



机械设备安装工程

何焯 主编

便携手册



机械工业出版社
China Machine Press

机械设备安装工程 便携手册

何 焯 主编



机械工业出版社

本书是我社组织编辑出版的建筑安装工程便携系列手册之一。主要章节包括：设备安装工程的特点及主要施工内容；熟读工程图样，掌握公差配合的基本要求；机械设备安装的基本操作方法；材料、油料和清洗剂；常用工具和量具；机械设备安装程序；零、部件拆卸与装配；起重作业基本知识；通用设备安装工艺；设备安装工程质量通病产生原因、危害性及其防治措施；施工组织设计和工程预算的编制。

本书供建筑安装工程设计与施工人员阅读，大专院校相关专业师生也可作教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设备安装工程便携手册/何焯主编. —北京：机械工业出版社，2001.10

ISBN 7-111-09389-5

I. 机… II. 何… III. 机械设备—设备安装—技术手册
IV. TB4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 067126 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:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:唐海燕
封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙
北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
890mm×1240mm A5·22.25 印张·700 千字
0 001—4 000 册
定价:46.00 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、68326677-2527

出版说明

21 世纪，举世瞩目的主要建筑市场是在中国。积极培养优秀建筑技术人才，不断提高技术水平，是面临此良好机遇的重要任务。

随着科学技术的进步，建筑业和建筑技术也不断迅速发展。近年来，国家制定并修订了新的施工规范；国内外的建筑新技术、新材料、新产品，不断应用于实际工程中。因此，在建筑安装施工领域，迫切需要一系列按建筑安装分项工程分类的详细而简明的介绍建筑安装工程施工工艺、操作技术和工程质量管理方面的综合性工具书。

为了满足广大建筑安装人员的需要，我社组织编写了建筑安装工程系列便携手册，按分项工程分册编写出版。手册贯彻国家及行业现行的施工质量标准和技术操作规程，紧密结合现场实际，突出实用性，文字简练，数据翔实，图文并茂。

由于时间仓促，经验水平有限，手册中难免还存在缺点错误，欢迎广大读者批评指正。

编写成员

主 编	何 焯			
编写人员	刘树理	陈桂棋	郝 姬	王国英
	石振华	杜德华	陈望英	朱理智
	涂家麟	苏南海	白占一	何玉柱
	李君伟	马家钧	沈一鸣	鞠宝善
	杨世俊	苏宝良		

目 录

出版说明

第一章	设备安装工程的特点及主要施工内容	1
第一节	工程特点	1
第二节	主要施工内容	2
第三节	机械设备安装与生产使用的关系	4
第二章	熟读工程图样，掌握公差与配合的基本要求	5
第一节	工程图幅、比例、线型及符号	5
第二节	投影与视图	8
第三节	标注尺寸方法	12
第四节	非标准件与焊接图示	14
第五节	零件图与装配图表示方法	26
第六节	安装专业施工图	30
第七节	公差与配合、表面粗糙度的基础知识	31
第三章	机械设备安装的基本操作方法	87
第一节	划线	87
第二节	錾削与锯割	91
第三节	锉削与钻孔	95
第四节	攻螺纹与套螺纹	103
第五节	刮削与研磨	113
第六节	抛光	122
第七节	矫正与弯曲	123
第四章	材料、油料和清洗剂	127
第一节	材料应具备的性能	127
第二节	钢铁材料	136
第三节	有色金属材料	147

第四节	非金属材料	155
第五节	油料及清洗剂	160
第五章	常用工具和量具	197
第一节	一般工具	197
第二节	精密量具	208
第六章	机械设备安装程序	241
第一节	设备基础的检查和放线	241
第二节	地脚螺栓和垫铁	247
第三节	设备开箱、就位和找正	252
第四节	设备清洗	258
第五节	设备精平及灌浆抹面	261
第六节	设备的试压和试运转	264
第七章	零、部件的拆卸与装配	269
第一节	拆卸与装配的一般要求	269
第二节	一般拆卸方法	270
第三节	轴承装配	276
第四节	齿轮与蜗轮装配	291
第五节	键、销与螺纹联接	300
第六节	联轴器装配	306
第七节	带传动与链传动	320
第八节	运动变换机构	326
第九节	加热装配	330
第八章	起重作业基本知识	339
第一节	力学基础知识	339
第二节	索具与吊具	342
第三节	起重机具	355
第九章	通用设备安装工艺	367
第一节	泵与风机	367
第二节	金属切削机床	374
第三节	活塞式压缩机	386

第四节	电梯安装	402
第五节	水压机安装	433
第六节	工业锅炉安装	453
第七节	桥式起重机	479
第八节	液压传动装置安装	493
第十章	设备安装工程质量通病产生原因、危害性及其防治措施	543
第一节	设备基础、地脚螺栓和垫铁	543
第二节	拆卸、清洗和联轴器装配	553
第三节	轴承的装配	558
第四节	带、链和齿轮传动	562
第五节	液压、润滑系统与减速机	573
第六节	起重吊装设备	584
第七节	电梯	591
第八节	锅炉	601
第九节	大型电动机	607
第十节	连续运输设备	619
第十一节	压缩机	625
第十二节	风机和泵	646
第十一章	施工组织设计和工程预算的编制	663
第一节	施工组织设计的制定	663
第二节	工程预算的编制	673
附录	693
一、	功率单位换算	693
二、	常用金属材料的摩擦系数	693
三、	常用金属的线膨胀系数	693
四、	金属材料的熔点、热导率	694
五、	压力单位换算表	694
六、	热轧圆钢、方钢及六角钢理论重量	695
七、	热轧等边角钢理论重量	696
八、	热轧工字钢理论重量	697
九、	热轧槽钢理论重量	698
十、	线架长度与钢丝自重挠度的关系	698

第一章 设备安装工程的特点及主要施工内容

第一节 工程特点

(1) 设备安装是处在建筑施工和生产使用间的一个重要施工阶段，也是机械设备从制造厂出厂到建设单位投产使用的一个主要中间环节。机械设备安装工作有的比较简单，有的比较复杂，但安装的基本原理相同，都必须按照一定的程序和方法进行。在安装质量和工艺标准上要求严格。因此，要认真对待。

(2) 机械设备从生产厂运到施工现场，经过一定的安装工序，将设备及其附属零、部件都正确地安装固定在设计指定的位置上，经过调整和试运转，达到投入生产使用的条件。这整个施工过程，就是机械设备安装的工艺过程。

(3) 机械设备的安装能否按使用要求投入生产，充分发挥设备的技术性能，延长使用寿命，以及能否保证提高设备所加工的产品质量，在很大程度上决定于机械设备安装的精度和质量。

(4) 机械设备安装工程种类较多，按用途分有：金属切削机床，如车床、铣床、刨床、磨床、钻床等；压力机械设备，如液压机、油压机、空气锤等；起重运输机械，如桥式起重机、塔式起重机、电梯等；通用设备，如泵、压缩机、通风机、鼓风机等；专业设备如化工设备、矿山设备、医疗设备、农业机械、材料试验设备以及交通运输机械等。

按质（重）量和外形尺寸分：有重型设备、轻型设备或中、小型设备和大型设备。

由于设备种类不同，生产性质各异，安装技术复杂程度差别较大。一般讲，精度要求低的设备，安装工艺比较简单，精度要求高的设备，安装工艺比较复杂；施工现场整体安装的设备安装比较容易，而解体设备安装难度较大，单体设备比联动设备安装标准要低一些。不同的生产设备，有各自的安装要求和方法，但它们的基本安装工艺要求则是共同

性的。

第二节 主要施工内容

机械设备在安装阶段中，主要经历下列施工过程，即：设备搬运、开箱检查、放线就位、找平找正、固定设备（拧紧地脚螺栓和灌浆）、清洗、零件装配和部件组装、试运转、工程验收等。

上述的施工过程是按常规的施工次序排定的，而在实际施工过程中，根据具体情况是有变化的。在大多数情况下是交叉进行作业的。如放线就位，有的在设备到现场前进行，有的在设备开箱以后进行。又如起重运搬，除了设备从仓库运至现场时进行这项工作外，随后当设备在基础上就位，以及大中型零部件组装等，也还要起重运搬配合作业。再如工程交工验收时，形式上是表明安装工程已告结束最后的工程交接过程，实质上它又是对安装中各工序进行一次复查检验的过程。下面分别介绍每个阶段的作业内容：

一、起重运搬

固定式机械设备一般质（重）量都比较重，大型的有几十吨，甚至上百吨重。要将这些设备移动运至施工地点，需要利用适合要求的施工机械。这项工作过程称为起重运搬。

起重搬运是设备安装过程中一项很重要的工序。起重运搬的组织者和指挥者，必须参与编制施工方案，并要熟悉该项工作的工艺要求和安全技术操作规程的有关规定，同时还要掌握施工机具的性能、构造、使用要求等方面的知识，以确保施工作业中的人身安全和设备、机具的正确使用，使施工得以顺利进行。

二、开箱检查

这项工作是由施工单位和建设单位共同在施工现场进行。在开箱过程中，对设备和零、部件进行检查。主要检查设备运搬过程中和保管期间是否有损伤、损坏现象，同时检查零、部件是否短缺。开箱后，应详细做好设备开箱记录，以备日后查验。

三、放线就位

设备安装前，按设计要求，根据厂房和基础的具体情况，放出一系列精确的线，作为安装用基准线，这一施工过程称为放线。设备就位就

是根据放出的基准线，将设备安装到指定位置上。设备安装位置是否正确，对正常投产使用有直接关系。

四、找正找平

机械设备就位相对于厂房空间须占有一个正确的指定位置，就位后，要根据设备本身的技术要求，对设备各部位进行调整，符合规定后将设备定位，这个调整的过程，即为找正找平。

五、设备固定及灌浆

设备经找正找平后，要牢固地固定在基础上，使它保持位置不变动。固定的方法，一般用埋固在基础中的地脚螺栓，将设备底座与基础紧固成一体。通常设备放在基础上是放不平的，为了找平的需要，在设备底座下面放置一定数量的垫铁，用来调整设备的水平和标高。设备底座下面放入垫铁后，底面与基础面间有一空隙，必须用水泥砂浆填满，并将垫铁加以固定，这道工序即为灌浆。

六、设备清洗

机械设备绝大部分零、部件都是用钢铁材料制成的。设备内、外部分易锈蚀，一般出厂时都涂有一层防锈材料。在设备安装时，首先将防锈层清洗掉，另一方面设备、材料虽经防锈处理，但往往也会出现锈蚀现象，因此，需要再进行必要的除锈处理。这个施工过程，称为清洗。

七、零、部件的组装与装配

清洗合格的零、部件，要立刻进行预组装和装配工作。从工程量和技術复杂性方面看，预组装和装配工作，比拆卸和清洗工作复杂而艰巨。除了一般零、部件装配外，还要对轴承间隙进行测量和调整，对各种齿轮副间隙进行检查和研磨以及轴的装配并处理疑难问题等。

八、试运转

机械设备试运转目的是全面检验安装施工过程中各安装工序的施工质量，同时也可能发现机械设备在设计和制造上存在的问题。由于试运转是将安装的静止设备转动起来，可进一步考查在安装过程中的缺陷和不规范的部分，并可及时调整和处理，从而使设备运行的各种性能参数达到生产使用的要求。

九、工程验收

机械设备经过试运转合格后，即可进行交工验收。验收工作是由施

工单位向建设单位交工，建设单位验收，同时要评定工程质量的等级。交工时要移交施工档案资料，完全符合国家有关规定后，方可投产使用。

在机械设备安装过程中，还包括安装一些非定型产品，这些部件通常称为非标准设备。如一些箱体、槽、罐和容器等，它们加工、安装均有未用的技术标准。有些部件是从制造厂随标准设备一起运来的，其中有的还需要在现场制作加工。无论是成品运到的或是现场制作的，它们都属于机械设备的配套部分，在安装和制作上也必须达到工程质量要求。

第三节 机械设备安装与生产使用的关系

机械设备安装工程一般可分为新建、扩建、改建等几种建设形式。无论哪种形式，总的来讲都属于基本建设扩大再生产，增加和扩大产品的生产能力和品种。因此，设备安装工程与生产使用有着密切的关系。设备安装的精度和施工进度，直接影响着产品质量和建设工程的早日投产使用。

机械设备除了本身机件的正确组装与装配外，还要根据生产工艺的特点和生产使用要求进行安装。特别是现代化工厂里，在生产过程中大部分是机械化和自动化生产设备，这些设备结构复杂，对安装精度要求高，而生产的产品质量和精度也要求很高。因此，没有高质量的安装技术水平，满足不了生产使用的要求。要下功夫不断改进安装工艺，采用新技术、新机具、提高机械设备安装水平，确保工业发展水平的需要。

第二章 熟读工程图样，掌握公差与配合的基本要求

在机械设备制造和安装过程中，工程图是必不可少的施工依据。机械工程图是把复杂的机械设备，按照一定的规则 and 标准，详细的表达出物体各部分的真实形状与具体尺寸。施工时，必须按照工程图上的规定和要求，正确的装配与安装。通常小型设备大多数是整体运到现场的，而大、中型设备则是解体或半解体运来的。

在对机械设备拆卸与装配过程中，除了看懂装配图的结构，还要了解公差配合的基本要求，使拆装工作顺利进行。在熟读本专业工程图的同时，还要了解有关联的专业施工图，如土建工程的基础图、平面图、管道工程、电气工程及通风工程的施工图等，从而做好工程项目的整体配合，使机械设备安装工作，多、快、好、省地完成。

第一节 工程图幅、比例、线型及符号

一、图幅

图幅的规格尺寸是按照国家标准《GB14689—1993》的规定执行。通常采用表 2-1 的图纸幅面，图样边框格式，见图 2-1。

表 2-1 图纸幅面 (mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

二、比例

如果物体的形状太大或太小，用实际尺寸画是不可能的。因此，在图纸上必须把尺寸放大或缩小。图纸上的比例关系就是所画的尺寸与物体形状实际尺寸之比。如 1:2，就是图纸上所画尺寸是 1，而实际尺寸

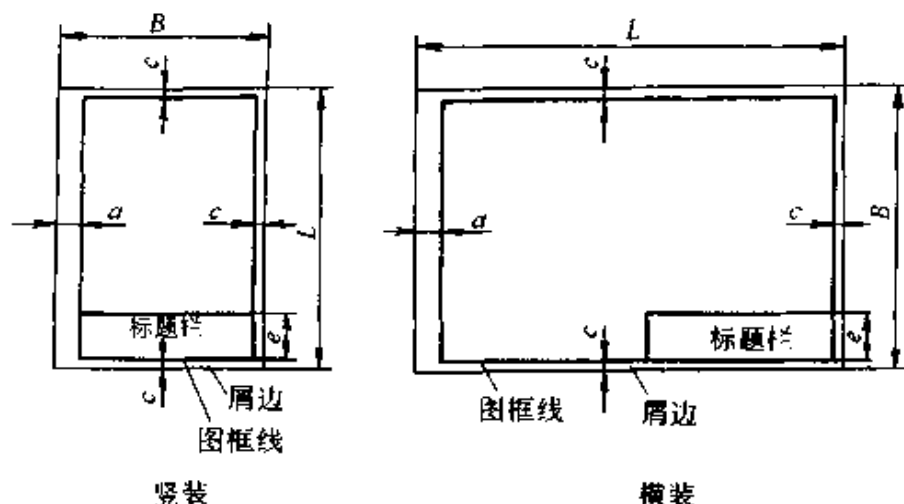


图 2-1 图样边框格式

是 2，即实物是图示的 2 倍。再比如 2:1，就是图纸上画的是 2，而实物尺寸是 1，图示是实物的 2 倍。图纸上同一个零件，比例尺寸都是相同的，如比例尺寸不同，应在图纸上标明。图纸上比例尺寸大小，可按实际情况来选定。图纸上比例的标注形式为 M1:1，M1:2，M2:1……等，在标题栏中标明“比例”一栏中，填写比例时，可省略符号“M”。图样上常用的比例尺寸见表 2-2。

表 2-2 图样上常用比例









种 类	比 例		
原值比例	1:1		
放大比例	5:1 $5 \times 10^n:1$	2:1 $2 \times 10^n:1$	$1 \times 10^n:1$
缩小比例	1:2 $1:2 \times 10^n$	1:5 $1:5 \times 10^n$	1:10 $1:1 \times 10^n$

注：n 为正整数

三、线型

图样上线型的类型，粗细关系有一定的规格，不能乱用，同一图纸上，同类线型的宽度应基本保持一致，虚、点划线段的长度也应大致相等。常用的几种线型、用途、粗细关系见表 2-3。



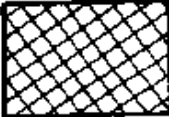
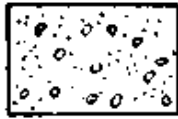

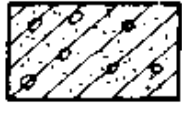


表 2-3 图样线型规格

图线名称	图线型式及代号	图线宽度	一般应用
粗实线		$b=0.4\sim 1.2$	轮廓线过渡线
细实线		约 $b/3$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、轮廓线、引出线、分界线、范围线、弯折线、辅助线、连线等
波浪线		约 $b/3$	边界线、分界线
双折线		约 $b/3$	断裂处边界线
虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线、过渡线
细点划线		约 $b/3$	轴线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线
粗点划线		b	有特殊要求的线，或表面表示线
双点划线		约 $b/3$	相邻辅助零件的轮廓线，极限位置轮廓线，坯料的轮廓线或毛坯图中制成品轮廓线，假想投影轮廓线，试验或工艺结构的轮廓线，中断线

四、剖面符号

图样上常用剖视图来表示物体的内部构造，为了区别材料的种类和已剖、未剖之间的差别，规定了一些材料剖面符号，见表 2-4。

表 2-4 材料剖面符号

材 料	符 号	材 料	符 号
金属材料 (已有规定剖面 符号者除外)		基础周围泥土	
非金属材料 (已有规定剖面 符号者除外)		混凝土	
木 材 (纵断面)		钢筋混凝土	
木 材 (横断面)		砖	

第二节 投影与视图

一、正投影

用一组平行射线，把物体的轮廓、结构、形状，投影到与射线垂直的平面上，这种方法就叫正投影。见图 2-2。

二、两面视图

见图 2-3，该物体形状比较简单，但用一面视图不能全部表述它的形状和尺寸，因此，必须用两面视图来表示。按主视方向在正面投影所获得的平面图形叫主视图，在左侧方向投影所获得的平面图形叫左视图。为了将两视图构成一个平面，按标准规定，正面不动，左侧面转 90° ，这样构成了一个完整的两面视图。从两面视图中，可以清楚地看出，主视图表示了物体的长度和高度，左侧视图表示了物体的高度和宽度。

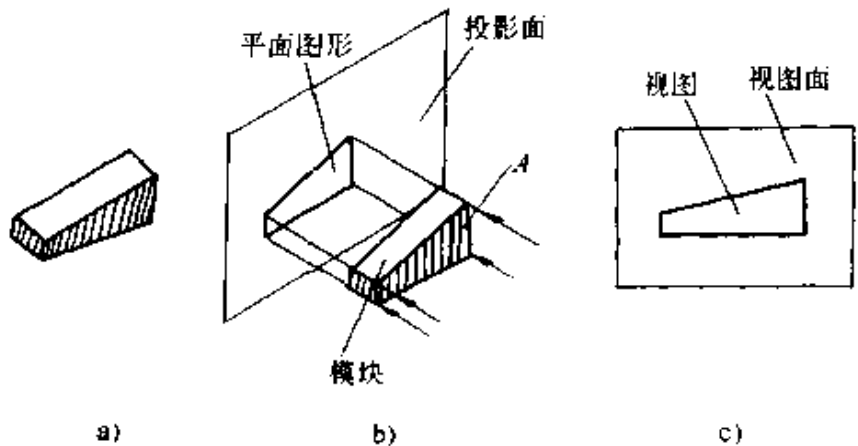


图 2-2 正投影视图

为了将两视图构成一个平面，按标准规定，正面不动，左侧面转 90° ，这样构成了一个完整的两面视图。从两面视图中，可以清楚地看出，主视图表示了物体的长度和高度，左侧视图表示了物体的高度和宽度。

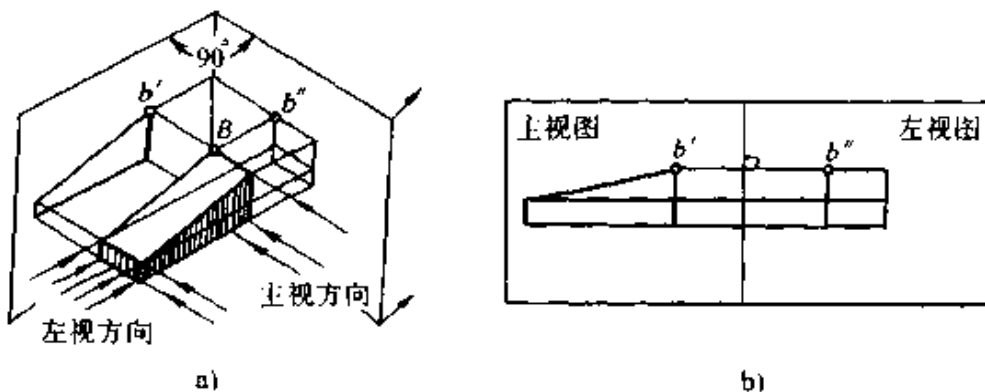


图 2-3 两面视图

三、三面视图

对于比较复杂的物体，只有两面视图不能全部反映物体的形状和尺寸，还需要增加一面视图，这就是由三个相互垂直的投影面构成的投影

体系所获得的三面视图。俯视方向在水平面投影所获得的平面图形，叫俯视图。见图 2-4。

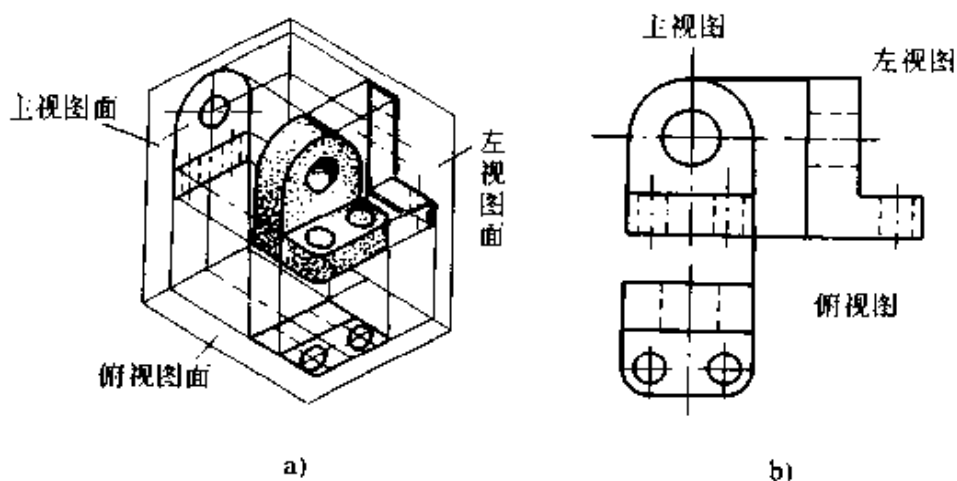


图 2-4 三面视图

四、多面视图

一般的物体用三面视图即可表明其形状和尺寸，但在实际工作中，特别是机械零件的结构是多种多样的，有的用三面视图还不能正确、完整、清晰的表达清楚，因此，在国家标准中规定了基本视图。视图的表示方法见图 2-5，就是采用了正六面体的六个面的基本投影面，分前、后、左、右、上、下六个方向，分别向六个基本投影面做正投影，从而得到六个基本视图。六个视图之间仍保持着与三面视图相同的联系规律，即主、俯、仰、后“长对正”，主、左、右、后“高平齐”，俯、左、右、仰“宽相等”的规律。

五、剖视图

1. 剖视图的定义

在许多机械零件中，具有不同形状的空腔部位，因此，在识图中要看到许多虚线，使内外形状重叠，虚、实线交错，影响视图的清晰，给识图造成一定的困难。为此，国家标准中采用了剖视图的方法，来清晰表示零件的形状和尺寸。

剖视图就是假想用一剖切平面，在适当部位把机械零件切开，移去前半部分，将余下部分按正投影的方法，得到的视图，叫剖视图，见图 2-6。

2. 识图中常见的剖视图

(1) 全剖视 把机械零件整个的剖开后得到的视图，它一般用于外形简单和不对称的零件。

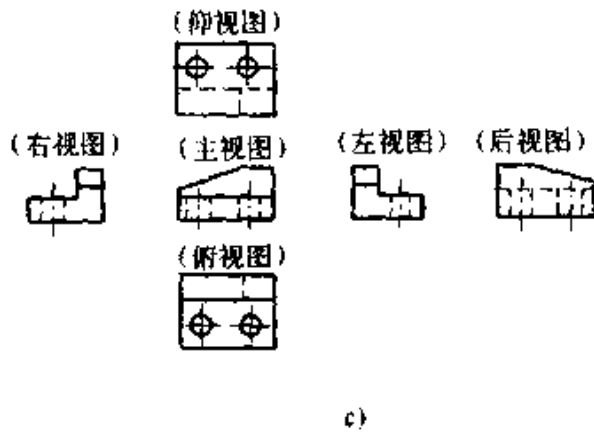
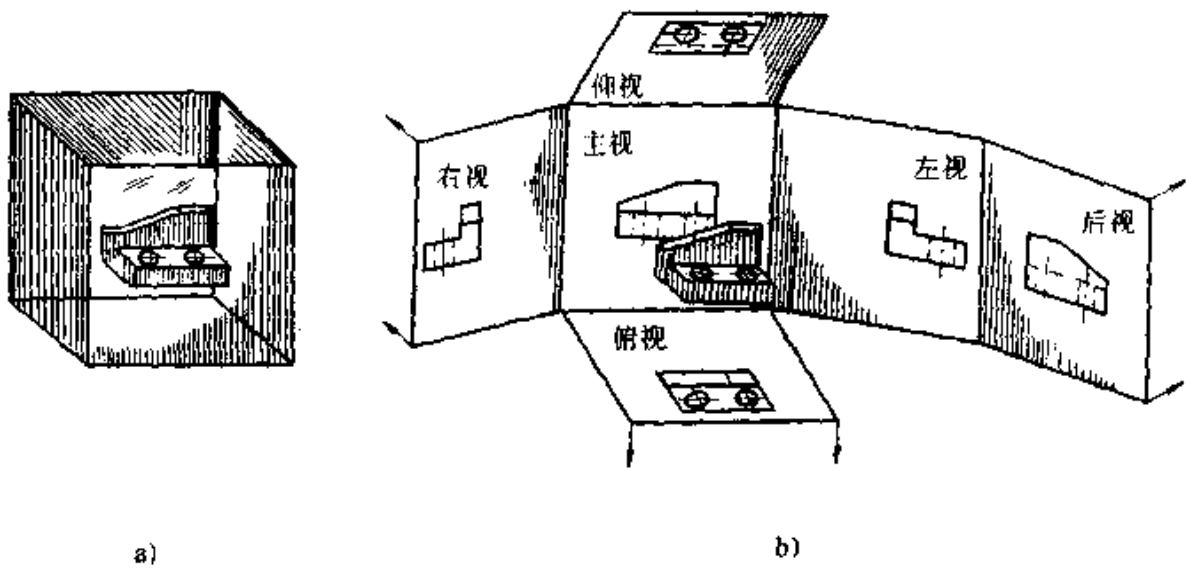


