92.000	70.000	72.000
95		4	93.000	95.500	90.500	91.000
		12	89.000	96.000	82.000	83.000
		18	86.000	97.000	75.000	77.000
100		4	98.000	100.500	95.500	96.000
		12	94.000	101.000	87.000	88.000
		20	90.000	102.000	78.000	80.000
110		4	108.000	110.500	105.500	106.000
		12	104.000	111.000	97.000	98.000
		20	100.000	112.000	88.000	90.000
120		6	117.000	121.000	113.000	114.000
		14	113.000	122.000	104.000	106.000
		22	109.000	122.000	96.000	98.000
130		6	127.000	131.000	123.000	124.000
		14	123.000	132.000	114.000	116.000
		22	119.000	132.000	106.000	108.000
140		6	137.000	141.000	133.000	134.000
		14	133.000	142.000	124.000	126.000
		24	128.000	142.000	114.000	116.000

(续)

公称直径 $d$		螺 距 $P$	中 径 $d_2=D_2$	大 径 $D_4$	小 径	
第一系列	第二系列				$d_1$	$D_1$
150		6	147.000	151.000	143.000	144.000
		16	142.000	152.000	132.000	134.000
		24	138.000	152.000	124.000	126.000
160		6	157.000	161.000	153.000	154.000
		16	152.000	162.000	142.000	144.000
		28	146.000	162.000	130.000	132.000
170		6	167.000	171.000	163.000	164.000
		16	162.000	172.000	152.000	154.000
		28	156.000	172.000	140.000	142.000
180		8	176.000	181.000	171.000	172.000
		18	171.000	182.000	160.000	162.000
		28	166.000	182.000	150.000	152.000
190		8	186.000	191.000	181.000	182.000
		18	181.000	192.000	170.000	172.000
		32	174.000	192.000	156.000	158.000
200		8	196.000	201.000	191.000	192.000
		18	191.000	202.000	180.000	182.000
		32	184.000	202.000	166.000	168.000
210		8	206.000	211.000	201.000	202.000
		20	200.000	212.000	188.000	190.000
		36	192.000	212.000	172.000	174.000
220		8	216.000	221.000	211.000	212.000
		20	210.000	222.000	198.000	200.000
		36	202.000	222.000	182.000	184.000
230		8	226.000	231.000	221.000	222.000
		20	220.000	232.000	208.000	210.000
		36	212.000	232.000	192.000	194.000
240		8	236.000	241.000	231.000	232.000
		22	229.000	242.000	216.000	218.000
		36	222.000	242.000	202.000	204.000
250		12	244.000	251.000	237.000	238.000
		22	239.000	252.000	226.000	228.000
		40	230.000	252.000	208.000	210.000
260		12	254.000	261.000	247.000	248.000
		22	249.000	262.000	236.000	238.000
		40	240.000	262.000	218.000	220.000
270		12	264.000	271.000	257.000	258.000
		24	258.000	272.000	244.000	246.000
		40	250.000	272.000	228.000	230.000
280		12	274.000	281.000	267.000	268.000
		24	268.000	282.000	254.000	256.000
		40	260.000	282.000	238.000	240.000
290		12	284.000	291.000	277.000	278.000
		24	278.000	292.000	264.000	266.000
		44	268.000	292.000	244.000	246.000
300		12	294.000	301.000	287.000	288.000
		24	288.000	302.000	274.000	276.000
		44	278.000	302.000	254.000	256.000

### 8.3 梯形螺纹的公差制

梯形螺纹的公差带是沿牙型均匀分布的牙型公差带，由公差带的位置和代表公差带大小的公差等级两个要素组成，在垂直于螺纹轴线方向计算公差和偏差值。

8.3.1 梯形螺纹公差带的位置及其应用

内螺纹的大、中、小径只有一种公差带位置 H, 其基本偏差为零; 外螺纹大径和小径也只有一种公差带位置 h。外螺纹中径有三种公差带位置 h、e 和 c, h 的基本偏差为零、e 和 c 的基本偏差为负值。内、外螺纹公差带的相互位置如图 5.5-26、27 所示, 基本偏差值列于表 5.5-78。

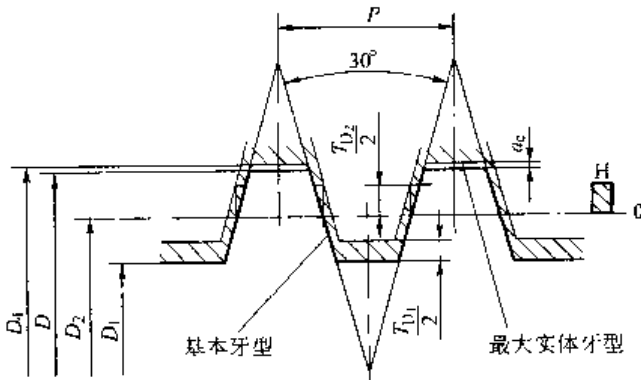


图 5.5-26 内螺纹公差带

$D_4$ —内螺纹大径  $P$ —螺距

$D$  公称直径  $T_{D_2}$ —内螺纹中径公差

$D_2$ —内螺纹中径  $D_1$ —内螺纹小径

$T_{D_1}$ —内螺纹小径公差

表 5.5-78 内、外螺纹中径基本偏差  
(GB/T5796.4—1986) ( $\mu\text{m}$ )

螺距 $P/\text{mm}$	基本偏差			
	内螺纹	外螺纹		
	$D_2$	$d_2$		
	H	c	e	h
	EI	es	es	es
1.5	0	-140	-67	0
2	0	-150	-71	0
3	0	-170	-85	0
4	0	-190	-95	0
5	0	-212	-106	0
6	0	-236	-118	0
7	0	-250	-125	0
8	0	-265	-132	0
9	0	-280	-140	0
10	0	-300	-150	0
12	0	-335	-160	0
14	0	-355	-180	0
16	0	-375	-190	0
18	0	-400	-200	0
20	0	-425	-212	0
22	0	-450	-224	0
24	0	-475	-236	0
28	0	-500	-250	0
32	0	-530	-265	0
36	0	-560	-280	0
40	0	-600	-300	0
44	0	-630	-315	0

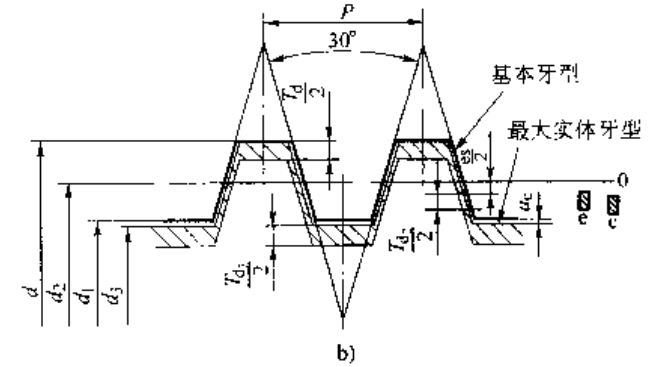
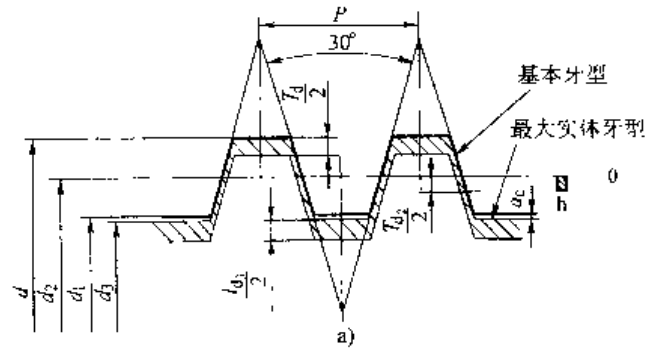


图 5.5-27 外螺纹公差带

a) 大、中、小径的公差带位置 h

b) 大、小径公差带位置为 h、中径为 e、c

$d$  外螺纹大径  $T_d$ —外螺纹大径公差  $P$ —螺距

$d_2$ —外螺纹中径  $T_{d_2}$ —外螺纹中径公差

$d_3$ —外螺纹小径  $T_{d_3}$ —外螺纹小径公差

H、h 位置的公差带用于反向空程比较小的场合, 并可用作联接螺纹。c 和 e 位置的公差带用于要求传动灵活的场合, 其基本偏差可用于贮油也可用于容纳镀层材料。使用带有镀层的螺纹时, 应根据镀层厚度和传动间隙的需要两个方面来选择基本偏差的大小。

8.3.2 梯形螺纹的公差等级

顶径公差的作用在于保持内、外螺纹旋合后有足够的接触高度, 故只有一个公差等级。中径公差是决定内、外螺纹配合的关键, 应该设有较多的等级供使用者选择。为了确保牙顶间隙和螺纹的强度, 梯形螺纹增设了外螺纹小径公差, 小径的公差等级数永远与中径相同。各直径的各级公差规定如下:

直径	公差等级
内螺纹小径	4
内螺纹中径	7、8、9
外螺纹大径	4
外螺纹中径	(6) <sup>⊙</sup> 、7、8、9

⊙ 梯形螺纹没有 6 级公差, 仅为计算其他级的公差值而列出 6 级的公差值。



外螺纹小径 7、8、9

上述各直径的各级公差值列于表 5.5-79~83。

表 5.5-79 内螺纹小径公差  $T_{D_1}$

(GB/T5796.4-1986) ( $\mu\text{m}$ )

螺 距 $P/\text{mm}$	4 级公差		螺 距 $P/\text{mm}$	4 级公差	
	>	≤		>	≤
1.5	190		16	1000	
2	236		18	1120	
3	315		20	1180	
4	375		22	1250	1320
5	450				
6	500				
7	560				
8	630		28	1500	
9	670		32	1600	1800
10	710				
12	800				
14	900				

表 5.5-80 外螺纹大径公差  $T_d$

(GB/T5796.4-1986) ( $\mu\text{m}$ )

螺 距 $P/\text{mm}$	4 级公差		螺 距 $P/\text{mm}$	4 级公差	
	>	≤		>	≤
1.5	150		16	710	
2	180		18	800	
3	236		20	850	
4	300		22	900	950
5	335				
6	375				
7	425				
8	450		28	1060	
9	500		32	1120	1250
10	530				
12	600				
14	670				

表 5.5-81 内螺纹中径公差  $T_{D_2}$

(GB/T5796.4-1986) ( $\mu\text{m}$ )

公称直径 $d/\text{mm}$		螺 距 $P/\text{mm}$	公差等级		
>	≤		7	8	9
5.6	11.2	1.5	224	280	355
		2	250	315	400
		3	280	355	450
11.2	22.4	2	265	335	425
		3	300	375	475
		4	355	450	560
		5	375	475	600
22.4	45	8	475	600	750
		3	335	425	530
		5	400	500	630
45	90	6	450	560	710
		7	475	600	750
		8	500	630	800
5.6	11.2	10	530	670	850
		12	560	710	900
		3	355	450	560
45	90	4	400	500	630
		8	530	670	850

(续)

公称直径 $d/\text{mm}$		螺 距 $P/\text{mm}$	公差等级		
>	≤		7	8	9
45	90	9	560	710	900
		10	560	710	900
		12	630	800	1000
		14	670	850	1060
		16	710	900	1120
		18	750	950	1180
90	180	4	425	530	670
		6	500	630	800
		8	560	710	900
		12	670	850	1060
		14	710	900	1120
		16	750	950	1180
		18	800	1000	1250
		20	800	1000	1250
		22	850	1060	1320
		24	900	1120	1400
		28	950	1180	1500
		180	355	8	600
12	710			900	1120
18	850			1060	1320
20	900			1120	1400
22	900			1120	1400
24	950			1180	1500
32	1060			1320	1700
36	1120			1400	1800
40	1120			1400	1800
44	1250			1500	1900

表 5.5-82 外螺纹中径公差  $T_{d_2}$

(GB/T5796.4-1986) ( $\mu\text{m}$ )

公称直径 $d/\text{mm}$		螺 距 $P/\text{mm}$	公差等级			
>	≤		6	7	8	9
5.6	11.2	1.5	132	170	212	265
		2	150	190	236	300
		3	170	212	265	335
11.2	22.4	2	160	200	250	315
		3	180	224	280	355
		4	212	265	335	425
		5	224	280	355	450
22.4	45	8	280	355	450	560
		3	200	250	315	400
		5	236	300	375	475
		6	265	335	425	530
45	90	7	280	355	450	560
		8	300	375	475	600
		10	315	400	500	630
		12	335	425	530	670
5.6	11.2	3	212	265	335	425
		4	236	300	375	475
		8	315	400	500	630
		9	335	425	530	670
		10	335	425	530	670
		12	375	475	600	750
45	90	14	400	500	630	800
		16	425	530	670	850
		18	450	560	710	900

(续)

(续)

公称直径 <i>d</i> /mm		螺距 <i>P</i> /mm	公差等级				公称直径 <i>d</i> /mm		螺距 <i>P</i> /mm	公差等级			
>	≤		6	7	8	9	>	≤		6	7	8	9
90	180	4	250	315	400	500	180	355	8	355	450	560	710
		6	300	375	475	600			12	425	530	670	850
		8	335	425	530	670			18	500	630	800	1000
		12	400	500	630	800			20	530	670	850	1060
		14	425	530	670	850			22	530	670	850	1060
		16	450	560	710	900			24	560	710	900	1120
		18	475	600	750	950			32	630	800	1000	1250
		20	475	600	750	950			36	670	850	1060	1320
		22	500	630	800	1000			40	670	850	1060	1320
		24	530	670	850	1060			44	710	900	1120	1400
28	560	710	900	1120									

表 5-5-83 外螺纹小径公差  $T_d$  (GB/T5796.4—1986) ( $\mu\text{m}$ )

公称直径 <i>d</i> /mm		螺距 <i>P</i> /mm	中径公差带位置为 e 公差等级			中径公差带位置为 e 公差等级			中径公差带位置为 h 公差等级		
>	≤		7	8	9	7	8	9	7	8	9
5.6	11.2	1.5	352	405	471	279	332	398	212	265	331
		2	388	445	525	309	366	446	238	295	375
		3	435	501	589	350	416	504	265	331	419
11.2	22.4	2	400	462	544	321	383	465	250	312	394
		3	450	520	614	365	435	529	280	350	444
		4	521	609	690	426	514	595	331	419	531
		5	562	656	775	456	550	669	350	444	562
		8	709	828	965	576	695	832	444	562	700
22.4	45	3	482	564	670	397	479	585	312	394	500
		5	587	681	806	481	575	700	375	469	594
		6	655	767	899	537	640	781	419	531	662
		7	694	813	950	569	688	838	444	562	700
		8	734	859	1015	601	726	882	469	594	750
		10	800	925	1087	650	775	937	500	625	788
		12	866	998	1223	691	823	1048	531	662	838
45	90	3	501	589	701	416	504	616	331	419	531
		4	565	659	784	470	564	689	375	469	594
		8	765	890	1052	632	757	919	500	625	788
		9	811	943	1118	671	803	978	531	662	838
		10	831	963	1138	681	813	988	531	662	838
		12	929	1085	1273	754	910	1098	594	750	938
		14	970	1142	1355	805	967	1180	625	788	1000
		16	1038	1213	1438	853	1028	1253	662	838	1062
		18	1100	1288	1525	900	1088	1320	700	888	1125
90	180	4	584	690	815	489	595	720	394	500	625
		6	705	830	986	587	712	868	469	594	750
		8	796	928	1103	663	795	970	531	662	838
		12	960	1122	1335	785	947	1160	625	788	1000
		14	1018	1193	1418	843	1018	1243	662	838	1062
		16	1075	1263	1500	890	1078	1315	700	888	1125
		18	1150	1338	1588	950	1138	1388	750	938	1188
		20	1175	1363	1613	962	1150	1400	750	938	1188
		22	1232	1450	1700	1011	1224	1474	788	1000	1250
		24	1313	1538	1800	1074	1299	1561	838	1062	1325
		28	1388	1625	1900	1138	1375	1650	888	1125	1400
		180	355	8	828	965	1153	695	832	1020	562
12	965			1173	1398	823	998	1223	662	838	1062
18	1187			1400	1650	987	1200	1450	788	1000	1250
20	1263			1488	1750	1050	1275	1537	838	1062	1325
22	1288			1513	1775	1062	1287	1549	838	1062	1325
24	1363			1600	1875	1124	1361	1636	888	1125	1400
32	1530			1780	2092	1265	1515	1827	1000	1250	1562
36	1623			1885	2210	1343	1605	1930	1062	1325	1650
40	1663			1925	2250	1363	1625	1950	1062	1325	1650
44	1755			2030	2380	1440	1715	2065	1125	1400	1750

对于多线螺纹,其顶径公差与单线螺纹相同,中径公差需在单线螺纹中径公差值上乘以线数的修正系数。具体系数值见表 5.5-84。

表 5.5-84 螺纹线数的修正系数

线数	2	3	4	≥5
系数	1.12	1.25	1.4	1.6

### 8.3.3 梯形螺纹的旋合长度及其分组

梯形螺纹的旋合长度是精度的重要内容,梯形螺纹的旋合长度分为 N 和 L 两组,其分组界限列于表 5.5-85。

表 5.5-85 螺纹旋合长度

(GB/T5796.4—1986) (mm)

公称直径 <i>d</i>		螺距 <i>P</i>	旋 合 长 度 组		
>	≤		N		L
>	≤		>	≤	>
5.6	11.2	1.5	5	15	15
		2	6	19	19
		3	10	28	28
11.2	22.4	2	8	24	21
		3	11	32	32
		4	15	43	43
		5	18	53	53
		8	30	85	85
22.4	45	3	12	36	36
		5	21	63	63
		6	25	75	75
		7	30	85	85
		8	34	100	100
		10	42	125	125
45	90	12	50	150	150
		3	15	45	45
		4	19	56	56
		8	38	118	118
		9	43	132	132
		10	50	140	140
		12	60	170	170
		14	67	200	200
90	180	16	75	236	236
		18	85	265	265
		4	24	71	71
		6	36	106	106
		8	45	132	132
		12	67	200	200
		14	75	236	236
		16	90	265	265
		18	100	300	300
		20	112	335	335
180	355	22	118	355	355
		24	132	400	400
		28	150	450	450
		8	50	150	150
		12	75	224	224
		18	112	335	335
		20	125	375	375
		22	140	425	425
		24	150	450	450
		32	200	600	600
36	224	670	670		
40	250	750	750		
44	280	850	850		

### 8.3.4 梯形螺纹精度的划分和公差带的选择

梯形螺纹分为中等级和粗糙级两个精度级别,一般情况下均采用中等精度级,只在要求不高或制造有困难时才使用粗糙级。对于这两种精度的螺纹推荐采用表 5.5-86 所列出的相应公差带。

表 5.5-86 梯形螺纹的选用公差带

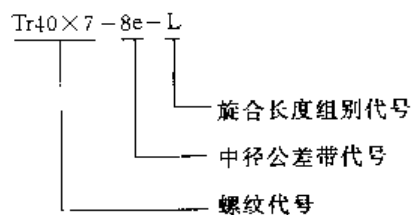
精 度	内 螺 纹		外 螺 纹	
	N	L	N	L
中等	7H	8H	7h、7e	8e
粗糙	8H	9H	8e、8c	9c

当组成螺纹副时,允许选择内、外螺纹的任意两个公差带,不要求内、外螺纹的精度级别相同。

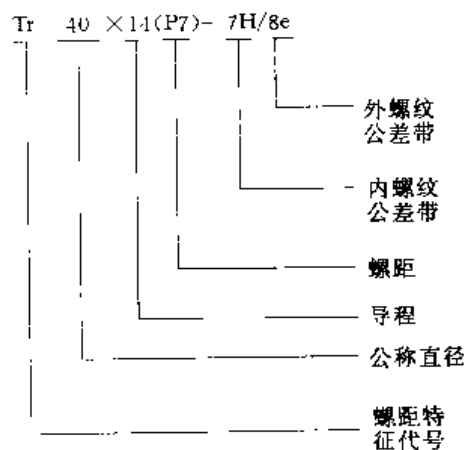
### 8.4 梯形螺纹的标记

梯形螺纹的标记由梯形螺纹的代号、公差带代号和旋合长度组别代号三部分组成。其中的公差带代号是指中径公差带,这是因为标准对内螺纹小径和外螺纹的大径仅规定了一种公差带,没有必要对它们进行标记。另外只在旋合长度属 L 组时需在公差带代号之后注出旋合长度的组别代号 L。当旋合长度属 N 组时则应省去组别代号 N,所以多数梯形螺纹是不需要标记旋合长度组别代号的,当特殊需要时可用具体旋合长度值代替组别代号。具体示例如下。

L 组单线螺纹:



N 组多线螺纹副:



要求标注具体旋合长度值的螺纹:

Tr40×7 7H  $\frac{86}{1}$ 

└── 具体旋合长度值

### 8.5 梯形螺纹极限尺寸的计算

在产品设计和生产中不仅需要基本尺寸,往往还需要其极限尺寸。梯形螺纹的极限尺寸应根据基本尺寸、基本偏差和公差进行计算。现将内、外螺纹大、中、小径极限尺寸的计算式列出如下:

1) 内螺纹大径的极限尺寸。内螺纹大径的最大尺寸由工具来保证,其最小尺寸为  $D_{2min} = D_2 + EI_H$

式中  $D_2$  为基本尺寸,  $EI_H = 0$

2) 内螺纹中径的极限尺寸

$$D_{2min} = D_2 - EI_H$$

$$D_{2max} = D_2 + EI_H + T_{D_2}$$

式中  $D_2$  为基本尺寸,  $EI_H = 0$ ,  $T_{D_2}$  为内螺纹中径公差。

3) 内螺纹小径的极限尺寸

$$D_{1min} = D_1 + EI_H$$

$$D_{1max} = D_1 - EI_H - T_{D_1}$$

式中  $D_1$  为基本尺寸,  $EI_H = 0$ ,  $T_{D_1}$  为内螺纹小径公差。

4) 外螺纹大径的极限尺寸

$$d_{max} = d + es_h$$

$$d_{min} = d + es_h - T_d$$

式中  $d$  为基本尺寸,  $es_h = 0$ ,  $T_d$  为外螺纹大径公差。

5) 外螺纹中径的极限尺寸

$$d_{2max} = d_2 + es$$

$$d_{2min} = d_2 - es - T_{d_2}$$

式中  $d_2$  为基本尺寸,由于外螺纹公差带有三种位置,其中  $es_h = 0$ ,  $es_e$  和  $es_s$  为负值。 $T_{d_2}$  为外螺纹中径公差值。

6) 外螺纹小径的极限尺寸

$$d_{3max} = d_3 + es_s$$

$$d_{3min} = d_3 - es_s - T_{d_3}$$

式中  $d_3$  为基本尺寸,  $es_h = 0$ ,  $T_{d_3}$  为小径的公差值。

上述各式的基本尺寸可在表 5.5-77 中查取,内、外螺纹的基本偏差 EI 和 es 在表 5.5-78 中查取,各直径的公差值在表 5.5-79~83 中查取。为了使用方便,避免计算差错,现已将梯形螺纹常用尺寸段的选用公差带的极限尺寸订为国家标准 GB/T12359-1990 梯形螺纹 极限尺寸(由于篇幅所限,本手册没有列入),使用者也可直接查标准选用。

### 8.6 梯形螺纹的计算式

梯形螺纹采用了与普通螺纹相同的公差原理,但主要用于传动的梯形螺纹,与普通螺纹又有所不同。其计算式见表 5.5-87、88。这些计算式仅供参考。

表 5.5-87 梯形螺纹基本偏差的计算式

内螺纹下偏差	外螺纹上偏差
$EI_H = 0$	$es_h = 0$
	$es_e = (125 + 11P) \quad P \leq 2$
	$es_s = -(5 + 94.12 \sqrt{P}) \quad P = 3 \sim 44$
	$es_s = (50 + 11P) \quad P \leq 3$
	$es_e = 47.49 \quad P = 4 \sim 44$

注:表中 EI 和 es 的单位为  $\mu\text{m}$ ,  $P$  的单位为 mm。

表 5.5-88 梯形螺纹各直径的公差计算式

直径公差	计算公式
$T_{D_1}$ (4)①	$0.63 (230P^{0.7})$
$T_d$ (4)	$0.63 \left( 180 \sqrt[3]{P^2} - \frac{3.15}{\sqrt{P}} \right)$
$T_{d_2}$ (6)	$90P^0.1 d^{0.1}$
$T_{d_2}$ (7)	$1.25T_{d_2}$ (6)
$T_{d_2}$ (8)	$1.6T_{d_2}$ (6)
$T_{d_2}$ (9)	$2T_{d_2}$ (6)
$T_{D_2}$ (7)	$1.7T_{d_2}$ (6)
$T_{D_2}$ (8)	$2.12T_{d_2}$ (6)
$T_{D_2}$ (9)	$2.65T_{d_2}$ (6)
$T_{d_3}$	$1.25T_{d_2} +  es $ ②