图 2-5 多面视图

(2) 半剖视 对称的部件一般采用半剖视的方法，只剖一半，另一半的外形用对称线作为剖切线的分界线。见图 2-7。

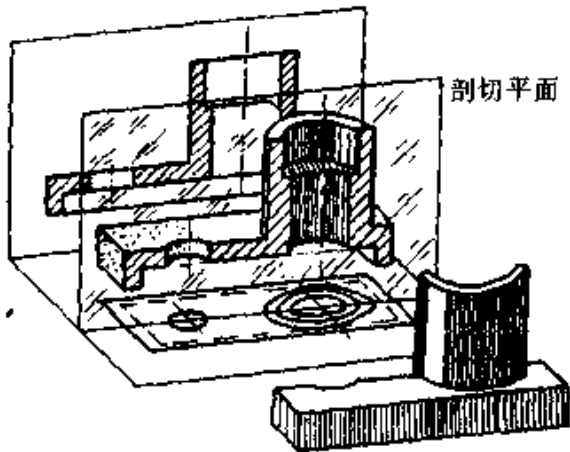


图 2-6 剖视图

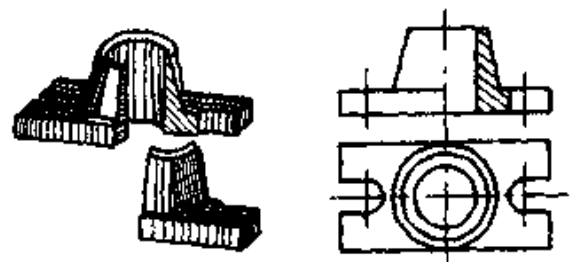


图 2-7 半剖视图

(3) 局部剖视 对机械零件某一部分进行剖视，一般用波浪线作为分界线。见图 2-8。

局部剖视有时还用来表达内外结构不对称的零件。

(4) 阶梯剖视 由于机械零件内部结构层次较多，用几个互相平行的剖切平面而得到的视图，叫阶梯剖视。见图 2-9。

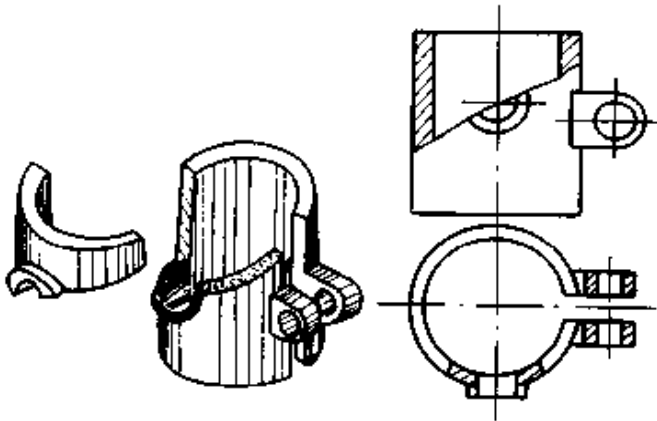


图 2-8 局部剖视图

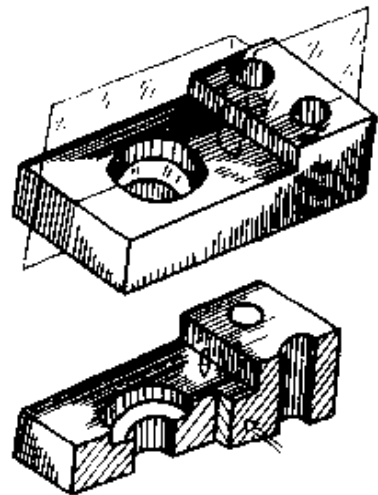


图 2-9 阶梯剖视

(5) 旋转剖视 将机械零件用两个相交的剖切平面剖开后，把其中一个（倾斜的）剖切平面，旋转到另一个剖切平面平行的位置后，得到的视图，见图 2-10。

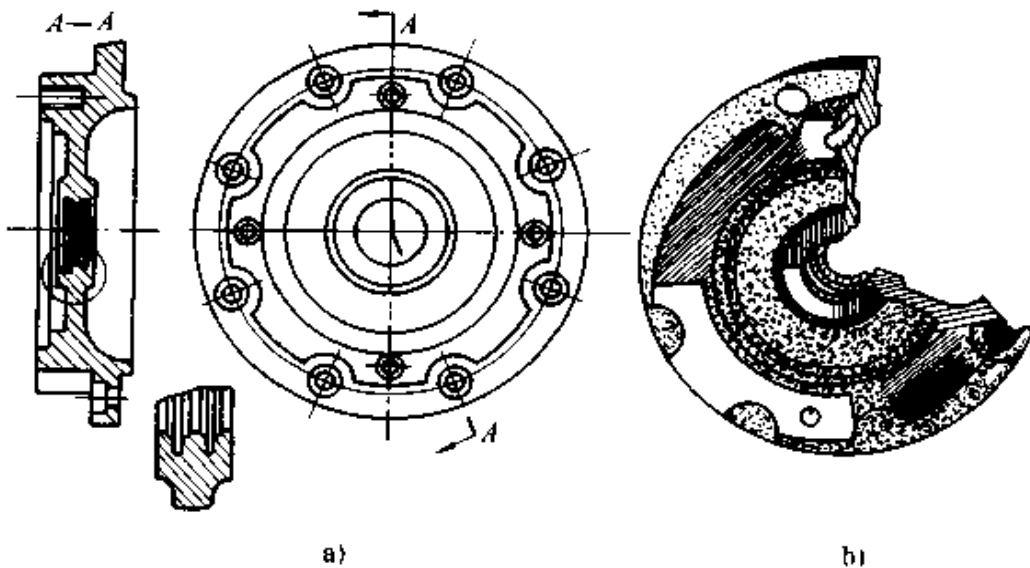


图 2-10 旋转剖视（一）

3. 剖视图的标记

(1) 一般应用带字母的剖切符号及箭头标记剖切位置及剖视方向，

并在剖视图上方注明标记, 见图 2-10 (一)、图 2-11 (二)。

(2) 当剖切后, 视图按正常位置关系配置, 中间没有其他视图隔开, 箭头可省略。

(3) 剖切平面与机件的对称平面重合, 且按正常视图关系配置, 中间又没有其他视图隔开时, 剖切平面连线位置不必进行标记。

(4) 剖切位置明显的局部视图, 可不作标记。

4. 剖面图

剖面图与剖视图是有区别的, 在识图中可以注意到, 剖面图要画出被剖切面的形状, 而剖视图不仅要画出被剖切断面的形状, 而且还要画出剖切断面后, 其余部分的形状。见图 2-12。

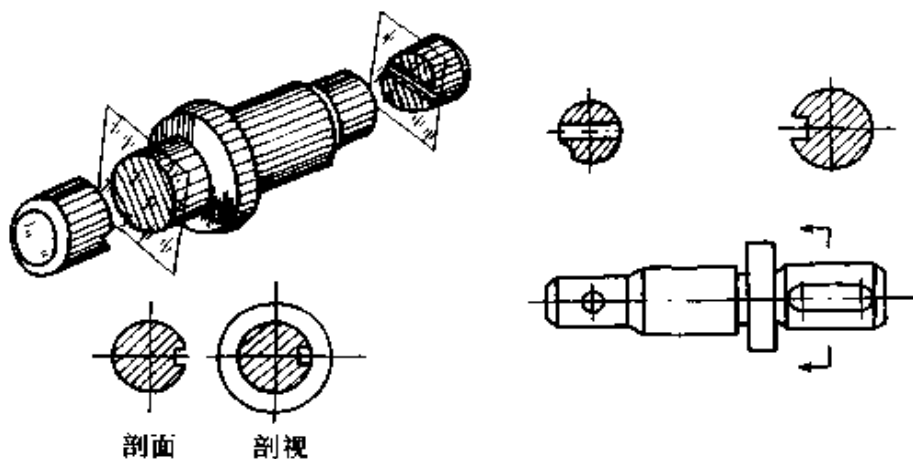


图 2-12 剖面与剖视

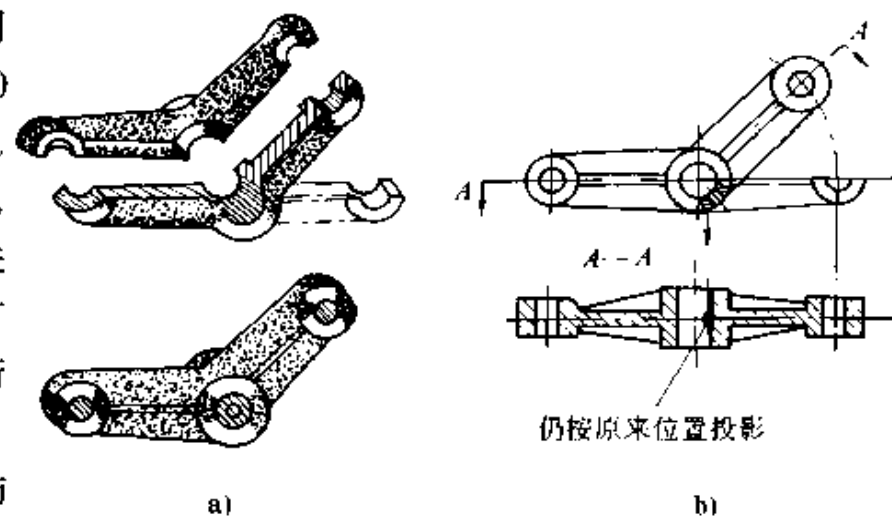


图 2-11 旋转剖视 (二)

第三节 标注尺寸方法

一、基本要求

机械零件的形状和轮廓是靠视图来表示, 而零、部件的大小是靠尺

寸来说明的。视图中的尺寸对零、部件的装配与安装有着密切的关系。视图中标注的尺寸要做到：正确、完整、清晰、合理。正确就是要符合国家标准，完整就是尺寸要齐全，清晰就是尺寸位置一目了然，合理就是符合装配和安装检验的要求。

二、尺寸的标注

机械零、部件无论是组合体或基本形体，都必须有长、宽、高三个方向的尺寸，因此，一般都有三个方向的基准。组合体的标注，可分为以下几种：

1. 定形尺寸

它是确定组合体各基本形状的大小尺寸，见图 2-13。底板尺寸 $60\text{mm} \times 22\text{mm} \times 6\text{mm}$ 以及两个孔尺寸 $2 \times \phi 6$ ，圆筒的直径 $\phi 22\text{mm}$ ，孔径 $\phi 14\text{mm}$ 和长度 24mm 三个尺寸均为定形尺寸。

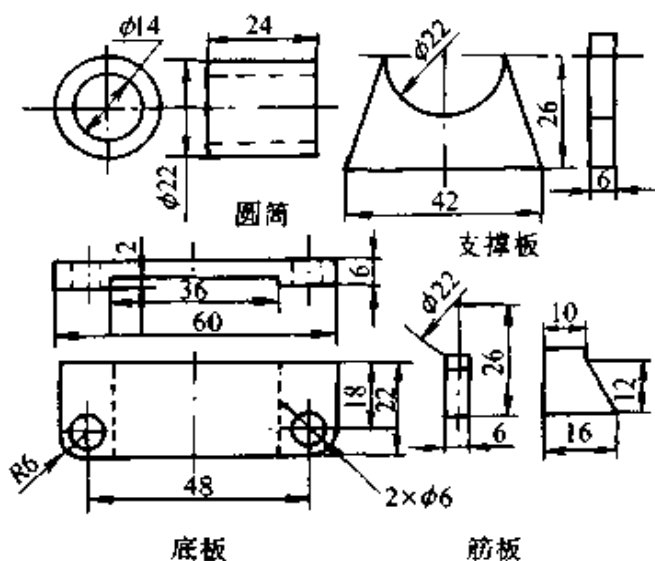


图 2-13 定形尺寸

2. 定位尺寸

它是确定形体之间的相对位置的尺寸。见图 2-14，圆筒与底板相对位置尺寸，由中心高和圆筒在支撑板后面的伸出长度以及两个通孔位置等尺寸组成的。如 $32\text{mm} \times 6\text{mm}$ ， $16\text{mm} \times 48\text{mm}$ 均为定位尺寸。

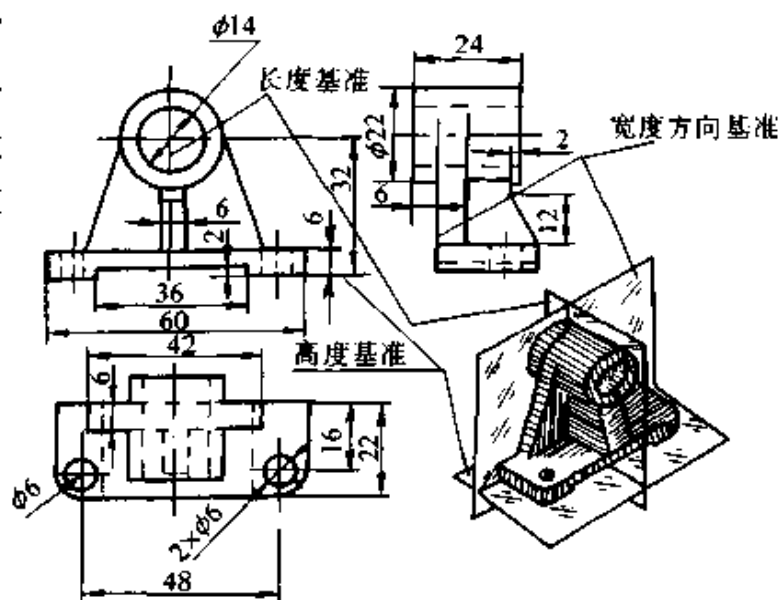


图 2-14 定位尺寸

3. 总体尺寸

它是组合体的全高、全宽、全长的尺寸。见图 2-14 中的 $43\text{mm} \times 60\text{mm} \times 28\text{mm}$ 为总体尺寸。

三、标注尺寸注意点

(1) 一般情况下，尺寸要标在形状物体最明显和最突出的图面上。

(2) 要按国家标准的要求，正确标注尺寸线、尺寸界线、箭头及数字。

(3) 在标注尺寸时，要在视图外部，看图时比较清晰。形体的长度尺寸要摆在主、俯视图中间，高度尺寸可放在主、左视图中间。方向相同的几个尺寸要摆在一条线上。

(4) 要将相同形体的定形尺寸和相关尺寸，摆在一个或两个视图上，以利查找。

第四节 非标准件与焊接图示

在机械设备安装过程中，往往会遇到一些非标准设备，如容器焊接结构及管件等。这些部件要经过下料、切割、滚圆、焊接等作业，加工成一个完整的部件，然后进行装配和安装。因此，对这部分图，也要有一定的下料和识读能力。

一、非标准件的展开

1. 平面立体表面的展开

图 2-15 是带式输送机的斜漏斗，它是由各种形状的钢板焊接而成。作展开图时，只要作出各侧板及筋板的实形，然后将各侧板的展开图拼成一个整体，就可做出斜漏斗。

从图 2-15 中可以看出，上侧连接板 (2)，下侧连接板 (11) 及左右侧板 (1) 都是平行于左视图面的平面，其在右视图上也能反映实形 (尺寸可由右视图得出)，连接板 (6) 由 A 视图得出其实形。同理，加强肋 (4)、(7) 在主视图能反映实形，根据尺寸就可直接下料，漏斗的上、下槽板的实形，可用 B 视图的方法解决，只有两块侧板 (9) 在各个视图上都不能反映实形，因此，必须求出其实形。

为了方便起见，把漏斗的中间部分单独画出实样图 (见图 2-16)。因为上、下槽板和侧板间是采用角接接头焊接，因此，在画实样图时，左视图按漏斗的内表面尺寸画图。

线段实长用直角三角形法求出。见图 2-17a)，AE 是一般位置直线，AE 的俯视图是 ae 。如在四边形 $AEae$ 内过 E 点作 $EH \parallel ae$ ，就可得到直角三角形 AHE 。 $\angle AHE = 90^\circ$ ，AE 是直角三角形的斜边，直角三角形的两直角边 $HE = ae$ ，AH 等于 A 点及 E 点高度的坐标差，在主

视图上可直接量出 $a'h'$ ($a'h' = AH$)。所以根据直线 AE 的主、俯两视图就可以画出直角三角形 AEH 。则该三角形的斜边就是 AE 的实长。

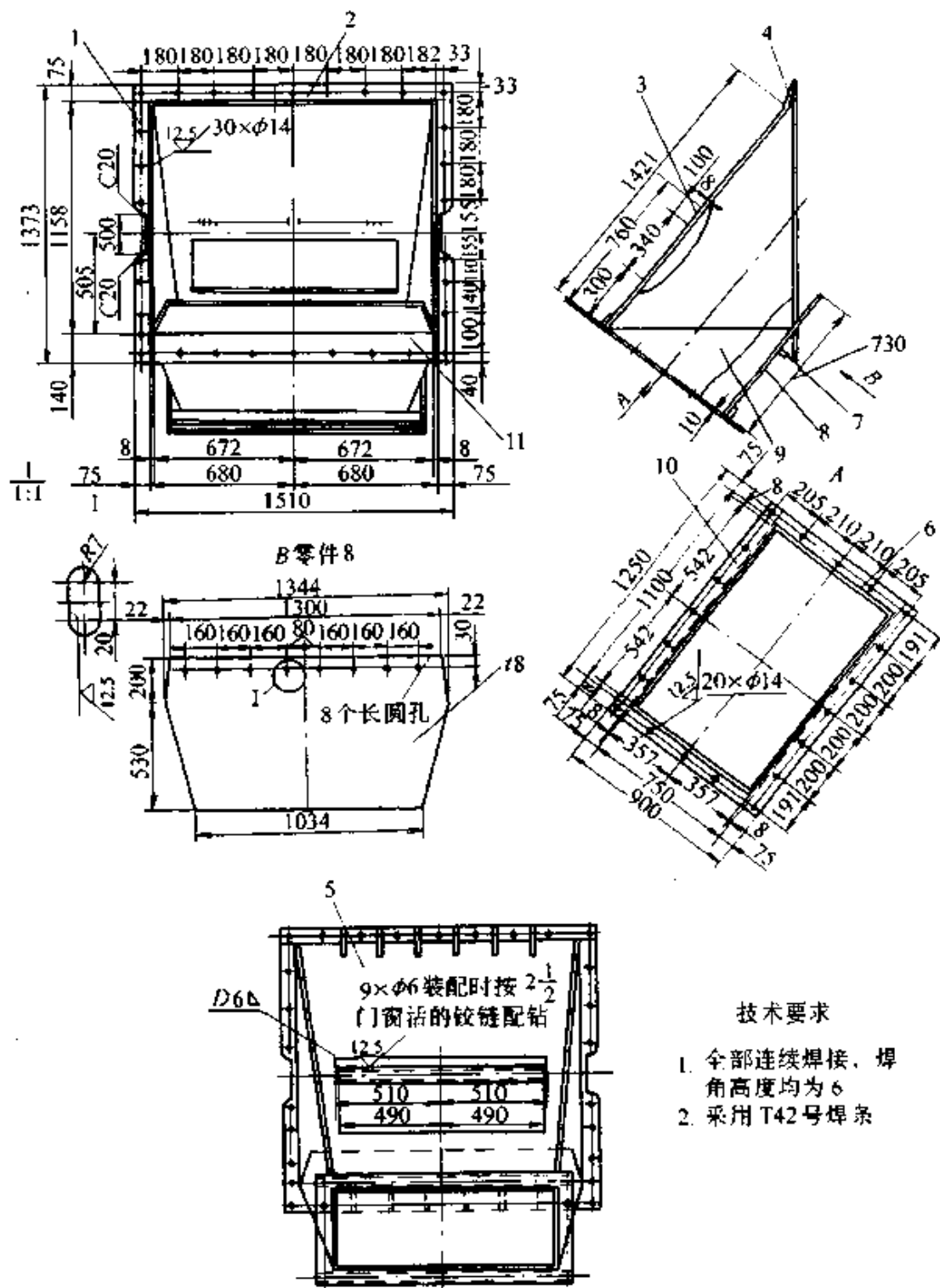


图 2-15 斜漏斗

11		下侧连接板	1510×140	1	钢板 8/Q235AF	9.2	9.2	
10		连接板	$l = 1250$	2	L75×75kg8/Q235AF	9.98	19.98	
9		侧板		2	钢板 8/Q235AF	50.9	101.8	
8		下槽板		1	钢板 8/Q235AF	48.2	48.2	
7		加强肋		6	钢板 8/Q235AF	0.3	1.8	
6		连接板	$l = 750 \times 75$	2	钢板 8/Q235AF	5.2	10.4	
5		上槽板		1	钢板 8/Q235AF	91	91	
4		加强肋		6	钢板 8/Q235AF	0.2	1.2	
3		钢板	1020×100	1	钢板 8/Q235AF	7.6	7.6	
2		上侧连接板	1510×75	1	钢板 8/Q235AF	5.6	5.6	
1		左右侧板	1158×75	2	钢板 8/Q235AF	3.8	7.6	
序号	图号	名称	规格	数量	材料	年	月	备注
设计		部件	斜漏斗			件数	重量	比例
制图		图号						
描图		部件	斜漏斗			共 页	第 页	
校对		名称				日 期		
审核		产品型号						
批准		名称						

图 2-15 斜漏斗 (续)

作图步骤见图 2-17b);
在 AE 的主视图上过 e' 作水平线交 $a'e'$ 于 h' , 在 AE 的俯视图上过 a 作 ae 的垂线, 截取 $Aa = a'h'$, 连 Ae , 则 Ae 为所求实长。

同理, 也可以用 $a'e'$ 为一直角边, 以 a 、 e 两点的宽度坐标差 (af) 为另一直角边, 作出直角三角形 $Aa'e'$, 则 Ae' 也为所求。

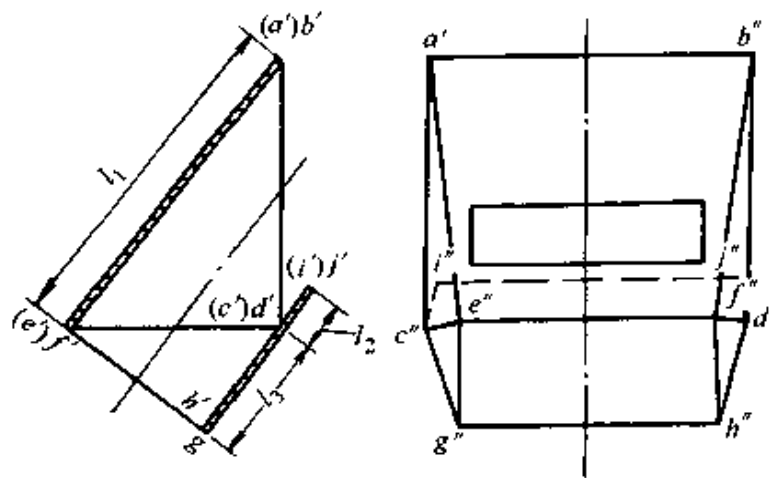


图 2-16 漏斗中间部分实样图

2. 圆管表面的展开

图 2-18 是一节圆管的展开，其展开图是一矩形。展开长 $L = \pi (d + t)$ 或 $L = \pi (D - t)$ ，矩形高 = 圆柱高 H 。

展开图上的 3 条中心线必须画出，在下料时，需将中心线的两端打上三个冲眼（或用白漆做上记号），在安装时，就以展开图中心线为基准组成若干长的管道。

图 2-19 是一个等径三通，由于两管直径相等，所以，它们的交线在主视图上是直线。I 管和 II 管垂直相交，因此，交线部分都按外表面进行放样，而圆管的展开长度按成品管或卷管确定。

求管 I 的展开图实际上就是在圆管表面的展开图上画出交线的问题，其作图步骤如下：

将管 I 圆周分成 12 等分，从等分点引出圆柱表面上的 12 条素线 11、22、33……（见图 2-18 主视图）。

按 $\pi (D - t)$ 将圆周展开，并将圆周分成 12 等分，从各等分点引横线（见管 I 展开图）。

在各等分点上量取各素线的实长。作图时可从主视图交线上 1_1 、 2_1 、 3_1 、……、 7_1 各点引垂线，与展开图中各相应的圆柱表面素线相交，得到一系列交点，圆滑的连接各交点，即为管 I 的展开图。

管 II 的展开图：从主视图管 I 中心线向右延长截取 $O_1 O_2$ 等于圆周展开长 $\pi (D - t)$ ，同样分成 12 等分，并得到管 II 表面的素线。然后