注:表中各直径的公差值 T 的单位均为  $\mu\text{m}$ ,  $P$  和  $d$  的单位为 mm。

① ( ) 号内的数值为公差等级数。

② 外螺纹小径的公差等级数永远与其中径相同, es 的单位为  $\mu\text{m}$ 。

### 8.7 机床梯形螺纹丝杠、螺母技术条件

由于国标梯形螺纹(GB/T5796.1~4-1986)采用了普通螺纹的公差制,所以不能用于精密传动。为此机床行业制订了 JB/T2886-1992 机床梯形螺纹丝杠、螺母技术条件标准,以满足对传动精度有严格要求的机床主轴丝杠等场合的需要。该标准中丝杠、螺母的牙型、直径与螺距系列及基本尺寸均符合 GB/T5796.1~3-1986 中的有关规定,只是不采用 GB/T5796.4-1986 中有关梯形螺纹公差的规定。同时在技术条件中另外规定了与传动精度相关的各种公差项目。

#### 8.7.1 梯形螺纹丝杠螺母的精度等级及精度检验项目

机床梯形螺纹丝杠螺母分为 3、4、5、6、7、8、9 共 7 个等级,3 级精度最高,依次逐渐降低。现将与传

动精度相关的各项公差值列于表 5.5 89~5.5 97。

表 5.5 89 丝杠螺纹的螺旋线轴向公差

(JB/T2886--1992) (μm)

精度等级	在下列长度内 (mm) 的螺旋线轴向公差				在下列螺纹有效长度内 (mm) 的螺旋线轴向公差				
					≤1000	>1000~2000	>2000~3000	>3000~4000	>4000~5000
	25	100	300	≤1000					
3	0.9	1.2	1.8	2.5	4	-	-	-	-
4	1.5	2	3	4	6	8	12	-	-
5	2.5	3.5	4.5	6.5	10	14	19	-	-
6	4	7	8	11	16	21	27	33	39

注：本表规定的螺旋线轴向公差适用于 3、4、5、6 级精度的丝杠，采用动态测量方法检测。

表 5.5-90 丝杠螺纹的螺距及螺距累积公差

(JB/T2886 -1992) (μm)

精度等级	螺距公差	在下列长度内 (mm) 的螺距累积公差		在下列螺纹有效长度内 (mm) 的螺距累积公差					
				≤1000	>1000~2000	>2000~3000	>3000~4000	>4000~5000	>5000
		60	300					每增加 1000 应增加	
7	6	10	18	28	36	44	52	60	8
8	12	20	35	55	65	75	85	95	10
9	25	40	70	110	130	150	170	190	20

注：本表规定的螺距和螺距累积公差适用于 7、8、9 级精度的丝杠，其检测方法不予规定。

表 5.5-91 丝杠螺纹有效长度上中径尺寸

的一致性公差 (JB/T2886 -1992)

(μm)

精度等级	螺纹有效长度/mm						
	≤1000	>1000~2000	>2000~3000	>3000~4000	>4000~5000	>5000	每增加 1000 应增加
3	5	-	-	-	-	-	-
4	6	11	17	-	-	-	-
5	8	15	22	30	38	-	-
6	10	20	30	40	50	5	-
7	12	26	40	53	65	10	-
8	16	36	53	70	90	20	-
9	21	48	70	90	116	30	-

注：用公法线千分尺和量针在丝杠同 轴向截面内测量。

表 5.5-92 丝杠螺纹的大径对螺纹轴线的

的径向跳动公差 (JB/T2886—1992)

(μm)

长径比	精度等级						
	3	4	5	6	7	8	9
≤10	2	3	5	8	16	32	63
>10~15	2.5	4	6	10	20	40	80
>15~20	3	5	8	12	25	50	100
>20~25	4	6	10	16	32	63	125
>25~30	5	8	12	20	40	80	160
>30~35	6	10	16	25	50	100	200
>35~40	-	12	20	32	63	125	250
>40~45	-	16	25	40	80	160	315
>45~50	-	20	32	50	100	200	400
>50~60	-	-	-	63	125	250	500
>60~70	-	-	-	80	160	315	630
>70~80	-	-	-	100	200	400	800
>80~90	-	-	-	-	250	500	-

注：长径比系指丝杠全长与螺纹公称直径之比。

表 5.5-93 丝杠螺纹牙型半角的极限偏差

(JB/T2886—1992) (μm)

螺距 P/mm	精度等级					
	3	4	5	6	7	8
	半角极限偏差 (°)					
2~5	±8	±10	±12	±15	±20	±30
6~10	±6	±8	±10	±12	±18	±25
12~20	±5	±6	±8	±10	±15	±20

注：9 级精度的丝杠其牙型半角不予规定。

表 5.5-94 丝杠螺纹大、中、小径的

极限偏差 (JB/T2886—1992) (μm)

螺距 P/mm	公称直径 d/mm	螺纹大径		螺纹中径		螺纹小径	
		下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
2	10~26	-	0	-294	-	-362	-
	18~28	-100	0	-314	-34	-388	0
	30~42	-	-	-350	-	-399	-
3	10~14	-	0	-336	-	-410	-
	22~28	-150	0	-360	-37	-447	0
	30~44	-	-	-392	-	-465	-
	16~60	-	-	-392	-	-478	-
4	16~20	-	0	-400	-	-485	-
	44~60	-200	0	-438	-45	-534	0
	65~80	-	-	402	-	-565	-
5	22~28	-	0	-462	-	-565	-
	30~42	-250	0	-482	-52	-578	0
	85~110	-	-	-530	-	-650	-
6	30~42	-	0	-522	-	-635	-
	44~60	-300	0	-550	36	-646	0
	65~80	-	-	-572	-	-665	-
	120~150	-	-	-585	-	720	-
8	22~28	-	0	-590	-	-720	-
	44~60	-400	0	-620	-67	-758	0
	65~80	-	-	-656	-	-765	-
	160~190	-	-	-682	-	-830	-

(续)

螺距 P /mm	公称直径 d /mm	螺纹大径		螺纹中径		螺纹小径	
		下偏 差	上偏 差	下偏 差	上偏 差	下偏 差	上偏 差
10	30~40			680		-820	
	44~60	550	0	-696	-75	-854	0
	65~80			-710		-865	
	200~220			738		-900	
12	30~42						
	44~60	-660	0	772	-82	-948	0
	65~80			-789		-955	
	85~110			-800		-978	
16	44~60						
	65~80	-800	0	-920	-93	-1135	0
	120~170			-970		-1190	
20	85~110			1000		0	
	180~220	-1120	-1370				

注：1. 螺纹大径作工艺基准时，其尺寸及形状公差由工艺提出；

2. 6 级以上配制螺母的丝杠中径按表中规定的公差带宽相对于尺寸零线两侧对称分布。

表 5.5-95 螺母螺纹大径和小径的极限偏差 (JB/T2886—1992) (μm)

螺距 P /mm	公称直径 D/mm	螺纹大径		螺纹小径	
		上偏差	下偏差	上偏差	下偏差
2	10~16	+328		+100	0
	18~28	-353	0		
	30~42	+370			
3	10~14	+372			
	22~28	+408	0	+150	0
	30~44	+428			
	46~60	+440			
4	16~20	+440			
	44~60	+490	0	+200	0
	65~80	+520			
5	22~28	+515			
	30~42	+528	0	+250	0
	85~110	+595			
6	30~42	+578			
	44~60	+590	0	+300	0
	65~80	+610			
	120~150	+660			
8	22~28	+650			
	44~60	+690	0	+400	0
	65~80	+700			
	160~190	+765			
10	30~42	+745			
	44~60	+778	0	+500	0
	65~80	+790			
	200~220	+825			
12	30~42	+813			
	44~60	+865	0	+600	0
	65~80	+872			
	85~110	+895			
16	44~60	+1017			
	65~80	+1040	0	800	0
	120~170	+1100			
20	85~110	+1200			
	180~220	+1265	0	1000	0

注：螺纹大径或小径作工艺基准时，其尺寸公差及形状公差由工艺提出。

表 5.5-96 非配制螺母螺纹中径的极限偏差

(JB/T2886—1992) (μm)

螺距 P/mm	精度等级			
	6	7	8	9
2~5	极限偏差			
	-55	+65	-85	+100
6~10	0	0	0	0
	-65	+75	+100	-120
12~20	0	0	0	0
	+75	-85	+120	+150

注：螺母的螺距和半角误差由中径公差间接控制。

表 5.5-97 丝杠和螺母螺纹的表面粗糙度 R<sub>a</sub> 值 (JB/T2886—1992) (μm)

精度等级	螺纹大径		牙型表面		螺纹大径	
	丝杠	螺母	丝杠	螺母	丝杠	螺母
3	0.2	3.2	0.2	0.4	0.8	0.8
4	0.4	3.2	0.4	0.8	0.8	0.8
5	0.4	3.2	0.4	0.8	0.8	0.8
6	0.4	3.2	0.4	0.8	1.6	0.8
7	0.4	6.3	0.8	1.6	3.2	1.6
8	0.8	6.3	1.6	1.6	6.3	1.6
9	1.6	6.3	1.6	1.6	6.3	1.6

注：丝杠和螺母的牙侧面不应有明显的波纹。

从以上各表的内容看，机床丝杠、螺母技术条件所规定的公差项目和数值与国标梯形螺纹的规定有原则性的差异，例如表 5.5-91 中规定了中径尺寸的一致性公差。比较中径尺寸一致性公差和中径尺寸的极限偏差可知，前者比后者严格得多，说明对于丝杠更看重中径尺寸的一致性而不苛求其中径尺寸本身的大小。这是因为作为传动精度测量基准的中径，其尺寸的一致性直接关系到传动精度的测量结果。又如，在丝杠、螺母技术条件中单独规定了螺距及螺距累积公差（见表 5.5-90）和牙型半角的极限偏差（见表 5.5-93），这表明采用量规对螺纹各要素进行综合控制是不够的。这些差异说明对用途不同的螺纹（虽然牙型和基本尺寸相同）需要采用不同的公差制，规定不同的精度要求。

### 8.7.2 机床丝杠、螺母产品的标志

符合 JB/T2886 标准规定的机床丝杠、螺母产品的标志由产品代号、尺寸规格及精度等级组成。机床丝杠、螺母的产品代号为 T。螺纹的尺寸规格用“公称直径×螺距”表示，单位为 mm。当螺纹为左旋时需标注“LH”，右旋不注出。在尺寸或左旋代号之后注出螺纹的精度等级数，用“—”分开。示例如下：

公称直径 55mm、螺距 12mm、精度 6 级的右旋螺

纹:

T55×12—6

公称直径 55mm、螺距 12mm、精度 6 级的左旋螺

纹:

T55×12LH—6

### 9 短牙梯形螺纹

短牙梯形螺纹是一种牙槽较浅的梯形螺纹，具有结构紧凑、工艺性好等优点，适用于要求根部强度高，又要外形尺寸小的场合，如薄壁零件，各种阀门就是使用短牙梯形螺纹最多的产品之一。目前我国还没有短牙梯形螺纹的国家标准，现以 JB/TQ734-1985 为例给出有关短牙梯形螺纹的牙型、尺寸和公差供设计者参照使用。

#### 9.1 短牙梯形螺纹的牙型

短牙梯形螺纹的牙型分为基本牙型和最大实体牙型，除牙高  $H_1=0.3P$  (梯形螺纹的牙高  $H_1=0.5P$ ) 之外，其他各参数均与国标梯形螺纹的规定相同，图

表 5.5-98 基本牙型尺寸

(JB/TQ374—1985) (mm)

螺距 $P$	$H$ ( $1.866P$ )	$H/2$ ( $0.933P$ )	$H_1$ ( $0.3P$ )	$0.42P$
1.5	2.799	1.400	0.450	0.630
2	3.732	1.866	0.600	0.840
3	5.598	2.799	0.900	1.260
4	7.464	3.732	1.200	1.680
5	9.330	4.665	1.500	2.100

5.5-28 为短牙梯形螺纹的基本牙型，图 5.5-29 为短牙梯形螺纹的最大实体牙型，两图中的尺寸值列于表 5.5-98、99。

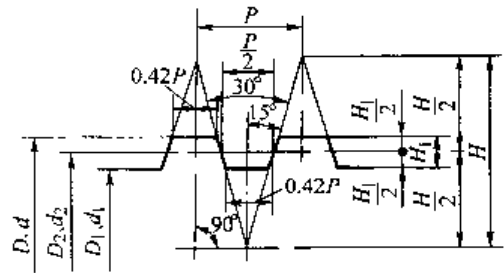


图 5.5-28 短牙梯形螺纹的基本牙型

$D$ —内螺纹大径  $P$ —螺距

$D_2$ —内螺纹中径  $H$ —原始三角形高度

$D_1$ —内螺纹小径  $d_1$ —外螺纹大径

$H_1$ —基本牙型高度  $d_2$ —外螺纹中径

$d_1$ —外螺纹小径

表 5.5-99 最大实体牙型尺寸

(JB/TQ374—1985) (mm)

螺距 $P$	牙顶间隙 $a_c$	牙高 $H_3=h_3$	牙顶圆弧半径 $R_{1max}$	牙底圆弧半径 $R_{2max}$
1.5	0.15	0.600	0.075	0.15
2	0.25	0.850	0.125	0.25
3	0.25	1.150	0.125	0.25
4	0.25	1.450	0.125	0.25
5	0.25	1.750	0.125	0.25

注：当采用滚压方法加工时，外螺纹牙底形状可以修正成较大的圆弧，并允许外螺纹的小径  $d_3$  减小  $0.15P$ 。

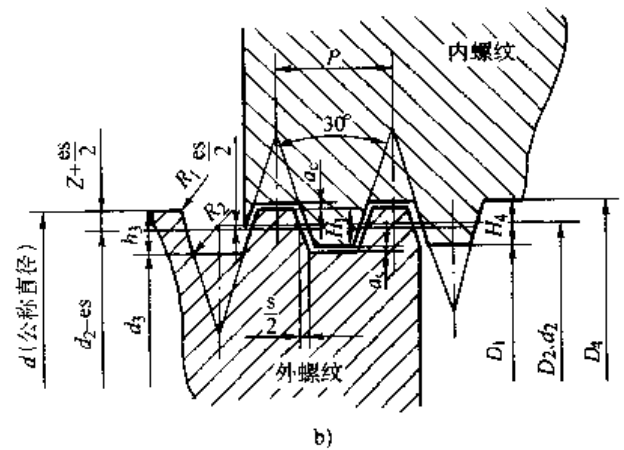
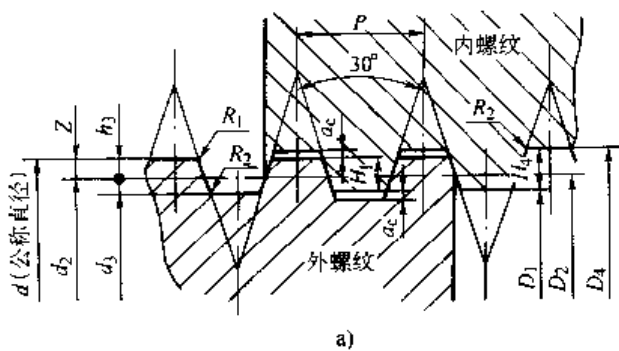


图 5.5-29 短牙梯形螺纹的最大实体牙型

a) 具有牙顶间隙的螺纹牙型

$$H_1=0.3P$$

$a_c$ —牙顶间隙

$es$ —外螺纹中径的基本偏差

$$s=0.26795es$$

$$R_{1max}=0.5a_c$$

$$R_{2max}=a_c$$

b) 具有牙顶和牙侧间隙的螺纹牙型

$$h_3=H_4=H_1+a_c=0.3P+a_c$$

$$Z=0.15P=H_1/2$$

$$d_1=d+2h_3=d+2\times(0.3P+a_c)$$

$$d_2=D_2=d-2Z=d-0.3P$$

$$D_1=d+2H_1=d+0.6P$$

$$D_4=d+2a_c$$

### 9.2 短牙梯形螺纹的尺寸

根据阀门行业使用情况规定了直径与螺距的组合系列该系列与国标梯形螺纹稍有不同, 具体尺寸见表 5.5-100。其基本尺寸见表 5.5-101。

**表 5.5-100 短牙梯形螺纹直径与螺距系列**  
(JB/TQ374-1985) (mm)

公称直径 $d$		螺距 $P$				
第一系列	第二系列	5	4	3	2	1.5
8						1.5
	9				2	1.5
10					2	
	11			3	2	
12				3	2	
	14			3	2	
16			4	3	2	
	18		4	3	2	
20			4	3	2	
	22	5	4	3		
24		5	4	3		
	26	5	4	3		
28		5	4	3		

**表 5.5-101 短牙梯形螺纹基本尺寸**  
(JB/TQ375-1985) (mm)

公称直径 $d$	螺距 $P$	中径 $d_2=D_2$	大径 $D_3$	小径	
				$d_1$	$D_1$
8	1.5	7.550	8.300	6.800	7.100
9	1.5	8.350	9.300	7.800	8.100
	2	8.400	9.500	7.300	7.800
10	2	9.400	10.500	8.300	8.800
11	2	10.400	11.500	9.300	9.800
	3	10.100	11.500	8.700	9.200
12	2	11.400	12.500	10.300	10.800
	3	11.100	12.500	9.700	10.200
14	2	13.400	14.500	12.300	12.800
	3	13.100	14.500	11.700	12.200
16	2	15.400	16.500	14.300	14.800
	3	15.100	16.500	13.700	14.200
18	4	14.800	16.500	13.100	13.600
	2	17.400	18.500	16.300	16.800
18	3	17.100	18.500	15.700	16.200
	4	16.800	18.500	15.100	15.600
20	2	19.400	20.500	18.300	18.800
	3	19.100	20.500	17.700	18.200
20	4	18.800	20.500	17.100	17.600
	3	21.100	22.500	19.700	20.200
22	4	20.800	22.500	19.100	19.600
	5	20.500	22.500	18.500	19.000
24	3	23.100	24.500	21.700	22.200
	4	22.800	24.500	21.100	21.600
24	5	22.500	24.500	20.500	21.000
	3	25.100	26.500	23.700	24.200
26	4	24.800	26.500	23.100	23.600
	5	24.500	26.500	22.500	23.000
28	3	27.100	28.500	25.700	26.200
	4	26.800	28.500	25.100	25.600
28	5	26.500	28.500	24.500	25.000

### 9.3 短牙梯形螺纹的精度及公差带的选择

短牙梯形螺纹采用了与国标梯形螺纹完全相同的公差制, 其公差带的分级、旋合长度的分组, 以及各级公差值的大小均与国标梯形螺纹相同, 因此可以在国标梯形螺纹的相应表格中查询, 对于少数国标梯形螺纹没有的尺寸可利用公差计算式(与梯形螺纹相同)进行计算。

短牙梯形螺纹分为中等和粗糙两个精度级别, 通常都使用中等精度级, 针对不同的旋合长度对上述两个精度级别推荐选用表 5.5-102 所列出的公差带。

该表与国标梯形螺纹的主要区别是外螺纹没有  $h$  位置的中径公差带, 其他大体相仿。

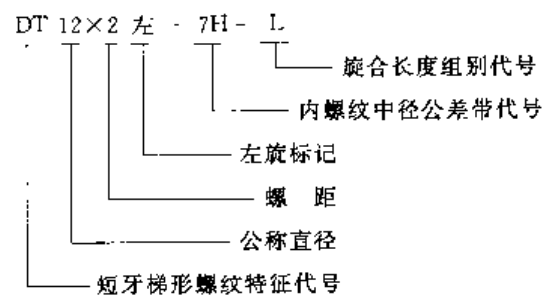
**表 5.5 102 推荐公差带**  
(摘自 JB/TQ374-1985)

精度	内螺纹中径		外螺纹中径	
	N 组	L 组	N 组	L 组
中等	7H	8H	7e	8e
粗糙	8H	9H	8c	9c

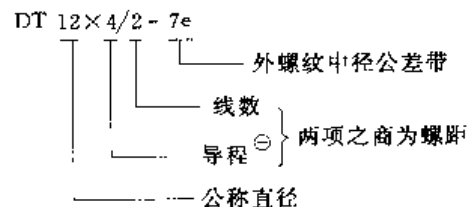
### 9.4 短牙梯形螺纹的标记

短牙梯形螺纹的标记由螺纹代号、公差带代号和旋合长度组别代号三部分组成。其中的公差带代号为中径公差带, 因为内、外螺纹的顶径公差带是固定的, 故没有必要进行标记。具体示例如下:

单线内螺纹:



多线外螺纹:



上述标记中有关多线螺纹的导程和螺距也可与现行国标梯形螺纹的标记方法相统一, 即: 导程 ( $P$  螺距), 不再以分母的形式注出线数。

⊙ 某些标准文本中将其误印为螺距是不对的。



### 10 锯齿形螺纹

锯齿形螺纹是集方形螺纹传动效率高、梯形螺纹工艺性能好于一体的新型螺纹。锯齿形螺纹一般多用于承受单向载荷的场所。承载面的牙型角较小，以提高传动效率，各国使用较多的角度有3°和7°；非承载面的角度视载荷大小要求牙底圆弧的大小而定，牙型角愈大，牙底圆弧就可以更大些，有利于提高螺纹的抗疲劳强度，目前使用较多的有30°和45°两种。

我国颁布的GB/T13576.1-1992锯齿形(3°、30°)螺纹国家标准规定了使用最多的一般用途的锯齿形螺纹的牙型、尺寸和公差。其他还有7°/45°，3°/45°等不同角度的组合。现以GB/T13576-1992为例，基本上代表了锯齿形螺纹的总体情况，其尺寸系列和公差制也可供其他角度的锯齿形螺纹参考使用。

#### 10.1 锯齿形(3°、30°)螺纹的牙型

GB/T13576.1-1992锯齿形(3°、30°)螺纹牙型标准规定了该螺纹的基本牙型和设计牙型。其牙型如图5.5-30、31所示，牙型上各参数值列于表5.5-103、104。

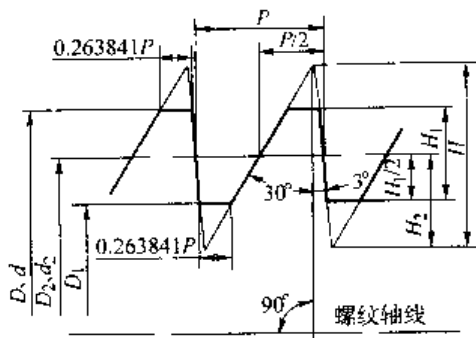


图 5.5-30 锯齿形螺纹基本牙型  
 $d$ —外螺纹大径  $D$ —内螺纹大径  
 $d_2$ —外螺纹中径  $D_2$ —内螺纹中径  
 $d_1$ —外螺纹小径  $D_1$ —内螺纹小径  
 $P$ —螺距  $H$ —原始三角形高度  
 $H_1$ —基本牙型高度

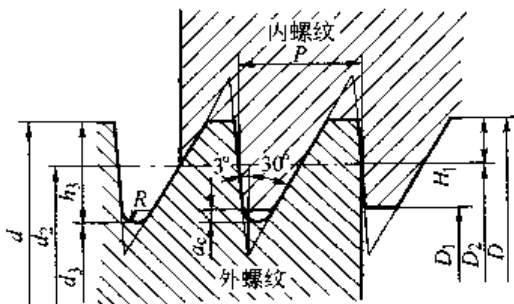


图 5.5-31 锯齿形螺纹的设计牙型  
 $H_1 = 0.75P$   $a_c = 0.117767P$   
 $h_3 = H_1 + a_c = 0.867767P$   
 $R = 0.124271P$   $D = d$   
 $D_2 = d_2 = d - 0.75P$   
 $D_1 = d - 2H_1 - d - 1.5P$   
 $d_3 = d - 2h_3 = d - 1.735534P$

表 5.5-103 基本牙型尺寸

(GB/T13576.1-1992) (mm)

螺距 $P$	$H$ ( $1.587911P$ )	$H/2$ ( $0.793956P$ )	$H_1$ ( $0.75P$ )	牙顶(牙底)宽 $0.263841P$
2	3.176	1.588	1.50	0.528
3	4.764	2.382	2.25	0.792
4	6.352	3.176	3.00	1.055
5	7.940	3.970	3.75	1.319
6	9.527	4.764	4.50	1.583
7	11.115	5.558	5.25	1.847
8	12.703	6.352	6.00	2.111
9	14.291	7.146	6.75	2.375
10	15.879	7.940	7.50	2.638
12	19.055	9.527	9.00	3.166
14	22.231	11.115	10.50	3.694
16	25.407	12.703	12.00	4.221
18	28.582	14.291	13.50	4.749
20	31.758	15.879	15.00	5.277
22	34.934	17.467	16.50	5.804
24	38.110	18.055	18.00	6.332
28	44.462	22.231	21.00	7.388
32	50.813	25.407	24.00	8.443
36	57.165	28.582	27.00	9.498
40	63.516	31.758	30.00	10.554
44	69.868	34.934	33.00	11.609

表 5.5-104 设计牙型的尺寸

(GB/T13576.1-1992) (mm)