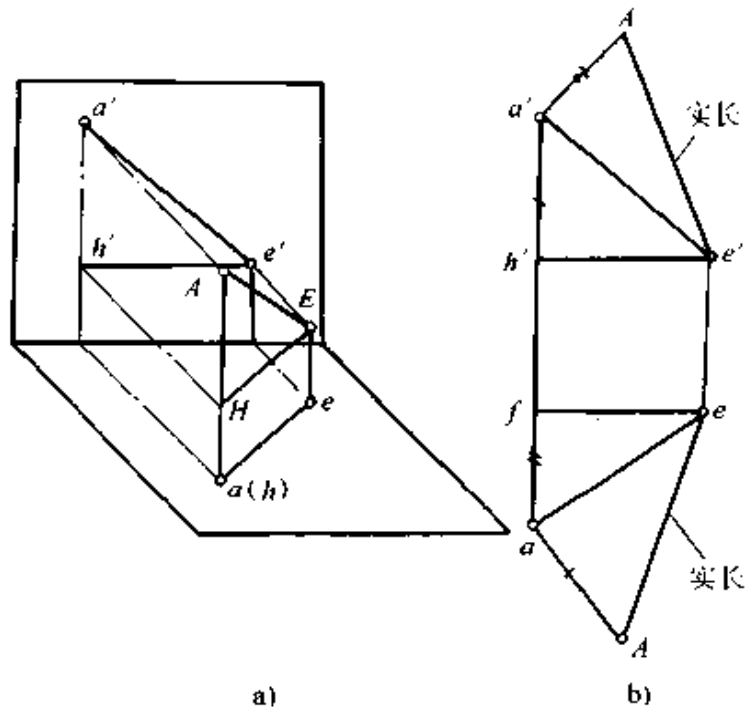


图 2-17 漏斗展开图

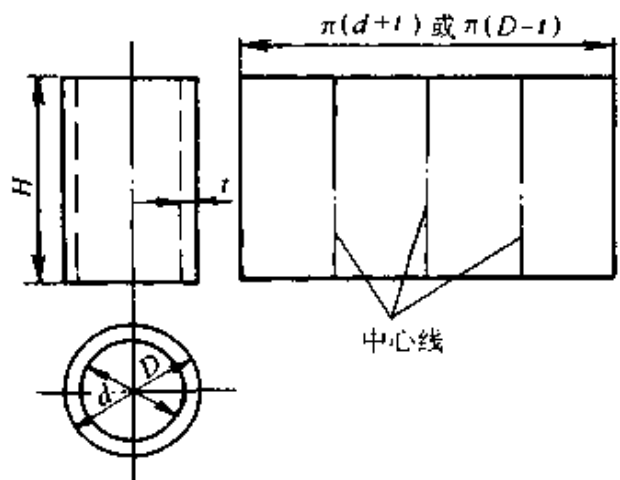


图 2-18 圆管展开

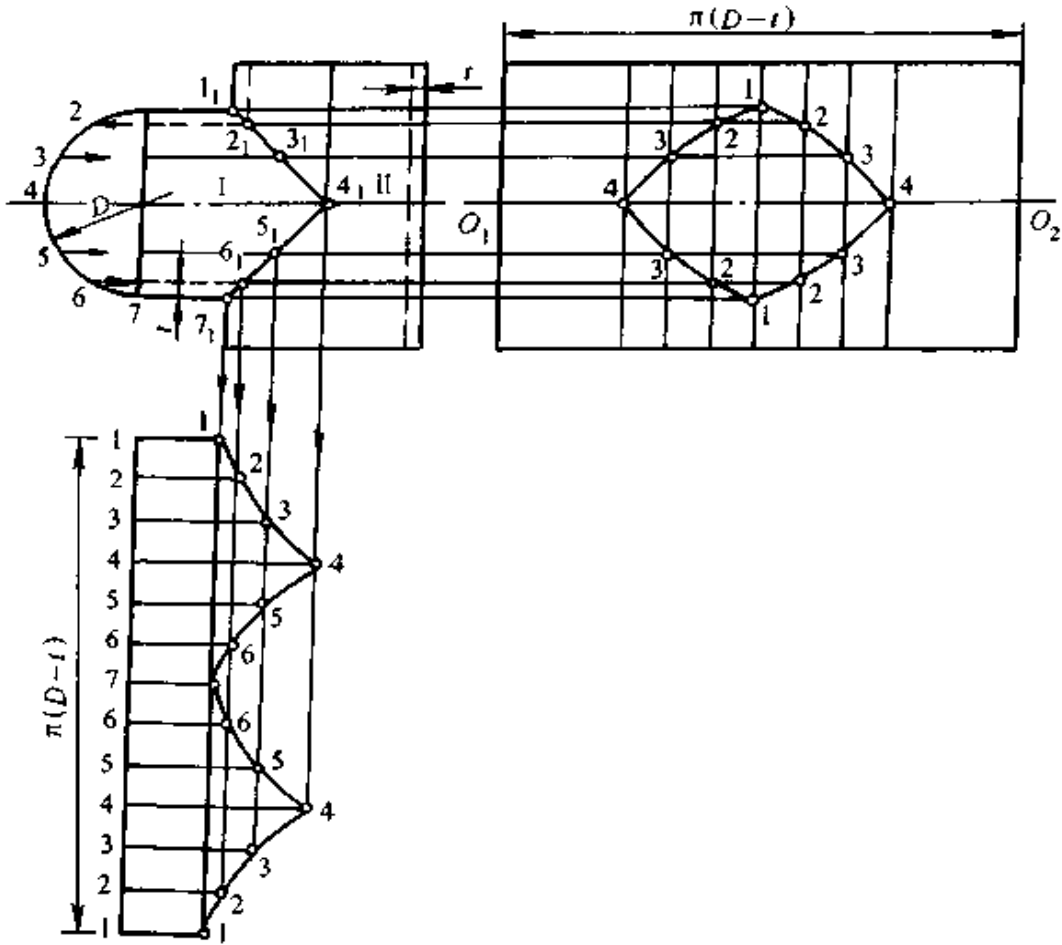


图 2-19 等径三通展开

由主视图交线上各点引水平线与展开图中相应的素线相交，将交点连成曲线，即为管Ⅱ的展开图。

在实际工作中，往往只需作出管Ⅰ的展开图，下料卷制后，套在管Ⅱ上进行画线，根据所画的线，作出管Ⅱ表面的切口。

图 2-20 是管道弯头展开图，其作图步骤已在图上用箭头表明。实际上，只要画出管Ⅱ的展开图即可，管Ⅰ、管Ⅲ展开图上的曲线可用管Ⅱ的样板画出。

图 2-21 是等径 Y 型三通管的展开图。管Ⅲ的半圆管补料，直径与三通管各管径相等，补料两端是两等腰三角形，各管展开图画法如图所示。

3. 球面的展开

气水分离器（见图 2-22）的两封头均为球面封头。因球面是不可展曲面，不能像圆柱、圆锥那样得到正确的展开图，只能用近似的展开法，图 2-23 是一种比较常用的下料方法。

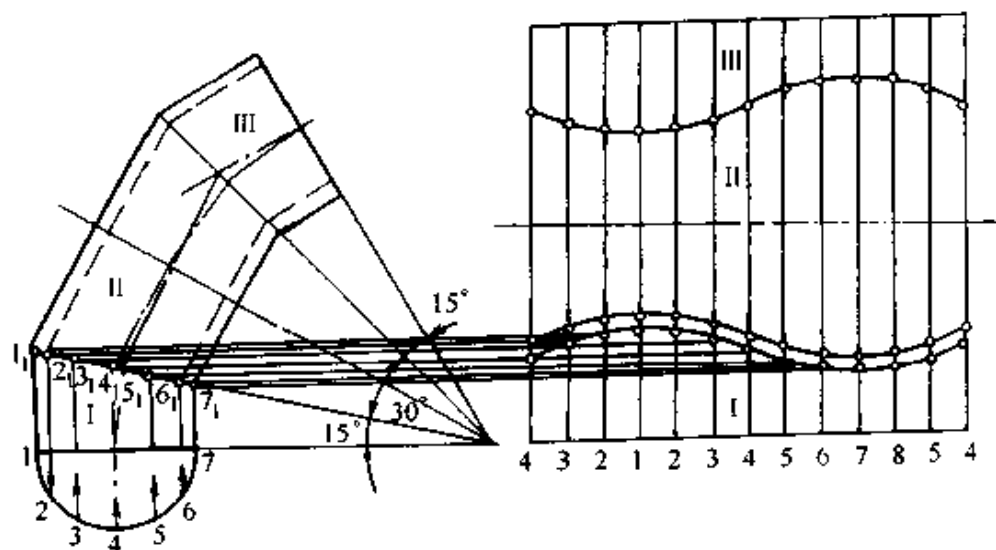


图 2-20 弯头展开图

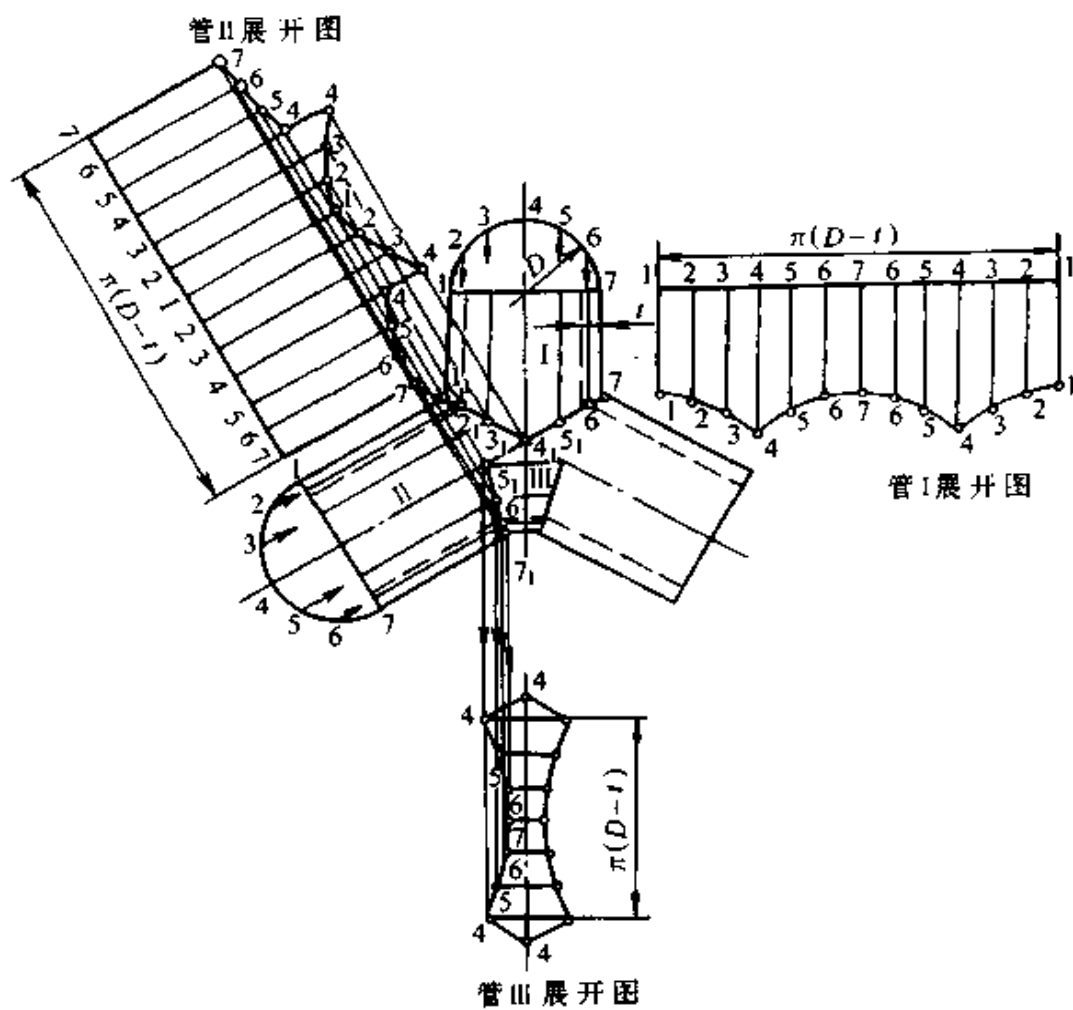
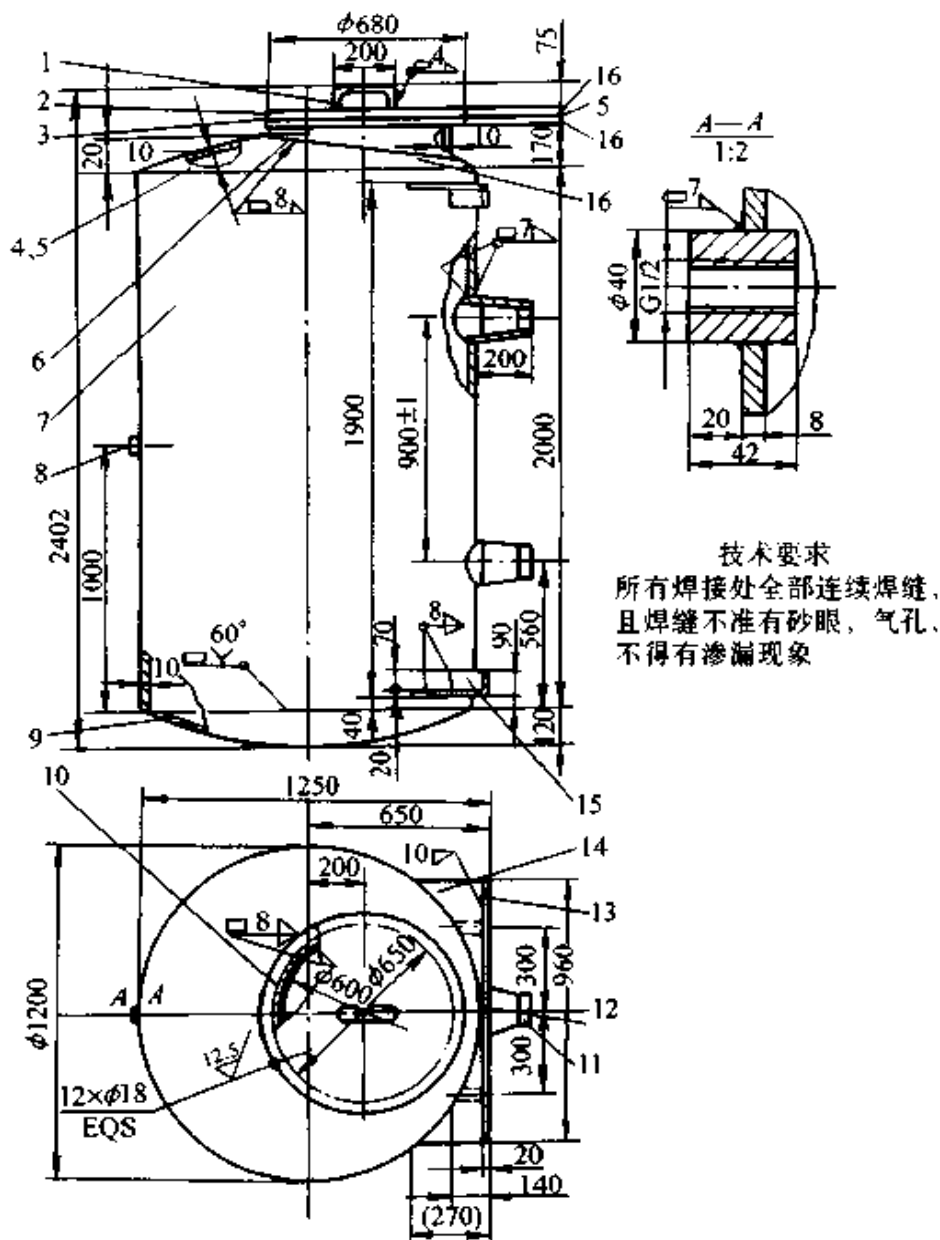


图 2-21 Y形三通展开图



16	端盖	1	钢板 10/Q235AF	8	管丝母	1	圆钢 40/45
15	肋板	4	钢板 20/Q235AF	7	罐体	1	钢板 10/Q235AF
14	托板	2	钢板 20/Q235AF	6	孔框	1	钢板 10/Q235AF
13	底板	2	钢板 20/Q235AF	5	螺母	12	Q235AF
12	肋板	2	钢板 20/Q235AF	4	螺栓	12	Q235AF
11	钢管	2		3	胶垫	1	橡胶板
10	法兰	1	钢板 10/Q235AF	2	孔盖	1	钢板 16/Q235AF
9	端盖		钢板 10/Q235AF	1	把手	1	圆钢 16/Q235AF
序号	名称	数量	材料	序号	名称	数量	材料
				气水分离器			
						比 例	1:20

图 2-22 气水分离器

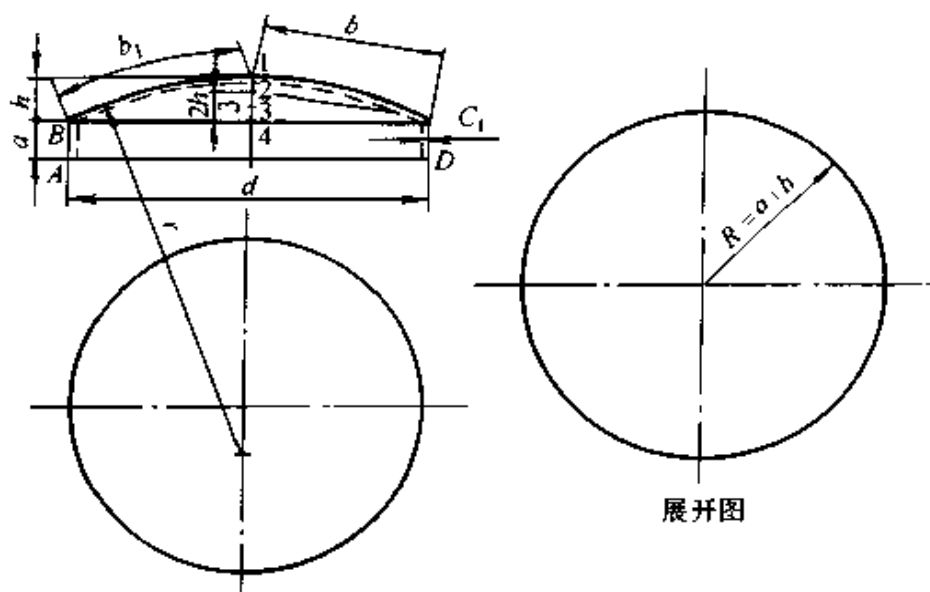


图 2-23 封头常见的下料方法

在实际工作中，如少量生产要作出B-C圆弧的外卡样板以及减去板厚 t 的内卡样板，以便在冲制过程中测量。

在取展开图圆板半径时，一般依据 a 与 h 的关系定出：

当 $a > h$ 时 $R = a + b$

$a < h$ 时 $R = a + b_1$

(b 为弦长， b_1 为弧长)

图 2-24 是气水分离器上端盖的放样图及展开图，它的作图步骤如下：

按所给尺寸画出上端盖的放样图，然后求出圆柱与球面的交线（球面按外表面尺寸，圆柱按内表面尺寸求交线）。

将圆柱（ d ）的圆周分成 12 等分，然后找到主视图上各点 1'、2'、3'……7'。

将圆柱按 $\pi(d+t)$ 展开，并分成 12 等分。

由主视图 1'、2'、3'……7' 各点引水平线与展开图中相应素线相交，连成曲线即得圆柱的展

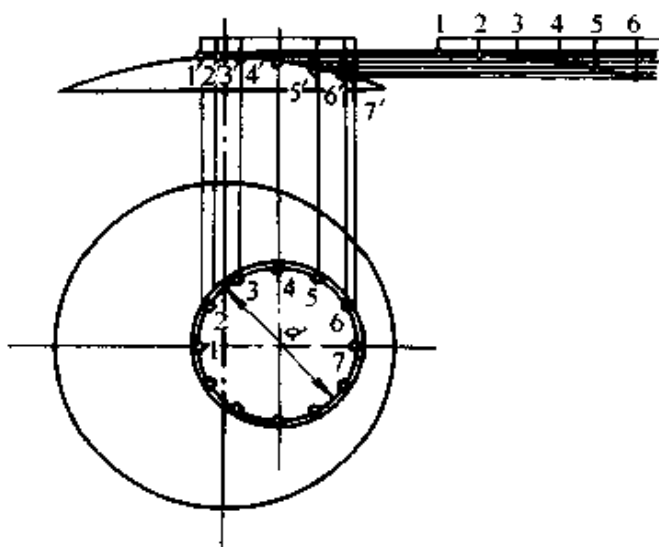


图 2-24 端盖的放样图及展开图
(展开图只绘 1/2，左右对称)

开图。

将圆柱卷制后，按相对位置尺寸装在球上，就可以在球面上画线，然后进行切孔。

4. 变形接头的展开

图 2-25 是一个顶圆底方的变形接头。

为了能很好地画出它的展开图，首先应正确分析变形接头的组成。由图 2-25 可以看出它是由四个等腰三角形和四个锥面组成，这样就可以分别画出它们的展开图，其步骤见图 2-26。

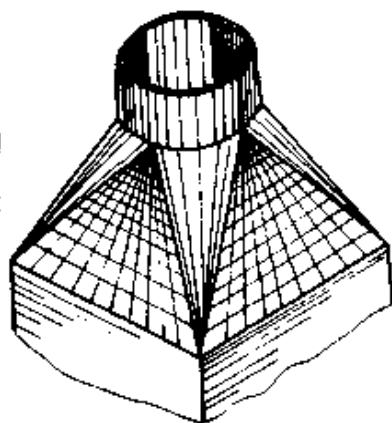


图 2-25 变形接头

按中心层画出实样图，见图 2-26a。

等分圆弧，把每个锥面的底圆分成四等分，并连接各素线 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 及 g_1 、 g_2 、 g_3 、 g_4 。

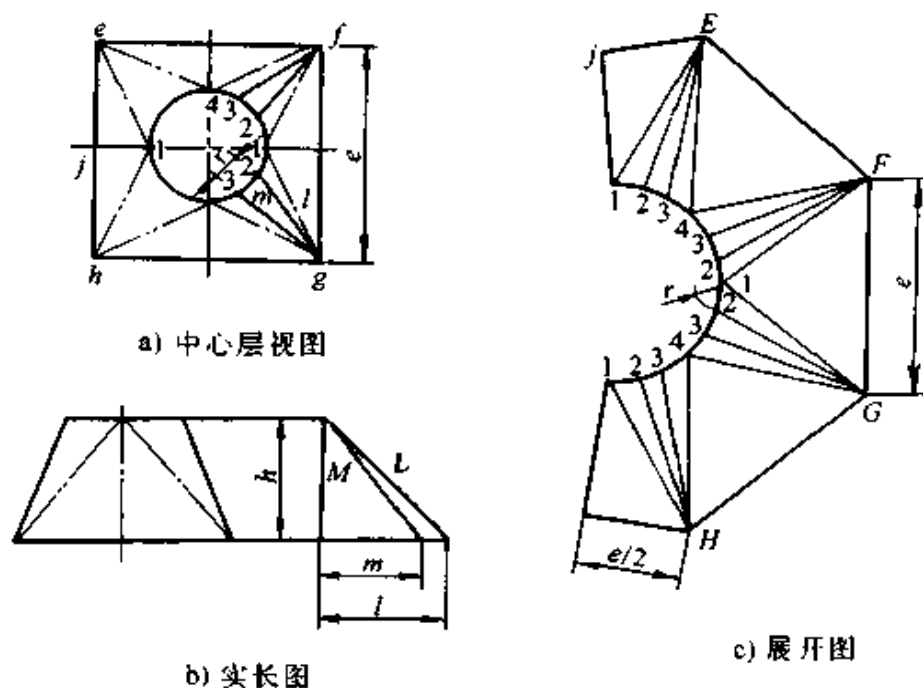


图 2-26 变形接头展开图

求各素线的实长，图中 M 为 $G II$ 、 $G III$ 的实长， L 是 $G I$ 、 $G IV$ 的实长（图 2-26a 与 b）。

从 $J1$ 处开始逐个地画出展开图（见图 2-26c）。

二、焊接图示法

1. 焊接结构图的特点与要求

焊接结构图，其表达特点主要是结构件形状和结构件焊接接头两部分，因此，在图上必须清楚地表示各构件的结构形状、尺寸及结构制作上的要求，焊接接头要清楚的表示连接形式、焊接方法、焊缝尺寸等，并用局部放大图来表示。在技术要求上，要注明构件的材料标准、焊缝质量要求等级及施焊条件等。见图 2-27。

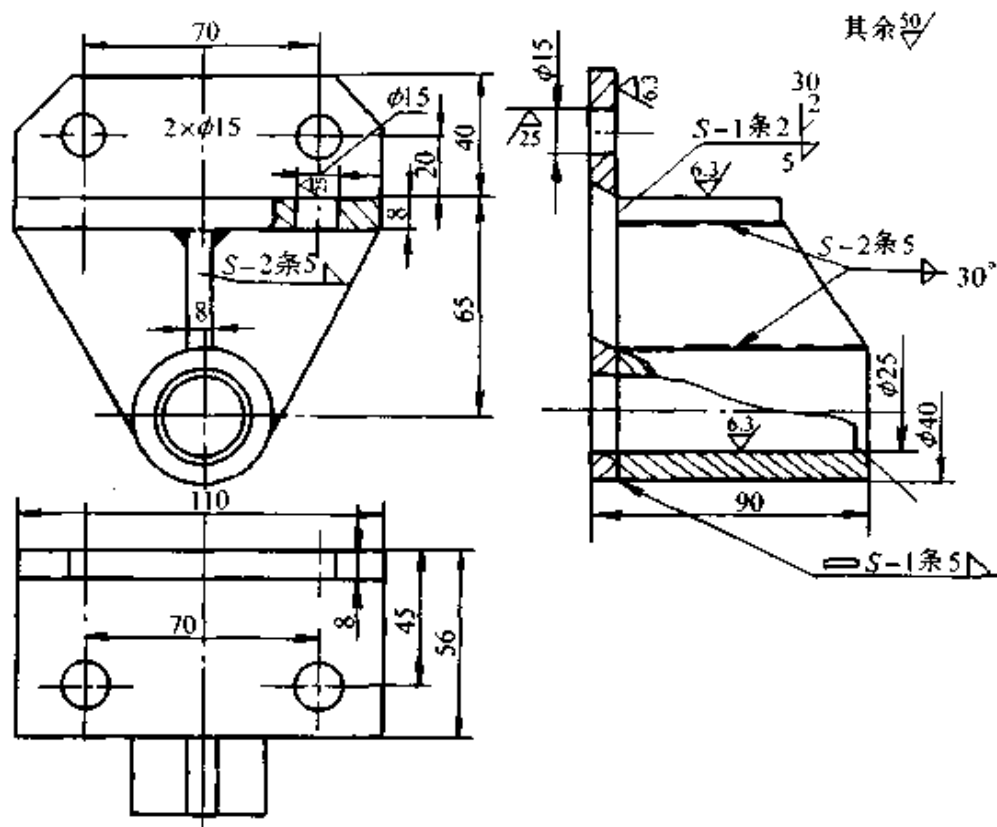


图 2-27 挂架焊接图

2. 焊缝的标注代号及规定画法

焊接结构图的标注代号及规定画法，在国家标准 GB/T 324—88 中已作了规定，现选其中主要部分介绍如下：

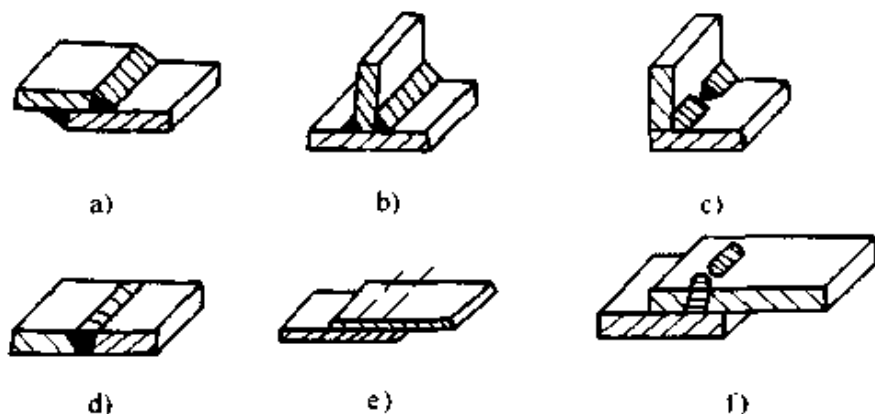


图 2-28 焊接接头和焊缝型式

(1) 焊接结构的接头形式。比较常见的焊接接头和焊缝型式见图 2-28。主要的焊接接头有对接头、丁字型接头、角接头和搭接头等。常用










的焊缝有对接焊缝、角接焊缝和点接焊缝。

(2) 焊缝的规定画法和标注。焊接结构图必须对焊缝进行恰当的标注。焊缝标注应包括焊接方法、焊缝形式、焊缝数量和焊缝尺寸等。焊接方法字母代号见表 2-5, 焊缝形式的图形符号见表 2-6, 焊缝标注示例见表 2-7。

表 2-5 焊接方法及代号

焊接方法	代 号	焊接方法	代 号
手弧焊	S	氩弧焊	A
埋弧自动焊	Z	气 焊	Q
埋弧半自动焊	B	电渣焊	D
CO ₂ 气体保护焊	C	接触焊	J

表 2-6 焊缝形式图形符号

序号	名 称	示 意 图	符 号
1	卷边焊缝 (卷边完全熔化)		∩
2	I 形焊缝		
3	V 形焊缝		∨
4	单边 V 形焊缝		∨
5	带钝边 V 形焊缝		Y
6	带钝边单边 V 形焊缝		Y
7	带钝边 U 形焊缝		U
8	带钝边 J 形焊缝		J
9	封底焊缝		∩

(续)

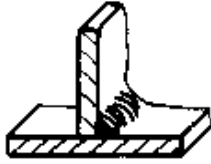

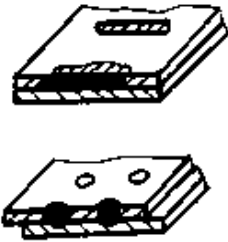

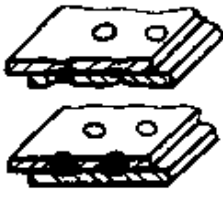

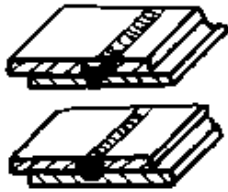

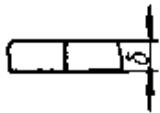


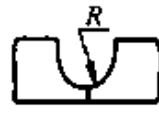

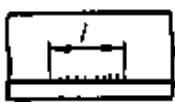

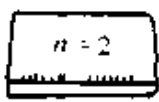
序号	名称	示意图	符号
10	角焊缝		
11	塞焊缝或槽焊缝		
12	点焊缝		
13	缝焊缝		

表 2-7 焊缝标注示例

符号	名称	示意图	符号	名称	示意图
δ	工件厚度		c	焊缝宽度	
α	坡口角度		R	根部半径	
b	根部间隙		l	焊缝长度	
p	钝边		n	焊缝段数	

(续)

符号	名称	示意图	符号	名称	示意图
e	焊缝间距		N	相同焊缝数量符号	
K	焊角尺寸		H	坡口深度	
d	熔核直径		h	余高	
S	焊缝有效厚度		β	坡口面角度	

第五节 零件图与装配图表示方法

一、零件图

1. 零件图的内容

各种机械设备都是由许多零、部件组成的。制造加工这些零、部件是按照零、部件加工图进行的，见图 2-29。完整和正确的加工图应包括以下几部分：

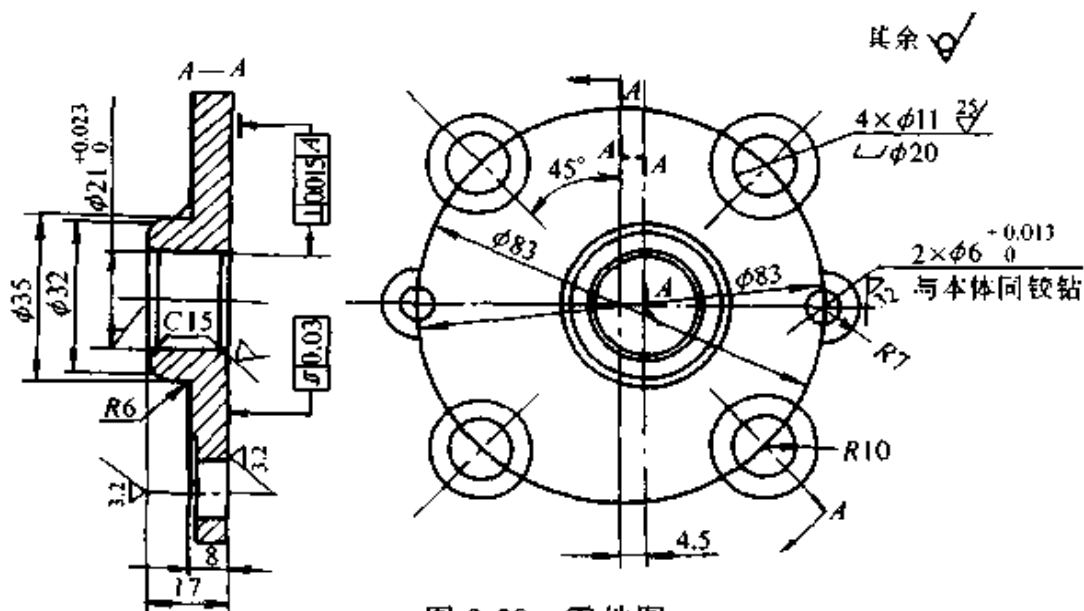


图 2-29 零件图

- (1) 视图表示要齐全、完整、清晰，能全面表述零件的结构形体。
- (2) 要有足够、合理的加工尺寸，以利于制造和检验的完整无缺。
- (3) 有文字或符号表示的技术要求，如公差尺寸、表面粗糙度、热处理等要求。
- (4) 零件图的标题栏内要注明零件名称、数量、材质、比例及设计人员。

2. 典型零件图的画法

(1) 轴类 轴类零件一般指轴、杆、套等部件。这类零件大多数由转动体组成。通常径向尺寸小于轴向尺寸。在视图的表示方面，使轴线处于水平位置，用剖面或局部视图来表示槽和孔的结构形状和尺寸。见图 2-30。

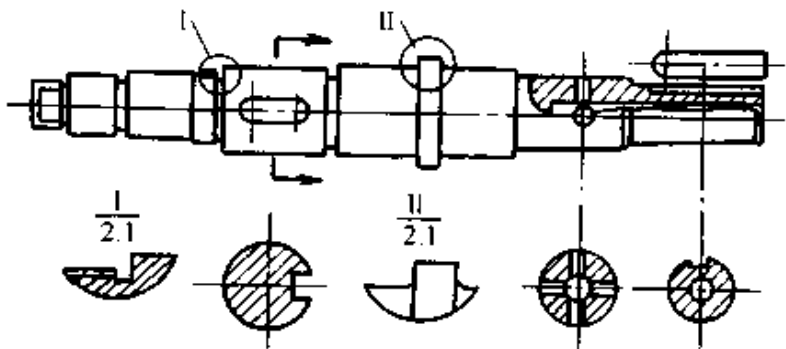


图 2-30 轴类零件视图

(2) 轮盘类 轮盘类是指齿轮、盘、手轮、带轮、飞轮、法兰、盖等部件。这些部件多数为转动体，一般轴向尺寸小于径向尺寸。它们的孔、肋、轮廓均匀的分布在轮缘上。加工视图的表示方法一般采用全剖、旋转剖、局部视图等。见图 2-31。

(3) 支架类 支承设备零件的部件，属支架类。它的结构由本体、支架板和底板组成。这类零件多为铸造而成。它的视图表示方法为剖面，局部视图、斜视图等。见图 2-32。

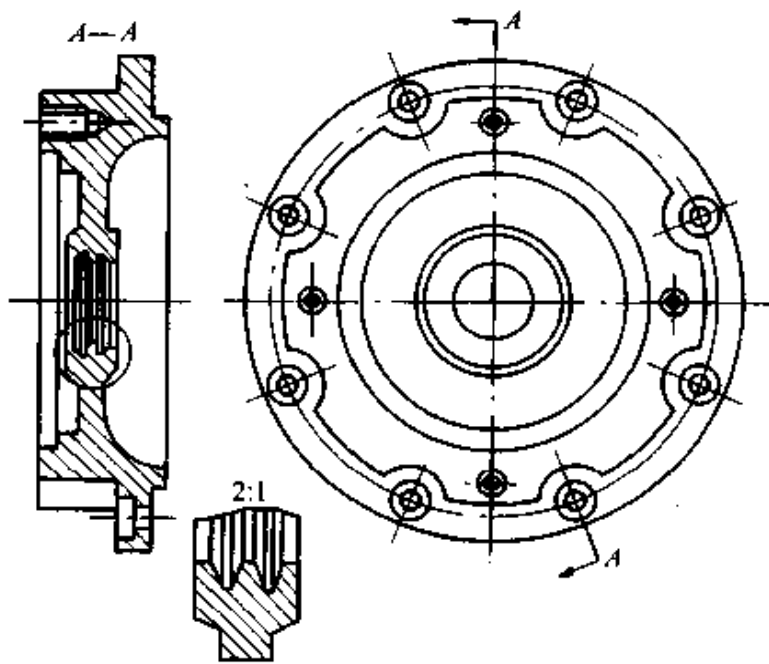


图 2-31 轮盘类零件视图

(4) 箱体类 箱体类有箱体、机体、阀体、泵体、机壳等。这些零件可组成部件或整体。材质多为铸造生产，形体较复杂。视图的表示采用多面视图、

局部剖视、斜视图等。

3. 零件图的识读 见图 2-33。

(1) 从零件图的标题栏中了解其名称、材质和用途。

(2) 看各面视图中，形成零件的结构形状，同时进一步掌握各部相关尺寸。

(3) 了解技术工艺要求、加工标准、质量指标等。

(4) 弄清公差配合和表面粗糙度的基本要求，以满足组装的需要。

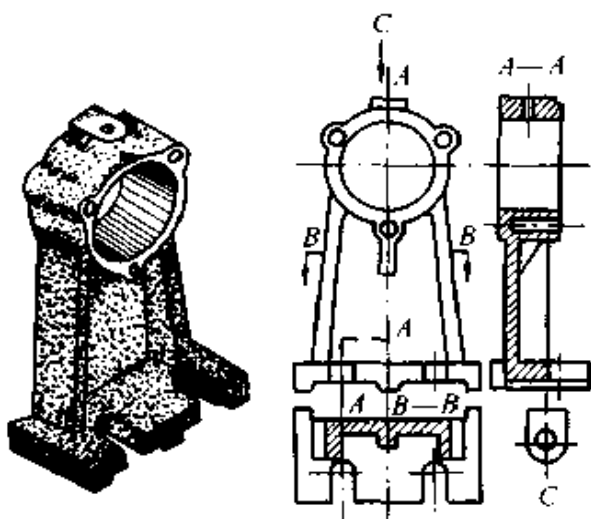


图 2-32 支架类零件视图

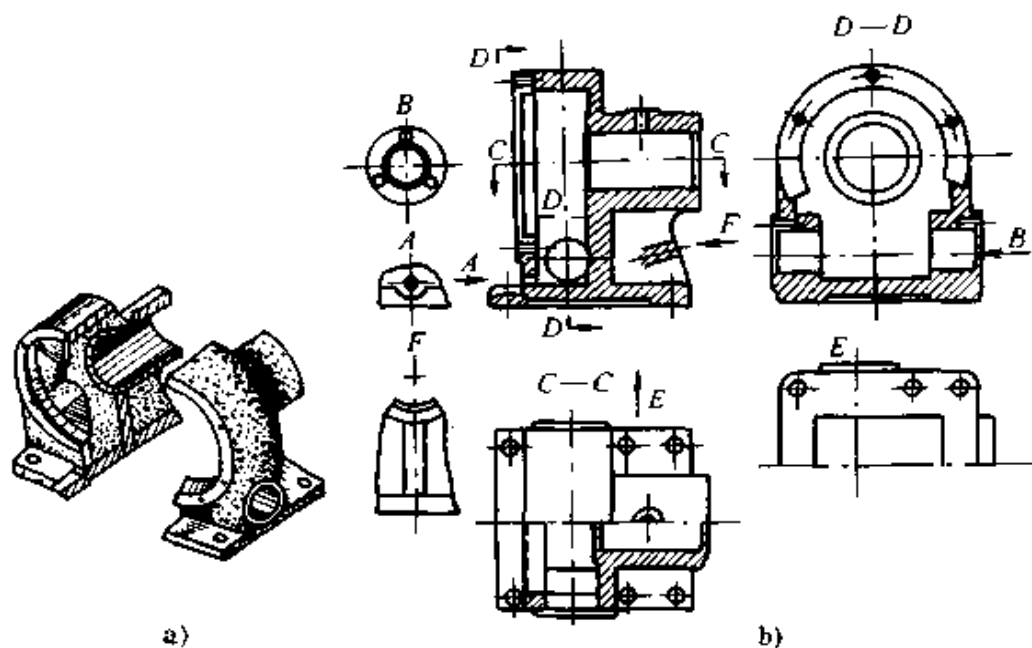


图 2-33 箱体类零件视图

二、装配图

1. 作用与内容

机械设备的零件，按一定的装配关系和技术要求装配起来，表示一个完整的机械设备或部件的视图，称为装配图。

装配图要清楚的表示机械设备或部件的结构形式、装配关系、工作原理及技术要求等。因此，装配图是机械制造过程中的重要技术文件。

装配图尺寸表示与零件图尺寸表示的要求是不同的。零件图要表示

出加工制造的全部尺寸，而装配图只要求表示出部件或机械设备的规格性能尺寸、零件间配合尺寸、部件安装尺寸及外形尺寸等。见图 2-34。

装配图在技术要求上要反映出装配、安装检验、调整、试运转等各个阶段中的标准和规定。装配图中的全部零件，在标题栏内要按顺序编号排列，并注明名称、规格、材料、数量以及标准代号。还要注明部件或机械设备名称、图号、比例、责任者签字等。

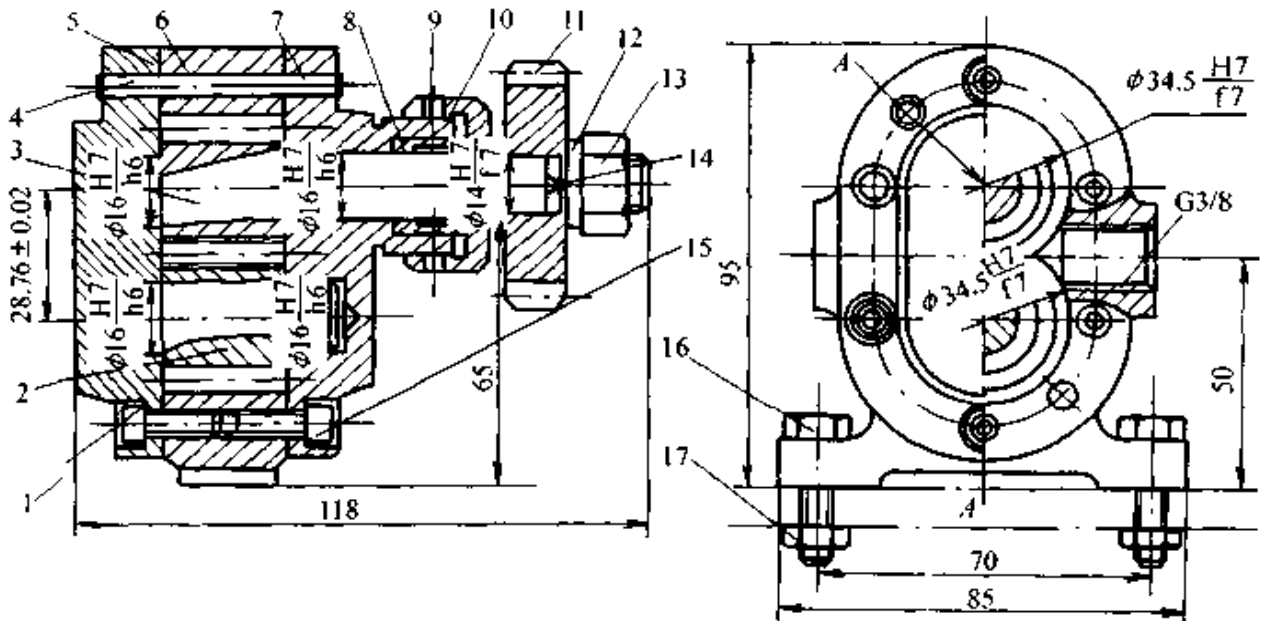


图 2-34 齿轮油泵装配图

- 1、2、3—轴 4—圆柱销 5—垫片 6—泵体 7—端盖
 8—密封圈 9—轴套 10—压紧螺母 11—齿轮 12—垫圈
 13—螺母 14—键 15—六角螺钉 16—螺钉 17—螺母

2. 识读装配图的方法和步骤

(1) 从装配图标题栏和技术说明中了解机械设备部件的名称、性能、外形尺寸、标准件或非标准件以及其结构情况。同时结合视图和简单工作原理对设备和部件有一个大体的了解。

(2) 在概括了解的基础上，结合装配图上各视图间关系和其表示的内容，找出主要零件的视图轮廓，剖视、剖切位置，判断形体结构，进一步找出零件间相互关系和作用，为全面掌握装配部件工作奠定基础。

(3) 进一步熟悉工作原理和装配关系，先从部件的传动入手，了解设备和部件的装配关系和运动情况。再从零件的装配关系中搞清相互间配合性质和连接定位方式，以及润滑、密封等结构形式。

(4) 分析主要零件的形体结构、位置和作用以及与其他零件间的关系，逐步分析出各零件的结构和形状，以满足装配工作的顺利进行。

第六节 安装专业施工图

一个建筑物的建设是由建筑施工图和安装施工图两部分组成的。前者表示建筑物的内部布置情况、外部形状以及装修等要求。安装施工图主要有工艺设备、采暖通风、燃气、给排水、电气、工业管道等。这部分施工图包括基本图和详图、标准图等。它是安装施工的主要依据。下面是几种安装施工图包括的内容：

一、机械设备安装施工图

这种施工图的内容主要表示设备的平面位置与建筑图墙体、柱间的位置关系，同时还表示基础位置，标高以及相邻设备间的位置尺寸等。施工图主要有平面图、断面图、大样图以及埋设件的加工安装图等。在平面图上还注有安装技术要求和安装要点及注意问题等。

二、电气安装施工图

电气安装施工图一般有平面图、接线原理图及安装技术说明。系统接线原理图包括系统图、二次回路原理图及安装线路图等。电气安装平面图可分为照明、动力、防雷和变电所平面图等，此外还配有大样图和标准图，以满足施工的要求。

三、采暖工程施工图

这种施工图有室内和室外两部分。施工图有平面图、断面图、轴测图、大样图和标准图。图示中主要表示管线的位置、标高、坡度和管材的规格，阀门和部件的位置，进、出口方向等。施工图中还包括安装技术要求、施工方法和质量标准。

四、通风工程施工图

通风工程施工图主要有施工平面图、断面图、轴测图、大样图及标准图等。平断面图表示出设备、管道的位置、标高和尺寸，同时还注明了各种阀和风口的方向和距离。轴测图可说明管道在空间的转向和交错布置情况。同样在施工图中也提出了主要施工安装技术要求、施工要点以及检验标准等。

第七节 公差与配合、表面粗糙度的基础知识

一、公差与配合的基本概念

在零件制造过程中，尽管是同一个工人，同一部机床，使用同一个刀具和同一种量具，同样的材料，制造同一尺寸的零件，当仔细检查它们的尺寸，结果还是彼此不同，每个零件都与原定尺寸有出入。如果按照尺寸制造绝对准确的零件，不但极为困难，而且也没有必要。因此，在原定尺寸上附加一个规定的允许变动范围，即称为公差。概括的说，公差就是零件在加工中允许尺寸变动的数值。

配合是表示基本尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。配合是反映零件之间的关系，也是为保证两零件在工作时协调动作，满足使用上的要求。对于相互结合的零件，结合部的基本尺寸是相同的，否则是不能称作配合的。

二、术语和定义

1. 基本尺寸

它是设计给定的尺寸。其中包括直径、长度、高度、宽度、厚度和中心距等。

2. 实际尺寸

测量得出的尺寸，由于测量误差，实际尺寸并非尺寸的真值。

3. 极限尺寸

它表明两个尺寸变化的界限值，以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的为最大极限尺寸，较小的为最小极限尺寸，见图 2-35。

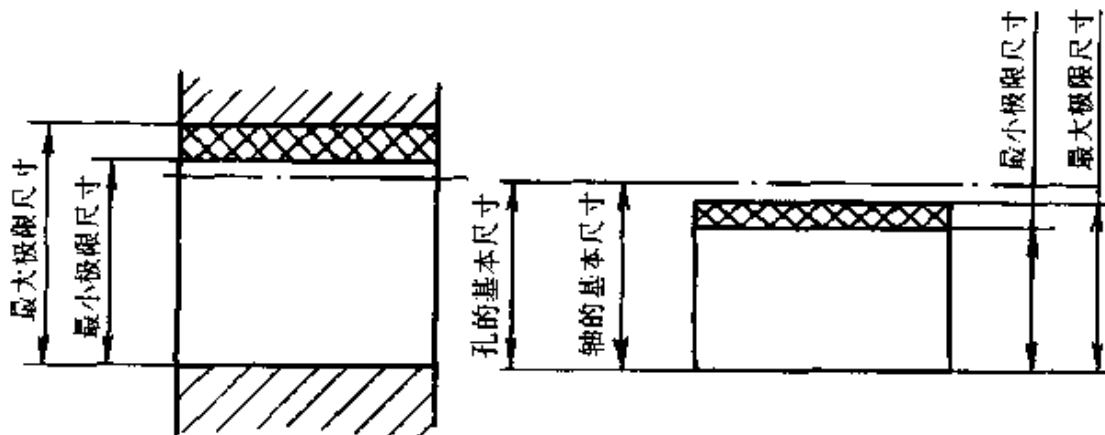


图 2-35 孔和轴的极限尺寸

零件在加工中，实际尺寸要在最大极限尺寸和最小极限尺寸的范围
内，这才是合格产品。

4. 尺寸偏差

基本尺寸和实际尺寸两者之差为尺寸偏差。最大极限尺寸减去基本
尺寸构成上偏差，最小极限尺寸减去基本尺寸形成下偏差。上、下偏差
均为极限偏差。实际尺寸减去基本尺寸称为实际偏差。见图 2-36，偏
差有正、负和零值。

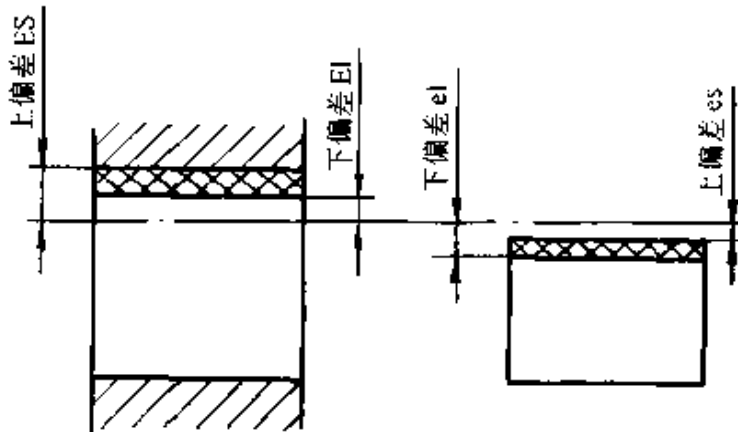


图 2-36 轴与孔的上、下偏差

5. 尺寸公差

它是允许尺寸的变动量，又称为公
差。实际上公差即是最大极限与最小极
限尺寸之差值，也可成为上、下偏差的
绝对值。

6. 公差带和零线

公差带是在公差与配合图样中，由代
表上、下偏差的两条直线所限定的区域。

零线是在公差与配合图解中，确定
偏差的一条基准直线，即零偏差线，一般零线表示基本尺寸。见图 2-37。

三、标准公差和基本偏差

1. 标准公差

它是确定基本尺寸公差带大小的范围，代号为 IT，共分为 20 个等
级，即 IT01、IT2……IT18 等。IT 表示标准公差，后面数字表示等级。
从前向后等级逐步降低。它的数值，见表 2-8，表内公差值单位为微米
(μm)，可查出基本尺寸在不同等级时的标准公差值。

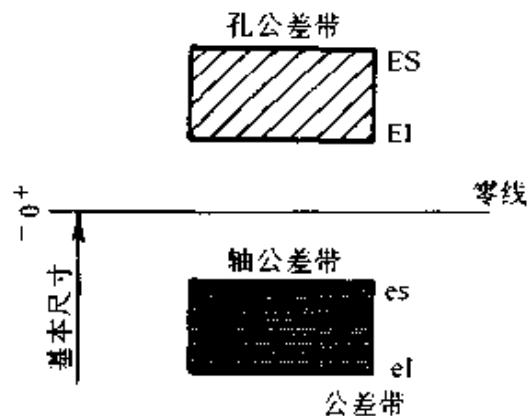


图 2-37 公差带

表 2-8 标准公差数值

基本尺寸 (mm)		公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于		μm																			
至		mm																			
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	33	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	16	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.0	6.3	9.7
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0
2500	3150	13	18	26	33	50	69	93	135	210	330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.6	13.5	21.0	33.0