$P$	$a_c$	$h_3$	$R$
2	0.236	1.736	0.249
3	0.353	2.603	0.373
4	0.471	3.471	0.497
5	0.589	4.339	0.621
6	0.707	5.207	0.746
7	0.824	6.074	0.870
8	0.942	6.942	0.994
9	1.060	7.810	1.118
10	1.178	8.678	1.243
12	1.413	10.413	1.491
14	1.649	12.149	1.740
16	1.884	13.884	1.988
18	1.120	15.620	2.237
20	2.355	17.355	2.485
22	2.591	19.091	2.734
24	2.826	20.826	2.982
28	3.297	24.297	3.480
32	3.769	27.769	3.977
36	4.240	31.240	4.474
40	4.711	34.711	4.971
44	5.182	38.182	5.468

#### 10.2 锯齿形螺纹的尺寸

锯齿形螺纹的尺寸由直径和螺距两个尺寸组成，标准规定的直径与螺距系列见表5.5-105。根据设计牙型上的尺寸关系可以计算出锯齿形螺纹的基本尺寸，这些尺寸的名称、代号和关系式列于表5.5-106，也可在GB/T13576.3-1992中查取，本手册将其略去。

表 5.5-105 直径与螺距系列 (GB/T13576.2 1992)

(mm)

公称直径		螺 距																					
第一系列	第二系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	
10																							2
12																						3	2
	14																				3	2	
16																					4		2
	18																				4		2
20																					4		2
	22															8				5			3
24																8				5			3
	26															8				5			3
28																8				5			3
	30													10						6			3
32														10						6			3
	34													10						6			3
36														10						6			3
	38													10						7			3
40														10						7			3
	42													10						7			3
44													12							7			3
	46												12			8							3
48													12			8							3
	50												12			8							3
52													12			8							3
	55											14			9								3
60												14			9								3
	65											16		10									4
70												16		10									4
	75											16		10									4
80												16		10									4
	85											18		12									4
90												18		12									4
	95											18		12									4
100												20		12									4
	110											20		12									4
120								22				14							6				
	130							22				14							6				
140							24					14							6				
	150						24					16							6				
160							28					16							6				
	170						28					16							6				
180							28					18							8				
	190						32					18							8				
200							32					18							8				
	210						36					20							8				
220							36					20							8				
	230						36					20							8				
240							36					22							12				
	250						40					22							12				
260							40					22							12				
	270						40					24							12				
280							40					24							12				
	290						44					24							12				
300							44					24							12				
	320						44					44							12				
340							44					44							12				
	360																		12				
380																			12				
	400																		12				
420																			18				
	440																		18				
460																			18				

(续)

公称直径		螺 距																				
第一系列	第二系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2
500	480									18												
	520									18												
540																						
580	560																					
620	600																					
	640																					

表 5.5-106 基本尺寸的名称、代号和关系式

名 称	代号	关 系 式	名 称	代号	关 系 式
外螺纹大径	$d$		外螺纹中径	$d_2$	$d_2 = d - H_1 = d - 0.75P$
内螺纹大径	$D$	$D = d$	内螺纹中径	$D_2$	$D_2 = d_2$
螺距	$P$		外螺纹小径	$d_3$	$d_3 = d - 2h_3 = d - 1.735534P$
牙顶与牙底间的间隙	$a_r$	$a_r = 0.117767P$	内螺纹小径	$D_1$	$D_1 = d - 2H_1 = d - 1.5P$
基本牙型的高度	$H_1$	$H_1 = 0.75P$	牙底圆半径	$R$	$R = 0.124271P$
外螺纹牙高	$h_s$	$h_3 = H_1 - a_r = 0.867767P$			

(续)

### 10.3 锯齿形螺纹的公差制

依据锯齿形螺纹用于一般传动的特点采用了与国标梯形螺纹完全相同的公差制。除内螺纹公差带位置 A (梯形螺纹没有 A 位置) 的基本偏差计算式之外, 其他各项数值的计算式均与梯形螺纹相同, 仅因锯齿形螺纹的尺寸范围更大些, 各项数值表才有所差别。

#### 10.3.1 公差带

GB/T13576.4-1992 对内螺纹的大径和小径只规定了一种公差带位置 H, 其基本偏差  $E_{IH} = 0$ ; 对中径规定了一种公差带位置为 A, 其基本偏差  $E_{IA} = 500 + 33P$  为一正值。对外螺纹的大径和小径也只规定了一种公差带位置 h, 其基本偏差  $es_h = 0$ ; 中径的公差带位置为 c, 其基本偏差  $es_c = -(125 + 11P)$  用于  $P \leq 2\text{mm}$ ,  $es_c = -(5 + 94.12 \sqrt{P})$  用于  $P = 3 \sim 44\text{mm}$ 。中径的这些基本偏差值列于表 5.5-107。

表 5.5-107 内、外螺纹中径的基本偏差

( $\mu\text{m}$ )

螺距 $P$ /mm	基本偏差	
	外螺纹	内螺纹
	$d_2$ c es	$D_2$ A EI
2	-150	+560
3	-170	+600
4	-190	+630
5	-212	+670
6	-236	+710
7	-250	+750

螺距 $P$ /mm	基本偏差	
	外螺纹	内螺纹
	$d_2$ c es	$D_2$ A EI
8	-265	+750
9	-280	+800
10	-300	+850
12	-335	+900
14	-355	+950
16	-375	+1030
18	-400	+1090
20	-425	+1150
22	-450	+1220
24	-475	+1280
28	-500	+1450
32	-530	+1550
36	-560	+1650
40	-600	+1850
44	-630	+1950

上述内、外螺纹的公差带位置如图 5.5-32、33 所示。

标准对内、外螺纹各直径的分级如下:

螺 纹 直 径      公 差 等 级

内螺纹小径  $D_1$       4

外螺纹大径  $d$       4

内螺纹中径  $D_2$       7、8、9

外螺纹中径  $d_2$       7、8、9

外螺纹小径  $d_3$       7、8、9

上述各直径的各级公差值在表 5.5-108~112 中查取。

多线螺纹中径公差的系数按国家标准 GB/T

13576.4—1992的规定给出,其线数分为2、3、4和≥5,其相应的系数为1.12、1.25、1.4和1.6。

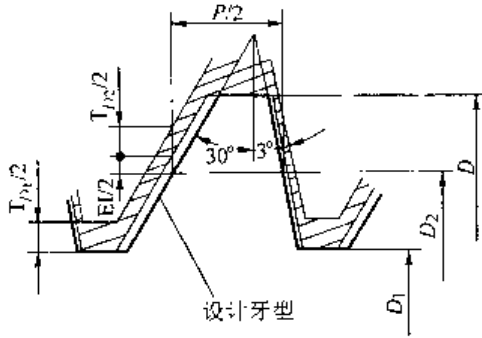


图 5.5-32 内螺纹公差带  
 D—内螺纹大径  $D_2$ —内螺纹中径  
 $D_1$ —内螺纹小径  $T_{D_2}$ —内螺纹中径公差  
 $T_{D_1}$ —内螺纹小径公差  $P$ —螺距  
 EI—中径基本偏差

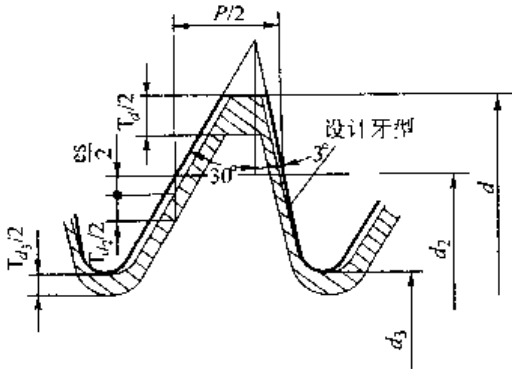


图 5.5-33 外螺纹公差带  
 $d$ —外螺纹大径  $d_2$ —外螺纹中径  
 $d_3$ —外螺纹小径  $T_{d_2}$ —外螺纹中径公差  
 $T_{d_3}$ —外螺纹小径公差  $T_d$ —外螺纹大径公差  
 $P$ —螺距  $cs$ —中径基本偏差

表 5.5-108 内螺纹小径公差  $T_{D_1}$   
 (GB/T13576.4—1992) ( $\mu\text{m}$ )

螺距 $P/\text{mm}$	公差等级 4	螺距 $P/\text{mm}$	公差等级 4
2	236	18	1120
3	315	20	1180
4	375	22	1250
5	450	24	1320
6	500	28	1500
7	560	32	1600
8	630	36	1800
9	670	40	1900
10	710	44	2000
12	800		
14	900		
16	1000		

表 5.5-109 外螺纹大径公差  $T_d$

(GB/T13576.4—1992) ( $\mu\text{m}$ )

螺距 $P/\text{mm}$	公差等级 4	螺距 $P/\text{mm}$	公差等级 4
2	180	18	800
3	236	20	850
4	300	22	900
5	335	24	950
6	375	28	1060
7	425	32	1120
8	450	36	1250
9	500	40	1320
10	530	44	1400
12	600		
14	670		
16	710		

表 5.5-110 内螺纹中径公差  $T_{D_2}$

(GB/T13576.4—1992) ( $\mu\text{m}$ )

公称直径 $d/\text{mm}$		螺距 $P/\text{mm}$	公差等级				
$>$	$\leq$		7	8	9		
5.6	11.2	2	250	315	400		
		3	280	355	450		
11.2	22.4	2	265	335	425		
		3	300	375	475		
		4	355	450	560		
		5	375	475	600		
		8	475	600	750		
22.4	45	3	335	475	530		
		5	400	500	630		
		6	450	560	710		
		7	475	600	750		
		8	500	630	800		
		10	530	670	850		
		12	560	710	900		
		3	355	450	560		
45	90	4	400	500	630		
		8	530	670	850		
		9	560	710	900		
		10	560	710	900		
		12	630	800	1000		
		14	670	850	1060		
		16	710	900	1120		
		18	750	950	1180		
		90	180	4	425	530	670
				6	500	630	800
				8	560	710	900
				12	670	850	1060
14	710			900	1120		
16	750			950	1180		
18	800			1000	1250		
20	800			1000	1250		
22	850	1060	1320				
24	900	1120	1400				
28	950	1180	1500				

(续)

公称直径 $d/mm$		螺距 $P/mm$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
180	355	8	600	750	950
		12	710	900	1120
		18	850	1060	1320
		20	900	1120	1400
		22	900	1120	1400
		24	950	1180	1500
		32	1060	1320	1700
		36	1120	1400	1800
		40	1120	1400	1800
		44	1250	1500	1900
355	640	12	760	950	1200
		18	900	1120	1400
		24	950	1180	1480
		44	1290	1610	2000

表 5.5-111 外螺纹中径公差  $T_{d_2}$

(GB/T13576.4—1992) ( $\mu m$ )

公称直径 $d/mm$		螺距 $P/mm$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
5.6	11.2	2	190	236	300
		3	212	265	335
11.2	22.4	2	200	250	315
		3	224	280	355
		4	265	335	425
		5	280	355	450
22.4	45	8	355	450	560
		3	250	315	400
		5	300	375	475
		6	335	425	530
		7	355	450	560
		8	375	475	600
		10	400	500	630
		12	425	530	670
45	90	3	265	335	425
		4	300	375	475
		8	400	500	630
		9	425	530	670
		10	425	530	670
		12	475	600	750
		14	500	630	800
		16	530	670	850
		18	560	710	900
		90	180	4	315
6	375			475	600
8	425			530	670
12	500			630	800
14	530			670	850
16	560			710	900
18	600			750	950
20	600			750	950
22	630			800	1000
24	670			850	1060
180	355	8	450	560	710
		12	530	670	850
		18	630	800	1000
		20	670	850	1060
		22	670	850	1060
		24	710	900	1120

(续)

公称直径 $d/mm$		螺距 $P/mm$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
180	355	32	800	1000	1250
		36	850	1060	1320
		40	850	1060	1320
		44	900	1120	1400
355	640	12	560	710	900
		18	670	850	1060
		24	710	900	1120
		44	950	1220	1520

表 5.5-112 外螺纹小径公差  $T_{d_1}$

(GB/T13576.4—1992) ( $\mu m$ )

公称直径 $d/mm$		螺距 $P/mm$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
5.6	11.2	2	388	445	525
		3	435	501	589
11.2	22.4	2	400	462	544
		3	450	520	614
		4	521	609	690
		5	562	656	775
22.4	45	8	709	828	965
		3	482	564	670
		5	587	681	806
		6	655	767	899
		7	694	813	950
		8	734	859	1015
		10	800	925	1087
		12	866	998	1223
45	90	3	501	589	701
		4	565	659	784
		8	765	890	1052
		9	811	943	1118
		10	831	963	1138
		12	929	1085	1273
90	180	14	970	1142	1355
		16	1038	1213	1438
		18	1100	1288	1525
		4	584	690	815
		6	705	830	986
		8	796	928	1103
		12	960	1122	1335
		14	1018	1193	1418
		16	1075	1263	1500
		18	1150	1338	1588
180	355	20	1175	1363	1613
		22	1232	1450	1700
		24	1313	1538	1800
		28	1388	1625	1900
		8	828	965	1153
		12	998	1173	1398
		18	1187	1400	1650
		20	1263	1488	1750
		22	1288	1513	1775
		24	1363	1600	1875
180	355	32	1530	1780	2092
		36	1623	1883	2210
		40	1663	1923	2250
		44	1755	2030	2380

(续)

公称直径 $d/mm$		螺距 $P/mm$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
355	640	12	1035	1223	1460
		18	1238	1462	1725
		24	1363	1600	1875
		44	1818	2153	2530

10.3.2 旋合长度

锯齿形螺纹的旋合长度分为 N 和 L 两组, 其分组的划分值列于表 5.5-113。

表 5.5-113 螺纹旋合长度  
(GB/T13576.4 -1992) (mm)

公称直径 $d$		螺距 $P$	旋合长度组				
$>$	$\leq$		N		L		
5.6	11.2	2	6	19	19		
		3	10	28	28		
11.2	22.4	2	8	24	24		
		3	11	32	32		
		4	15	43	43		
		5	18	53	53		
		8	30	85	85		
22.4	45	3	12	36	36		
		5	21	63	63		
		6	25	75	75		
		7	30	85	85		
		8	34	100	100		
		10	42	125	125		
45	90	10	12	45	45		
		4	19	56	56		
		8	38	118	118		
		9	43	132	132		
		10	50	140	140		
		12	60	170	170		
		14	67	200	200		
		16	75	236	236		
		18	85	265	265		
		90	180	4	24	71	71
6	36			106	106		
8	45			132	132		
12	67			200	200		
14	75			236	236		
16	90			265	265		
18	100			300	300		
20	112			335	335		
22	118			355	355		
24	132			400	400		
28	150			450	450		
180	355			8	50	150	150
				12	75	224	224
				18	112	335	335
		20	125	375	375		
		22	140	425	425		
		24	150	450	450		
		32	200	600	600		
		36	224	670	670		
		40	250	750	750		
		44	280	850	850		

(续)

公称直径 $d$		螺距 $P$	旋合长度组		
$>$	$\leq$		N		L
355	640	12	87	260	260
		18	132	390	390
		24	174	520	520
		44	319	950	950

10.3.3 精度和选用公差带

锯齿形螺纹分为中等和粗糙两个精度级制, 一般情况下均使用中等精度级, 根据旋合长度的不同, 推荐使用表 5.5-114 中的选用公差带。

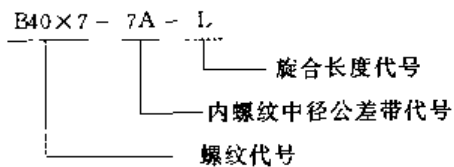
表 5.5-114 内、外螺纹选用公差带  
(GB/T13576.4-1992)

精 度	内 螺 纹		外 螺 纹	
	N	L	N	L
中等	7A	8A	7c	8c
粗糙	8A	9A	8c	9c

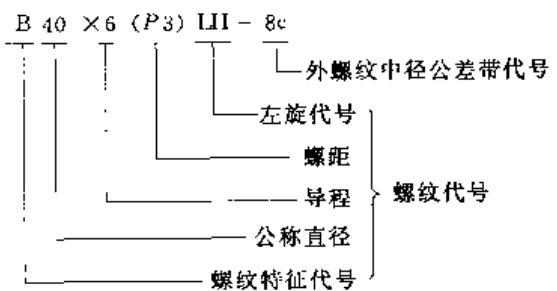
10.4 锯齿形螺纹的标记

锯齿形螺纹的完整标记由螺纹代号、公差带代号和旋合长度代号组成, 其具体示例如下:

单线螺纹:



多线螺纹:



关于标记简化的几点规定

- 1) 旋向为右旋时不标记旋向代号;
- 2) 由于锯齿形螺纹的顶径公差带只有一种, 故仅标记中径公差带;
- 3) 当旋合长度为 N 时, 不需注出旋合长度代号, 特殊需要时可用具体旋合长度值代替组别代号。

10.5 锯齿形螺纹的大径定心

在精度要求较高的场合, 为使内、外螺纹接触均匀, 消除偏心, 需采用大径定心的方法。在 GB/T

13576.4—1992的附录B(参考件)中推荐使用表5.5-115所列的大径公差值。同时规定当采用大径定时需在标记中的公差带代号后用括号加注大径代号,如: B40×7-7A(D)-L。

表 5.5-115 大径定心用内、外螺纹大径公差  
(GB/T13576.4 1992) ( $\mu\text{m}$ )

公称直径 $d/\text{mm}$		内螺纹大径公差 $T_D$	外螺纹大径公差 $T_d$
$>$	$\leq$		
6	10	58	36
10	18	70	43
18	30	84	52
30	50	100	62
50	80	120	74
80	120	140	87
120	180	160	100
180	250	185	115
250	315	210	130
315	400	230	140
400	500	250	155
500	630	280	175
630	800	320	200

## 11 管螺纹

### 11.1 牙型角为 $55^\circ$ 的惠氏管螺纹

#### 11.1.1 关于新标准的修订情况

我国原订有两个  $55^\circ$  管螺纹标准: GB7306—1987“用螺纹密封的管螺纹”和 GB7307—1987“非螺纹密封的管螺纹”,前者螺纹副本身具有密封能力,后者螺纹副本身不具有密封性能,只起机械连接作用。2000年修订时将 GB7306 中的圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的配合(柱/锥)和圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合(锥/锥)分放于两个标准,使原有的两个标准变成了三个标准。此外还新增加了有关管螺纹的两个术语及其定义,并简化了有关配合的标记方法,在技术内容方面没有实质性变化。

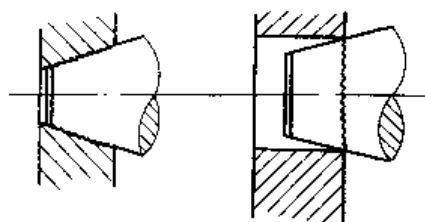
#### 11.1.2 圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的配合

柱/锥配合被订为 GB/T7306.1—2000“ $55^\circ$  密封管螺纹 第一部分:圆柱内螺纹与圆锥外螺纹”

该标准等效地采用了国际标准 ISO7—1:1994“用螺纹密封的管螺纹”中柱/锥配合的有关内容,并代替 GB7306—1987 的这部分技术内容。

该标准适用于管子、阀门、管接头、旋塞及其他管路附件的螺纹连结。并允许在螺纹副内添加合适的密封介质,例如在螺纹表面缠胶布,添加密封胶等。当外锥螺纹旋入圆柱内螺纹时,很容易就能在圆柱内螺纹端面锁紧,并在内、外螺纹中径尺寸相等处形成密封环(参看图 5.5-34)。使用起来很方便,被大量用于低压

静载的场合,其中水、煤气管就是使用柱/锥配合进行管路联接的最好例子。



内锥/外锥的配合 内柱/外锥的配合

图 5.5-34 两种配合方式的比较

#### (1) 术语

1) 参照平面:量规检验螺纹时,读取检验数值(基准平面的位置偏差)所参照的可见平面。它是内螺纹的大端面或外螺纹的小端面。

由于国际标准将内螺纹的基准平面由原来的大端面向内移动了  $0.5P$ ,而测量时又只能在大端面进行读数,所以将这个读取数据的平面正式命名为参照平面。对于外螺纹的小端平面一直就是测量时读取数据的平面。参照平面的给定恰好统一了这两个读数平面的概念和用途。

2) 容纳长度:从内螺纹大端面到妨碍外螺纹旋入的第一个障碍物间的距离。

容纳长度是用于内螺纹的术语,是外螺纹可以旋入内螺纹的最大长度,并与螺纹收尾情况有关。它不同于螺纹的旋合长度,因为旋合长度是螺纹配合后,内、外螺纹共有的长度;也不同于有效螺纹长度,因为在容纳长度内不一定都有螺纹。

#### (2) 参数代号

- $D$ ——内螺纹在基准平面上的大径;
- $d$ ——外螺纹在基准平面上的大径(基准直径);
- $D_2$ ——内螺纹在基准平面上的中径;
- $d_2$ ——外螺纹在基准平面上的中径;
- $D_1$ ——内螺纹在基准平面上的小径;
- $d_1$ ——外螺纹在基准平面上的小径;
- $n$ ——每 25.4mm 轴向长度内所包含的螺纹牙数;
- $P$ ——螺距;
- $H$ ——原始三角形高度;
- $h$ ——螺纹牙高;
- $r$ ——螺纹牙顶和牙底的圆弧半径;
- $T_1$ ——外螺纹基准距离(基准平面位置)公差;
- $T_2$ ——内螺纹基准平面位置公差。

#### (3) 牙型

$55^\circ$  管螺纹的原始三角形是顶角为  $55^\circ$  的等腰三角形,螺纹大、小径在原始三角形上的削平高度均为  $\frac{H}{6}$ 。

圆柱内螺纹和圆锥外螺纹的设计牙型如图 5.5-35、36 所示。

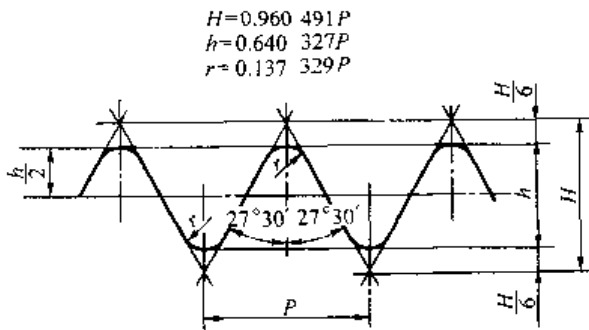


图 5.5-35 圆柱内螺纹的设计牙型

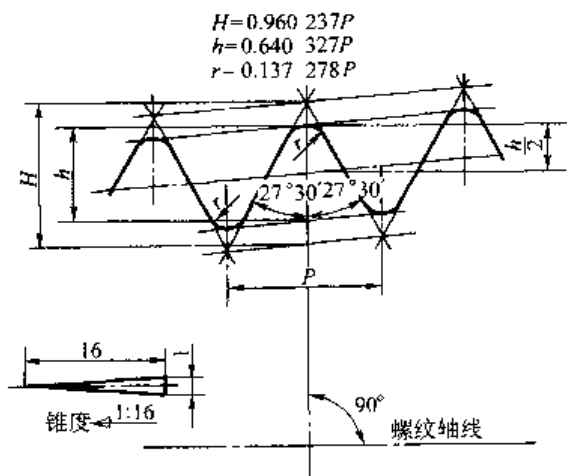


图 5.5-36 圆锥外螺纹的设计牙型

图中相关尺寸按所列公式计算，圆锥管螺纹的锥度为 1:16，牙型角的角平分线垂直于螺纹轴线。

(4) 基本尺寸

螺纹中径和小径的基本尺寸按下列公式计算：

$$D_2 = d_2 = d - h = d - 0.640327P$$

$$D_1 = d_1 = d - 2h = d - 1.280654P$$

1) 圆锥外螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线、与小端面(参照平面)相距一个基准距离的平面内(见图 5.5-37)；圆柱内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线，深入端面(参照平面)以内 0.5P 的平面内(见图 5.5-38)。

2) 圆锥外螺纹和圆柱内螺纹的各种尺寸关系如图 5.5-37、38 所示。内、外螺纹的基本尺寸均在基面上，具体数值列于表 5.5-116。

(5) 倒角

圆锥外螺纹小端面和圆柱内螺纹外端面的倒角轴向长度不得大于 1P。

上述两个平面均为参照平面，倒角的角度及其轴向长度将不同程度的影响量规的检验结果。因此标准中特别规定了对倒角的要求。

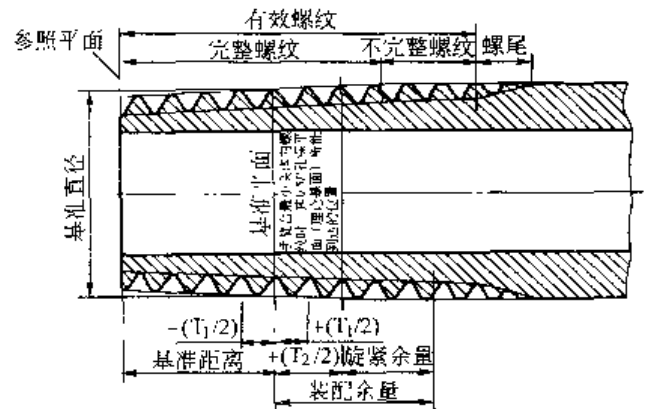


图 5.5-37 圆锥外螺纹上各主要尺寸的分布

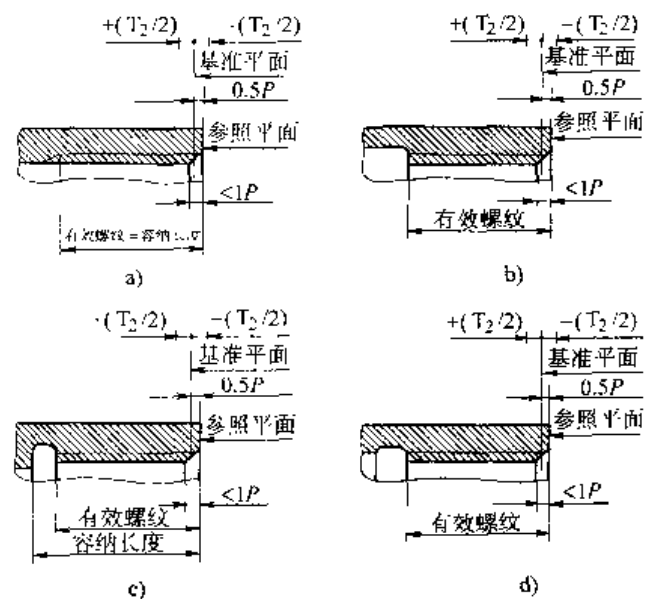


图 5.5-38 圆柱内螺纹上各主要尺寸的分布

(6) 公差

圆锥螺纹的特点就是不同轴向位置的平面具有不同的尺寸，并且规定基准平面具有基本尺寸。如果理论位置上的平面不具有基本尺寸，就说明该平面不是基准平面，同时其他位置肯定能找到一个平面具有基本尺寸，那么该平面即是基准平面。这个新的基准平面的位置距离理论位置的距离被称之为基准平面的位移。它是由制造误差造成的。于是就规定基准平面的位移量的极限偏差来控制锥螺纹的制造精度。

1) 圆锥外螺纹基准距离的极限偏差(±T<sub>1</sub>/2)见表 5.5-116 第 9、10 栏。

2) 圆柱内螺纹各直径的极限偏差见表 5.5-116 第 18、19 栏。

上述规定中基准距离是外螺纹基准平面到小端平面的距离、规定该距离的极限偏差相当于规定了外螺纹的基面轴向位移的极限偏差。该标准中规定的圆柱



表 5.5-116 螺纹的基本尺寸及其公差 (GB/T7306.1—2000)

1	2	3	4	5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15			16			17			18			19		
				每 25.4mm 内所 包含 的牙 数 $n$	螺距 $P$ /mm	牙高 $h$ /mm	基准平面内的 基本直径			基 准 距 离			装配余量			外螺纹的有效 螺距不小于			基准距离分别为			圆柱内螺纹 直径的极限 偏差 ±																										
							大径 (基准 直径) $d_2=D_2$ /mm	中径 $d_2=D_2$ /mm	小径 $d_1=D_1$ /mm	基本 /mm	极限偏差 $\pm T_1/2$ /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm					
1/16	28	0.907	0.581	7.723	7.142	6.561	4	0.9	1	4.9	3.1	2.5	2 3/4	6.5	7.4	5.6	0.071	1 1/4																														
1/8	28	0.907	0.581	9.728	9.147	8.566	4	0.9	1	4.9	3.1	2.5	2 3/4	6.5	7.4	5.6	0.071	1 1/4																														
1/4	19	1.337	0.856	13.157	12.301	11.445	6	1.3	1	7.3	4.7	3.7	2 3/4	9.7	11	8.4	0.104	1 1/4																														
3/8	19	1.337	0.856	16.662	15.806	14.950	6.4	1.3	1	7.7	5.1	3.7	2 3/4	10.1	11.4	8.8	0.104	1 1/4																														
1/2	14	1.814	1.162	20.955	19.793	18.631	8.2	1.8	1	10.0	6.4	5.0	2 3/4	13.2	15	11.4	0.142	1 1/4																														
3/4	14	1.814	1.162	26.441	25.279	24.117	9.5	1.8	1	11.3	7.7	5.0	2 3/4	14.5	16.3	12.7	0.142	1 1/4																														
1	11	2.309	1.479	33.249	31.770	30.291	10.4	2.3	1	12.7	8.1	6.4	2 3/4	16.8	19.1	14.5	0.180	1 1/4																														
1 1/4	11	2.309	1.479	41.910	40.431	38.952	12.7	2.3	1	15.0	10.4	6.4	2 3/4	19.1	21.4	16.8	0.180	1 1/4																														
1 1/2	11	2.309	1.479	47.803	46.324	44.845	12.7	2.3	1	15.0	10.4	6.4	2 3/4	19.1	21.4	16.8	0.180	1 1/4																														
2	11	2.309	1.479	59.614	58.135	56.656	15.9	2.3	1	18.2	13.6	7.5	3 1/4	23.4	25.7	21.1	0.180	1 1/4																														
2 1/2	11	2.309	1.479	75.184	73.705	72.226	17.5	3.5	1 1/2	21.0	14.0	9.2	4	26.7	30.2	23.2	0.216	1 1/2																														
3	11	2.309	1.479	87.884	86.405	84.926	20.6	3.5	1 1/2	24.1	17.1	9.2	4	29.8	33.3	26.3	0.216	1 1/2																														
4	11	2.309	1.479	113.030	111.551	110.072	25.4	3.5	1 1/2	28.9	21.9	10.4	4 1/2	35.8	39.3	32.3	0.216	1 1/2																														
5	11	2.309	1.479	138.430	136.951	135.472	28.6	3.5	1 1/2	32.1	25.1	11.5	5	40.1	43.6	36.6	0.216	1 1/2																														
6	11	2.309	1.479	163.830	162.351	160.872	28.6	3.5	1 1/2	32.1	25.1	11.5	5	40.1	43.6	36.6	0.216	1 1/2																														

内螺纹直径的极限偏差值相当于与圆锥外螺纹配合的

圆锥内螺纹基面轴向位移偏差的  $\frac{1}{16}$ 。

(7) 螺纹长度

1) 圆锥外螺纹的有效螺纹长度不应小于其基础距离的实际值与装配余量之和。对应基准距离为最大, 基本和最小的三种条件, 表 5.5-116 第 16、15 和 17 栏分别给出了相应情况所需的最小有效螺纹长度。

2) 当圆柱内螺纹的尾部未采用退刀结构时, 其最小有效螺纹长度应能容纳具有表 5.5-116 第 16 栏长度圆锥外螺纹。当圆柱内螺纹的尾部、采用退刀结构时, 其容纳长度应能容纳具有表中第 16 栏长度的圆锥外螺纹, 其最小有效螺纹长度应不小于表中第 17 栏规定长度的 80%, 参见图 5.5-38。

(8) 标记

1) 管螺纹的标记由螺纹特征代号和尺寸代号组成, 其特征代号如下:

$R_p$  — 代表圆柱内螺纹;

$R_1$  — 代表与圆柱内螺纹相配合的圆锥外螺纹。

尺寸代号为表 5.5-116 中第一栏所规定的分数或整数。其标记示例如下:

尺寸代号为 3/4 的右旋圆柱内螺纹的标记为:

$R_p 3/4$ ;

尺寸代号为 3 的右旋圆锥外螺纹的标记为:  $R_1 3$ 。

2) 当螺纹为左旋时, 应在尺寸代号之后加注“LH”。其标记示例如下:

尺寸代号为 3/4 的左旋圆柱内螺纹标记为:  $R_p 3/4$  LH。

3) 表示螺纹副时, 螺纹的特征代号为: “ $R_p/R_1$ ”。前面为内螺纹的特征代号, 后面为外螺纹的特征代号, 中间用斜线分开。其示例如下:

尺寸代号为 3 的右旋圆柱内螺纹与圆锥外螺纹组成的螺纹副标记为:  $R_p/R_1 3$ 。

11.1.3 圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合

锥/锥配合被订为 GB/T7306.2—2000“55°密封管螺纹 第二部分: 圆锥内螺纹与圆锥外螺纹”

该标准等效地采用了国际标准 ISO7—1:1999“用螺纹密封的管螺纹”中有关圆锥内螺纹与圆锥外螺纹配合(锥/锥)的技术内容。并代替 GB7306—1987 中有关锥/锥配合的内容。

该标准适用于管子、阀门、管接头、旋塞及其他管路附件的螺纹连接。允许在螺纹副内添加合适的密封介质, 例如在螺纹表面缠胶布、涂密封胶等。与柱/锥配合相比, 锥/锥配合是在内、外螺纹相互旋紧的整个锥面上进行密封(参看图 5.5-34)。因为受到内、外螺纹锥度、牙型半角等多个要素一致性的制约, 完成全锥面的密封是比较困难的, 往往已经拧得很紧, 却仍然有泄漏。但是一旦实现密封就不会轻易被破坏, 适用于高压、动载等受力复杂的场合。

(1) 与 GB/T7306.1—2000 相同的技术规定

1) 该标准涉及的两个术语“参照平面”和“容纳

长度”的定义和作用与 GB/T7306.1—2000 的规定相同。这里不再重述。

2) 该标准关于螺纹各参数的代号、螺纹牙型(圆锥内螺纹与圆锥外螺纹相同)、基本尺寸、基面位置、倒角、圆锥外螺纹各尺寸的分布位置、公差和螺纹长度的规定均与 GB/T7306.1—2000 相同(参看图 5.5-36、37 和表 5.5-116)。其中基本尺寸、公差和螺纹长度也可在表 5.5-117 中查取。

(2) 与圆锥内螺纹有关的规定

1) 圆锥内螺纹各主要尺寸的分布位置见图 5.5-39。

2) 圆锥内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线, 深入端面(参照平面)以内  $0.5P$  的平面内。

3) 圆锥内螺纹大端面的倒角轴向长度不得大于  $1P$ 。

4) 圆锥内螺纹基准平面位置的极限偏差 ( $\pm T_2/2$ ) 见表 5.5-117 的规定。

5) 当圆锥内螺纹的尾部未采用退刀结构时, 其最小有效长度应能容纳具有表 5.5-117 第 16 栏长度的

圆锥外螺纹; 当圆锥内螺纹的尾部采用退刀结构时, 其容纳长度应能容纳具有表中第 16 栏长度的圆锥外螺纹, 其最小有效螺纹长度应不小于表中第 17 栏规定长度的 80%, 见图 5.5-39。

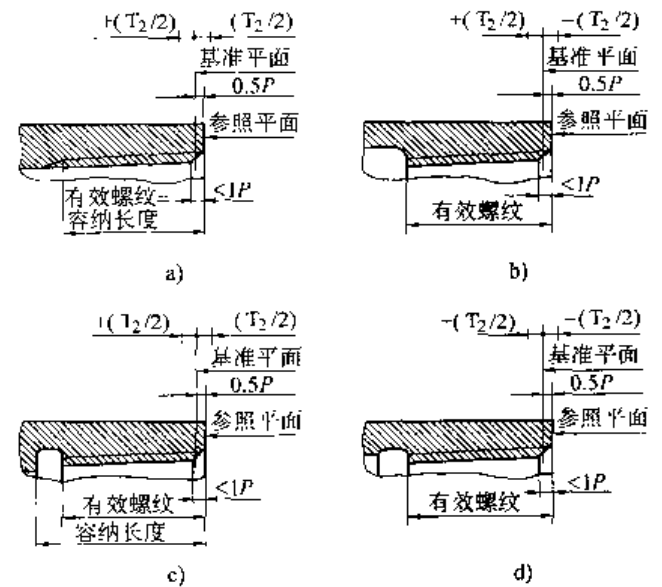


图 5.5-39 圆锥内螺纹上各主要尺寸的分布位置

表 5.5-117 螺纹的基本尺寸及其公差 (GB/T7306.2 2000)

1	2	3	4	5			6				7		13	14			15			18	19
				基准平面内的基本直径			基准距离				外螺纹的有效螺纹不小于			圆柱内螺纹基准平面轴向位置的极限偏差 $\pm T_2/2$							
				大径 (基准直径) $d_2 = D_2$ /mm	中径 $d_1 = D_1$ /mm	小径 $d = D$ /mm	基本 /mm	极限偏差 $\pm T_1/2$ /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm		最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm	最小 /mm	基本 /mm	最大 /mm		
1/16	28	0.907	0.581	7.723	7.142	6.561	4	0.9	1	4.9	3.1	2.5	2 3/4	6.5	7.4	5.6	1.1	1 1/4			
1/8	28	0.907	0.581	9.728	9.147	8.566	4	0.9	1	4.9	3.1	2.5	2 3/4	6.5	7.4	5.6	1.1	1 1/4			
1/4	19	1.337	0.856	13.157	12.301	11.445	6	1.3	1	7.3	4.7	3.7	2 3/4	9.7	11	8.4	1.7	1 1/4			
3/8	19	1.337	0.856	16.662	15.806	14.950	6.4	1.3	1	7.7	5.1	3.7	2 3/4	10.1	11.4	8.8	1.7	1 1/4			
1/2	14	1.814	1.162	20.955	19.793	18.631	8.2	1.8	1	10.0	6.4	5.0	2 3/4	13.2	15	11.4	2.3	1 1/4			
3/4	14	1.814	1.162	26.441	25.279	24.117	9.5	1.8	1	11.3	7.7	5.0	2 3/4	14.5	16.3	12.7	2.3	1 1/4			
1	11	2.309	1.479	33.249	31.770	30.291	10.4	2.3	1	12.7	8.1	6.4	2 3/4	16.8	19.1	14.5	2.9	1 1/4			
1 1/4	11	2.309	1.479	41.910	40.431	38.952	12.7	2.3	1	15.0	10.4	6.4	2 3/4	19.1	21.4	16.8	2.9	1 1/4			
1 1/2	11	2.309	1.479	47.803	46.324	44.845	12.7	2.3	1	15.0	10.4	6.4	2 3/4	19.1	21.4	16.8	2.9	1 1/4			
2	11	2.309	1.479	59.614	58.135	56.656	15.9	2.3	1	18.2	13.6	7.5	3 1/4	23.4	25.7	21.1	2.9	1 1/4			
2 1/2	11	2.309	1.479	75.184	73.705	72.226	17.5	3.5	1 1/2	21.0	14.0	9.2	4	26.7	30.2	23.2	3.5	1 1/2			
3	11	2.309	1.479	87.884	86.405	84.926	20.6	3.5	1 1/2	24.1	17.1	9.2	4	29.8	33.3	26.3	3.5	1 1/2			
4	11	2.309	1.479	113.030	111.551	110.072	25.4	3.5	1 1/2	28.9	21.9	10.4	4 1/2	35.8	39.3	32.3	3.5	1 1/2			
5	11	2.309	1.479	138.430	136.951	135.472	28.6	3.5	1 1/2	32.1	25.1	11.5	5	40.1	43.6	36.6	3.5	1 1/2			
6	11	2.309	1.479	163.830	162.351	160.872	28.6	3.5	1 1/2	32.1	25.1	11.5	5	40.1	43.6	36.6	3.5	1 1/2			

(3) 标记

由于 55°密封管螺纹只有一种公差, 所以其标记由螺纹特征代号和尺寸代号组成。

螺纹特征代号 R, 表示圆锥内螺纹;  
R<sub>2</sub> 表示与圆锥内螺纹配合的圆

锥外螺纹。

螺纹的尺寸代号为表 5.5-117 中第一栏所规定的分数或整数。

标记示例: 尺寸代号为 3/4 的右旋圆锥内螺纹所标记为 R.3/4;

当螺纹为左旋时，应在尺寸代号之后加注左旋代号“LH”，其标记示例如下：

尺寸代号 3/4 的左旋圆锥外螺纹标记为  $R_2 3/4 LH$ 。

表示螺纹副时，螺纹的特征代号为  $R_c/R_2$ ，前面为内螺纹的特征代号，后面为外螺纹的特征代号，中间用斜线分开，其标记示例如下：

尺寸代号为 3 的右旋圆锥内螺纹与圆锥外螺纹所组成的螺纹副标记为  $R_c/R_2 3$ 。

### 11.1.4 圆柱内螺纹与圆柱外螺纹的配合

柱/柱配合被订为 GB/T7307—2001“55°非密封管螺纹”。

该标准等效地采用了国际标准 ISO228—1:1994“非螺纹密封的管螺纹 第一部分：尺寸公差和标记”。与我国标准的不同在于我国不推荐使用密封管螺纹与非密封管螺纹组成螺纹副（G/R 或 R<sub>p</sub>/G）。

#### (1) 标准的适用范围和代号

该标准规定的牙型角为 55° 的圆柱管螺纹，螺纹副本身不具有密封性。适用于管子、阀门、管接头、旋塞及其他管路附件的螺纹连接。若要求此连接具有密封性，应在螺纹以外设计密封面结构（例如圆锥面、平端面等）。在密封面内添加合适的密封介质，密封圈等，利用螺纹将密封面锁紧密封。

螺纹上各参数的代号如下：

- $D$ ——内螺纹大径；
- $d$ ——外螺纹大径；
- $D_2$ ——内螺纹中径；
- $d_2$ ——外螺纹中径；
- $D_1$ ——内螺纹小径；
- $d_1$ ——外螺纹小径；
- $T_{D_2}$ ——内螺纹中径公差；
- $T_{d_2}$ ——外螺纹中径公差；
- $T_{D_1}$ ——内螺纹小径公差；
- $T_d$ ——外螺纹大径公差；
- $n$ ——每 25.4mm 轴向长度内包含的螺纹牙数；
- $P$ ——螺距；
- $H$ ——原始三角形高度；
- $h$ ——螺纹牙高；
- $r$ ——螺纹牙顶和牙底的圆弧半径。

#### (2) 牙型

55° 圆柱管螺纹牙型的原始三角形是顶角为 55° 的等腰三角形，螺纹大径和小径处原始三角形的削平高度均为  $\frac{H}{6}$ 。设计牙型上的牙顶和牙底均为圆弧形，圆弧半径为  $r$ ，具体形状如图 5.5-40 所示。

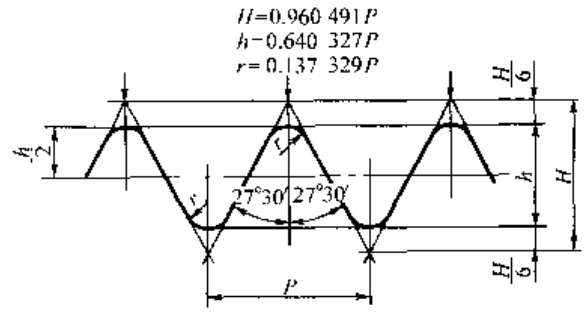


图 5.5-40 圆柱管螺纹的设计牙型

(3) 基本尺寸及公差 (见图 5.5-41)

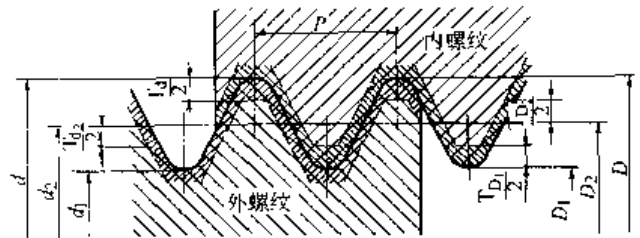


图 5.5-41 非密封管螺纹的尺寸及公差分布

1) 螺纹大径、中径和小径的基本尺寸按下列公式计算：

$$D = d$$

$$D_2 = d_2 = d - h = d - 0.640327P$$

$$D_1 = d_1 = d - 2h = d - 1.280654P$$

2) 内螺纹的下偏差 (EI) 和外螺纹的上偏差 (es) 为基本偏差，其基本偏差为零。

3) 对内螺纹中径和小径规定了一种公差等级。

4) 对外螺纹的中径规定了两种公差等级，A 级和 B 级；对外螺纹大径，规定了一种公差等级。

5) 对内、外螺纹的底径，未规定公差。

6) 在顶径公差带范围内，允许将螺纹圆弧牙顶削平。

圆柱管螺纹的基本尺寸和公差值列于表 5.5-118。

#### (4) 标记

非密封圆柱管螺纹的标记由螺纹特征代号、尺寸代号和公差等级代号组成。

螺纹尺寸代号为表 5.5-118 第一栏所列出的分数或整数。

螺纹公差等级代号，对外螺纹分为 A、B 两级进行标记，对内螺纹不标记公差等级。

标记示例如下：

尺寸代号为 3 的右旋圆柱内螺纹标记为 G3；

尺寸代号为 2 的 A 级右旋圆柱外螺纹标记为 G2A；

尺寸代号为 4 的 B 级右旋圆柱外螺纹标记为 G4B；

表 5.5-118 非密封管螺纹的基本尺寸及其公差

(mm)

尺寸代号	每 25.4mm 内所包含的牙数 <i>n</i>	螺距 <i>P</i>	外高 <i>h</i>	基本直径			中径公差 <sup>①</sup>				小径公差		大径公差			
				大径 <i>d-D</i>	中径 <i>d<sub>2</sub>-D<sub>2</sub></i>	小径 <i>d<sub>1</sub>-D<sub>1</sub></i>	内螺纹		外螺纹		下偏差	上偏差	内螺纹		外螺纹	
							下偏差	上偏差	下偏差	上偏差			下偏差	上偏差	下偏差	上偏差
1/16	28	0.907	0.581	7.723	7.142	6.561	0	-0.107	-0.107	-0.214	0	0	-0.282	-0.214	0	
1/8	28	0.907	0.581	9.728	9.147	8.566	0	-0.107	-0.107	-0.214	0	0	+0.282	-0.214	0	
1/4	19	1.337	0.856	13.157	12.301	11.445	0	-0.125	0.125	-0.250	0	0	+0.445	0.250	0	
3/8	19	1.337	0.856	16.662	15.806	14.950	0	-0.125	0.125	-0.250	0	0	-0.445	-0.250	0	
1/2	14	1.814	1.162	20.955	19.793	18.631	0	+0.142	0.142	-0.284	0	0	+0.541	-0.284	0	
5/8	14	1.814	1.162	22.911	21.749	20.587	0	-0.142	-0.142	-0.284	0	0	+0.541	-0.284	0	
3/4	14	1.814	1.162	26.441	25.279	24.117	0	-0.142	0.142	-0.284	0	0	+0.541	-0.281	0	
7/8	14	1.814	1.162	30.201	29.039	27.877	0	+0.142	-0.142	-0.284	0	0	+0.541	-0.284	0	
1	11	2.309	1.479	33.249	31.770	30.291	0	-0.180	-0.180	0.360	0	0	+0.640	-0.360	0	
1 1/8	11	2.309	1.479	37.897	36.418	34.939	0	+0.180	0.180	-0.360	0	0	+0.640	-0.360	0	
1 1/4	11	2.309	1.479	41.910	40.431	38.952	0	-0.180	0.180	-0.360	0	0	+0.640	0.360	0	
1 1/2	11	2.309	1.476	47.803	46.324	44.845	0	+0.180	-0.180	-0.360	0	0	+0.640	-0.360	0	
1 3/4	11	2.309	1.479	53.746	52.267	50.788	0	-0.180	-0.180	0.360	0	0	+0.640	-0.360	0	
2	11	2.309	1.479	59.614	58.135	56.656	0	0.180	-0.180	0.360	0	0	+0.640	-0.360	0	
2 1/4	11	2.309	1.479	65.710	64.231	62.752	0	-0.217	0.217	-0.434	0	0	-0.640	-0.434	0	
2 1/2	11	2.309	1.479	73.184	71.705	70.226	0	+0.217	-0.217	-0.434	0	0	+0.640	-0.434	0	
2 3/4	11	2.309	1.479	81.334	79.855	78.376	0	-0.217	0.217	-0.434	0	0	+0.640	-0.434	0	
3	11	2.309	1.479	87.884	86.405	84.926	0	+0.217	-0.217	0.434	0	0	+0.640	-0.434	0	
3 1/2	11	2.309	1.479	100.330	98.851	97.372	0	-0.217	0.217	-0.434	0	0	+0.640	0.434	0	
4	11	2.309	1.479	113.930	112.451	110.972	0	+0.217	-0.217	-0.434	0	0	+0.640	0.434	0	
4 1/2	11	2.309	1.479	125.730	124.251	122.772	0	-0.217	0.217	-0.434	0	0	+0.640	-0.434	0	
5	11	2.309	1.479	138.430	136.951	135.472	0	+0.217	-0.217	-0.434	0	0	+0.640	-0.434	0	
5 1/2	11	2.309	1.479	151.130	149.651	148.172	0	-0.217	0.217	-0.434	0	0	+0.640	-0.434	0	
6	11	2.309	1.479	163.830	162.351	160.872	0	+0.217	-0.217	0.434	0	0	-0.640	-0.434	0	