注：基本尺寸小于1mm时，无IT14至IT18。

2. 基本偏差

它主要是确定公差带相对于零线位置的上、下偏差，见图 2-38。规定基本偏差主要是使公差带标准化，与其等级无关。基本偏差可能是上偏差或下偏差。轴的基本偏差数值，见表 2-9；孔的数值，见表 2-10。

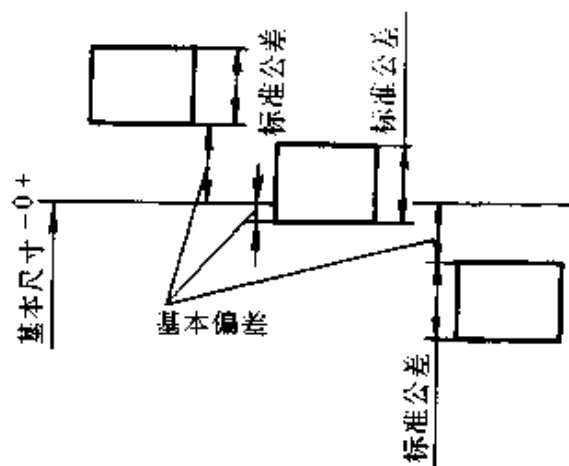


图 2-38 基本偏差示意图

表 2-9 尺寸至 500mm 轴的基本偏差数值

基本尺寸 (mm)	基本偏差 (μm)																
	上偏差 es											下偏差 ei					
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k	
	所有公差等级											5,6	7	8	4~7	>7	
≤ 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-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	偏	-3	-6	-	+1	0
>14~18	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-	+1	0
>18~24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-4	-8	-	+2	0
>24~30	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0	差	-5	-10	-	+2	0
>30~40	-320	-180	-130	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
>40~50	-320	-180	-130	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
>50~65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-	+2	0
>65~80	-360	-200	-150	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-	+2	0
>30~100	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	等	-9	-15	-	+3	0
>100~120	-410	-240	-180	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-9	-15	-	+3	0
>120~140	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-11	-18	-	+3	0
>140~160	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-11	-18	-	+3	0
>160~180	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	于	-13	-21	-	+4	0
>180~200	-660	-340	-240	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
>200~225	-740	-330	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
>225~250	-820	-420	-280	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	±	-16	-26	-	+4	0
>250~280	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	以	-16	-26	-	+4	0
>280~315	-1050	-540	-330	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	2	-18	-28	-	+4	0
>315~355	-1200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0		-18	-28	-	+4	0
>355~400	-1350	-680	-400	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0		-20	-32	-	+5	0
>400~450	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0		-20	-32	-	+5	0
>450~500	-1650	-840	-480	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0		-20	-32	-	+5	0

(续)

基本尺寸 (mm)	基本偏差 (μm)													
	下偏差 e_i													
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
所有公差等级														
≥ 3	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
>3-6	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
>6-10	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
>10-14	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
>14-18	+8	+15	+22	+28	+35	-	+39	+45	-	+60	+77	+108	+150	
>18-24	+9	+17	+26	+34	+43	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+126	+188
>24-30	+10	+18	+27	+36	+45	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
>30-40	+11	+20	+30	+40	+50	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
>40-50	+12	+22	+33	+44	+55	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
>50-65	+13	+25	+37	+49	+61	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
>65-80	+14	+28	+41	+54	+68	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
>80-100	+15	+31	+45	+60	+75	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
>100-120	+16	+35	+50	+66	+82	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
>120-140	+17	+40	+56	+73	+91	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
>140-160	+18	+45	+62	+80	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
>160-180	+19	+50	+68	+88	+108	+145	+210	+252	+310	+380	+460	+600	+780	+1000
>180-200	+20	+55	+73	+94	+116	+156	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
>200-225	+21	+60	+79	+101	+124	+166	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
>225-250	+22	+65	+85	+108	+132	+176	+284	+340	+425	+520	+640	+825	+1050	+1360
>250-280	+23	+70	+91	+116	+145	+188	+316	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
>280-315	+24	+75	+97	+124	+154	+200	+350	+425	+525	+650	+800	+1000	+1300	+1700
>315-355	+25	+80	+103	+133	+164	+214	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
>355-400	+26	+85	+110	+141	+173	+229	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
>400-450	+27	+90	+117	+147	+181	+245	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
>450-500	+28	+95	+124	+154	+190	+262	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

注：1. 基本尺寸小于1mm时，各级a和b均不采用；

2. js 的数值：对IT7至IT11，若IT的数值(μm)为奇数，则取 $js = \pm \frac{IT-1}{2}$ 。

表 2-10 尺寸至 500mm 孔的基本偏差数值

基本尺寸 (mm)	基本偏差 (μm)																					
	下 偏 差						上 偏 差															
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	J	K	M							
	所有的公差等级																					
≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0		+2	+4	+6	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8		
$> 3 \sim 6$	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	$-1+\Delta$	$-1+\Delta$	$-1+\Delta$	$-4+\Delta$	-4	-4	
$> 6 \sim 10$	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	$-1+\Delta$	$-1+\Delta$	$-1+\Delta$	$-6+\Delta$	-6	-6	
$> 10 \sim 14$																						
$> 14 \sim 18$	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0		+6	+10	+15	$-1+\Delta$	$-1+\Delta$	$-1+\Delta$	$-7+\Delta$	-7	-7	
$> 18 \sim 24$																						
$> 24 \sim 30$	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0		+8	+12	+20	$-2+\Delta$	$-2+\Delta$	$-2+\Delta$	$-8+\Delta$	-8	-8	
$> 30 \sim 40$	+310	+170	+120																			
$> 40 \sim 50$	+320	+180	+130	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0		+10	+14	+24	$-2+\Delta$	$-2+\Delta$	$-2+\Delta$	$-9+\Delta$	-9	-9	
$> 50 \sim 65$	+340	+190	+140																			
$> 65 \sim 80$	+360	+200	+150	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0		+13	+18	+28	$-2+\Delta$	$-2+\Delta$	$-2+\Delta$	$-11+\Delta$	-11	-11	
$> 80 \sim 100$	+380	+220	+170																			
$> 100 \sim 120$	+410	+240	+180	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0		+16	+22	+34	$-3+\Delta$	$-3+\Delta$	$-3+\Delta$	$-13+\Delta$	-13	-13	

偏差等于 $\frac{IT}{2}$

(续)

基本尺寸 (mm)		基本偏差 (μm)															
		下偏差						上偏差									
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	J	K	M	
所有的公差等级																	
>120~140	+460	+260	+200										6	7	8	≤8	>8
>140~160	+520	+280	+210	-	+145	+80	-	+43	-	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	-
>160~180	+580	+310	+230										+22	+30	+47	-4+Δ	-
>180~200	+660	+340	+240										+25	+36	+55	-4+Δ	-
>200~225	+740	+380	+260	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-
>225~250	+820	+420	+280										+33	+43	+66	-5+Δ	-
>250~280	+920	+480	+300										偏差等于 $\pm \frac{IT}{2}$				
>280~315	+1050	+540	+330	-	+100	+110	-	+53	-	+17	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-
>315~355	+1200	+600	+360										+29	+39	+60	-4+Δ	-
>355~400	+1350	+680	+400	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-
>400~450	+1500	+760	+440										+29	+39	+60	-4+Δ	-
>450~500	+1650	+840	+480	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0		+33	+43	+66	-5+Δ	-

(续)

基本尺寸 (mm)		基本偏差 (μm)																Δ (μm)							
		上偏差 ES																							
		N	P~ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	>7			$\Delta=0$						
≤ 3	≤ 8	≤ 7	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	3	4	5	6	7	8					
$>3 \sim 6$	$-8 + \Delta$	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6						
$>6 \sim 10$	$-10 + \Delta$	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7						
$>10 \sim 14$	$-12 + \Delta$	-18	-23	-28	-	-36	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9						
$>14 \sim 18$																									
$>15 \sim 24$	$-15 + \Delta$	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	63	-73	-98	-136	-188												
$>24 \sim 30$															1.5	2	3	4	8	12					
$>30 \sim 40$	$-17 + \Delta$	-26	-34	-43	-	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-146	-200	-274											
$>40 \sim 50$															1.5	3	4	5	9	14					
$>50 \sim 65$	$-20 + \Delta$	-32	-41	-50	-	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405											
$>65 \sim 80$															2	3	5	6	11	16					
$>80 \sim 100$	$-23 + \Delta$	-37	-51	-71	-	-91	-124	-146	-170	-214	-268	-385	-445	-585											
$>100 \sim 120$															2	4	5	7	13	13					
$>120 \sim 140$																									
$>140 \sim 160$	$-27 + \Delta$	-43	-65	-100	-	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900											
$>160 \sim 180$															3	4	6	7	15	23					

在 >7 级的相应数值上加一个 Δ 值

(续)

基本尺寸 (mm)		基本偏差 (μm)																								
		上偏差 ES															Δ (μm)									
		N	P~ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC											
≤ 8	> 8	≤ 7	> 7															3	4	5	6	7	8			
$> 180 \sim 200$		在	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150													
$> 200 \sim 225$	$-31 + \Delta$	> 7	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250													
$> 225 \sim 250$		的	-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350													
$> 250 \sim 280$		相	-94	-158	-218	-315	-385	-470	-580	-710	-920	-1100	-1550													
$> 280 \sim 315$	$-34 + \Delta$	应	-98	-170	-240	-360	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700													
$> 315 \sim 355$		数	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1140	-1500	-1900													
$> 355 \sim 400$	$-37 + \Delta$	值	-114	-208	-294	-436	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100													
$> 402 \sim 450$		上	-126	-232	-380	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2450													
$> 450 \sim 500$	$-40 + \Delta$	加	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600													
		一																								
		个																								
		Δ																								
		值																								

注：1. 基本尺寸小于1mm时，各级的A和B及大于8级的N均不采用；

2. 特殊情况：M6，当尺寸大于250~315时，ES=-9（不等于H）；

3. J_s 的数值：对IT7至IT11，若IT的数值（ μm ）为奇数，则取 $J_s = \frac{IT}{2}$ 。

基本偏差代号和系列：

轴、孔基本偏差代号有 28 个，用拉丁字母表示，大写表示孔，小写表示轴。孔的代号为 A、B、C、CD、D、E、EF、F、FG、G、H、Js、J、K、M、N、P、R、S、T、U、V、X、Y、Z、ZA、ZB、ZC 等。轴的代号为 a、b、cd、d、e、ef、f、fg、g、h、js、k、m、n、p、n、s、u、v、x、y、z、za、zb 等。它们的公差带相对于零线位置，见图 2-39。

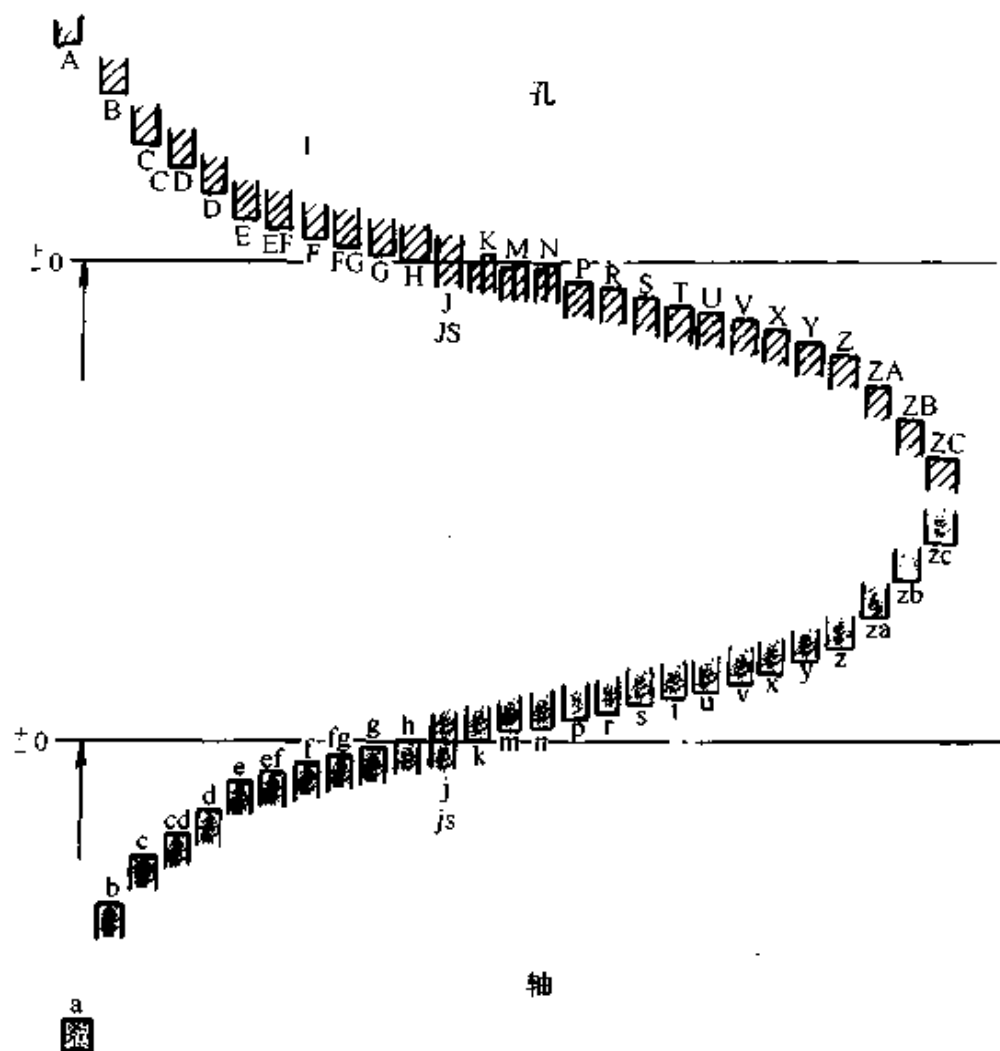


图 2-39 基本偏差系列

3. 公差带代号的表示方法

零件某一尺寸的公差带要标注在图样上，在基本尺寸后面用代号表示，其代号由标准公差与基本公差等级代号组成。用大、小字母表示，见图 2-40。

公差带值的选定：在零件加工图上公差带上、下偏差表示，如

$\phi 40f6$ 的标注方法，就要用查表来选定上、下偏差。

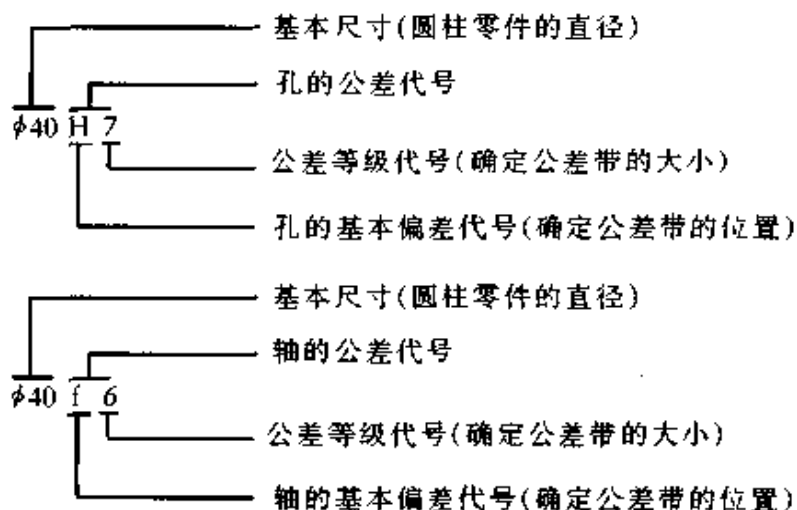


图 2-40

直接查表法：通过查表确定轴（孔）的极限偏差。基本偏差代号为小写字母，应查轴的极限偏差，见表 2-11。如基本偏差代号为大写字母时，应查孔的极限偏差，见表 2-12。

查表的方法：先在轴（孔）的极限偏差中，找出相应的基本偏差代号，再在其下面按已知标准公差等级沿直行向下查，当与基本尺寸的尺寸段对应时，即为选定的上、下偏差值。

间接查表法：在上面表 2-11、和表 2-12 中，对应于基本偏差代号不是公差等级，因此，对于某些公差等级，从表中不易选定，这要用间接查表法，确定极限偏差。

间接法是用标准公差（表 2-8）和基本公差（表 2-9、表 2-10），按尺寸公差给出的关系式求出轴（孔）的极限偏差的方法。具体作法是看基本偏差代号是大写或小写，选定轴（孔）的基本偏差（表 2-9 和表 2-10），再将确定的基本偏差值作为公差带的极限偏差，再按公差等级表（2-8）查出的值，用极限公差与公差间的关系式，计算选定另一个极限公差。极限公差与公差间的关系，见图 2-37，因此得出：

$$\text{对于轴 } e_i = e_s - IT$$

$$e_s = e_i + IT$$

$$\text{对于孔 } E_I = E_S - IT$$

$$E_S = E_I + IT$$

表 2-11 尺寸至 500mm 轴的极限偏差

基本尺寸 /mm		公差带														
		d					e					f				
大于	至	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9
—	3	-20	-20	-20	-20	-20	-14	-14	-14	-14	-14	-6	-6	-6	-6	-6
		-30	-34	-45	-60	-80	-20	-24	-23	-39	-54	-10	-12	-16	-20	-31
3	6	-30	-30	-30	-30	-30	-20	-20	-20	-20	-20	-10	-10	-10	-10	-10
		-42	-48	-60	-78	-105	-28	-32	-38	-50	-63	-15	-18	-22	-28	-40
6	10	-40	-40	-40	-40	-40	-25	-25	-25	-25	-25	-13	-13	-13	-13	-13
		-55	-62	-76	-98	-130	-34	-40	-47	-61	-83	-19	-22	-28	-35	-49
10	14	-50	-50	-50	-50	-50	-32	-32	-32	-25	-32	-16	-16	-16	-16	-16
14	18	-68	-77	-93	-120	-160	-43	-50	-59	-61	-102	-24	-27	-34	-43	-59
18	24	-65	-65	-65	-65	-65	-40	-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-20	-20
24	39	-86	-98	-117	-149	-195	-53	-61	-73	-92	-124	-29	-33	-41	-53	-72
30	40	-80	-80	-80	-80	-80	-50	-50	-50	-50	-50	-25	-25	-25	-25	-25
40	50	-105	-119	-142	-180	-240	-66	-75	-89	-112	-150	-36	-41	-50	-64	-87
50	65	-100	-100	-100	-100	-100	-60	-60	-60	-60	-60	-30	-30	-30	-30	-30
65	80	-130	-146	-174	-220	-290	-79	-90	-106	-134	-180	-43	-49	-60	-76	-104
80	100	-120	-120	-120	-120	-120	-72	-72	-72	-72	-72	-36	-36	-36	-36	-36
100	120	-155	-174	-207	-260	-340	-94	-107	-126	-159	-212	-51	-58	-71	-90	-123
120	140	-145	-145	-145	-145	-145	-85	-85	-85	-85	-85	-43	-43	-43	-43	-43
140	160	-185	-208	-245	-305	-395	-110	-126	-148	-185	-245	-61	-68	-83	-106	-143
160	180	-170	-170	-170	-170	-170	-100	-100	-100	-100	-100	-50	-50	-50	-50	-50
180	200	-170	-170	-170	-170	-170	-100	-100	-100	-100	-100	-50	-50	-50	-50	-50
200	225	-216	-242	-285	-355	-460	-129	-146	-172	-215	-285	-70	-79	-96	-112	-155
225	250	-190	-190	-190	-190	-190	-110	-110	-110	-110	-110	-56	-56	-56	-56	-56
250	280	-190	-190	-190	-190	-190	-110	-110	-110	-110	-110	-56	-56	-56	-56	-56
280	315	-242	-271	-320	-400	-510	-142	-162	-191	-240	-320	-79	-88	-108	-137	-186
315	355	-210	-210	-210	-210	-210	-125	-125	-126	-126	-125	-62	-62	-62	-62	-62
355	400	-267	-299	-350	-440	-570	-161	-182	-214	-265	-355	-87	-93	-119	-151	-202
400	450	-230	-230	-230	-230	-230	-135	-135	-135	-135	-135	-68	-68	-68	-68	-68
450	500	-293	-327	-385	-480	-680	-175	-198	-232	-290	-385	-95	-108	-131	-165	-223

(续)

基本尺寸 /mm		公差带															
		g						h									
大于	至	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
—	3	-2 -5	-2 -6	-2 8	-2 12	-2 -16	0 -0.8	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	
3	6	-4 -8	-4 -9	-4 -12	-4 -16	-4 -22	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 48	
6	10	-5 -9	-5 -11	-5 -14	-5 -20	-5 -27	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	
10	14	-6	-6	-6	-6	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	18	-11	-14	-17	-24	-33	-1.2	-2	-3	-5	-8	-11	-18	-27	-43	-70	
18	24	-7	-7	-7	-7	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	30	-13	-16	-20	-28	-40	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	-13	-21	-33	-52	-84	
30	40	-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	50	-16	-20	-25	-34	-48	-1.5	-2.5	-4	-7	-10	-16	-25	-39	-62	-100	
50	65	-10	-10	-10	-10	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
65	80	-18	-23	-29	-40	-56	-2	-3	-5	-8	-13	-19	-30	-46	-74	-120	
80	100	-12	-12	-12	-12	-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100	120	-22	-27	-34	-47	-66	-2.5	-4	-6	-10	-15	-22	-35	-54	-87	-140	
120	140	-14	-14	-14	-14	-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
140	160	-26	-32	39	54	-77	-3.5	-5	-8	-12	-18	-25	-40	-63	-100	-160	
160	180																
180	200	-15	-15	-15	-15	-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
200	225	-29	-35	-44	-61	-87	-4.5	-7	-10	-14	-20	-29	-46	-72	-115	-185	
225	250																
250	280	-17	-17	-17	-17	-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
280	315	-33	-40	-49	-69	-98	-6	-8	-12	-16	-23	-32	-52	-81	-130	-210	
315	355	-18	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
355	400	-36	-43	-54	-75	-107	-7	-9	-13	-18	-25	-36	-57	-89	-140	-230	
400	450	-20	-20	-20	-20	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
450	500	-40	-47	-60	-83	-117	-8	-10	-15	-20	-27	-40	-63	-97	-155	-250	

(续)

基本尺寸 f/mm		公差带													
		js				k						n			
大于	至	10	11	12	13	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	±20	±30	±50	±70	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2
3	6	±24	±37	±60	±90	+5 +1	+6 +1	+9 +1	+13 +1	+18 0	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+6 +4	+22 +4
6	10	±29	±45	±75	±110	+5 +1	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+22 0	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6
10	14	±35	±55	±90	±135	+6	+9	+12	+19	+27	+12	+15	+18	+25	+34
14	18					+1	+1	+1	+1	0	+7	+7	+7	+7	+7
18	24	±42	±65	±105	±165	+8	+11	+15	+23	+33	+14	+17	+21	+29	+41
24	30					+2	+2	+2	+2	0	+8	+8	+8	+8	+8
30	40	±50	±80	±125	±195	+9	+13	+18	+27	+39	+16	+20	+25	+34	+48
40	50					+2	+2	+2	+2	0	+9	+9	+9	+9	+9
50	65	±60	±95	±150	±230	+10	+15	+21	+32	+46	+19	+24	+30	+41	+57
65	80					+2	+2	+2	+2	0	+11	+11	+11	+11	+11
80	100	±70	±110	±175	±270	+13	+18	+25	+38	+54	+23	+28	+35	+48	+67
100	120					+3	+3	+3	+3	0	+13	+13	+13	+13	+13
120	140	±80	±125	±200	±315	+15	+21	+28	+43	+63	+27	+33	+40	+55	+78
140	160					+3	+3	+3	+3	0	+15	+15	+15	+15	+15
160	180														
180	200	±92	±145	±230	±360	+18	+24	+33	+50	+72	+31	+37	+46	+63	+89
200	225					+4	+4	+4	+4	0	+17	+17	+17	+17	+17
225	250														
250	280	±105	±160	±260	±405	+20	+27	+36	+56	+81	+36	+43	+52	+72	+105
280	315					+4	+4	+4	+4	0	+20	+20	+20	+20	+20
315	355	±115	±180	±285	±445	+22	+29	+40	+61	+89	+39	+46	+57	+78	+110
355	400					+4	+4	+4	+4	0	+21	+21	+21	+21	+21
400	450	±125	±200	±315	±485	+25	+32	+45	+68	+97	+43	+50	+63	+88	+120
450	500					+5	+5	+5	+5	0	+23	+23	+23	+23	+23

(续)

基本尺寸 /mm		公差带									
		h					p				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	+7	+8	+10	+14	+18	+9	+10	+12	+16	+20
		+4	+4	+4	+4	+4	+6	+6	+6	+6	+6
3	6	+12	+13	+16	+20	+26	+16	+17	+20	+24	+30
		+8	+8	+8	+8	+8	+12	+12	+12	+12	+12
6	10	+14	+16	+19	+25	+32	+19	+21	+24	+30	+37
		+10	+10	+10	+10	+10	+15	+15	+15	+15	+15
10	14	+17	+20	+23	+30	+39	+23	+26	+29	+36	+45
14	18	+12	+12	+12	+12	+12	+18	+18	+18	+18	+18
18	24	+21	+24	+28	+36	+48	+28	+31	+35	+43	+55
24	30	+15	+15	+15	+15	+15	+22	+22	+22	+22	+22
30	40	+24	+28	+33	+42	+56	+33	+37	+42	+51	+65
40	50	+17	+17	+17	+17	+17	+26	+26	+26	+26	+26
50	65	+28	+33	+39	+50	+66	+40	+45	+51	+62	+78
65	80	+20	+20	+20	+20	+20	+32	+32	+32	+32	+32
80	100	+33	+38	+45	+58	+77	+47	+52	+59	+72	+91
100	120	+23	+23	+23	+23	+23	+37	+37	+37	+37	+37
120	140	+39	+45	+52	+67	+90	+55	+61	+68	+83	+106
140	160	+27	+27	+27	+27	+27	+43	+43	+43	+43	+43
160	180										
180	200	+45	+51	+60	+77	+103	+64	+70	+79	+96	+122
200	225	+31	+31	+31	+31	+31	+50	+50	+50	+50	+50
225	250										
250	280	+50	+57	+66	+86	+115	+72	+79	+88	+108	+137
280	315	+34	+34	+34	+34	+34	+56	+56	+56	+56	+56
315	355	+55	+62	+73	+94	+126	+80	+87	+98	+119	+151
355	400	+37	+37	+37	+37	+37	+62	+62	+62	+62	+62
400	450	+60	+67	+80	+103	+137	+88	+95	+108	+131	+165
450	500	+40	+40	+40	+40	+40	+68	+68	+68	+68	+68