① 对薄壁件，此公差适用于平均中径，该中径是测量两个相互垂直直径的算术平均值。

当螺纹为左旋时应在外螺纹的公差等级代号或内螺纹的尺寸代号之后加注左旋代号“LH”。

标记示例如下：

尺寸代号为 3/8 的左旋圆柱内螺纹的标记为 G3/8LH。

尺寸代号为 3/8 的 A 级左旋圆柱外螺纹的标记为 G3/8A LH。

表示螺纹副时，仅需标注外螺纹的标记代号。

### 11.2 牙型角为 60°的密封管螺纹

GB/T12716--2002“60°密封管螺纹”等效地采用了美国标准 ANSIB1.20.1-1983“一般用途管螺纹”中有关密封管螺纹(NPT和NPSC)的技术内容。

与GB12716-1991相比,GB/T12716-2002增加了圆柱内螺纹(NPSC)及其与圆锥外螺纹(NPT)的配合;将GB12716-1991标准附录C(参考件)大尺寸圆锥管螺纹列入了正式标准;新标准还根据美国标准对圆锥管螺纹单项要素的极限偏差值做了调整。

该标准规定了内、外圆锥螺纹和圆柱内螺纹的牙型、尺寸、公差和标记。圆锥螺纹的锥度比为1:16,内、外螺纹可以组成两种配合:锥/锥和柱/锥,这两种

配合的螺纹副本身都具有密封性。适用于管子、阀门、管接头、旋塞及其他管路附件。为确保螺纹连接的密封性,应在螺纹副内添加合适的密封介质。

#### 11.2.1 术语和代号

1) 标准规定了两个术语:参照平面和容纳长度,其定义均与55°管螺纹GB/T7306--2000的规定相同,这里不再重述。其他术语均符合GB/T14791的规定。

2) 60°密封管螺纹尺寸的代号和名称见表5.5-119。

表 5.5-119 60°密封管螺纹尺寸的代号和名称

代号	名称	代号	名称
<i>D</i>	内螺纹大径	<i>n</i>	25.4mm 内的螺纹牙数
<i>d</i>	外螺纹大径	<i>f</i>	削平高度
<i>D<sub>2</sub></i>	内螺纹中径	<i>V</i>	螺尾长度
<i>d<sub>2</sub></i>	外螺纹中径	<i>L<sub>1</sub></i>	基准长度
<i>D<sub>1</sub></i>	内螺纹小径	<i>L<sub>2</sub></i>	有效螺纹长度
<i>d<sub>1</sub></i>	外螺纹小径	<i>L<sub>3</sub></i>	装配余量
<i>P</i>	螺距	<i>L<sub>5</sub></i>	完整螺纹长度
<i>H</i>	原始三角形高度	<i>L<sub>6</sub></i>	不完整螺纹长度
<i>h</i>	牙型高度	<i>L<sub>7</sub></i>	旋紧余量

在表 5.5-119 中,各直径尺寸的代号与美国标准不同,而与我国和 ISO 的其他螺纹标准相一致。在轴向尺寸方面,我国其他螺纹还没有过类似的规定,因此直接采用了美国标准的代号,见图 5.5-42。

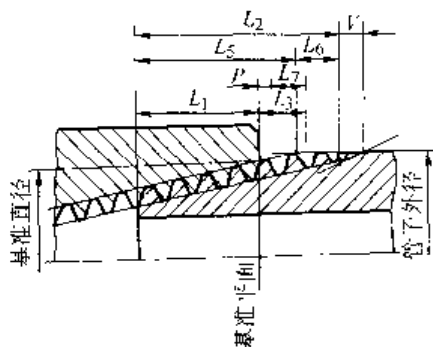


图 5.5-42 60°圆锥管螺纹的轴向尺寸

### 11.2.2 牙型

60°密封管螺纹的牙型,其原始三角形为 60°的等边三角形。圆锥螺纹的锥度为 1:16,其牙型角的角平分线垂直于螺纹轴线。圆柱内螺纹和圆锥内、外螺纹的牙型见图 5.5-43 和 44。

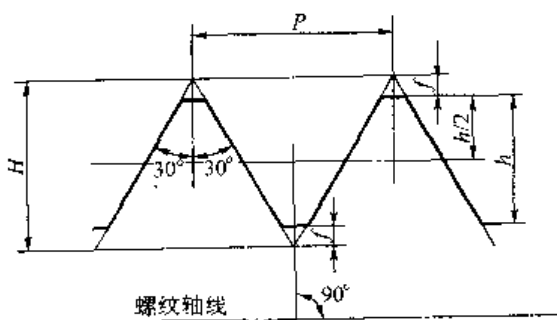


图 5.5-43 圆柱螺纹的牙型

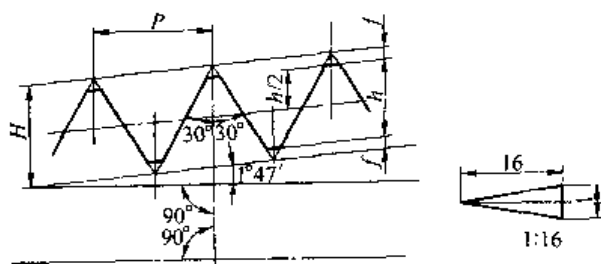


图 5.5-44 圆锥螺纹的牙型

牙型上各尺寸按下列公式计算:

$$P = 25.4/n$$

$$H = 0.866025P$$

$$h = 0.800000P$$

$$f = 0.033P$$

牙顶高和牙底高公差带的分布位置如图 5.5-45 所示,其公差值列于表 5.5-120。

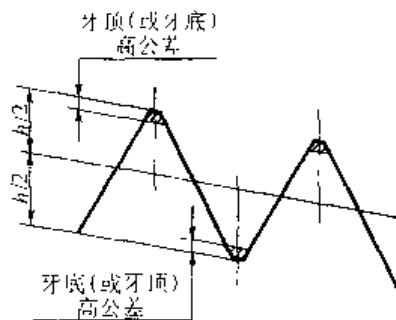


图 5.5-45 牙顶高和牙底高公差带的分布位置

表 5.5-120 牙顶高和牙底高公差

25.4mm 轴向长度内所包含的牙数 $n$	牙顶高和牙底高公差 /mm
27	0.059
18	0.077
14	0.081
11.5	0.088
8	0.092

### 11.2.3 圆锥管螺纹的尺寸和公差

#### (1) 基准平面

圆锥外螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线,与小端面(参照平面)相距一个基准距离的平面内;内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线的端面(参照平面)内,参看图 5.5-42。

#### (2) 基本尺寸

圆锥螺纹大、中、小径的基本尺寸在基面上,轴向尺寸的分布如图 5.5-42 所示。各项基本尺寸的数值见表 5.5-121。

#### (3) 公差

1) 圆锥管螺纹基准平面轴向位置的极限偏差为  $\pm 1P$ ,是圆锥螺纹的一项综合公差。

2) 在同一轴向平面内,螺纹的大径和小径尺寸应随中径的尺寸变化而变化,以保证螺纹牙顶高和牙底高在规定的公差范围(见表 5.5-120)之内。

3) 圆锥管螺纹的锥度、导程和牙侧角的极限偏差见表 5.5-122。这些单项要素的误差一般由控制刀具的尺寸来保证,为确保管螺纹的密封性能,设计者可提出单独对某项要素进行误差检验的技术要求。此外螺纹的圆度误差对螺纹的密封性也有直接影响。

### 11.2.4 圆柱内螺纹的尺寸和公差

#### (1) 基准平面

圆柱内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线的端面(参照平面)内。

#### (2) 基本尺寸

表 5.5-121 圆锥管螺纹的基本尺寸

1	2	3	4	5			8	9	10	11	12				
				基准平面内的基本直径								基准距离 $L_1$	装配余量 $L_2$		外螺纹小 端面内的 基本小径
				大径 $d \cdot D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 \cdot D_1$							圈数	mm	
				mm			圈数	mm	圈数	mm	/mm				
1/16	27	0.941	0.752	7.894	7.112	6.389	4.32	4.064	3	2.822	6.137				
1/8	27	0.941	0.752	10.242	9.489	8.737	4.36	4.102	3	2.822	8.481				
1/4	18	1.411	1.129	13.616	12.487	11.358	4.10	5.785	3	4.233	10.996				
3/8	18	1.411	1.129	17.055	15.926	14.797	4.32	6.096	3	4.233	14.417				
1/2	14	1.814	1.451	21.224	19.772	18.321	4.48	8.128	3	5.443	17.813				
3/4	14	1.814	1.451	26.569	25.117	23.666	4.75	8.618	3	5.443	23.127				
1	11.5	2.209	1.767	33.228	31.461	29.691	4.60	10.160	3	6.626	29.060				
1 1/4	11.5	2.209	1.767	41.985	40.218	38.451	4.83	10.668	3	6.626	37.785				
1 1/2	11.5	2.209	1.767	48.054	46.287	44.520	4.83	10.668	3	6.626	43.853				
2	11.5	2.209	1.767	60.092	58.325	56.558	5.01	11.065	3	6.626	55.867				
2 1/2	8	3.175	2.540	72.699	70.159	67.619	5.46	17.335	2	6.350	66.535				
3	8	3.175	2.540	88.608	86.068	83.528	6.13	19.463	2	6.350	82.311				
3 1/2	8	3.175	2.540	101.316	98.776	96.236	6.57	20.860	2	6.350	94.932				
4	8	3.175	2.540	113.973	111.433	108.893	6.75	21.431	2	6.350	107.554				
5	8	3.175	2.540	140.952	138.412	135.872	7.50	23.812	2	6.350	134.384				
6	8	3.175	2.540	167.792	165.252	162.712	7.66	24.320	2	6.350	161.191				
8	8	3.175	2.540	218.441	215.901	213.361	8.50	26.988	2	6.350	211.673				
10	8	3.175	2.540	272.312	269.772	267.232	9.68	30.734	2	6.350	265.311				
12	8	3.175	2.540	323.032	320.492	317.952	10.88	34.544	2	6.350	315.793				
14 O. D.	8	3.175	2.540	354.904	352.364	349.824	12.50	39.688	2	6.350	347.345				
16 O. D.	8	3.175	2.540	405.784	403.244	400.704	14.50	46.038	2	6.350	397.828				
18 O. D.	8	3.175	2.540	456.565	454.025	451.485	16.00	50.800	2	6.350	448.310				
20 O. D.	8	3.175	2.540	507.246	504.706	502.166	17.00	53.975	2	6.350	498.792				
24 O. D.	8	3.175	2.540	608.608	606.068	603.528	19.00	60.325	2	6.350	599.758				

注：1. 可参照表中第 12 栏数据选择攻螺纹前的麻花钻直径。  
 2. 螺纹收尾长度 (V) 为  $3.17P$ 。  
 3. O. D. 是英文管子外径 (outside diameter) 的缩写。

圆柱内螺纹大径、中径和小径的基本尺寸应分别与圆锥螺纹在基准平面内的大径、中径和小径的基本尺寸值相等，具体数值见表 5.5-121。

表 5.5-122 圆锥螺纹的单项要素极限偏差

在 25.4mm 轴向长度内所包含的牙数 $n$	中径线锥度 (1/16) 中的极限偏差	有效螺纹的导程累积偏差/mm	牙侧角偏差 / (°)
27	+1/96	±0.076	±1.25
18, 14			±1
11.5, 8			+0.75

注：对有效螺纹长度大于 25.4mm 的螺纹，其导程累积误差的最大测量跨度为 25.4mm。

(3) 公差

1) 圆柱内螺纹基准平面的轴向位置的极限偏差为  $\pm 1.5P$ 。螺纹中径在径向所对应的极限尺寸应符合表 5.5-123 所列数值。

2) 在同一轴向平面内，螺纹的大径和小径尺寸应随其中径的尺寸变化而变化，以保证螺纹牙顶高和牙底高尺寸在规定的公差范围内。

表 5.5-123 圆柱内螺纹的极限尺寸

螺纹的尺寸代号	在 25.4mm 长度内所包含的牙数 $n$	中径/mm		小径/mm
		max	min	min
1/8	27	9.578	9.401	8.636
1/4	18	12.618	12.355	11.227
3/8	18	16.057	15.794	14.656
1/2	14	19.941	19.601	18.161
3/4	14	25.288	24.948	23.495
1	11.5	31.668	31.255	29.489
1 1/4	11.5	40.424	40.010	38.252
1 1/2	11.5	46.494	46.081	44.323
2	11.5	58.531	58.118	56.363
2 1/2	8	70.457	69.860	67.310
3	8	86.365	85.771	83.236
3 1/2	8	99.072	98.479	95.936
4	8	111.729	111.135	108.585

注：可参照最小小径数据选择攻螺纹前的麻花钻直径。

11.2.5 有效螺纹长度

圆锥外螺纹的有效螺纹长度不应小于其基准距离的实际尺寸与装配余量之和。内螺纹的有效螺纹长度应不小于其基准平面位置的实际偏差值、基准距离的基本尺寸与装配余量之和。

11.2.6 倒角与基准平面的理论位置

1) 在外螺纹的小端面倒角,其基准平面的理论位置不变,见图 5.5-46a。

2) 在内螺纹的大端面倒角,如果倒角的直径小于或等于大端面上内螺纹的大径,则其基准平面的轴向理论位置不变,见图 5.5-46b,如果倒角的直径大于大端面上内螺纹的大径,则其基准平面的理论位置位于内

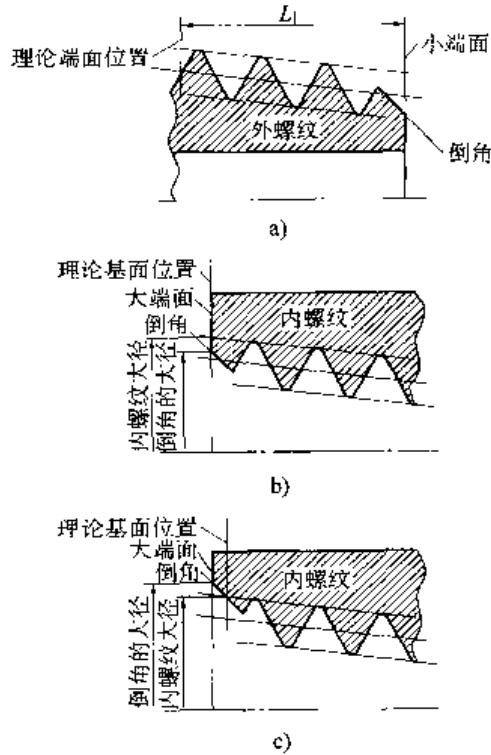


图 5.5-46 倒角对基准平面理论位置的影响

螺纹大径圆锥或大径圆柱与倒角圆锥相交的轴向位置处,见图 5.5-46c。

11.2.7 标记

1) 60°密封管螺纹的标记由螺纹特征代号和螺纹尺寸代号组成

螺纹特征代号:NPT——圆锥管螺纹

NPSC——圆柱内螺纹

螺纹尺寸代号见表 5.5-121 的第一栏。

标记示例:

尺寸为 3/4 的右旋圆柱内螺纹为 NPSC3/4

尺寸为 6 的右旋圆锥内或外螺纹为 NPT6

2) 当螺纹为左旋时,应在尺寸代号后面加注“LH”。

标记示例:

尺寸为 14O.D. 的左旋圆锥内螺纹为 NPT14O.D LH。

11.2.8 附录

GB/T12716-2002 的附录 A(标准的附录)给出了有关 60°密封管螺纹的英寸尺寸和公差,其数值见表 5.5-124~127。

表 5.5-124 牙顶高和牙底高公差

每英寸轴向长度内所包含的牙数 $n$	牙顶高和牙底高公差/in
27	0.002 4
18	0.003 1
14	0.003 2
11.5	0.003 4
8	0.003 7

表 5.5-125 圆锥管螺纹的英寸尺寸

1 螺纹的尺寸代号	2 每英寸内包含的牙数 $n$	3 螺距 $P$	4 牙高 $h$	5 基准平面内的中径 $d_2=D_2$	6 基准距离 $L_1$		8 装配余量 $L_3$		10 外螺纹小端面内的基本小径 $d_1$
					圈数	in	圈数	in	
1/16	27	0.037 04	0.02963	0.28118	4.32	0.160	3	0.1111	0.2416
1/8	27	0.03704	0.02963	0.37360	4.36	0.1615	3	0.1111	0.3339
1/4	18	0.05556	0.04444	0.49163	4.10	0.2278	3	0.1667	0.4329
3/8	18	0.05556	0.04444	0.62701	4.32	0.240	3	0.1667	0.5676
1/2	14	0.07143	0.05714	0.77843	4.48	0.320	3	0.2143	0.7013
3/4	14	0.07143	0.05714	0.98887	4.75	0.339	3	0.2143	0.9105
1	11.5	0.08696	0.06957	1.23863	4.60	0.400	3	0.2609	1.1441
1 1/4	11.5	0.08696	0.06957	1.58338	4.83	0.420	3	0.2609	1.4876
1 1/2	11.5	0.08696	0.06957	1.82234	4.83	0.420	3	0.2609	1.7265
2	11.5	0.08696	0.06957	2.29627	5.01	0.436	3	0.2609	2.1995
2 1/2	8	0.12500	0.10000	2.76216	5.46	0.682	2	0.2500	2.6195
3	8	0.12500	0.10000	3.38850	6.13	0.766	2	0.2500	3.2406
3 1/2	8	0.12500	0.10000	3.88881	6.57	0.821	2	0.2500	3.7375
4	8	0.12500	0.10000	4.38712	6.75	0.844	2	0.2500	4.2344
5	8	0.12500	0.10000	5.44929	7.50	0.937	2	0.2500	5.2907
6	8	0.12500	0.10000	6.50597	7.66	0.938	2	0.2500	6.3461
8	8	0.12500	0.10000	8.50003	8.50	1.063	2	0.2500	8.3336

(续)

1 螺纹的尺寸代号	2 每英寸内包含的牙数 $n$	3 螺距 $P$	4 牙高 $h$	5 基准平面内的中径 $d_2 = D_2$	6 基准距离 $L_1$		8 装配余量 $L_3$		10 外螺纹小端面内的基本小径
					圈数	in	圈数	in	
10	8	0.12500	0.10000	10.62094	9.68	1.210	2	0.2500	10.4453
12	8	0.12500	0.10000	12.61781	10.88	1.360	2	0.2500	12.4328
14O. D.	8	0.12500	0.10000	13.87262	12.50	1.562	2	0.2500	13.6750
16O. D.	8	0.12500	0.10000	15.87375	14.50	1.812	2	0.2500	15.6625
18O. D.	8	0.12500	0.10000	17.87500	16.00	2.000	2	0.2500	17.6500
20O. D.	8	0.12500	0.10000	19.87031	17.00	2.125	2	0.2500	19.6375
24O. D.	8	0.12500	0.10000	23.86094	19.00	2.375	2	0.2500	23.6125

表 5.5-126 圆锥螺纹的单项要素极限偏差

每英寸轴向长度内所包含的牙数 $n$	中径线锥度(1/16)的极限偏差	有效螺纹的导程累积偏差/in	牙侧角偏差/(°)
27	+1/96 1/192	±0.003	±1.25
18,14			±1
11.5,8			±0.75

表 5.5-127 圆柱内螺纹的极限尺寸

螺纹的尺寸代号	每英寸长度内所包含的牙数 $n$	中径/in		小径/in
		max	min	min
1/8	27	0.3771	0.3701	0.340
1/4	18	0.4968	0.4864	0.442
3/8	18	0.6322	0.6218	0.577
1/2	14	0.7831	0.7717	0.715
3/4	14	0.9956	0.9822	0.925
1	11.5	1.2468	1.2305	1.161
1 1/2	11.5	1.5915	1.5752	1.506
1 1/2	11.5	1.8305	1.8142	1.745
2	11.5	2.3044	2.2881	2.219
2 1/2	8	2.7739	2.7504	2.650
3	8	3.4002	3.3768	3.277
3 1/2	8	3.9005	3.8771	3.777
4	8	4.3988	4.3754	4.275

11.2.9 美国一般用途管螺纹的用途和代号

由于 GB/T12716—2002 “60°密封管螺纹” 等效的采用了美国标准 ANSI B1.20.1 中的锥螺纹 (NPT) 和圆柱内螺纹 (NPSC) 部分, 现将美国标准 ANSI B1.20.1-1983 “一般用途管螺纹” 的全部用途及代号列入表 5.5-128, 供使用者参考。

表 5.5-128 美国一般用途管螺纹的用途和代号

标准号	性能	用途	内锥	外锥	内柱	外柱
ANSI B1.20.1 代替 ASA B2.1	密封连接	普通用途(管子附件)	NPT	NPT	—	—
		低压管接头连接	—	NPT	NPSC	—
	机械连接	钢轨联结	NPTR	NPTR	—	—
设备的自由配合接头		—	—	NPSM	NPSM	
带销紧螺母的松配合接头		—	—	NPSL	NPSL	

11.3 米制锥螺纹标准 (GB/T 1415—1992)

11.3.1 米制锥螺纹的主题内容及适用范围

该标准规定了米制锥螺纹及与米制外锥螺纹配合的圆柱内螺纹的牙型、尺寸、公差和检验。包括圆锥内螺纹/圆锥外螺纹及圆柱内螺纹/圆锥外螺纹两种联接型式, 这两种联接型式的螺纹副都具有密封性, 并允许在螺纹副内加入密封填料以提高其密封能力, 适用于使用米制螺纹的管路系统。

11.3.2 关于牙型和尺寸的规定

米制锥螺纹的牙型和基本尺寸如图 5.5-47 和表 5.5-129 所示。

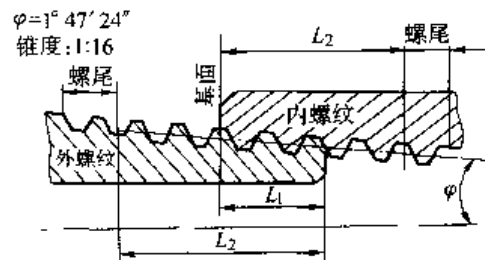
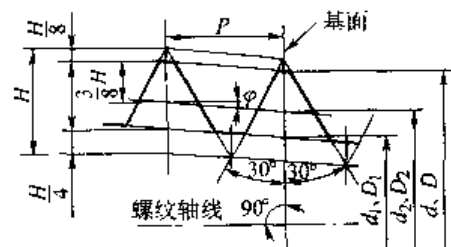


图 5.5-47 米制锥螺纹的牙型和尺寸

与圆锥外螺纹配合的圆柱内螺纹采用与外锥螺纹基面尺寸相同的普通螺纹, 其牙型和尺寸均应符合普通螺纹标准的规定, 其有效螺纹长度不小于相应锥螺纹  $L_2$  的 80%。



表 5.5-129 米制锥螺纹基本尺寸 (GB/T 1415—1992)

(mm)

螺纹 公称直径 $d, D$	螺距 $P$	基面上螺纹直径			基准距离 $L_1$		有效螺纹长度 $L_2$	
		大径 $d=D$	中径 $d_2=D_2$	小径 $d_1=D_1$	标准基距	短基距	标准有效 螺纹长度	短有效 螺纹长度
6	1	6.000	5.350	4.917	5.5	2.5	8	5
8		8.000	7.350	6.917				
10		10.000	9.350	8.917				
12	1.5	12.000	11.026	10.376	7.5	3.5	11	7
14		14.000	13.026	12.376				
16		16.000	15.026	14.376				
18		18.000	17.026	16.376				
20		20.000	19.026	18.376				
22		22.000	21.026	20.376				
24		24.000	23.026	22.376				
27	2	27.000	25.701	24.835	11	5	16	10
30		30.000	28.701	27.835				
33		33.000	31.701	30.835				
36		36.000	34.701	33.835				
39		39.000	37.701	36.835				
42		42.000	40.701	39.835				
45		45.000	43.701	42.835				
48		48.000	46.701	45.835				
52		52.000	50.701	49.835				
56		56.000	54.701	53.835				
60	60.000	58.701	57.835					

11.3.3 米制锥螺纹的标记

米制锥螺纹的标记由特征代号、尺寸代号和基准距离的代号组成。

- 1) 米制锥螺纹的特征代号为 ZM;
- 2) 米制锥螺纹的尺寸用公称直径表示;
- 3) 标准基距不标注, 短基距用 S 表示;
- 4) 与外锥螺纹配合的圆柱内螺纹用普通螺纹代号加注标准号表示。

5) 具体示例如下:

公称直径为 10mm 的米制锥螺纹 (标准基距) 其标记为: ZM10

与外锥螺纹配合的圆柱内螺纹的标记为: M10×1·GB1415

圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合: ZM10/ZM10

圆柱内螺纹与短基距的圆锥外螺纹的配合为: M10×1·GB1415/ZM10-S

11.3.4 公差与检验

1) 外锥螺纹的基距和内锥螺纹基面轴向位移量的极限偏差见表 5.5-130, 参看图 5.5-48。

2) 内、外锥螺纹大、小径的极限偏差见表 5.5-131, 其中内、外螺纹的底径公差由工具保证。

外锥螺纹的大径采用锥形光滑环规检验; 内锥螺纹的小径采用锥形光滑塞规检验。量规的台肩高度  $H_1$  和  $H_2$  分别是大径和小径公差的 16 倍, 参看图 5.5-49。