表 2-12 尺寸至 500mm 孔的极限偏差

(μm)

基本尺寸 /mm		公差带												
		D					E				F			
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9
—	3	+30	+34	+45	+60	+80	+24	+28	+39	+54	+12	+16	+20	+31
		+20	+20	+20	+20	+20	+14	+14	+14	+14	+6	+6	+6	+6
3	6	+42	+48	+60	+78	+105	+32	+38	+50	+68	+18	+22	+28	+40
		+30	+30	+30	+30	+30	+20	+20	+20	+20	+10	+10	+10	+10
6	10	+55	+62	+76	+98	+130	+40	+47	+61	+83	+22	+28	+35	+49
		+40	+40	+40	+40	+40	+25	+25	+25	+25	+13	+13	+13	+13
10	14	+68	+77	+93	+120	+160	+50	+59	+75	+102	+27	+34	+43	+59
14	18	+50	+50	+50	+50	+50	+32	+32	+32	+32	+16	+16	+16	+16
18	24	+86	+93	+117	+149	+195	+61	+73	+92	+124	+33	+41	+53	+72
24	30	+65	+65	+65	+65	+65	+40	+40	+40	+40	+20	+20	+20	+20
30	40	+105	+119	+142	+180	+240	+75	+89	+112	+150	+41	+50	+64	+87
40	50	+80	+80	+80	+80	+80	+50	+50	+50	+50	+25	+25	+25	+25
50	65	+130	+146	+174	+220	+290	+90	+106	+134	+180	+49	+60	+76	+104
65	80	+100	+100	+100	+100	+100	+60	+60	+60	+60	+30	+30	+30	+30
80	100	+155	+174	+207	+260	+340	+107	+126	+159	+212	+58	+71	+90	+123
100	120	+120	+120	+120	+120	+120	+72	+72	+72	+72	+36	+36	+36	+36
120	140	+185	+208	+245	+305	+395	+125	+148	+185	+245	+68	+83	+106	+143
140	160	+145	+145	+145	+145	+145	+85	+85	+85	+85	+43	+43	+43	+43
160	180													
180	200	+216	+242	+285	+355	+460	+146	+172	+215	+285	+79	+96	+122	+165
200	225	+170	+170	+170	+170	+170	+100	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+50
225	250													
250	280	+242	+271	+320	+400	+510	+162	+191	+240	+320	+88	+108	+137	+186
280	315	+190	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+110	+110	+56	+56	+56	+56
315	355	+267	+299	+350	+440	+570	+182	+214	+265	+355	+98	+119	+151	+202
355	400	+210	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+125	+125	+62	+62	+62	+62
400	450	+293	+327	+335	+480	+630	+198	+232	+290	+335	+108	+131	+165	+223
450	500	+230	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+135	+135	+68	+68	+68	+68

(续)

基本尺寸 /mm		公差带												
		G				H								
大于	至	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	3	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+0.8 0	+1.2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0
3	6	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0
6	10	+11 +5	+14 +5	+20 +5	+27 +5	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0
10	14	+14 +6	+17 +6	+24 +6	+33 +6	+1.2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0
14	18	+16 +7	+20 +7	+28 +7	+40 +7	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0
18	24	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0
24	30	+23 +10	+29 +10	+40 +10	+56 +10	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0
30	40	+27 +12	+34 +12	+47 +12	+66 +12	+2.5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+37 0
40	50	+32 +14	+39 +14	+54 +14	+77 +14	+3.5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0
50	65	+35 +15	+44 +15	+61 +15	+87 +15	+4.5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0
65	80	+40 +17	+49 +17	+69 +17	+98 +17	+6 0	+8 0	+12 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0
80	100	+43 +18	+54 +18	+75 +18	+107 +18	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0
100	120	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
120	140	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
140	160	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
160	180	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
180	200	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
200	225	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
225	250	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
250	280	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
280	315	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
315	355	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
355	400	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
400	450	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0
450	500	+47 +20	+60 +20	+88 +20	+117 +20	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0

(续)

基本尺寸 /mm		公差带												
		Js							K					M
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	4
—	3	±5	±7	±12	±20	±30	±50	±70	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	2 -5
3	6	±6	±9	±15	±24	±37	±60	±90	+0.5 -3.5	0 -5	+2 -6	+3 -9	+5 -13	-2.5 -6.5
6	10	±7	±11	±18	±29	±45	±75	±110	+0.5 -3.5	+1 -5	+2 -7	+5 -10	+6 -16	-4.5 -8.5
10	14	±9	±13	±21	±35	±55	±90	±135	+1	+2	+2	+6	+8	-5
14	18								-4	-6	-9	-12	-19	-10
18	24	±10	±16	±26	±42	±65	±105	±165	0	+1	+2	+6	+10	-6
24	30								-6	-8	-11	-15	-23	-12
30	40	±12	±19	±31	±50	±80	±125	±195	+1	+2	+3	+7	+12	-6
40	50								-6	-9	-13	-18	-27	-13
50	65	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230	+1	+3	+4	+9	+14	-8
65	80								-7	-10	-15	-21	-32	-16
80	100	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270	+1	+2	+4	+10	+16	-9
100	120								-9	-13	-18	-25	-38	-19
120	140	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315	+1	+3	+4	+12	+20	-11
140	160								-11	-15	-21	-28	-43	-23
160	180													
180	200	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360	0	+2	+5	+13	+22	-13
200	225								-14	-18	-24	-33	-50	-27
225	250													
250	280	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405	0	+3	+5	+16	+25	-16
280	315								-16	-20	-27	-36	-56	-32
315	355	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445	+1	+3	+7	+17	+28	-16
355	400								-17	-22	-29	-40	-61	-34
400	450	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±435	0	+2	+8	+18	+29	-18
450	500								-20	-25	-32	-45	-68	-38

基本尺寸 /mm		公差带														
		M				N					P					
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	
—	3	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6	-6	
		-6	-8	-12	-16	-8	-10	-14	-18	-29	-10	-12	-16	-20	-31	
3	6	-3	-1	0	+2	-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-12	-12	
		-8	-9	-12	-16	-12	-13	-16	-20	-30	-16	-17	-20	-30	-42	
6	10	4	-3	0	+1	-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-15	-15	
		-10	-12	-15	-21	-14	-16	-19	-25	-36	-19	-21	-24	-37	-51	
10	14	-4	-4	0	+2	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18	-18	
14	18	-12	-15	-18	-25	-17	-20	-23	-30	-43	-23	-26	-29	-45	-61	
18	24	-5	-4	0	+4	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22	-22	
24	30	-14	-17	-21	-29	-21	-24	-28	-36	-52	-28	-31	-35	-55	-74	
30	40	-5	-4	0	-5	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26	-26	
40	50	-16	-20	-25	-34	-24	-23	-33	-42	-62	-33	-37	-42	-65	-88	
50	65	-6	-5	0	+5	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32	-32	
65	80	-19	-24	-30	-41	-28	-33	-39	-50	-74	-40	-45	-51	-78	-106	
80	100	-8	-6	0	+6	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37	-37	
100	120	-23	-28	-35	-48	-33	-38	-45	-58	-87	-47	-52	-59	-91	-124	
120	140	-9	-8	0	+8	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	-43	
140	160	-27	-33	-40	-55	-39	-45	-52	-67	-100	-55	-61	-68	-106	-143	
160	180															
180	200	-11	-8	0	+9	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	-50	
200	225	-31	-37	-46	-63	-45	-51	-60	-77	-115	-64	-70	-79	-122	-165	
225	250															
250	280	-13	-9	0	+9	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56	-56	
280	315	-36	-41	-52	-72	-50	-57	-66	-86	-130	-72	-79	-88	-137	-186	
315	355	-14	-10	0	+11	-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-62	-62	
355	400	-39	-46	-57	-78	-55	-62	-73	-94	-140	-80	-87	-98	-151	-202	
400	450	-16	-10	0	+11	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68	-68	
450	500	-43	-50	-63	-86	-60	-67	-80	-103	-155	-88	-95	-108	-165	-223	

注：1. 当基本尺寸大于 250 至 315mm 时，M6 的 ES 等于 -9（不等于 -11）；

2. 基本尺寸小于 1mm 时，大于 IT8 的 N 不采用。

轴（孔）公差带和公差值，在图样上表示方法，一般有三种：

- (1) 在基本尺寸后面只标注公差代号；
- (2) 在基本尺寸后面只标注极限偏差值；
- (3) 在基本尺寸后面既标注公差代号，又标注极限偏差值。

四、配合及基准制

1. 术语和定义

(1) 孔和轴

圆柱形内表面为孔、外表面为轴，它们贴合后，一个包容，一个被包容。非圆柱体贴合时，也可看作孔和轴。如键与键槽贴合，使槽两侧内表面表示孔，键的两侧面则表示轴。

(2) 配合

配合是表示孔和轴公差带相互贴合，基本尺寸相同。两者配合要保证动作协调，满足使用上的要求。孔和轴按其公差带加工，在允许的范围内会产生一定的间隙（过盈）。

2. 间隙（过盈）

间隙即孔和轴实际尺寸差为正值时；相反为负值时，称作过盈。

3. 配合的种类

(1) 间隙配合

它是孔的实际尺寸大于轴的实际尺寸，产生间隙，即为间隙配合，见图 2-41。间隙有最大间隙（孔加工为最大极限尺寸，轴为最小极限尺寸）和最小间隙（孔加工最小极限尺寸，轴为最大极限尺寸）。

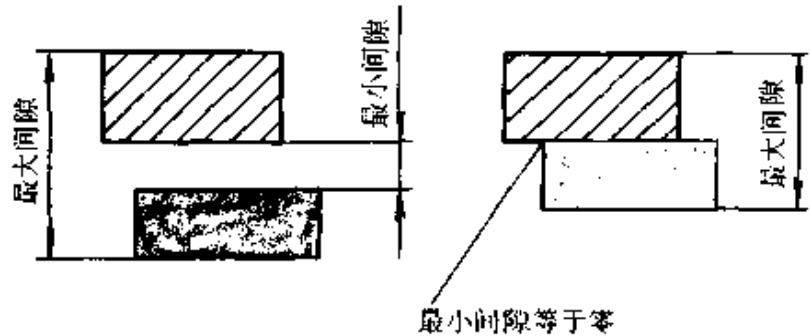


图 2-41 间隙配合

(2) 过盈配合

过盈配合是孔的实际尺寸小于轴的实际尺寸，见图 2-42。两者不产生相对运动，过盈配

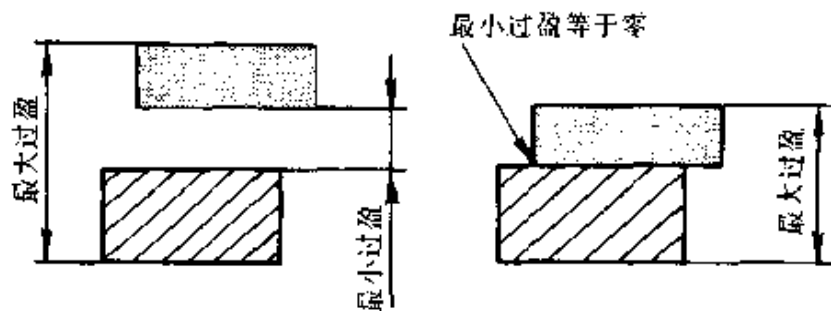


图 2-42 过盈配合

合也有最大过盈（孔加工成最小极限尺寸，轴为最大极限尺寸），反之即为最小过盈。

(3) 过渡配合

见图 2-43 孔和轴的公差带两者重叠。它是间隙配合和过盈配合的另一种形式。

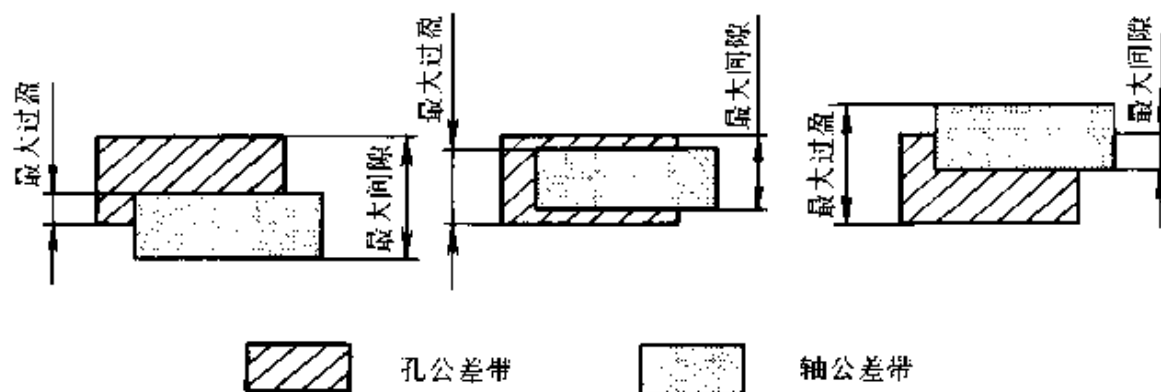


图 2-43 过渡配合

4. 配合公差

它是表示间隙（过盈）的变动范围。间隙配合表示最大间隙与最小间隙的代数差绝对值，过盈配合为最小过盈与最大过盈的代数差绝对值，过渡配合为最大间隙与最大过盈的代数差绝对值。

5. 基准制

基准制主要有基孔制和基轴制两种配合制度。

(1) 基孔制

以孔的公差带基本偏差为准与其相适应的轴的配合，为基孔制。见图 2-44。基准孔的基本偏差代号为 H，它的下偏差为零。

(2) 基轴制

它是轴公差带为准，与相适应孔的配合。见图 2-45。基准轴上偏差为零，基本偏差代号为 h。

6. 配合代号的表示方法

配合代号用孔（轴）公差带组合表示，写成分数形式，分子为孔，分母为轴。

五、公差和配合的选用

1. 基准制选用

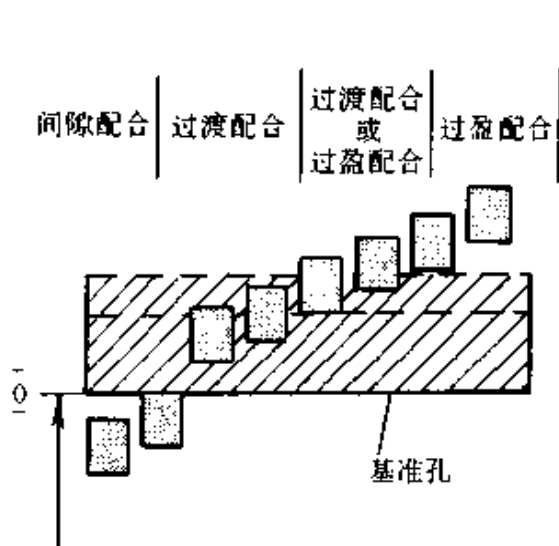


图 2-44 基孔制配合

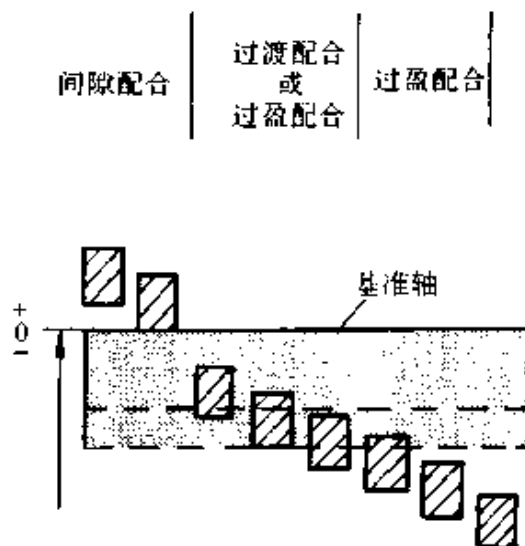


图 2-45 基轴制配合

在实际工作中，多采用基孔制，原因是孔加工工艺比轴难度大，用的刀具也较多，这样有利于生产和降低成本，但有时采用基轴制有利，因此，要根据具体情况来选定。

2. 公差等级的选用

选用等级时，首先应满足使用要求，在此条件下选用低公差等级，可参照表 2-13。另一方面还要考虑加工方法的经济性及设备的条件，见表 2-14。

表 2-13 公差等级应用范围

公差等级	应用范围
01~1	高精度标准块规
1~4	块规、检验高精度工件用量规及轴用卡规的校对塞规
2~5	特别精密零件的配合尺寸
5~7	检验低精度工件用量规，精密零件的配合尺寸
5~12	配合尺寸
8~14	原材料公差、锻件、铸件非加工尺寸

表 2-14 公差等级与加工方法的关系

加工方法	公差等级														
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
研 磨															
珩 磨															
磨 削															
金 钢 石 车															
金 钢 石 镗															
拉 削															
铰 孔															
车 削															
镗 削															
铣 削															
刨、插削															
钻 孔															
滚压、挤压															

3. 配合的选用

常用的方法是类比法，先采用优先配合，再采用常用配合，再采用一般用途公差带组成的配合。见表 2-15 为基孔制优先和常用配合，表 2-16 为基轴制优先和常用配合。

对于基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的配合，当公差等级小于 $\leq \text{IT}8$ 时，可选择孔的公差等级比轴低一级，对于精度较低或基本尺寸 $> 500\text{mm}$ 的配合，可采用轴与孔同级配合。

对于未注公差尺寸（不重要和非配合尺寸）可在 $\text{IT}12 \sim \text{IT}18$ 间选定，通常孔采用 $\text{H}14$ ，轴采用 $\text{h}14$ ，长度尺寸采用 $\text{JS}14$ 或 $\text{js}14$ ，其尺寸偏差值，见表 2-17。

表 2-15 基孔制优先、常用配合

基 准 轴	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									
H6						H6/f5	H6/g5	H6/h5	H6/js5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5	H6/t5					
H7						H7/f6	H7/g6	H7/h6	H7/js6	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H7/p6	H7/r6	H7/s6	H7/t6	H7/u6	H7/v6	H7/x6	H7/y6	H7/z6
H8						H8/f7	H8/g7	H8/h7	H8/js7	H8/k7	H8/m7	H8/n7	H8/p7	H8/r7	H8/s7	H8/t7					
H9						H9/f9		H9/h9													
H10						H10/f10		H10/h10													
H11						H11/f11		H11/h11													
H12						H12/f12		H12/h12													

注：1. $\frac{H6}{n5}$, $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸小于或等于 3mm 和 $\frac{H8}{r7}$ 和 $\frac{H8}{t7}$ 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 2-16 基准制优先、常用配合

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	J _s	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						F6/h5	G6/h5	H6/h5	J _s 6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5	R6/h5	S6/h5	T6/h5					
h6						F7/h6	G7/h6	H7/h6	J _s 7/h6	K7/h6	M7/h6	N7/h6	P7/h6	R7/h6	S7/h6	T7/h6	U7/h6				
h7					E8/h7	F8/h7		H8/h7	J _s 8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7									
h8				D8/h8	E8/h8	F8/h8		H8/h8													
h9				◀	D9/h9	F9/h9		H9/h9													
h10				D10/h10				H10/h10													
h11	A11/h11	B11/h11	◀	C11/h11	D11/h11			H11/h11													
h12		B12/h12						H12/h12													

注：标注◀的配合为优先配合。

表 2-17 未注公差尺寸的上下偏差值·(IT14)

基本尺寸 (mm)	偏差 (mm)			基本尺寸 (mm)	偏差 (mm)		
	H14	h14	Js14 (js14)		H14	h14	Js14 (js14)
~3	+0.25 0	0 -0.25	± 0.125	>80~120	+0.87 0	0 -0.87	± 0.435
>3~6	+0.30 0	0 -0.30	± 0.15	>120~180	+1.00 0	0 -1.00	± 0.50
>6~10	+0.36 0	0 -0.36	± 0.18	>180~250	+1.15 0	0 -1.15	± 0.575
>10~18	+0.43 0	0 -0.43	± 0.215	>250~315	+1.30 0	0 -1.15	± 0.65
>18~30	+0.52 0	0 -0.52	± 0.26	>315~400	+1.40 0	0 -1.40	± 0.70
>30~50	+0.62 0	0 -0.62	± 0.31	>400~500	+1.55 0	0 -1.55	± 0.775
>50~80	+0.74 0	0 -0.74	± 0.37	>500~630	+1.75 0	0 -1.75	± 0.875

六、形位公差及表面粗糙度

(一) 形位公差

1. 基本概念

(1) 形状和位置的公差，简称形位公差。

(2) 形状和位置的公差是对零件实际形状位置与图样上形状位置偏移量。见图 2-46 和图 2-47。

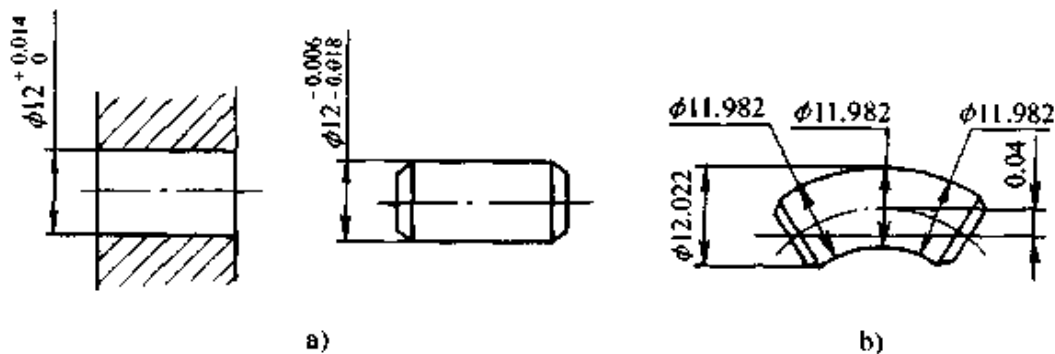


图 2-46 小轴的形状误差

(3) 零件加工后的形状和相对位置，必须用公差来控制。它是检验零件质量和确保零件互换性要求的重要依据。

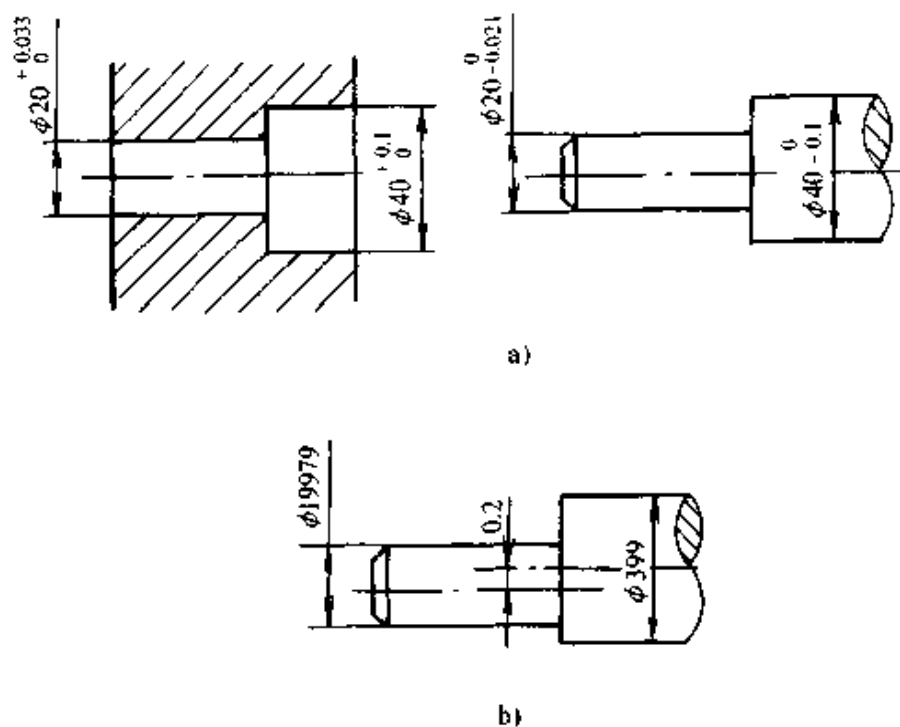


图 2-47 阶梯轴的位置偏差

(4) 轴与孔配合时形成的间隙，在尺寸和形状公差上应同时满足标准要求，否则尺寸公差合格，形状公差达不到要求，同样是装配不上的。

(5) 如图 2-47。阶梯轴中，尺寸公差符合要求，而形状公差达不到标准，还是装配不成。











2. 形位公差的内容、代号及标注方法

(1) 形位公差应遵照 GB118—96 的规定。其内容包括有 14 个项目，见表 2-18。

表 2-18

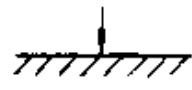

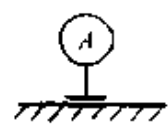
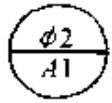
公差		特征项目	符号	有或无基准要求
形状	形状	直线度	—	无
		平面度	▭	无
		圆度	○	无
		圆柱度	∅	无

(续)









公差		特征项目	符号	有或无基准要求
形状或位置	轮廓	线轮廓度		有或无
		面轮廓度		有或无
位置	定向	平行度		有
		垂直度		有
		倾斜度		有
	定位	位置度		有或无
		同轴(同心)度		有
		对称度		有
	跳动	圆跳动		有
全跳动			有	

(2) 被测要素、基准要素的标注要求及其他附加符号, 见表 2-19。

表 2-19

说明		符号
被测要素的标注	直接	
	用字母	
基准要素的标注		
基准目标的标注		

(续)

说 明	符 号
理论正确尺寸	
包容要求	
最大实体要求	
最小实体要求	
可逆要求	
延伸公差带	
自由状态（非刚性零件）条件	
全周（轮廓）	

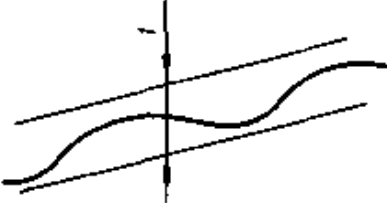
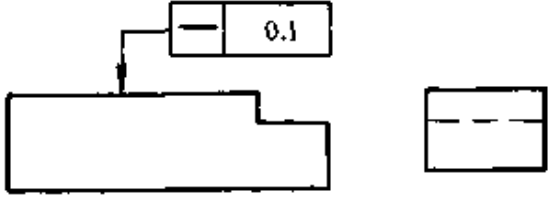
(3) 形位公差的内容，标注和解释

1) 直线度公差

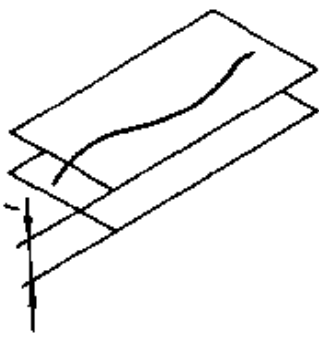
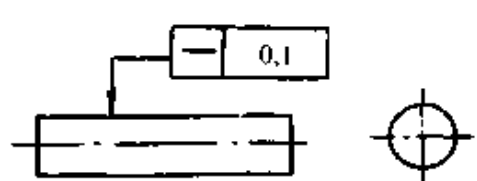
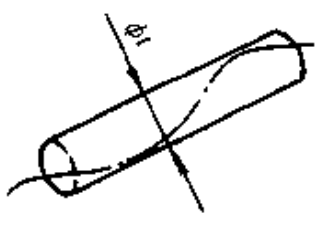
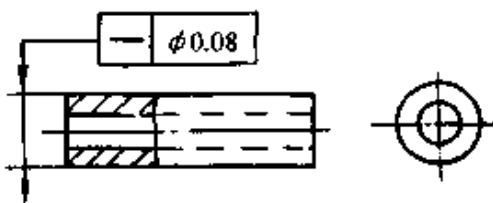
它是表示圆柱（圆锥）上的素线和轴线、面与面的交线和平面上任意截面的截形线，在加工完成后，零件形状的不直度公差，见表 2-20。

表 2-20

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
—	<p>在给定平面内，公差带是距离为公差值 t 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 0.1 的两平行直线内</p> 

(续)



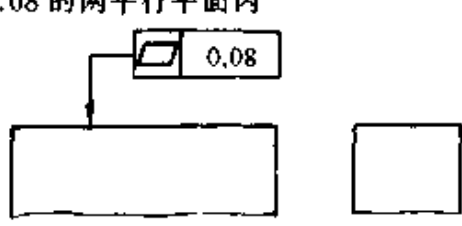
符号	公差带定义	标注和解释
—	<p>在给定方向上公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域</p> 	<p>被测圆柱面的任一素线必须位于距离为公差值 0.1 的两平行平面之内</p> 
	<p>如在公差值前加注 ϕ, 则公差带是直径为 t 的圆柱面内的区域</p> 	<p>被测圆柱面的轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.08$ 的圆柱面内</p> 

2) 平面度公差

零件平面加工后, 实际形状产生的不平程度。见表 2-21。

表 2-21

(mm)

符号	平面度公差带定义	标注和解释
	<p>公差带是距离为公差值 t 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 0.08 的两平行平面内</p> 

3) 圆度公差

它表示圆柱面、圆锥面的横截面, 球面任意截面等的不圆的公差。见表 2-22。

4) 圆柱度公差

它表示圆柱体零件加工后, 实际形状的横截面不圆, 纵截面素线不平行以及轴线不直等的综合偏差。见表 2-23。

表 2-22

(mm)


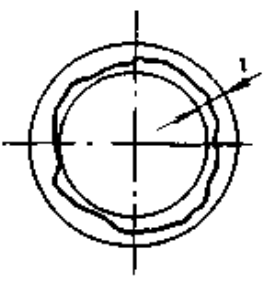
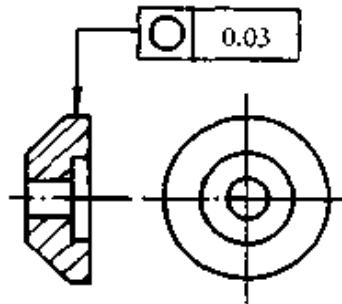
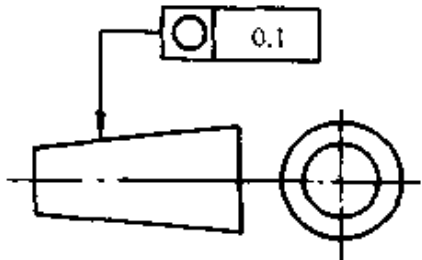


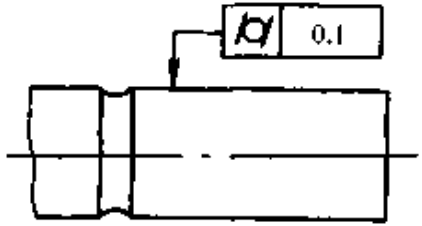
符号	公差带定义	标注和解释
	<p>公差带是在同一正截面上，半径差为公差值 t 的两同心圆之间的区域</p> 	<p>被测圆柱面任一正截面的圆周必须位于半径差为公差值 0.03 的两同心圆之间</p>  <p>被测圆锥面任一正截面上的圆周必须位于半径差为公差值 0.1 的两同心圆之间</p> 

表 2-23

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>公差带是半径差为公差值 t 的两同轴圆柱面之间的区域</p> 	<p>被测圆柱面必须位于半径差为公差值 0.1 的两同轴圆柱面之间</p> 

5) 线轮廓度公差

线轮廓度公差是表示零件加工后，成形的轮廓曲线与理想轮廓曲线的误差。见表 2-24。

6) 面轮廓公差

它是表示零件加工成形后与理想的曲面间的误差，见表 2-25。

表 2-24

(mm)



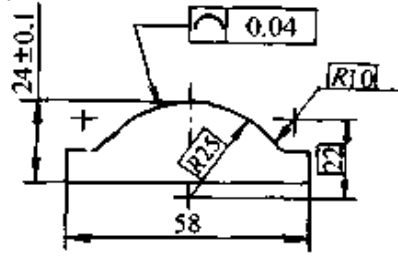
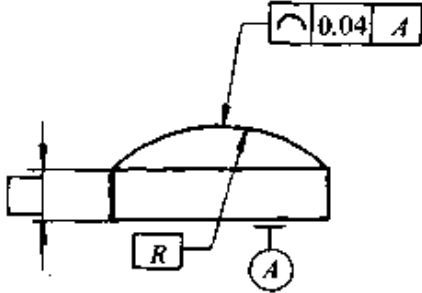

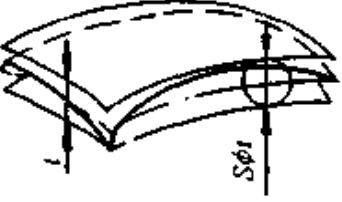
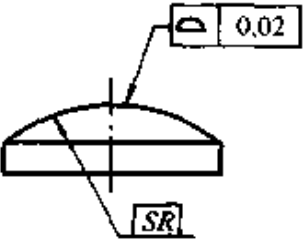
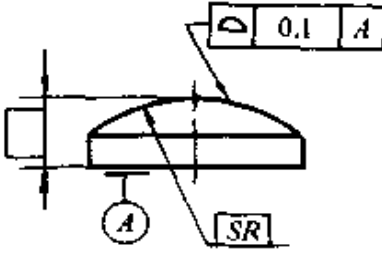
符号	公差带定义	标注和解释
	<p>公差带是包络一系列直径为公差值 t 的圆的两包络线之间的区域。诸圆的圆心位于具有理论正确几何形状的线上</p>  <p style="text-align: center;">$d = t$</p> <p>无基准要求的线轮廓度公差见图 a); 有基准要求的线轮廓度公差见图 b)</p>	<p>在平行于图样所示投影面的任一截面上, 被测轮廓线必须位于包络一系列直径为公差值 0.04 且圆心位于具有理论正确几何形状的线上的两包络线之间</p>  <p style="text-align: center;">a)</p>  <p style="text-align: center;">b)</p>

表 2-25

(mm)

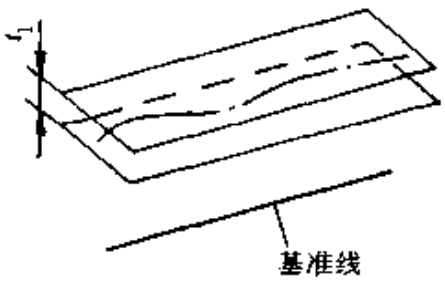
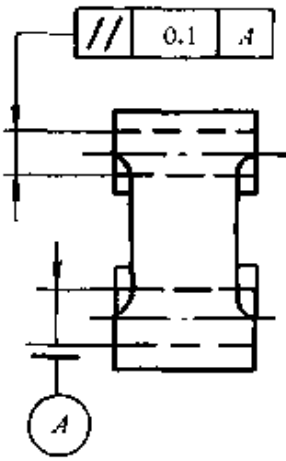
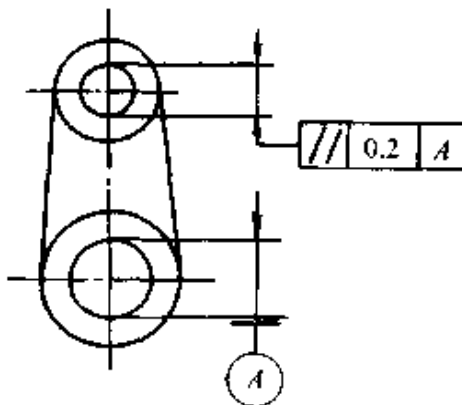
符号	公差带定义	标注和解释
	<p>公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域。诸球的球心应位于具有理论正确几何形状的面上的</p>  <p style="text-align: center;">$d = t$</p> <p>无基准要求的面轮廓度公差见图 a); 有基准要求的面轮廓度公差见图 b)</p>	<p>被测轮廓面必须位于包络一系列球的两包络面之间, 诸球的直径为公差值 0.02, 且球心位于具有理论正确几何形状的面上的两包络面之间</p>  <p style="text-align: center;">a)</p>  <p style="text-align: center;">b)</p>

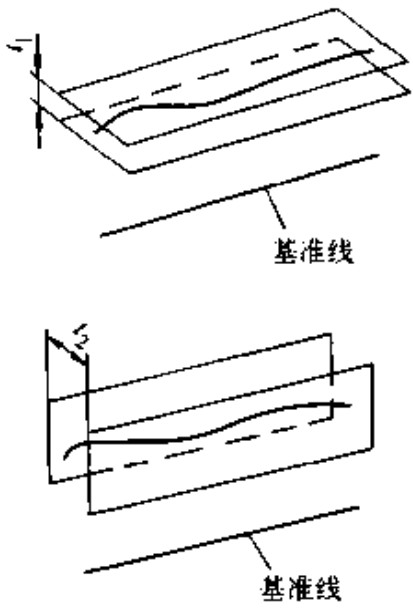
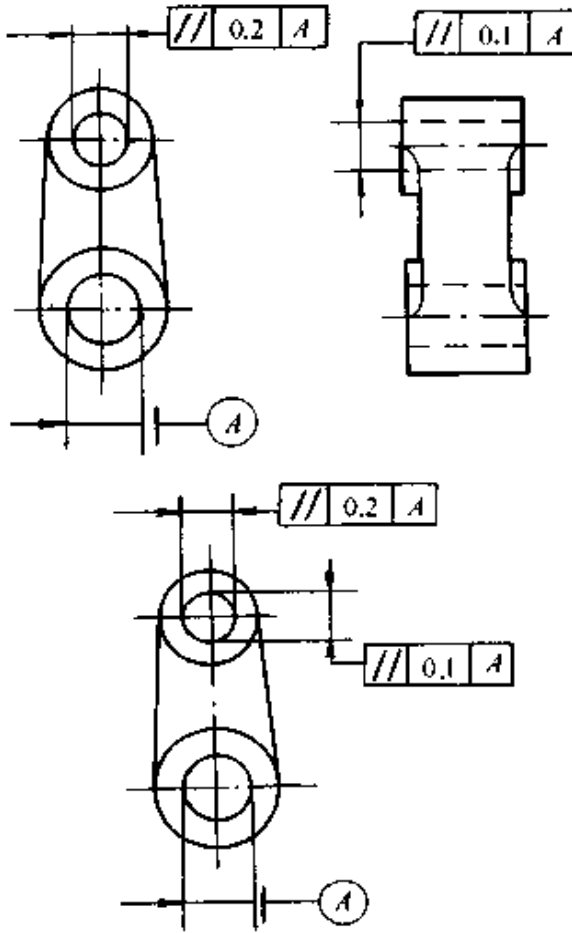
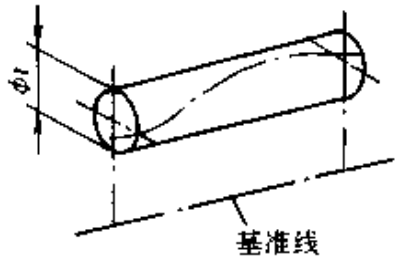
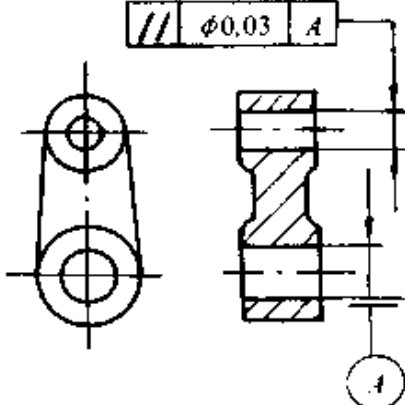
7) 平行度公差

平行度公差表示加工成型零件的面、线或轴线，对于零件上的基准面、线、轴的不平行程度，见表 2-26。

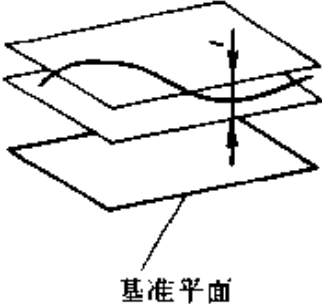
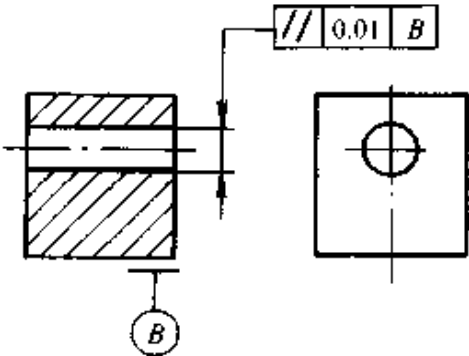
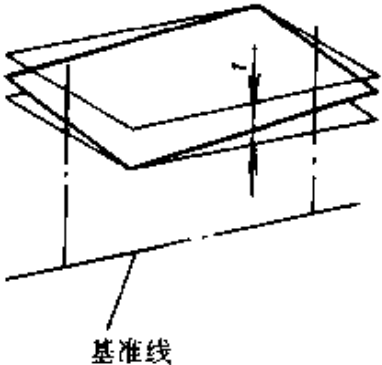
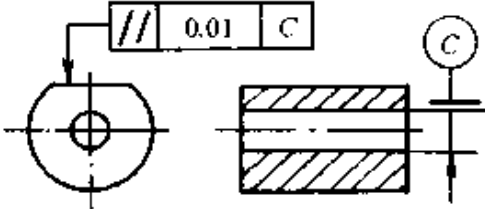
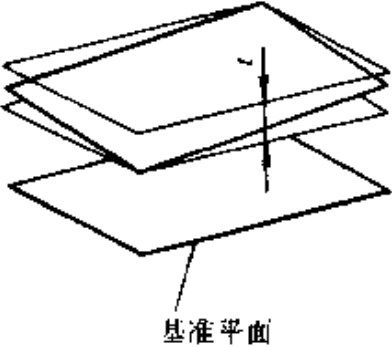
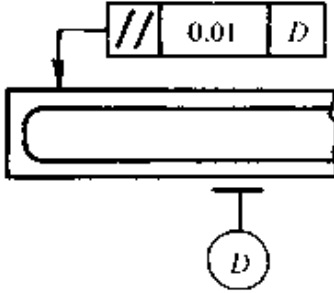
表 2-26

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>1. 线对线平行度公差</p>	
	<p>公差带是距离为公差值 t 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>基准线</p>	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 0.1 且在给定方向上平行于基准轴线的两平行平面之间</p>  <p>被测轴线必须位于距离为公差值 0.2 且在给定方向上平行于基准轴线的两平行平面之间</p> 

符号	公差带定义	标注和解释
//	<p>1. 线对线平行度公差</p> <p>公差带是两对互相垂直的距离分别为 t_1 和 t_2 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 0.2 和 0.1, 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>如在公差值前加注 ϕ, 公差带是直径为公差值 t 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 0.03 且平行于基准轴线的圆柱面内</p> 

(续)

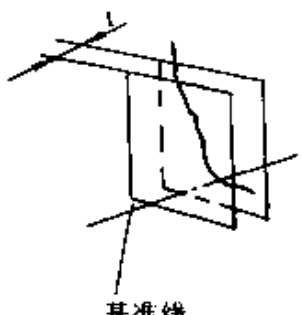
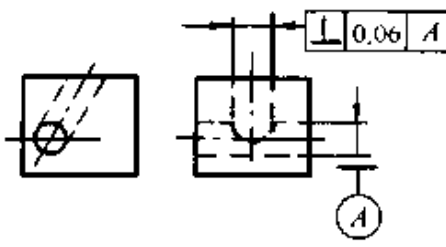

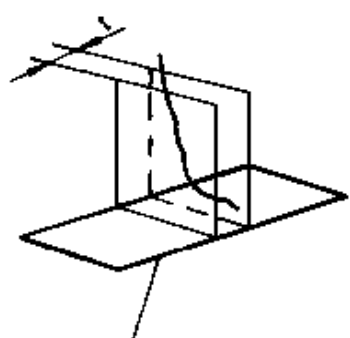
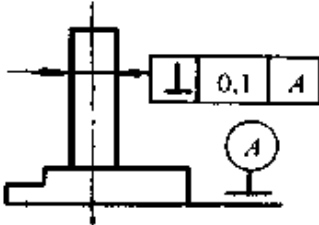
符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 线对面平行度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且平行于基准平面的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准平面</p>	<p>被测轴线必须位于距离为公差值 0.01 且平行于基准表面 B (基准平面) 的两平行平面之间</p> 
//	<p>3. 面对线平行度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且平行于基准线的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准线</p>	<p>被测表面必须位于距离为公差值 0.01 且平行于基准线 C (基准轴线) 的两平行平面之间</p> 
	<p>4. 面对面平行度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 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 0.01 且平行于基准表面 D (基准平面) 的两平行平面之间</p> 

8) 垂直度公差


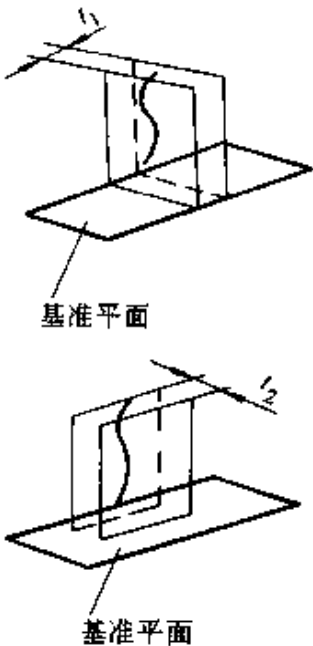
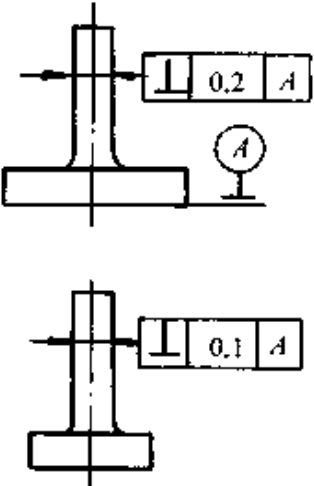
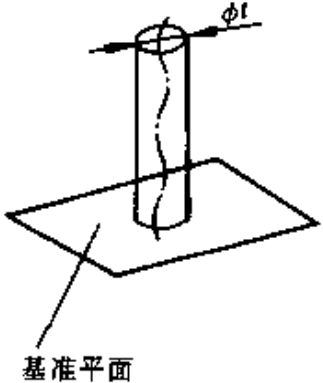
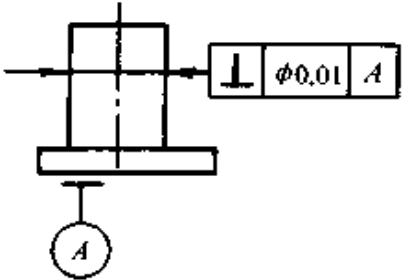
对于被加工零件的面、线或轴线与零件上基准线、面或轴线的不垂直程度，见表 2-27。

表 2-27


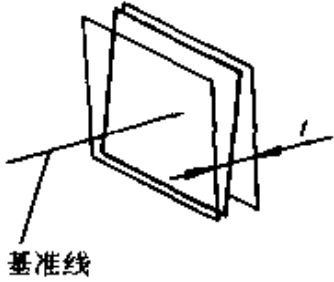
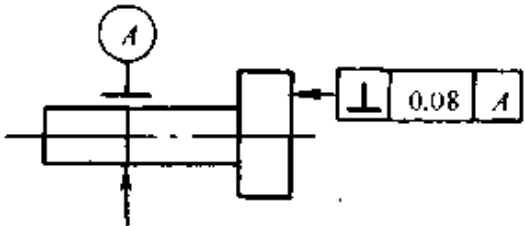
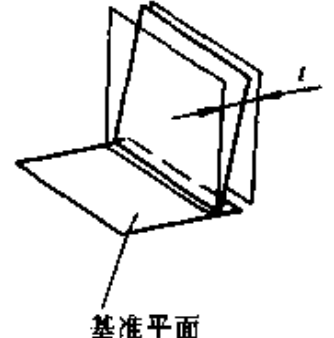
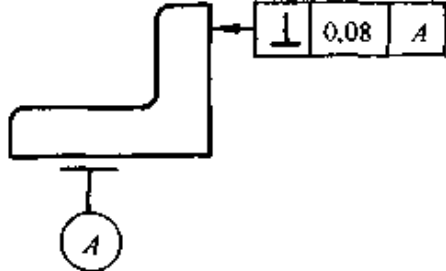
(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>1. 线对线垂直度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 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 0.06 且垂直于基准线 A (基准轴线) 的两平行平面之间</p> 
	<p>2. 线对面垂直度公差</p> <p>在给定方向上，公差带是距离为公差值 t 且垂直于基准面的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准线</p>	<p>在给定方向上被测轴线必须位于距离为公差值 0.1 且垂直于基准表面 A 的两平行平面之间</p> 

(续)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 线对面垂直度公差</p> <p>公差带是互相垂直的距离分别为 t_1 和 t_2 且垂直于基准面的两对平行平面之间的区域</p>  <p style="text-align: center;">基准平面</p> <p style="text-align: center;">基准平面</p>	<p>被测轴线必须位于距离分别为公差值 0.2 和 0.1 的互相垂直且垂直于基准平面的两对平行平面之间</p> 
	<p>如公差值前加注 ϕ, 则公差带是直径为公差值 t 且垂直于基准面的圆柱面内的区域</p>  <p style="text-align: center;">基准平面</p>	<p>被测轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.01$ 且垂直于基准面 A (基准平面) 的圆柱面内</p> 

(续)


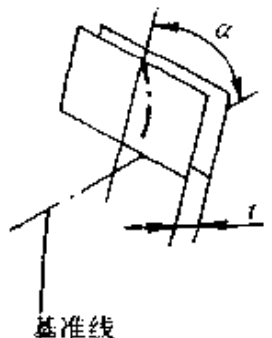
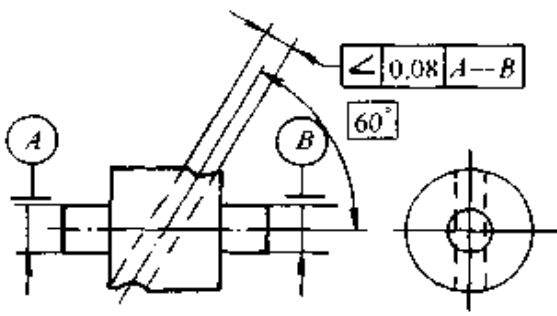
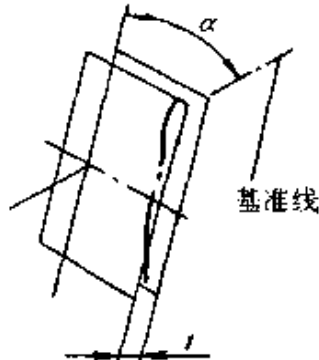
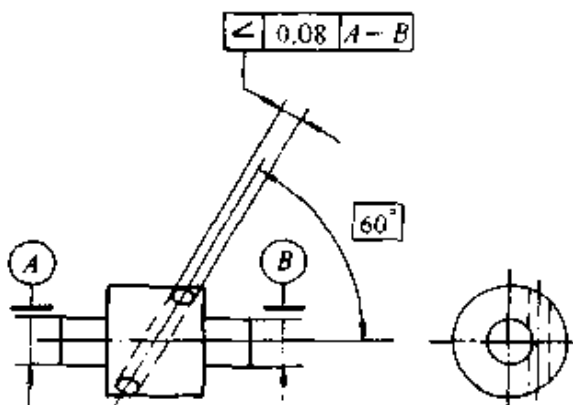
符号	公差带定义	标注和解释
	<p>3. 面对线垂直度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且垂直于基准线的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准线</p>	<p>被测面必须位于距离为公差值 0.08 且垂直于基准线 A (基准轴线) 的两平行平面之间</p> 
	<p>4. 面对面垂直度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且垂直于基准面的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准平面</p>	<p>被测面必须位于距离为公差值 0.08 且垂直于基准平面 A 的两平行平面之间</p> 