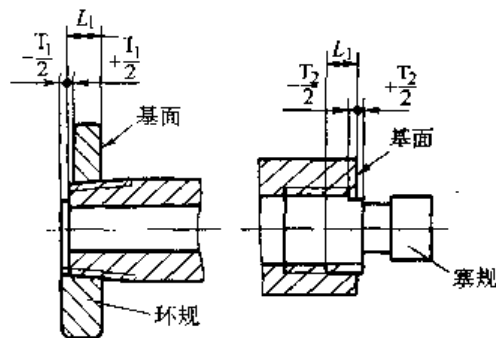


图 5.5-48 米制锥螺纹的量规检验

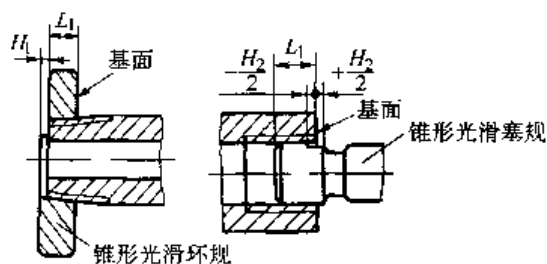


图 5.5-49 锥形光滑量规

表 5.5-130 基距和基面轴向位移的极限偏差 (GB/T1415—1992) (mm)

螺纹公称直径 $d, D$	螺距 $P$	外螺纹基准距离的极限偏差 ( $\pm T_1/2$ )	内螺纹基面轴向位移量的极限偏差 ( $\pm T_2/2$ )
6~10	1	$\pm 0.9$	$\pm 1.2$
>10~24	1.5	$\pm 1.1$	$\pm 1.5$
>24~60	2	$\pm 1.4$	$\pm 1.8$

3) 与圆锥外螺纹配合的圆柱内螺纹的中径和小

径公差按 GB/T 197—1981 普通螺纹 公差与配合标准的规定,中径公差带为 6H,小径公差带为 4H。此外还对内柱螺纹的大径规定了公差,其值见表 5.5-132。该公差是 GB/T1415—1991 标准中的圆柱内螺纹与普通螺纹的唯一区别。该公差由刀具来保证。

表 5.5-131 大径和小径的极限偏差  
(GB/T1415—1991) (mm)

螺纹公称直径 <i>d, D</i>	<i>P</i>	外螺纹极限偏差		内螺纹极限偏差	
		大径	小径	大径	小径
6~10	1	0 -0.064	-0.100 -0.030	±0.060	±0.060
>10~24	1.5	0 -0.096	+0.130 +0.040	±0.080	-0.080
>24~60	2	0 -0.128	+0.170 +0.060	±0.100	±0.100

表 5.5-132 圆柱内螺纹大径极限偏差  
(GB/T1415—1991) (mm)

螺纹公称直径 <i>D</i>	螺距 <i>P</i>	螺纹大径极限偏差
6~10	1	±0.045
>10~24	1.5	±0.065
>24~60	2	±0.085

4) 米制锥螺纹的牙型半角  $\alpha/2$ 、螺距  $P$  和倾斜角  $\varphi$  的极限偏差列于表 5.5-133。一般情况下不对工件进行检验。可供工、量具设计与制造的参考。

表 5.5-133 螺纹单项要素的极限偏差  
(GB/T1415—1991 附录 A) (mm)

螺纹公称直径 <i>d, D</i>	螺距 <i>P</i>	牙型半角 $\alpha/2$ 极限偏差	螺距 $P$ 极限偏差		倾斜角 $\varphi$ 极限偏差	
			$L_1$	$L_2$	外螺纹	内螺纹
6~10	1				-12'	+6'
>10~24	1.5	±45'	±0.04	±0.07	-6'	12'
>24~60	2					

### 11.4 干密封管螺纹

前面介绍的几种管螺纹都是需要加入密封介质用以确保螺纹副的密封性。到目前为止,只有美国制订的 ANSI B1.20.4—1976 “干密封管螺纹”(米制转化)是不借助密封介质进行密封的管螺纹,可以用在不宜于使用密封介质的场合。当然,在条件允许的情况下也不反对使用密封介质。这里仅介绍其主要内容供设计者参考。

美国干密封管螺纹标准 ANSI B1.20.4—1976 是 ANSI B1.20.3—1976 的米制尺寸标准,两者的技术内容相同。

该标准所规定的螺纹所以具有密封性能是对一般用途管螺纹的牙型进行了调整,使内、外螺纹的牙底略

宽于牙顶(牙底的削平量稍大),这样较尖的牙顶就能在较宽的牙底处被挤压变形而消除了大小径间的间隙。可想而知,牙顶高和牙底高的微小尺寸差异需控制在一定的精度范围内。

#### 11.4.1 干密封管螺纹的种类和代号

干密封管螺纹的外螺纹都是锥螺纹,内螺纹有圆锥和圆柱两种。螺纹的长度分为标准的和短两种。短的外螺纹是在小端切除一扣;短的内螺纹是在大端切除一扣。所以干密封管螺纹共有四种型式,其名称和代号如下:

- I 型——干密封美国标准锥管螺纹 NPTF;
- II 型——干密封短锥管螺纹 PTF-SAE SHORT;
- III 型——干密封美国标准燃料用直管内螺纹 NPSF;
- IV 型——干密封美国标准一般用直管内螺纹 NPSI。

这四种类型的螺纹中 NPTF 又分为两类,第一类不要求对牙顶和牙底的削平尺寸进行检验,第二类则要求检验牙顶和牙底的削平。

上述螺纹的标记顺序为:螺纹规格(公称直径和每吋的牙数)、型式种类代号和分类等级,其标记示例如下:

- 1/8—27NPTF—1
- 1/8—27NPTF—2<sup>⊙</sup>
- 1/8—27PTF—SAE SHORT
- 1/8—27NPSF
- 1/8—27NPSI

#### 11.4.2 干密封管螺纹的牙型

干密封管螺纹的牙型是以一般用途管螺纹的牙型为基础进行改进而得到的。除牙顶和牙底的削平量不同外,其余各参数均与一般用途的管螺纹相同。干密封管螺纹旋紧后,内、外螺纹的大、小径间没有间隙,如图 5.5-50 所示。图左侧为最小实体条件,此时牙顶和牙底的削去量相等,配合后牙顶和牙底各点的接触与

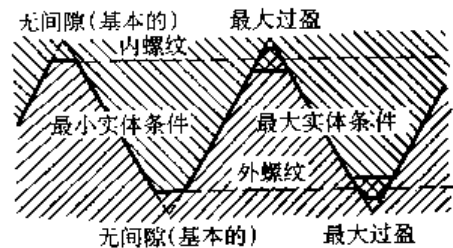


图 5.5-50 干密封管螺纹的间隙配合

⊙ 若不注出分类等级则被认为是 I 类。

侧面的接触一样，而且没有间隙。图右侧是最大实体条件，此时处于牙顶最尖，牙底最宽的极限状态，当螺纹旋紧时应该得到最大过盈，牙侧、牙顶和牙底均应充满。

图 5.5-51 和表 5.5-134 给出了牙顶和牙底的形状和削平尺寸的极限，如图所示允许牙顶和牙底在公差范围内呈圆弧形。

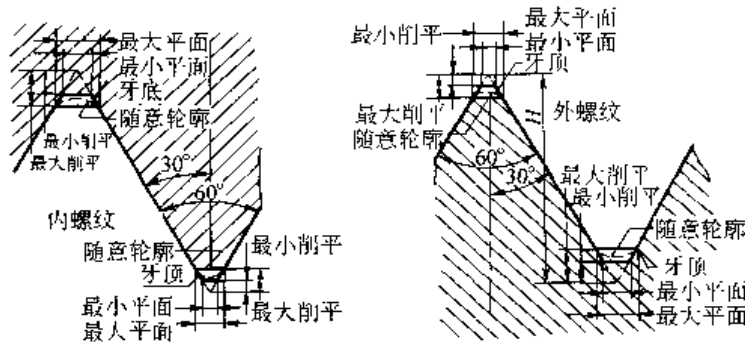


图 5.5-51 干密封管螺纹牙顶和牙底的削平极限

表 5.5-134 干密封管螺纹牙顶和牙底的削平极限

螺纹/in	V形螺纹的高度 $H$	削 平							
		最 小				最 大			
		在牙顶处		在牙底处		在牙顶处		在牙底处	
公式	尺寸/mm	公式	尺寸/mm	公式	尺寸/mm	公式	尺寸/mm		
27	0.815	0.047P	0.043	0.094P	0.089	0.094P	0.089	0.140P	0.132
18	1.222	0.047P	0.066	0.078P	0.109	0.078P	0.109	0.109P	0.155
14	1.571	0.036P	0.066	0.060P	0.109	0.060P	0.109	0.085P	0.155
11½	1.913	0.040P	0.089	0.060P	0.132	0.060P	0.132	0.090P	0.198
8	2.750	0.042P	0.132	0.055P	0.175	0.055P	0.175	0.076P	0.241

螺纹/in	V形螺纹的高度 $H$	平面的当量宽度							
		最 小				最 大			
		在牙顶处		在牙底处		在牙顶处		在牙底处	
公式	尺寸/mm	公式	尺寸/mm	公式	尺寸/mm	公式	尺寸/mm		
27	0.815	0.054P	0.051	0.108P	0.102	0.108P	0.102	0.162P	0.152
18	1.222	0.510P	0.076	0.090P	0.127	0.090P	0.127	0.126P	0.178
14	1.571	0.042P	0.076	0.070P	0.127	0.070P	0.127	0.098P	0.178
11½	1.913	0.046P	0.102	0.069P	0.152	0.069P	0.152	0.103P	0.229
8	2.750	0.048P	0.152	0.064P	0.203	0.064P	0.203	0.088P	0.279

### 11.4.3 NPTF 螺纹

NPTF 是干密封的标准锥管螺纹，包括内螺纹和外螺纹。是四种螺纹中最长的，也是强度和密封性能最

好的。旋合后的每个牙顶和牙底都能密合，适用于各种类型的管子和管接头。其基本尺寸见表 5.5-135，表中的尺寸关系见图 5.5-52。

表 5.5-135 NPTF 螺纹的基本尺寸

规 格	螺距 $P$	外螺纹小 端处中径 $E_2$	内螺纹大 端处中径 $E_1$	外螺纹大 端处中径 $E_2$	内螺纹小 端处中径 $E_3$	手拧旋合 $L_1$		完整螺纹长度 $L_2$ <sup>①</sup>	
						mm	牙数	mm	牙数
1/16-27	0.9408	6.888	7.142	7.302	6.711	4.064	4.32	6.632	7.05
1/8-27	0.9408	9.233	9.489	9.652	9.058	4.102	4.36	6.703	7.12
1/4-18	1.4112	12.126	12.487	12.764	11.862	5.786	4.10	10.206	7.23
3/8-18	1.4112	15.545	15.926	16.192	15.281	6.096	4.32	10.358	7.34
1/2-14	1.8143	19.264	19.772	20.111	18.926	8.128	4.48	13.556	7.47
3/4-14	1.8143	24.579	25.117	25.445	24.239	8.611	4.75	13.861	7.64
1-11½	2.2088	30.826	31.461	31.910	30.411	10.160	4.60	17.343	7.85
1¼-11½	2.2088	39.551	40.218	40.673	39.136	10.668	4.83	17.953	8.13
1½-11½	2.2088	45.621	46.287	46.769	45.207	10.668	4.83	18.377	8.32
2-11½	2.2088	57.633	58.325	58.834	57.219	11.074	5.01	19.215	8.70
2½-8	3.1750	69.076	70.159	70.882	68.481	17.323	5.46	28.893	9.10
3-8	3.1750	84.852	86.068	87.757	84.257	19.456	6.13	30.480	9.60

(续)

规格	螺尾+全螺 纹公差+肩部 间隙 ( $V+1P+1/2P$ )		肩部长度 [ $L_2$ + $(3P$ 近似)]	外螺纹 拧紧距离 [ $L_2-L_1$ ]		内完整螺纹 长度 ( $L_1+L_2$ ) <sup>②</sup>		配合 外径 $D_2$	管子 外径 $D$
	mm	牙数		mm	mm	牙数	mm		
1/16-27	2.893	3.075	9.525	2.568	2.73	6.886	7.32	8.00	7.938
1/8-27	2.824	3.072	9.525	2.601	2.76	6.924	7.36	10.34	10.287
1/4-18	4.082	2.892	14.288	4.420	3.13	10.020	7.10	13.87	13.716
3/8-18	3.929	2.791	14.288	4.262	3.02	10.330	7.32	17.30	17.145
1/2-14	5.494	3.028	19.050	5.428	2.99	13.571	7.48	21.59	21.336
3/4-14	5.189	2.860	19.050	5.250	2.89	14.054	7.75	26.92	26.670
1-11 1/2	6.469	2.929	23.813	7.183	3.25	16.787	7.60	33.71	33.401
1 1/4-11 1/2	6.655	3.013	24.608	7.285	3.30	17.295	7.83	42.47	42.164
1 1/2-11 1/2	7.023	3.190	25.400	7.709	3.49	17.295	7.83	48.56	48.260
2-11 1/2	6.977	3.159	26.192	8.141	3.69	17.701	8.01	60.63	60.325
2 1/2-8	9.604	3.025	38.496	11.570	3.64	26.848	8.46	73.48	73.025
3-8	9.604	3.025	40.084	11.024	3.47	28.981	9.13	89.36	88.900

① 表中外螺纹的完整螺纹长度不超过一个螺距（螺纹）长度的倒角。

② 表中内螺纹的完整螺纹长度不包括在中径线和倒角（测量参考点）交线外的锥孔。完整螺纹长度的设计尺寸等于完整内螺纹加一个螺距。

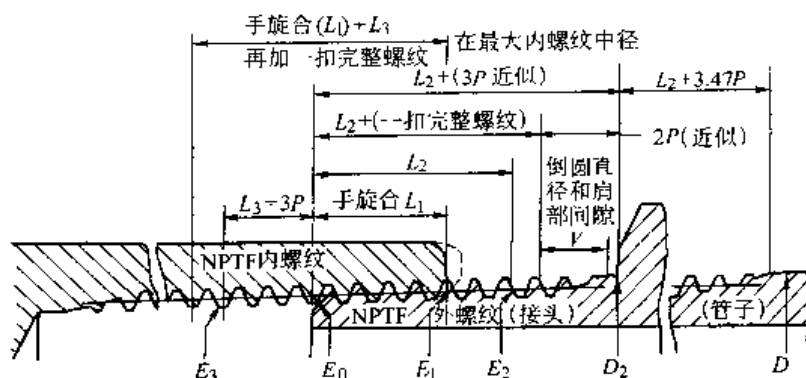


图 5.5-52 NPTF 螺纹的基本尺寸

#### 11.4.4 PTF-SAE SHORT (短) 螺纹

(1) PTF-SAE SHORT (短) 外螺纹的长度是在螺纹的小端截去一个螺距，以减少材料或增加轴向间隙。其余各参数均与 NPTF 完全一样。PTF-SAE SHORT (短) 外螺纹可与 NPSI 相配合，也可与 NPTF

内螺纹组成配合，但不能与 PTF-SAE SHORT (短) 内螺纹或 NPSF 相配合。PTF-SAE SHORT (短) 外螺纹的尺寸见表 5.5-136，其尺寸关系见图 5.5-53。

(2) PTF-SAE SHORT (短) 是在内螺纹的大端面截去一个螺距，其余各项指标均与 NPTF 一样。用于轴向长度不能满足 NPTF 螺纹长度要求的零件，也

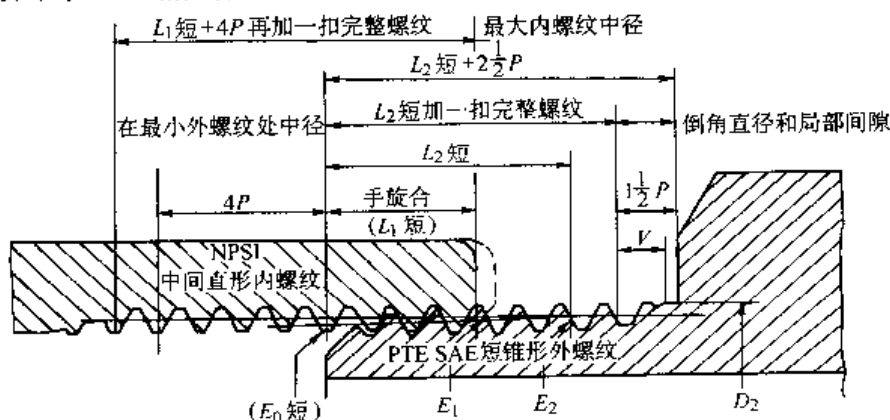


图 5.5-53 PTF-SAE SHORT (短) 外螺纹的基本尺寸

为了缩短攻螺纹。PTF SAE SHORT 主要用于与 外螺纹组成配合。其尺寸见表 5.5-137, 尺寸关系见图 NPTF 外螺纹装配, 而不用用于与 PTF -SAE SHORT 5.5-54。

表 5.5 136 PTF—SAE SHORT (短) 外螺纹基本尺寸

规格	螺距 <i>P</i>	外螺纹 端部中 径 $E_1$ 短	$L_1$		手旋合 $L_1$ 短		完整外螺纹 长 度 $L_2$ 短 <sup>①</sup>		螺尾+全螺 纹公差+肩部 间 隙 ( $V+1P$ $+1/2P$ )		最小肩 部长度 ( $L_2$ 短 $+2\frac{1}{2}P$ )	外螺纹拧 紧距离 ( $L_2$ 短 - $L_1$ 短)			完整内螺纹 长 度 ( $L_1$ 短 + $4P$ ) <sup>②</sup>	
			mm	mm	mm	牙数	mm	牙数	mm	牙数		mm	mm	牙数	mm	牙数
1/16-27	0.9408	6.947	4.064	4.32	3.124	3.32	5.692	6.05	2.352	2.50	8.044	2.568	2.73	6.886	7.32	
1/8-27	0.9408	9.292	4.102	4.36	3.160	3.36	5.761	6.12	2.352	2.50	8.113	2.601	2.76	6.924	7.36	
1/4-18	1.4112	12.214	5.786	4.10	4.374	3.10	8.793	6.23	3.528	2.50	12.322	4.420	3.13	10.020	7.10	
3/8-18	1.4112	15.633	6.096	4.32	4.684	3.32	8.946	6.34	3.528	2.50	12.474	4.262	3.02	10.330	7.32	
1/2-14	1.8143	19.377	8.128	4.48	6.314	3.48	11.742	6.47	4.536	2.50	16.279	5.428	2.99	13.571	7.48	
3/4-14	1.8143	24.692	8.611	4.75	6.797	3.75	12.047	6.64	4.536	2.50	16.581	5.250	2.89	14.054	7.75	
1-11½	2.2088	30.964	10.160	4.60	7.950	3.60	15.133	6.85	5.522	2.50	20.655	7.183	3.25	16.787	7.60	
1¼-11½	2.2088	39.689	10.668	4.83	8.458	3.83	15.743	7.13	5.522	2.50	21.265	7.285	3.30	17.295	7.83	
1½-11½	2.2088	45.739	10.668	4.83	8.458	3.83	16.167	7.32	5.522	2.50	21.689	7.709	3.49	17.295	7.83	
2-11½	2.2088	57.771	11.074	5.01	8.865	4.01	17.005	7.70	5.522	2.50	22.527	8.141	3.69	17.701	8.01	
2½-8	3.1750	69.274	17.323	5.46	14.148	4.46	25.718	8.10	7.938	2.50	33.655	11.570	3.64	26.848	8.46	
3-8	3.1750	85.050	19.456	6.13	16.281	5.13	27.305	8.60	7.938	2.50	35.243	11.024	3.47	28.981	9.13	

- ① 表中外螺纹的完整螺纹长度包括不超过一个螺距(螺纹)长度的倒角。
- ② 表中内螺纹的完整螺纹长度不包括在中线和倒角(测量参考点)交线之外的锥孔口。

表 5.5-137 PTF—SAE SHORT 内螺纹基本尺寸

规格	螺距 <i>P</i>	内螺纹大 端的中径 $E_1$ 短	$L_1$		手旋合 $L_1$ 短		内螺纹完整 螺纹长度 ( $L_1$ 短 + $L_3$ ) <sup>①</sup>		SAE 短锥 螺纹孔深 mm
			mm	mm	mm	牙数	mm	牙数	
1/16-27	0.9408	7.083	4.064	4.32	3.124	3.32	5.946	6.32	11.593
1/8-27	0.9408	9.431	4.102	4.36	3.160	3.36	5.984	6.36	11.628
1/4-18	1.4112	12.399	5.786	4.10	4.374	3.10	8.608	6.10	17.074
3/8-18	1.4112	15.838	6.096	4.32	4.684	3.32	8.918	6.32	17.384
1/2-14	1.8143	19.659	8.128	4.48	6.314	3.48	11.758	6.48	22.644
3/4-14	1.8143	25.004	8.611	4.75	6.797	3.75	12.240	6.75	23.127
1-11½	2.2088	31.323	10.160	4.60	7.950	3.60	14.577	6.60	27.828
1¼-11½	2.2088	40.080	10.668	4.83	8.458	3.83	15.085	6.83	28.336
1½-11½	2.2088	46.150	10.668	4.83	8.458	3.83	15.085	6.83	28.336
2-11½	2.2088	58.187	11.074	5.01	8.865	4.01	15.491	7.01	28.743
2½-8	3.1750	69.960	17.323	5.46	14.148	4.46	23.673	7.46	42.723
3-8	3.1750	85.870	19.456	6.13	16.281	5.13	25.806	8.13	44.856

- ① 表中内螺纹的完整螺纹长度不包括在中径线和倒角(测量参考点)交线外的锥孔口。

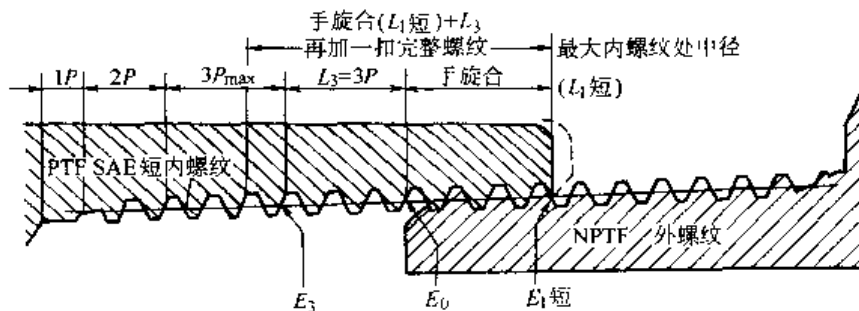


图 5.5 54 PTF SAE SHORT 内螺纹基本尺寸  
图中  $E_0$ 、 $E_1$  尺寸见 NPTF 尺寸表

## 11.4.5 NPSF 螺纹

NPSF 是圆柱形内螺纹,也称内直螺纹,代替内锥螺纹与外锥螺纹组成配合。装配后牙顶和牙底之间的过盈仅发生在内螺纹端面的最初的几扣内,因此不如与内锥螺纹配合时那么紧密和牢固。NPSF 螺纹一般多采用较软或有韧性的材料,以便能更好地适应外锥螺纹。当使用硬脆性材料时,应有较厚的截面。NPSF 内直螺纹主要用于与 NPTF 外锥螺纹配合,另外还能与干密封的某些特殊螺纹配合。NPSF 的尺寸见表 5.5-138。

表 5.5-138 NPSF 螺纹的尺寸

规格	中径 <sup>①</sup>		小径 <sup>②</sup>	要求的完整螺纹 最小长度 <sup>③</sup>	
	min	max		mm	牙数
1/16-27	7.031	7.120	6.304	7.9	8.44
1/8-27	9.378	9.467	8.651	7.9	8.44
1/4-18	12.324	12.456	11.232	11.9	8.44
3/8-18	15.761	15.893	14.671	12.7	9.00
1/2-14	19.558	19.728	18.118	16.8	9.19
3/4-14	24.905	25.075	23.463	16.8	9.19
1-11½	31.201	31.407	29.464	19.8	8.98

- ① 由于量规一定要旋进大约 3/8 扣才能与第一个全牙旋合,因此由锥形塞规测出的螺孔的中径略大于给定的值。
- ② 由于要保持标准干密封管螺纹的牙型,内螺纹大径和小径随中径而变化。
- ③ 表中内螺纹的完整螺纹长度不包括中径线和倒角锥交点之外的锥口孔。

## 11.4.6 NPSI 螺纹

NPSI 是圆柱内螺纹,其直径稍大于 NPSF,公差和螺纹长度均与 NPSF 相同。其材料多为硬性或脆性的。用于厚壁零件,与外锥螺纹旋合后几乎没有变形。NPSI 不能像内锥螺纹那样保证有牢固的密封,主要用于与 PTF-SAE SHORT 外锥螺纹配合,也可与 NPTF 外螺纹装配。NPSI 螺纹的尺寸见表 5.5-139。

表 5.5-139 NPSI 螺纹的尺寸

规格	中径 <sup>①</sup>		小径 <sup>②</sup>	要求的完整螺纹 最小长度 <sup>③</sup>	
	min	max		mm	牙数
1/16-27	7.089	7.178	6.363	7.9	8.44
1/8-27	9.436	9.525	8.710	7.9	8.44
1/4-18	12.410	12.543	11.321	11.9	8.44
3/8-18	15.850	15.982	14.760	12.7	9.00
1/2-14	19.672	19.842	18.237	16.8	9.19
3/4-14	25.019	25.189	23.579	16.8	9.19
1-11½	31.339	31.517	29.604	19.8	8.98

①②③ 见表 5.5-138 中的注。

## 11.4.7 装配规则与旋合长度

NPTF 和 PTF-SAE SHORT 都是锥管螺纹,包括内螺纹和外螺纹,只是螺纹长度不同;而 NPSF 和 NPSI 则都是圆柱管螺纹,只有内螺纹,没有外螺纹。这四种型式的干密封管螺纹的装配关系如表 5.5-140 所示。在表 5.5-141 中推荐有装配时的旋合长度。

表 5.5-140 推荐的不同型干密封  
螺纹的装配规则<sup>①</sup>

干密封外螺纹		干密封内螺纹	
型式	说明	型式	说明
I	NPTF(锥形)外螺纹	I	NPTF(锥形)内螺纹
		II <sup>②③</sup>	PTF-SAE SHORT(锥形)内螺纹
		III <sup>②③</sup> IV <sup>②③④</sup>	NPSF(直形)内螺纹 NPSI(直形)内螺纹
II <sup>④⑤</sup>	PTF-SAE SHORT(锥形)外螺纹	IV	NPSI(直形)内螺纹
		I	NPSF(直形)内螺纹

- ① 用圆柱内螺纹与锥形外螺纹装配较内、外螺纹都是锥形的装配要快。干密封没有内、外都是直螺纹的装配。
- ② 在理论上过盈发生在所有螺纹牙上,因此不用密封剂的压力密封连接,能很好地保证两个 NPTF 螺纹在全长上进行旋合,短锥形要比 NPTF 少两扣。采用圆柱内螺纹时,由于材料有韧性,仅在一扣上产生过盈。
- ③ PTF-SAE SHORT 外螺纹主要用来与 NPSI IV 型内螺纹装配,但也可与 NPTF I 型内螺纹装配。原本并不是为了与 PTF-SAE SHORT II 型内螺纹或 NPSF III 型内螺纹配合而设计的,而且在公差的极限位置将无法装配。
- ④ PTF-SAE SHORT 内螺纹主要用来与 NPTF 外螺纹装配,而不是与 PTF-SAE SHORT II 型外螺纹相配,并且在公差的极限位置将无法与之配合。
- ⑤ 没有直形干密封外螺纹。
- ⑥ NPSI 内螺纹主要用来与 PTF-SAE SHORT I 型外螺纹相配,也可与 NPTF I 型外螺纹相配。

## 11.4.8 特殊类型的干密封管螺纹

在 ANSI B1.20.4-1976 标准的附录中给出了特短,超特短,细牙和特殊直径与螺距组合的干密封管螺纹规定,以满足产品设计的特殊需求。

## (1) 特殊长度的干密封管螺纹

特殊长度与标准长度干密封管螺纹的长度关系如图 5.5-55 所示。

## 1) 干密封特短锥管螺纹 PTF-SPL SHORT

PTF-SPL SHORT 除完整螺纹长度与 PTF-SAE SHORT 不同外,其他各项参数均相同。PTF-SPL SHORT 螺纹的长度是在外螺纹的大端再减去...

扣,或在内螺纹的小端再减去 1 扣。此时测量外螺纹长度和锥度的  $L_2$  环规和测量内螺纹长度和锥度  $L_3$  塞规

均不能再使用。该螺纹的标记为:

1/8-27PTF-SPL SHORT

表 5.5-141 干密封螺纹装配旋合的参考尺寸

(mm)

规格	螺纹旋合的近似长度				螺纹旋合的近似长度			
	NPTF 外螺纹装入				“PTF—SAE 短”外螺纹装入			
	NPSI 内螺纹	NPTF 内螺纹	NPSF 内螺纹	PTF—SAE 短内螺纹	NPSI 内螺纹	NPTF 内螺纹	NPSF 内螺纹	PTF—SAE 短内螺纹
$L_1+3P$	$L_1-2.5P$	$L_1-2P$	$L_1+1.5P$	$L_1+2P$	$L_1+1.5P$	$L_1+1P$	$L_1+0.5P$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/16-27	6.9	6.4	5.8	5.6	5.8	5.6	5.1	4.6
1/8 27	6.9	6.4	5.8	5.6	5.8	5.6	5.1	4.6
1/4-18	9.9	9.4	8.6	7.9	8.6	7.9	7.1	6.6
3/8-18	10.4	9.7	8.9	8.1	8.9	8.1	7.4	6.9
1/2-14	13.5	12.7	11.7	10.9	11.7	10.9	9.9	9.1
3/4 -14	14.0	13.2	12.2	11.4	12.2	11.4	10.4	9.4
1-11½	16.9	15.7	14.5	13.5	14.5	13.5	12.4	11.2
1¼-11½	17.3	16.3	15.0	14.0	15.0	14.0	13.0	11.7
1½-11½	17.3	16.3	15.0	14.0	15.0	14.0	13.0	11.7
2 11½	17.8	16.5	15.5	14.5	15.5	14.5	13.2	12.2
2½-8	26.9	25.1	23.6	22.1	23.6	22.1	20.6	18.8
3-8	29.0	27.4	25.9	24.1	25.9	24.1	22.6	21.1

内、外螺纹可装配的对应关系如表 5.5-142。

表 5.5 142 干密封特殊螺纹和标准螺纹的装配关系

外 螺 纹	内 螺 纹
PTF SPL SHORT 外螺纹 <sup>①</sup> PTF SPL EXTRA SHORT 外螺纹 <sup>①</sup>	PTF SAE SHORT 内螺纹 NPSF 内螺纹 PTF SPL SHORT 内螺纹 PTF SPL EXTRA SHORT 内螺纹
PTF SAE SHORT 外螺纹 <sup>②</sup>	PTF SPL SHORT 内螺纹 PTF SPL EXTRA SHORT 内螺纹
PTF SPL SHORT 外螺纹 <sup>③</sup> PTF SPL EXTRA SHORT 外螺纹 <sup>③</sup>	NPTF 或 NPSI 内螺纹
NPTF 外螺纹 <sup>④</sup>	PTF SPL SHORT 内螺纹 PTF SPL EXTRA SHORT 内螺纹

① 只有当内螺纹接近最小中径、外螺纹接近最大中径时才能保证手紧旋合长度为一扣;在公差极限处由于完整螺纹的削短有可能旋不上。

② 当内螺纹接近最小中径,外螺纹接近最大中径尺寸时,扳手拧紧和密封用的最小长度为 2 扣;在公差的极限处,已被削短的完整螺纹长度减少了扳手拧紧扣数,因而有可能不密封。

(2) 干密封的细牙螺纹

推荐的细牙螺纹系列见表 5.5-143,表中的尺寸关系见图 5.5-56。该系列适用于内、外螺纹的全长,并适用于要求比 NPTF 螺纹更细的场合。其标记示例为:

图 5.5-55 特殊长度和标准长度干密封管螺纹的比较

2) 干密封特超短锥管螺纹 PTF—SPL EXTRA SHORT

该螺纹除了完整螺纹长度外,其他各参数均与 PTF—SAE SHORT 一样。PTF—SPL EXTRA SHORT 螺纹,其完整螺纹的长度更短,是在外螺纹大端再去掉两扣,或在内螺纹小端再去掉两扣。其螺纹的标记为:

1/8-27PTF—SPL EXTRA SHORT

3) 对于干密封特殊长度的螺纹和干密封标准螺纹

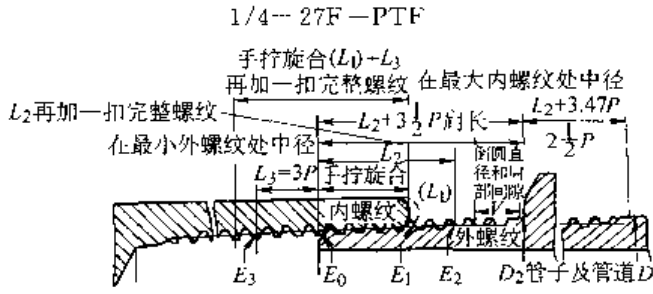


图 5.5-56 干密封细牙螺纹 F-PTF 的基本尺寸

(3) 特殊直径与螺距组合的干密封管螺纹

特殊直径与螺距组合的干密封管螺纹适用于标准外径的薄壁管,其基本尺寸列于表 5.5-144。表中的尺寸分布见图 5.5-57。此系列中每英寸的牙数均为 27。其标记示例如下:

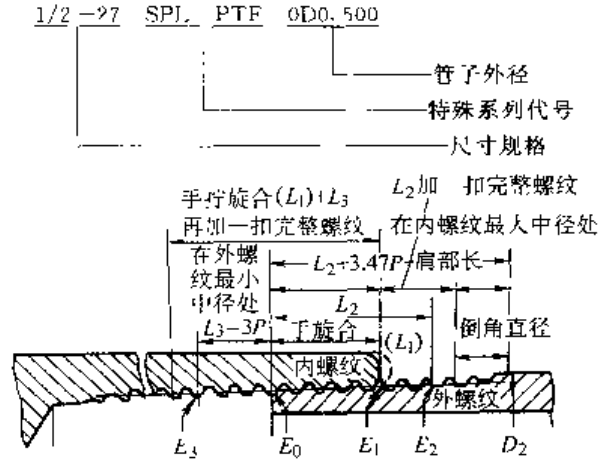


图 5.5-57 特殊直径与螺距干密封管螺纹的基本尺寸

表 5.5-143 干密封细牙螺纹 F PTF 的基本尺寸

规格	螺距 P	外螺纹小端处中径 E <sub>0</sub>	内螺纹大端处中径 E <sub>1</sub>	外螺纹大端处中径 E <sub>2</sub>	内螺纹小端处中径 E <sub>3</sub>	手拧旋合 L <sub>1</sub>		完整螺纹长度, 外螺纹 L <sub>2</sub> <sup>①</sup> , 内螺纹 (L <sub>1</sub> +L <sub>3</sub> ) <sup>②</sup>
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	牙数	mm
1/4-27	0.9408	12.656	12.905	13.081	12.480	3.988	4.23	6.807
3/8-27	0.9408	16.078	16.334	16.510	15.902	4.089	1.34	6.909
1/2-18	1.4112	19.724	20.118	20.383	19.560	6.299	4.47	10.541
3/4-18	1.4112	25.044	25.453	25.717	24.779	6.553	4.64	10.770
1-14	1.8143	31.286	31.837	32.174	30.946	8.814	4.85	14.249
1 1/4-14	1.8143	40.018	40.598	40.940	39.678	9.296	5.13	14.757
1 1/2-14	1.8143	46.092	46.695	47.035	45.752	9.652	5.32	15.088
2-14	1.8143	58.114	58.760	59.099	57.774	10.338	5.70	15.773

规格	完整螺纹长度, 外螺纹 L <sub>2</sub> <sup>①</sup> , 内螺纹 (L <sub>1</sub> +L <sub>3</sub> ) <sup>②</sup>	螺尾+完整螺纹公差+肩部间隙 (V+1P+P/2)		肩部长度 (L <sub>2</sub> +3 1/2 P)	退出螺牙		配合件外径 D <sub>2</sub>	管子外径 D
	牙数	mm	牙数	mm	mm	牙数	mm	mm
1/4-27	7.23	3.292	3.5	10.096	2.822	3.0	13.87	13.716
3/8-27	7.34	3.292	3.5	10.198	2.822	3.0	17.30	17.145
1/2-18	7.47	4.938	3.5	15.484	4.234	3.0	21.59	21.336
3/4-18	7.64	4.938	3.5	15.720	4.234	3.0	26.92	26.670
1-14	7.85	6.350	3.5	20.597	5.443	3.0	34.85	33.401
1 1/4-14	8.13	6.350	3.5	21.097	5.413	3.0	42.47	42.164
1 1/2-14	8.32	6.350	3.5	21.445	5.413	3.0	48.56	48.260
2-14	8.70	6.350	3.5	22.134	5.443	3.0	60.63	60.325

① 表中外螺纹的完整螺纹长度包括不超过一个螺距(螺纹)长度的倒角。

② 表中内螺纹的完整螺纹长度不包括超过中径线和倒角(测量参考点)交线的锥口径。

表 5.5-144 特殊直径与螺距干密封管螺纹的基本尺寸

管子直径 D <sup>③</sup>	规格	螺距 P	外螺纹小端处中径 E <sub>0</sub>	内螺纹大端处中径 E <sub>1</sub>	外螺纹大端处中径 E <sub>2</sub>	内螺纹小端处中径 E <sub>3</sub>	手拧旋合 L <sub>1</sub>		完整螺纹长度, 外螺纹(L <sub>2</sub> ) <sup>①</sup> , 内螺纹(L <sub>1</sub> +L <sub>3</sub> ) <sup>②</sup>		退出螺牙	
			mm	mm	mm	mm	mm	牙数	mm	牙数	mm	牙数
12.70	1/2-27	0.9408	11.642	11.889	12.065	11.465	3.952	4.2	6.774	7.2	2.882	3.0
15.88	5/8-27	0.9408	14.811	15.064	15.240	14.634	4.046	4.3	6.868	7.3	2.882	3.0
19.05	3/4-27	0.9408	17.980	18.239	18.415	18.016	4.140	4.4	6.962	7.4	2.882	3.0
22.22	7/8-27	0.9408	21.149	21.414	21.590	20.973	4.234	4.5	7.056	7.5	2.882	3.0
25.40	1-27	0.9408	24.318	24.588	24.765	24.142	4.328	4.6	7.150	7.6	2.882	3.0

① 表中外螺纹的完整螺纹长度包括不超过一个螺距(螺纹)长度的倒角。

② 表中内螺纹的完整螺纹长度不包括超过中径线和倒角(测量参考点)交线的锥口径。

③ 此处是管子的标准外径,不要与标准管子直径和螺纹的标记混淆。



### 11.5 气瓶专用螺纹

气瓶专用螺纹订有国标 GB8335—1998。

气瓶螺纹包括气瓶的瓶口与瓶阀连接用的圆锥螺纹及瓶帽与颈圈连接用的非密封的圆柱管螺纹，还有溶解乙炔气瓶易堵塞与瓶的连接采用的 55°密封管螺纹。其中与 GB/T7306 规定相同的部分这里不再介绍，仅对气瓶专用螺纹加以简要的说明，因为气瓶螺纹从广义上说也属于管螺纹，但在锥度、牙型和尺寸上均与国标规定的牙型角为 55°和 60°的两种管螺纹有所不同。从气瓶螺纹的规定我们知道，锥螺纹的锥度不仅有 1:16，还有其他的锥度比。

#### 11.5.1 术语和符号

气瓶专用螺纹标准 GB8335—1998 中有关“基准平面”、“基准直径”和“基准距离”三个术语的定义符合国标 GB/T14791—93 的规定。下面是有关气瓶专用螺纹的特别规定。

1) 圆锥螺纹螺距的定义：在中径线上相邻牙对应两点间平行圆锥体母线的距离。

该定义与 GB/T14791 有关螺距定义的不同在于，GB/T14791 定义的螺距是计量中径线上相邻牙对应两点间的轴向距离。这与气瓶的螺纹牙（角平分线）垂直于圆锥体的母线有关。

2) 圆锥螺纹中径偏差的定义：是包括中径本身的偏差和牙型半角偏差、螺距偏差、锥角偏差等所引起的中径径向当量在内的中径综合偏差。

3) 参照面的定义：外锥螺纹的小端面（检验可见平面）或内锥螺纹大端面（检验可见平面）。

该定义的含义与 GB/T7306 和 GB/T12716 相同，只是叙述方法不同。

4) 气瓶专用螺纹的符号

$D(d)$ ——螺纹大径；

$D_2(d_2)$ ——螺纹中径；

PZ——气瓶圆锥螺纹；

PG——气瓶圆柱螺纹；

$n$ ——每 25.4mm 内的螺纹牙数；

$P$ ——螺距；

$L_1$ ——基距；

$L_2$ ——圆锥外螺纹有效长度；

$L_3$ ——圆锥内螺纹有效长度；

$H$ ——原始三角形高度；

$h$ ——牙型高度 ( $h = 2h_1 = 2h_2$ )；

$r$ ——圆弧半径；

$\alpha$ ——牙型角；

$\Delta \frac{\alpha}{2}$ ——牙型半角偏差；

$\varphi$ ——倾斜角；

$K$ ——锥度。

#### 11.5.2 圆锥螺纹的基本牙型和尺寸

圆锥螺纹的基本牙型如图 5.5-58 所示，其尺寸见表 5.5-145。

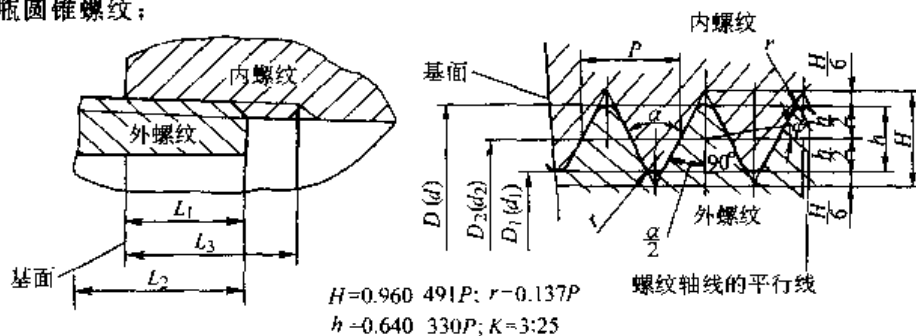
如图 5.5-58 所示，气瓶专用锥螺纹和其他一般用途锥管螺纹的最大不同点是：

1) 锥螺纹的锥度为 3:25。

2) 螺纹牙的角平分线垂直于圆锥体的母线，而不是螺纹的轴线。

#### 11.5.3 圆锥螺纹的中径偏差

圆锥螺纹的中径偏差以其基面位置的轴向变动量表示，其变动范围不超过 1.5mm。圆锥外螺纹的中径偏差是 +0.18mm，圆锥内螺纹的中径偏差是 -0.18mm，圆锥外螺纹用圆锥螺纹环规检查，环规螺纹大端的尺寸应与螺纹基面上的尺寸相同；环规螺纹的小端制有一个台阶，台阶的高度为 1.5mm，小端平面到大端平面的距离等于基距。当环规旋合在外螺纹上时，外螺纹小端平面应在环规小端台阶高度范围内，如图 5.5-59。



注：  
1 牙型角平分线垂直于锥体母线  
2 牙型顶部允许是平的

图 5.5-58 气瓶锥螺纹的牙型和尺寸

表 5.5-145 圆锥螺纹的基本尺寸及偏差(GB8335- 1998)

螺纹代号	n	P	基面上直径						螺纹长度			牙型高度 h	r	α			
			D(d)		D <sub>2</sub> (d <sub>2</sub> )		D <sub>1</sub> (d <sub>1</sub> )		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>						
			基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差									
PZ39	12	2.117	39.000			37.643			36.286				1.355	0.291	55°		
PZ27.8	14	1.814	27.800	+0.18	-0.18	26.636	+0.18	-0.18	25.472	+0.18	-0.18	17.67	26	22		1.162	0.249
PZ19.2			19.200			18.036			16.872			16.00	22	19			

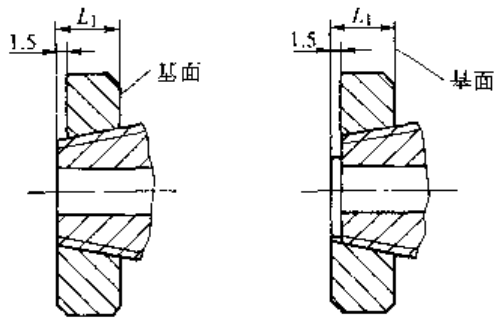


图 5.5-59 圆锥外螺纹的环规检查

圆锥内螺纹用圆锥螺纹塞规检查,塞规大端制有台阶,台阶的高度为 1.5mm,台阶大端部位的螺纹尺寸应与该螺纹基面上的螺纹尺寸相同,台阶大端部位到小端平面的距离等于基距。当把塞规旋入内螺纹时,螺孔端面应在台阶高度范围内。如图 5.5-60 所示。

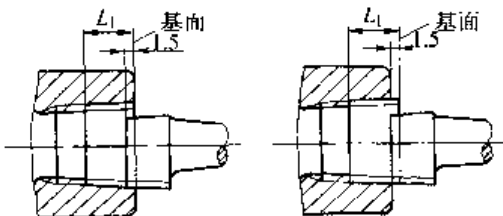


图 5.5-60 圆锥内螺纹的塞规检查

11.5.4 圆锥螺纹牙顶与牙底至螺纹中径线距离的偏差

如图 5.5-61 所示,对圆锥外螺纹的牙顶高  $h_1$  其极限偏差取  $-0.025\text{mm}$ ;对圆锥内螺纹的牙顶高  $h_2$  其极限偏差取  $+0.025\text{mm}$ 。圆锥外螺纹的牙底高  $h_2$  和圆锥内螺纹的牙底高  $h_1$  其极限偏差均为  $\pm 0.025\text{mm}$ 。

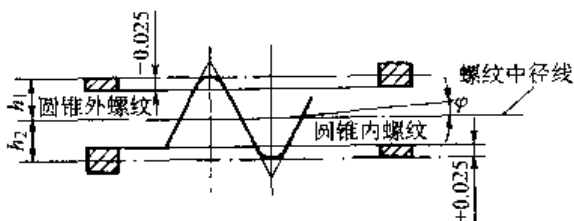


图 5.5-61 圆锥螺纹牙顶和牙底对螺纹中径线的偏差

11.5.5 圆锥螺纹各单项要素的偏差

牙型半角偏差、倾斜角偏差和螺距偏差见表 5.5-146,表中数据可作为设计螺纹工具的依据。必要时,可对单项要素提出检验要求。

表 5.5-146 牙型半角偏差、倾斜角偏差和螺距偏差 (GB8335- 1998)

螺纹代号	$\Delta \frac{\alpha}{2}$	$\Delta \varphi$		$\Delta P$	
		圆锥外螺纹	圆锥内螺纹	在 L <sub>1</sub> 长度上	在 L <sub>2</sub> 和 L <sub>3</sub> 长度上
PZ39	11	+10'	+5'	±0.04	±0.07
PZ27.8		-5'	-10'		
PZ19.2					

11.5.6 气瓶专用圆柱管螺纹

1) 瓶帽与颈圈连接的非密封管螺纹的内、外螺纹均为圆柱形,其牙型和尺寸见图 5.5-62 和表 5.5-147,其螺纹标记为: PG80。

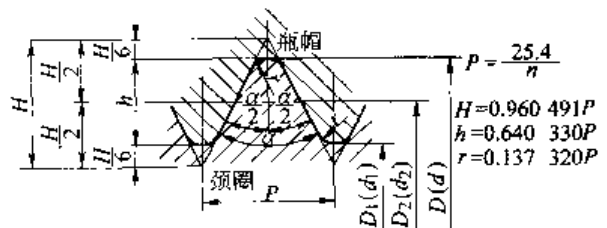


图 5.5-62 气瓶用圆柱管螺纹的牙型和尺寸

2) PG80 圆柱管螺纹的极限偏差见图 5.5-63 和表 5.5-148。

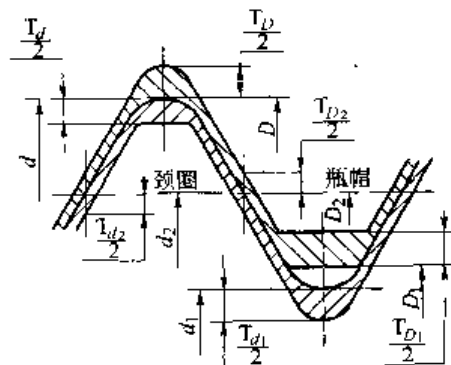


图 5.5-63 气瓶圆柱管螺纹的公差带

表 5.5-147 PG80 圆柱螺纹的基本尺寸

螺纹代号	n	P	h	r	瓶帽 (预圈)			α
					D (d)	D <sub>2</sub> (d <sub>2</sub> )	D <sub>1</sub> (d <sub>1</sub> )	
PG80	11	2.309	1.479	0.317	80.000	78.521	77.042	55°

表 5.5-148 PG80 圆柱螺纹的极限偏差 (mm)

螺纹类别	瓶 帽			预 圈		
螺纹直径	D	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	d	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>
极限偏差	+0.620 -0.100	+0.360 -0.100	+0.900 +0.340	0 0.520	0 -0.260	0 -0.430

### 11.6 普通螺纹管路系列

GB/T1414—2003“普通螺纹管路系列”规定了普通螺纹(一般用途螺纹)用于管路系统的直径与螺距的尺寸组合。这些尺寸是从 GB/T193—2003“普通螺纹直径与螺距系列”标准所规定的标准系列中挑选出来的,其公称直径的范围为 8~170mm。管路系列的具体尺寸列于表 5.5-149。适用于一般的管路系统,螺纹副本身不具有密封性能。

螺纹的标记方法按 GB/T197 的规定。

表 5.5-149 普通螺纹的管路系列

(mm)					
公称直径 D, d		螺距 P	公称直径 D, d		螺距 P
第 1 选择	第 2 选择		第 1 选择	第 2 选择	
8		1.25, 1	52		1.5
10		1.25, 1	60		3, 2
12		1	64		1.5
	14	2, 1.5	72		3
16		1.5, 1	76		3
	18	2, 1.5	80		1.5
20		1.5	85		2
	22	1.5	90		4
24		2	100		3
	27	2	115		4
30		2, 1.5	125		2
	33	2	140		3
36		1.5	150		2
	39	3	160		2
42		3, 2		170	4
48		3, 2			

## 12 普通螺纹的工艺尺寸

### 12.1 普通螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角

GB/T3—1997“普通螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角”是螺纹加工重要的工艺尺寸标准。该标准所规定的收尾、肩距和退刀槽与刀具的退出时间、刀具的导锥尺寸以及螺纹的整体尺寸直接相关。与普通螺纹牙型相

同或相接近的其他螺纹,如过渡配合螺纹等均可参照使用。

#### 12.1.1 外螺纹

1) 外螺纹收尾和肩距的型式和尺寸见图 5.5-64 和表 5.5-150。螺纹收尾的牙底圆弧半径不应小于对完整螺纹所规定的最小牙底圆弧半径。

表 5.5-150 外螺纹的收尾和肩距

螺距 P	收尾 r <sub>max</sub>		肩距 a <sub>max</sub>		
	一般	短的	一般	长的	短的
0.2	0.5	0.25	0.6	0.8	0.4
0.25	0.6	0.3	0.75	1	0.5
0.3	0.75	0.4	0.9	1.2	0.6
0.35	0.9	0.45	1.05	1.4	0.7
0.4	1	0.5	1.2	1.6	0.8
0.45	1.1	0.6	1.35	1.8	0.9
0.5	1.25	0.7	1.5	2	1
0.6	1.5	0.75	1.8	2.4	1.2
0.7	1.75	0.9	2.1	2.8	1.4
0.75	1.9	1	2.25	3	1.5
0.8	2	1	2.4	3.2	1.6
1	2.5	1.25	3	4	2
1.25	3.2	1.6	4	5	2.5
1.5	3.8	1.9	4.5	6	3
1.75	4.3	2.2	5.3	7	3.5
2	5	2.5	6	8	4
2.5	6.3	3.2	7.5	10	5
3	7.5	3.8	9	12	6
3.5	9	4.5	10.5	14	7
4	10	5	12	16	8
4.5	11	5.5	13.5	18	9
5	12.5	6.3	15	20	10
5.5	14	7	16.5	22	11
6	15	7.5	18	24	12
参考值	≈2.5P	≈12.5P	≈3P	≈4P	≈2P

注:应优先选用“一般”长度的收尾和肩距;“短”收尾和“短”肩距仅用于结构受限制的螺纹件上;产品等级为 B 或 C 级的螺纹紧固件可采用“长”肩距。

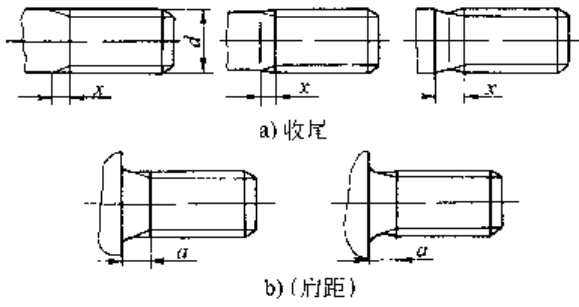


图 5.5-64 外螺纹的收尾和肩距

2) 外螺纹退刀槽的型式和尺寸见图 5.5-65 和表 5.5-151。过渡角 ( $\alpha$ ) 不得小于  $30^\circ$ 。

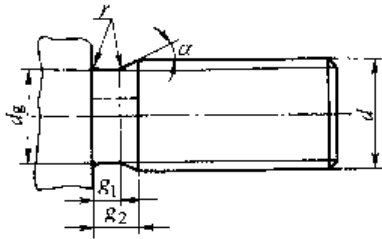


图 5.5-65 外螺纹退刀槽

表 5.5-151 外螺纹的退刀槽 (mm)

螺距 $P$	$g_2$ max	$g_1$ min	$d_g$	$r$ $\approx$
0.25	0.75	0.4	$d-0.4$	0.12
0.3	0.9	0.5	$d-0.5$	0.16
0.35	1.05	0.6	$d-0.6$	0.16
0.4	1.2	0.6	$d-0.7$	0.2
0.45	1.35	0.7	$d-0.7$	0.2
0.5	1.5	0.8	$d-0.8$	0.2
0.6	1.8	0.9	$d-1$	0.4
0.7	2.1	1.1	$d-1.1$	0.4
0.75	2.25	1.2	$d-1.2$	0.4
0.8	2.4	1.3	$d-1.3$	0.4
1	3	1.6	$d-1.6$	0.6
1.25	3.75	2	$d-2$	0.6
1.5	4.5	2.5	$d-2.3$	0.8
1.75	5.25	3	$d-2.6$	1
2	6	3.4	$d-3$	1
2.5	7.5	4.4	$d-3.6$	1.2
3	9	5.2	$d-4.4$	1.6
3.5	10.5	6.2	$d-5$	1.6
4	12	7	$d-5.7$	2
4.5	13.5	8	$d-6.4$	2.5
5	15	9	$d-7$	2.5
5.5	17.5	11	$d-7.7$	3.2
6	18	11	$d-8.3$	3.2
参考值	$\approx 3P$	—	—	—

注: 1.  $d$  为螺纹公称直径代号。

2.  $d_g$  公差为: h13 ( $d > 3\text{mm}$ );

h12 ( $d \leq 3\text{mm}$ )。

3) 外螺纹始端端面的倒角一般为  $45^\circ$ , 也可采用

$60^\circ$  或  $30^\circ$  倒角; 倒角深度应大于或等于螺纹牙型高度。对搓(滚)螺纹加工的外螺纹, 其始端不完整螺纹的轴向长度不能大于  $2P$ 。

### 12.1.2 内螺纹

1) 内螺纹收尾和肩距的型式和尺寸见图 5.5-66 和表 5.5-152。

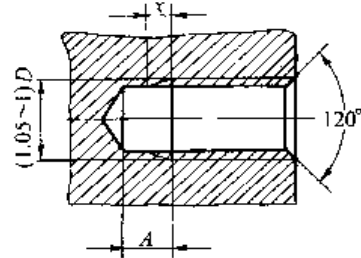


图 5.5-66 内螺纹收尾和肩距

表 5.5-152 内螺纹的收尾和肩距

(mm)

螺距 $P$	收尾 $X$ max		肩距 $A$ max	
	一般	短的	一般	长的
0.2	0.8	0.4	1.2	1.6
0.25	1	0.5	1.5	2
0.3	1.2	0.6	1.8	2.4
0.35	1.4	0.7	2.2	2.8
0.4	1.6	0.8	2.5	3.2
0.45	1.8	0.9	2.8	3.6
0.5	2	1	3	4
0.6	2.4	1.2	3.2	4.8
0.7	2.8	1.4	3.5	5.6
0.75	3	1.5	3.8	6
0.8	3.2	1.6	4	6.4
1	4	2	5	8
1.25	5	2.5	6	10
1.5	6	3	7	12
1.75	7	3.5	9	14
2	8	4	10	16
2.5	10	5	12	18
3	12	6	14	22
3.5	14	7	16	24
4	16	8	18	26
4.5	18	9	21	29
5	20	10	23	32
5.5	22	11	25	35
6	24	12	28	38
参考值	$=4P$	$=2P$	$\approx 6 \sim 5P$	$\approx 8 \sim 6.5P$

注: 应优先选用“一般”长度的收尾和肩距; 容屑需要较大空间时可选用“长”肩距, 结构限制时可选用“短”收尾。

2) 内螺纹退刀槽的型式与尺寸见图 5.5-67 和表

5.5 153.

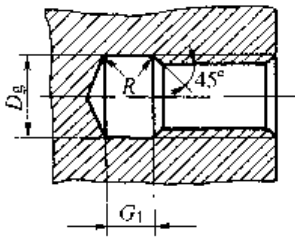


图 5.5-67 内螺纹退刀槽

3) 内螺纹入口端面的倒角一般为  $120^\circ$ ，也可采用  $90^\circ$  倒角：端面倒角直径为  $(1.05 \sim 1) D$ 。

表 5.5-153 内螺纹的退刀槽 (mm)

螺距 $P$	$G_1$		$D_g$	$R \approx$
	一般	短的		
0.5	2	1	$D+0.3$	0.2
0.6	2.4	1.2		0.3
0.7	2.8	1.4		0.4
0.75	3	1.5		0.4
0.8	3.2	1.6		0.4
1	4	2	$D-0.5$	0.5
1.25	5	2.5		0.6
1.5	6	3		0.8
1.75	7	3.5		0.9
2	8	4		1
2.5	10	5		1.2
3	12	6		1.5
3.5	14	7		1.8
4	16	8		2
4.5	18	9		2.2
5	20	10		2.5
5.5	22	11		2.8
6	24	12	3	
参考值	$=4P$	$=2P$	-	$\approx 0.5P$

注：1. “短”退刀槽仅在结构受限制时采用。  
2.  $D_g$  公差为  $H11/3$ 。  
3.  $D$  为螺纹公称直径代号。

## 12.2 搓、滚制普通螺纹前的毛坯尺寸

大量使用的普通螺纹的外螺纹，一般情况下均采用辗制（搓、滚制）方法加工，而辗制前的毛坯尺寸是保证成品螺纹精度的关键所在。GB/T18685—2002《搓、滚制普通螺纹前的毛坯直径》标准规定了采用全牙型挤压工艺加工钢或合金材料普通螺纹时，辗制前的毛坯尺寸。

标准中的尺寸是根据辗制前、后材料体积不变的原理推导出来的公式计算得到的（该公式是由前苏联推导的）。我国考虑到加工中各种因素（如刀具、量具误差等）的影响，对计算式中的原始尺寸进行了修正，使该标准列出的直径尺寸精度较前苏联标准ГОСТ19256—1973“普通螺纹搓滚丝毛坯直径”有所提高。

### (1) 毛坯直径的极限尺寸

直径范围为  $1 \sim 42\text{mm}$ 、公差等级为 4 级和 6 级的普通螺纹，其搓、滚丝前的毛坯直径极限尺寸见表 5.5 154。普通螺纹应符合 GB/T192、GB/T193、GB/T196 和 GB/T197 的规定。

### (2) 刀具等级的选用

按表 5.5-155 给出的螺纹公差等级与刀具精度等级间的对应关系，选取搓丝板和滚丝轮的等级。搓丝板和滚丝轮应分别符合 GB/T972 和 GB/T971 的规定。

### (3) 毛坯直径的调整

对采用拔丝和磨削工艺加工的毛坯，其直径尺寸可直接按表 5.5-154 的规定。对采用车削工艺加工的毛坯，其直径需在表 5.4-154 规定尺寸的基础上再加上其表面粗糙度的  $R_z$  值。

### (4) 毛坯直径的计算式

在标准的附录中给出了辗制前毛坯直径的计算式。

表 5.5-154 搓、滚丝螺纹前的毛坯直径

(mm)

公称直径 $d$	螺距 $P$	毛坯直径 $d_0$									
		4h		6h		6g		6f		6e	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
1	0.25	0.836	0.817	0.832	0.798	0.814	0.780	—	—	—	—
	0.2	0.866	0.849	0.866	0.831	0.849	0.815	—	—	—	—
1.1	0.25	0.933	0.916	0.931	0.897	0.913	0.880	—	—	—	—
	0.2	0.965	0.949	0.965	0.931	0.948	0.914	—	—	—	—
1.2	0.25	1.034	1.016	1.030	0.997	1.013	0.979	—	—	—	—
	0.2	1.065	1.048	1.064	1.030	1.048	1.014	—	—	—	—
1.4	0.3	1.201	1.182	1.198	1.163	1.180	1.145	—	—	—	—
	0.2	1.264	1.248	1.264	1.230	1.247	1.213	—	—	—	—
1.6	0.35	1.369	1.349	1.366	1.326	1.347	1.307	1.332	1.292	—	—
	0.2	1.463	1.445	1.463	1.427	1.446	1.410	—	—	—	—

(续)

公称直径 <i>d</i>	螺距 <i>P</i>	毛坯直径 <i>d<sub>1</sub></i>									
		4h		6h		6g		6f		6e	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
1.8	0.35	1.568	1.548	1.564	1.525	1.545	1.506	1.530	1.491	—	—
	0.2	1.663	1.643	1.662	1.627	1.645	1.610	—	—	—	—
2	0.4	1.735	1.715	1.732	1.690	1.713	1.671	1.698	1.656	—	—
	0.25	1.830	1.811	1.826	1.791	1.808	1.773	—	—	—	—
2.2	0.45	1.904	1.881	1.900	1.856	1.880	1.836	1.865	1.821	—	—
	0.25	2.030	2.010	2.026	1.990	2.006	1.972	—	—	—	—
2.5	0.45	2.202	2.180	2.198	2.154	2.178	2.134	2.163	2.119	—	—
	0.35	2.265	2.245	2.261	2.227	2.242	2.203	2.227	2.188	—	—
3	0.5	2.669	2.664	2.661	2.617	2.641	2.597	2.625	2.582	2.611	2.568
	0.35	2.764	2.742	2.756	2.717	2.737	2.698	2.722	2.683	—	—
3.5	0.6	3.103	3.078	3.092	3.046	3.071	3.025	3.057	3.010	3.040	2.993
	0.35	3.263	3.241	3.255	3.216	3.236	3.197	3.221	3.182	—	—
4	0.7	3.540	3.513	3.530	3.479	3.508	3.457	3.492	3.441	3.474	3.423
	0.5	3.666	3.642	3.659	3.615	3.639	3.595	3.623	3.579	3.609	3.565
4.5	0.75	4.008	3.982	3.998	3.948	3.976	3.926	3.960	3.910	3.942	3.893
	0.5	4.165	4.141	4.158	4.114	4.138	4.094	4.122	4.078	4.108	4.064
5	0.8	4.474	4.446	4.464	4.411	4.440	4.387	4.426	4.373	4.404	4.351
	0.5	4.664	4.640	4.657	4.613	4.637	4.593	4.621	4.577	4.607	4.563
6	1	5.344	5.312	5.329	5.272	5.303	5.246	5.289	5.232	5.269	5.212
	0.75	5.501	5.471	5.490	5.434	5.468	5.412	5.452	5.396	5.434	5.378
7	1	6.344	6.309	6.331	6.269	6.305	6.243	6.291	6.229	6.272	6.209
	0.75	6.499	6.470	6.488	6.433	6.466	6.411	6.450	6.395	6.432	6.377
8	1.25	7.181	7.152	7.163	7.109	7.135	7.081	7.121	7.067	7.100	7.046
	1	7.339	7.307	7.324	7.266	7.298	7.240	7.284	7.226	7.263	7.206
10	1.5	9.016	8.986	8.995	8.939	8.963	8.907	8.950	8.894	8.928	8.872
	1.25	9.176	9.147	9.158	9.104	9.130	9.076	9.116	9.062	9.095	9.042
	1	9.336	9.304	9.321	9.263	9.295	9.237	9.281	9.223	9.261	9.203
12	1.75	10.847	10.819	10.823	10.764	10.789	10.730	10.775	10.716	10.752	10.693
	1.5	11.015	10.976	10.986	10.926	10.954	10.895	10.941	10.882	10.919	10.860
	1.25	11.173	11.134	11.155	11.087	11.127	11.059	11.113	11.045	11.092	11.024
	1	11.334	11.298	11.319	11.255	11.293	11.229	11.279	11.215	11.259	11.195
14	2	12.689	12.659	12.663	12.599	12.625	12.562	12.611	12.548	12.592	12.529
	1.5	13.006	12.973	12.983	12.923	12.951	12.891	12.938	12.878	12.916	12.856
16	1	13.333	13.297	13.317	13.254	13.291	13.228	13.277	13.214	13.257	13.194
	2	14.685	14.655	14.659	14.595	14.621	14.557	14.607	14.543	14.588	14.524
	1.5	15.001	14.971	14.976	14.921	14.944	14.889	14.931	14.876	14.909	14.854
18	1	15.332	15.296	15.316	15.253	15.290	15.227	15.276	15.213	15.256	15.193
	2.5	16.355	16.340	16.324	16.276	16.282	16.234	16.266	16.218	16.244	16.196
	2	16.682	16.652	16.655	16.592	16.617	16.554	16.603	16.540	16.585	16.521
20	1.5	16.999	16.969	16.974	16.919	16.942	16.887	16.929	16.874	16.907	16.852
	2.5	18.351	18.336	18.320	18.272	18.278	18.230	18.262	18.214	18.240	18.192
	2	18.679	18.649	18.653	18.589	18.615	18.551	18.601	18.537	18.582	18.518
22	1.5	18.997	18.968	18.973	18.918	18.941	18.886	18.928	18.873	18.906	18.851
	2.5	20.343	20.332	20.311	20.268	20.269	20.226	20.253	20.210	20.231	20.189
	2	20.687	20.647	20.651	20.587	20.613	20.549	20.599	20.535	20.580	20.516
24	1.5	20.996	20.967	20.972	20.917	20.940	20.885	20.927	20.872	20.905	20.850
	3	22.031	22.004	21.995	21.929	21.947	21.881	21.932	21.866	21.910	21.844
	2	22.675	22.639	22.649	22.575	22.611	22.537	22.597	22.523	22.578	22.504
27	1.5	22.995	22.961	22.971	22.906	22.939	22.874	22.926	22.861	22.904	22.839
	3	25.026	24.999	24.990	24.924	24.942	24.876	24.927	24.861	24.905	24.839
	2	25.673	25.637	25.647	25.573	25.609	25.535	25.595	25.521	25.576	25.502
30	1.5	25.994	25.959	25.970	25.904	25.938	25.872	25.925	25.859	25.903	25.837
	3.5	27.695	27.681	27.656	27.601	27.603	27.548	28.586	27.532	27.566	27.512

(续)

公称直径 <i>d</i>	螺距 <i>P</i>	毛坯直径 $d_0$									
		4h		6h		6g		6f		6e	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
30	2	28.672	28.635	28.645	28.572	28.607	28.534	28.593	28.520	28.574	28.501
	1.5	28.993	28.959	28.969	28.904	28.937	28.872	28.924	28.859	28.902	28.837
33	3.5	30.690	30.677	30.652	30.597	30.599	30.544	30.582	30.527	30.562	30.507
	2	31.670	31.634	31.644	31.570	31.606	31.532	31.592	31.518	31.573	31.499
36	1.5	31.993	31.958	31.968	31.903	31.936	31.871	31.923	31.858	31.901	31.836
	4	33.368	33.357	33.325	33.273	33.265	33.213	33.250	33.198	33.230	33.178
39	3	34.016	33.980	33.981	33.914	33.933	33.866	33.918	33.851	33.896	33.829
	2	34.669	34.633	34.643	34.569	34.605	34.531	34.591	34.517	34.572	34.498
42	1.5	34.992	34.957	34.968	34.902	34.936	34.870	34.923	34.857	34.901	34.835
	4	—	—	36.321	36.269	36.261	36.209	36.246	36.194	36.226	36.174
45	3	37.011	36.987	36.979	36.912	36.931	36.864	36.916	36.849	36.894	36.827
	2	37.668	37.632	37.642	37.568	37.604	37.530	37.590	37.516	37.571	37.497
48	1.5	37.992	37.957	37.967	37.902	37.935	37.870	37.922	37.857	37.900	37.835
	3	40.012	39.985	39.977	39.910	39.929	39.862	39.914	39.847	39.892	39.825
51	2	40.667	40.631	40.641	40.567	40.603	40.529	40.589	40.515	40.570	40.496
	1.5	40.991	40.956	40.967	40.901	40.935	40.869	40.922	40.856	40.900	40.834

表 5.5 155 螺纹刀具等级选用表

螺纹的公差等级	4 级	6 级
刀具的精度等级	1 级	2 级

1) 代号

$d$ —外螺纹大径(公称直径)(mm);

$d_2$ —外螺纹中径(mm);

$d_1$ —外螺纹小径(mm);

$es$ —外螺纹直径的基本偏差( $\mu\text{m}$ );

$T_{d_2}$ —外螺纹中径公差( $\mu\text{m}$ );

$$d_{2\max} = d_2 + es; d_{2\min} = d_2 + es - T_{d_2};$$

$\alpha$ —牙型角,  $\alpha = 60^\circ$ ;

$\Delta\alpha/2$ —刀具螺纹的牙型半角误差值( $'$ );

$P$ —螺距(mm);

$\Delta P_s$ —刀具螺纹的螺距累积误差(mm);

$f_a$ —刀具标准所允许的螺纹最大牙型半角误差的中径当量(mm);

$f_a = 0.36P \times |\Delta\alpha/2| \times 10^{-3}$ , 其中  $\Delta\alpha/2$  值见 GB/T 971—1994 的表 8 或 GB/T 972—1994 的表 4。

$B$ —通端螺纹环规的厚度(mm);

当  $1\text{mm} \leq d \leq 2.5\text{mm}$  时,  $B = d$ ; 当  $3\text{mm} \leq d \leq 24\text{mm}$  时,  $B$  值按 GB/T 10920 的规定选取; 当  $27\text{mm} \leq d \leq 42\text{mm}$  时, 各公称直径螺纹的  $B$  值统一按其粗牙螺纹的环规厚度从标准 GB/T 10920 中选取。

$f_r$ —刀具标准所允许的螺纹最大螺距累积误差的中径当量(mm);

$f_r = 1.732 \times |\Delta P_s/25| \times B$ , 其中  $\Delta P_s$  值(25mm 长度上的)见 GB/T 971—1994 的表

8 或 GB/T 972—1994 的表 4。

$f_T$ —新制螺纹环规中径的内缩量(mm);

$f_T = (Z_R - T_R/2) \times 10^{-3}$ , 其中  $Z_R$  和  $T_R$  值见 GB/T 3934—1983 的表 3。

$h_{1T件}$ —工件螺纹的牙顶高(mm);

$$d = d_2 + 2h_{1T件}$$

$h_{2T件}$ —工件螺纹的牙底高(mm);

$$d_1 = d_2 - 2h_{2T件}$$

$h_{1L具}$ —刀具螺纹的牙顶高(mm);

$h_{2T件} = h_{1L具}$ , 其中  $h_{1L具}$  值见 GB/T 971—1994 的表 8 或 GB/T 972—1994 的表 4。

$h_{2L具}$ —刀具螺纹的牙底高(mm);

$h_{1T件} = h_{2L具}$ , 其中  $h_{2L具}$  值见 GB/T 971—1994 的表 8 或 GB/T 972—1994 的表 4。

$d_0$ —毛坯直径(mm);

$T_{d_0}$ —毛坯直径公差(mm)。

2) 毛坯直径的理论计算式

$$d_0 = \left\{ \frac{\tan(\alpha/2)}{3P} [3d_2(d_2^2 - d_1^2) - 2(d_2^3 - d_1^3)] + \frac{1}{2}(d_2^2 + d_1^2) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

公式中的大径和中径尺寸来自普通螺纹标准中的基本尺寸。

3) 标准中使用的毛坯直径的计算式

$$d_{0\max} = \left\{ \frac{\tan(\alpha/2)}{3P} [3d'_{2\max}(d'^2_{\min} - d'^2_{1\min}) - 2(d'^3_{\min} - d'^3_{1\min})] + \frac{1}{2}(d'^2_{\min} + d'^2_{1\min}) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

式中  $d'_{2\max} = d_{2\max} - f_r - f_a - f_r$

$$d'_{\min} = d'_{2\max} + 2h_{1\max 2\text{件}}$$

$$= d'_{2\max} + 2h_{2\min 1\text{件}}$$

$$d'_{1\min} = d'_{2\max} - 2h_{2\max 1\text{件}}$$

$$= d'_{2\max} - 2h_{1\max 1\text{件}}$$

$$d_{\text{min}} = \left\{ \frac{\tan(\alpha/2)}{3P} [3d_{2\min} (d'_{2\max} - d'_{1\max}) - 2(d'_{2\max} - d'_{1\max})] + \frac{1}{2} (d'_{2\max} + d'_{1\max}) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

式中  $d'_{\max} = d_{2\min} + 2h_{1\max 1\text{件}}$

$$= d_{2\min} + 2h_{2\max 1\text{件}}$$

$$d'_{1\max} = d_{2\min} - 2h_{2\min 1\text{件}}$$

$$= d_{2\min} - 2h_{1\min 1\text{件}}$$

4) 毛坯直径公差:

$$T_{d_0} = d_{0\max} - d_{0\min}$$