9) 倾斜度公差

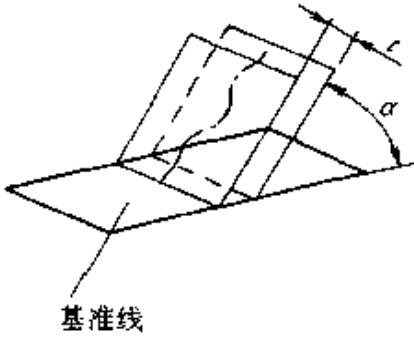
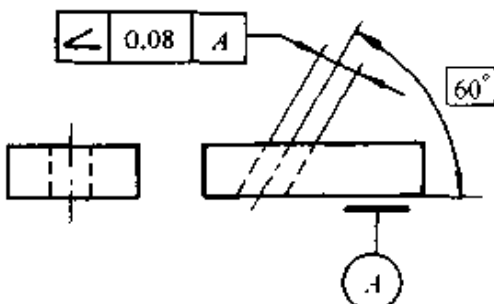

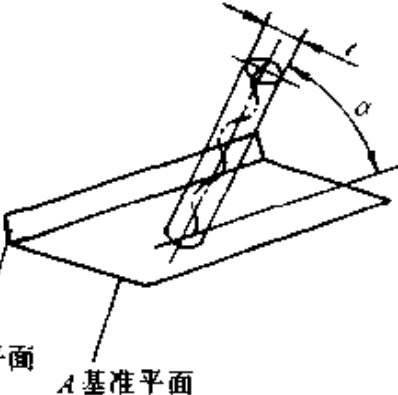
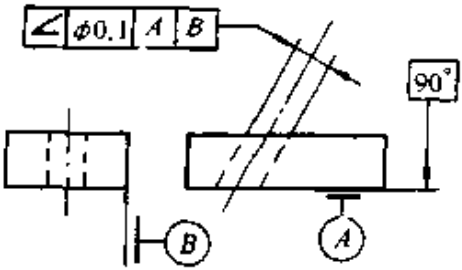
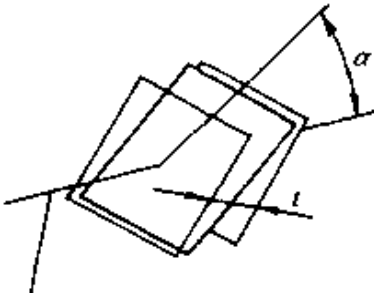
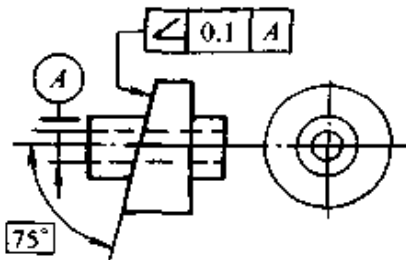
它表示加工成形的零件上的面、线与基准面、线的角度大小的程度，见表 2-28。

表 2-28

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>1. 线对线倾斜度公差</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 t 且与基准线成一给定角度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 0.08 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>被测线与基准线不在同一平面内：公差带是距离为公差值 t 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并平行于被测轴线的平面上，公差带是相对于投影到该平面的线而言</p>  <p>基准线</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 0.08 并与 A—B 公共基准线成理论正确角度 60° 的两平行平面之间</p> 

(续)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 线对面倾斜度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且与基准成一给定角度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 0.08 且与基准面 A (基准平面) 成理论正确角度 60° 的两平行平面之间</p>  <p>\angle 0.08 A</p> <p>60°</p> <p>A</p>
	<p>如在公差值前加注 ϕ, 则公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域, 该圆柱面的轴线应与基准平面呈一给定的角度并平行于另一基准平面</p>  <p>B基准平面 A基准平面</p>	<p>被测轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.1$ 的圆柱面公差带内, 该公差带的轴线应与基准表面 A (基准平面) 呈理论正确角度 60° 并平行于基准平面 B</p>  <p>$\angle \phi 0.1$ A B</p> <p>60°</p> <p>B A</p>
	<p>3. 面对线倾斜度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且与基准线成一给定角度的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准线</p>	<p>被测表面必须位于距离为公差值 0.1 且与基准线 A (基准轴线) 成理论正确角度 75° 的两平行平面之间</p>  <p>\angle 0.1 A</p> <p>75°</p> <p>A</p>

(续)

符号	公差带定义	标注和解释
	4. 面对面倾斜度公差	
	<p>公差带是距离为公差值 t 且与基准面成一给定角度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 0.08 且与基准面 A (基准平面) 成理论正确角度 40° 的两平行平面之间</p>


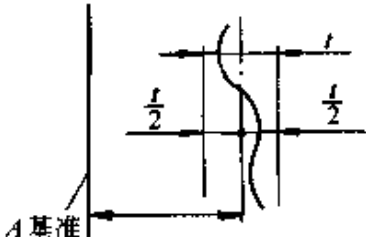
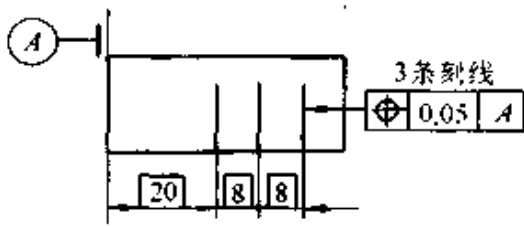

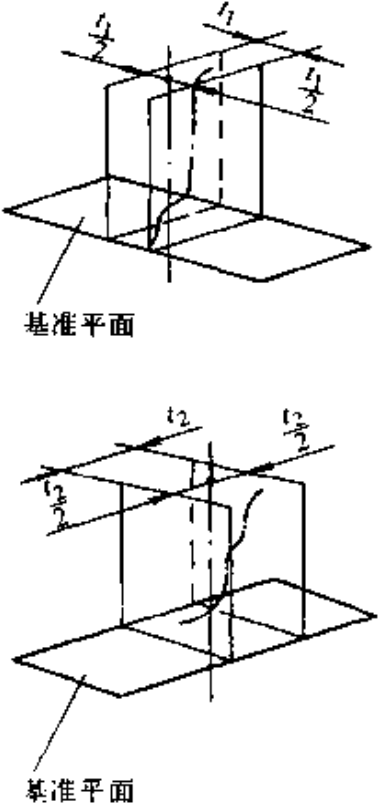
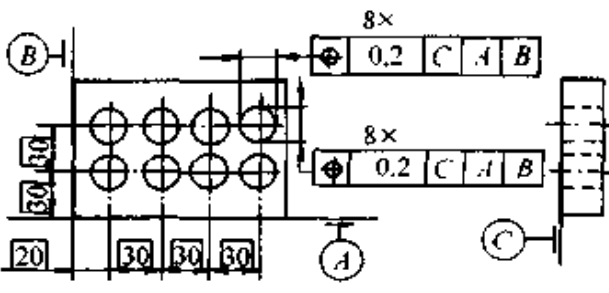
10) 位置度公差

零件加工成形后，点、线、面离开理想位置的大小。它又有三种情况：即点、线、面的位置度，见表 2-29。


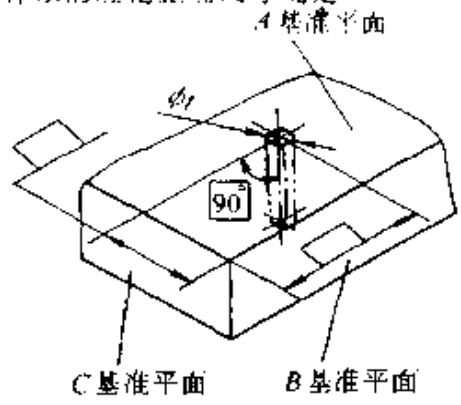
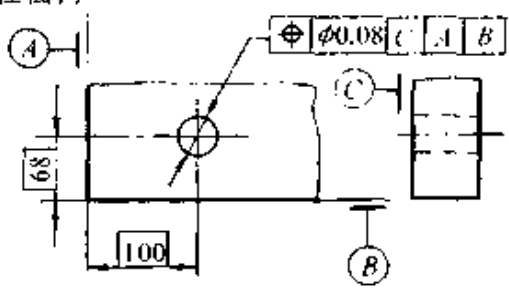
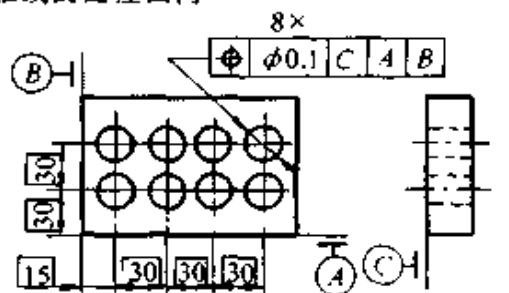

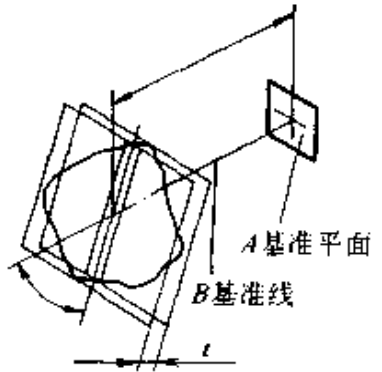
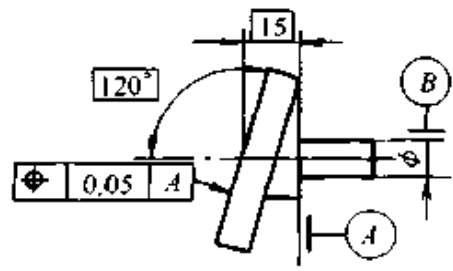
表 2-29

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
	1. 点的位置度公差	
	<p>如公差值前加注 ϕ，公差带是直径为公差值 t 的圆内的区域。圆公差带的中心点的位置由相对于基准 A 和 B 的理论正确尺寸确定</p> <p>B 基准</p> <p>A 基准</p>	<p>两个中心线的交点必须位于直径为公差值 0.3 的圆内，该圆的圆心位于由相对基准 A 和 B (基准直线) 的理论正确尺寸所确定的点的理想位置上</p>
	<p>如公差值前加注 $S\phi$，公差带是直径为公差值 t 的球内的区域。球公差带的中心点的位置由相对于基准 A、B 和 C 的理论正确尺寸确定</p> <p>A 基准平面</p> <p>C 基准平面</p> <p>B 基准平面</p>	<p>被测球的球心必须位于直径为公差值 0.3 的球内。该球的球心位于由相对基准 A、B、C 的理论正确尺寸所确定的理想位置上</p>

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 线位置度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 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 A 的理论正确尺寸确定, 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 0.05 且由相对于基准 A 的理论正确尺寸所确定的理想位置对称的诸两平行直线之间</p> 
	<p>公差带是两对互相垂直的距离为 t_1 和 t_2 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互相垂直的两个方向</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公差值 0.05 和 0.2, 且相对于 C、A、B 基准表面 (基准平面) 理论正确尺寸所确定的理想位置对称配置的两平行平面之间</p> 

(续)


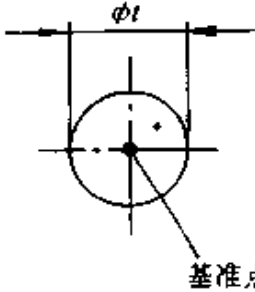
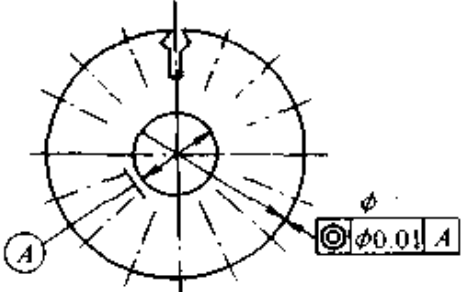
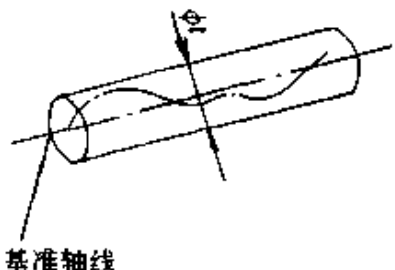
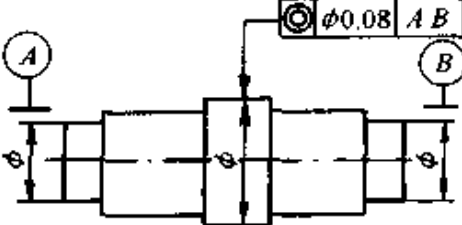
符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 线位置度公差</p> <p>如在公差值前加注 ϕ，则公差带是直径为 t 的圆柱面内的区域。公差带的轴线的位置由相对于三基准体系的理论正确尺寸确定</p>  <p style="text-align: center;">A 基准平面 C 基准平面 B 基准平面</p>	<p>被测轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.08$ 且以相对于 C、A、B 基准表面（基准平面）的理论正确尺寸所确定的理想位置为轴线的圆柱面内</p>  <p>每个被测轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.1$，由以相对于 C、A、B 基准表面（基准平面）的理论正确尺寸所确定的理想位置为轴线的圆柱面内</p> 
	<p>3. 平面或中心平面的位置度公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t，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准体系的理论正确尺寸确定的</p>  <p style="text-align: center;">A 基准平面 B 基准线</p>	<p>被测表面必须位于距离为公差值 0.05，由以相对于基准线 B（基准轴线）和基准表面 A（基准平面）的理论正确尺寸所确定的理想位置对称配置的两平行平面之间</p> 

11) 同轴度公差

加工成形的零件的轴线，与基准轴线偏离的大小，见表 2-30。

表 2-30

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>1. 点的同心度公差</p> <p>公差带是直径为公差值 ϕt 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直径为公差值 $\phi 0.01$ 且与基准圆心同心的圆</p> 
	<p>2. 轴线的同轴度公差</p> <p>公差带是直径为公差值 ϕt 的圆柱面内的区域，该圆柱面的轴线与基准轴线同轴</p> 	<p>大圆柱面的轴线必须位于直径为公差值 $\phi 0.08$ 且与公共基准线 A—B 公共基准轴线同轴的圆柱面内</p> 

12) 对称度公差

它表示零件加工后，中心平面、中心线、轴线三者与基准面的偏离程度，见表 2-31。

13) 圆跳动公差

加工成型的圆柱、圆锥表面或端面，沿基准轴用百分表测量三面与理想位置偏离情况。见表 2-32。

14) 全跳动公差

零件加工成形后, 沿基准轴转动, 用百分表在规定方向沿零件表面素线或半径作直线移动, 测出表面或端面与标准位置偏离情况, 见表 2-33。

表 2-31

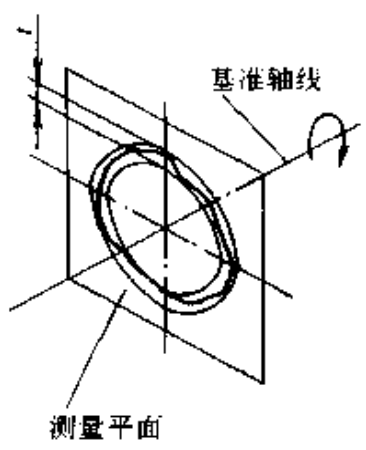
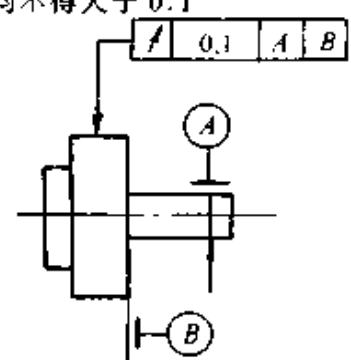
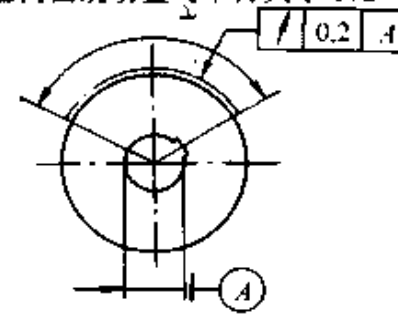
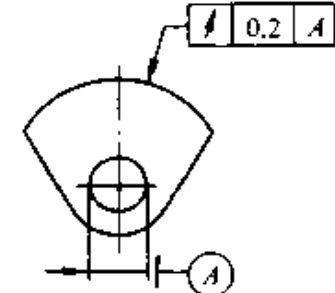
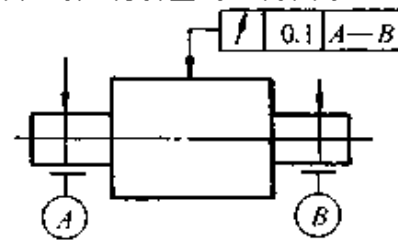
(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
≡	<p>中心平面的对称度公差</p> <p>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</p>	<p>被测中心平面必须位于距离为公差值 0.08 且相对于基准中心平面 A 对称配置的两平行平面之间</p>
		<p>被测中心平面必须位于距离为公差值 0.08 且相对于公共基准中心平面 A-B 对称配置的两平行平面之间</p>

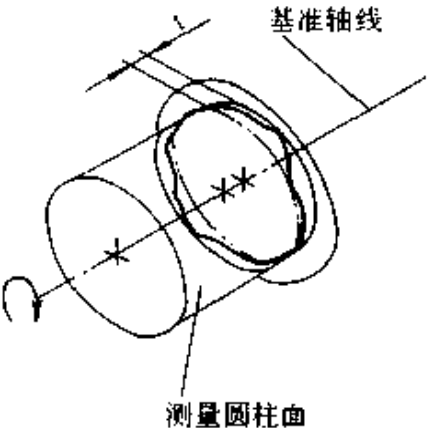
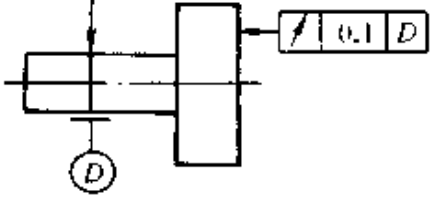
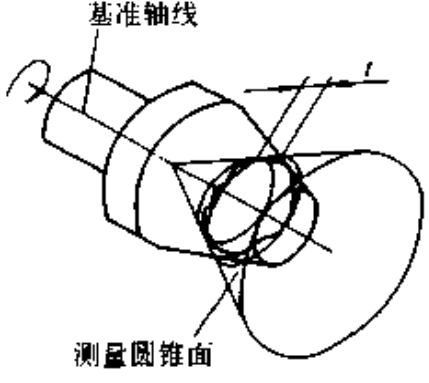
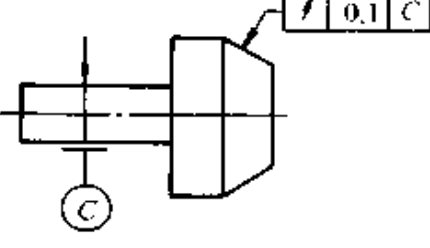
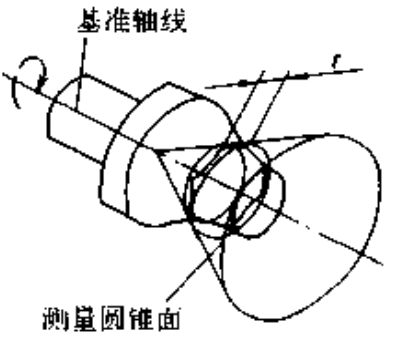
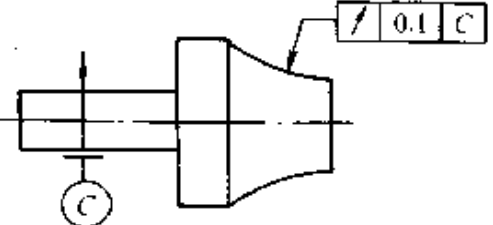
表 2-32

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
↗	<p>圆跳动公差是被测要素某一固定参考点围绕基准轴线旋转一周时 (零件和测量仪器间无轴向位移) 允许的最大变动量 t。圆跳动公差适用于每一个不同的测量位置</p> <p>注: 圆跳动可能包括圆度、同轴度或平面度垂直度误差, 这些误差的总值不能超过给定的圆跳动公差</p>	

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>1. 径向圆跳动公差</p> <p>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的两同心圆之间的区域</p>  <p>跳动通常是围绕轴线旋转一整周，也可对部分圆周进行限制</p>	<p>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 0.1</p>  <p>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 0.2</p>   <p>当被测要素围绕公共基准线 $A-B$ (公共基准轴线) 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 0.1</p> 

(续)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 端面圆跳动公差</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 t 的两圆之间的区域</p>  <p>The diagram shows a cylindrical part with a dashed line representing the '基准轴线' (datum axis). A '测量圆柱面' (measuring cylindrical surface) is defined by two concentric circles at a distance t from the datum axis. The tolerance zone is the region between these two circles.</p>	<p>被测件绕基准线 D (基准轴线) 旋转一周时, 在任一测量圆柱面内轴向的跳动量均不得大于 0.1</p>  <p>The drawing shows a shaft with a diameter feature. A feature control frame points to the diameter with the symbol for circular runout, a tolerance of 0.1, and datum D. Datum D is indicated by a circle with the letter D below the shaft.</p>
	<p>3. 斜向圆跳动公差</p> <p>公差带是在与基准同轴的任一测量圆锥面上距离为 t 的两圆之间的区域 除另有规定, 其测量方向应与被测面垂直</p>  <p>The diagram shows a conical part with a dashed line for the '基准轴线' (datum axis). A '测量圆锥面' (measuring conical surface) is defined by two concentric cones at a distance t from the datum axis. The tolerance zone is the region between these two cones.</p>	<p>被测面绕基准线 C (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 0.1</p>  <p>The drawing shows a shaft with a conical feature. A feature control frame points to the conical surface with the symbol for circular runout, a tolerance of 0.1, and datum C. Datum C is indicated by a circle with the letter C below the shaft.</p>
	 <p>The diagram shows a conical part with a dashed line for the '基准轴线' (datum axis). A '测量圆锥面' (measuring conical surface) is defined by two concentric cones at a distance t from the datum axis. The tolerance zone is the region between these two cones.</p>	<p>被测曲面绕基准线 C (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 0.1</p>  <p>The drawing shows a shaft with a curved conical feature. A feature control frame points to the curved surface with the symbol for circular runout, a tolerance of 0.1, and datum C. Datum C is indicated by a circle with the letter C below the shaft.</p>

(续)

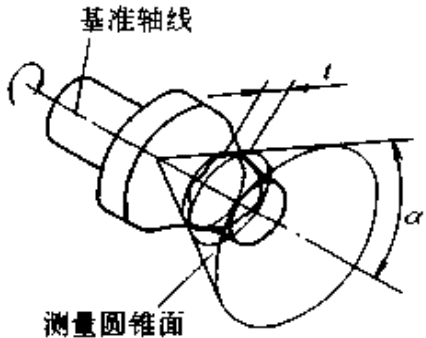
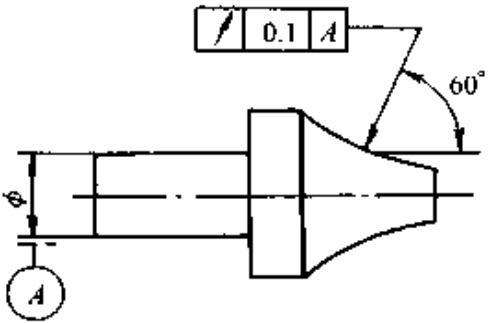
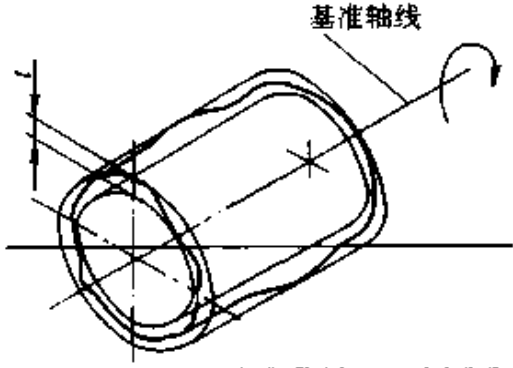
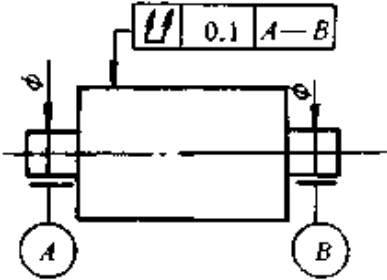
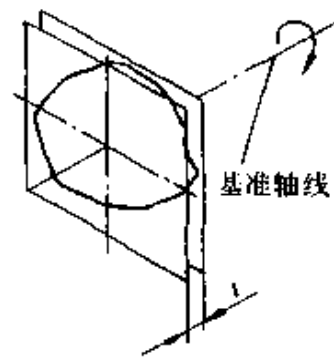
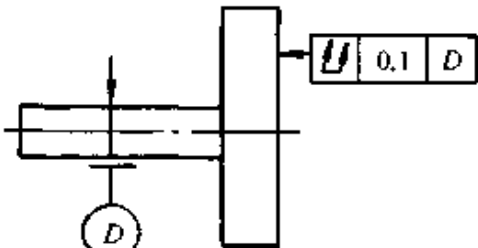
符号	公差带定义	标注和解释
4. 斜向 (给定角度的) 圆跳动公差		
	<p>公差带是在与基准同轴的任一给定角度的测量圆锥面上, 距离为公差值 t 的两圆之间的区域</p>  <p>The diagram shows a cylindrical part with a feature. A dashed line represents the '基准轴线' (reference axis). A solid line represents the '测量圆锥面' (measurement conical surface) at an angle α. The tolerance zone is the region between two concentric circles of radius t centered on the reference axis.</p>	<p>被测面绕基准线 A (基准轴线) 旋转一周时, 在给定角度为 60° 的任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于 0.1</p>  <p>The diagram shows a tapered part with a feature. A dashed line represents the '基准线 A' (reference line A). A tolerance feature symbol is shown: a box containing a double slash, the value '0.1', and the letter 'A'. A measurement cone is drawn at a 60° angle from the reference line. A feature symbol 'A' is also shown at the end of the part.</p>

表 2-33

(mm)

符号	公差带定义	标注和解释
1. 径向全跳动公差		
	<p>公差带是半径差为公差值 t 且与基准同轴的两圆柱面之间的区域</p>  <p>The diagram shows a cylindrical part with a feature. A dashed line represents the '基准轴线' (reference axis). The tolerance zone is the region between two concentric cylinders of radii $t/2$ centered on the reference axis.</p>	<p>被测要素围绕公共基准线 $A-B$ 作若干次旋转, 并在测量仪器与工件间同时作轴向的相对移动时, 被测要素上各点间的示值差均不得大于 0.1。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>  <p>The diagram shows a cylindrical part with a feature. A dashed line represents the '公共基准线 A-B' (common reference line A-B). A tolerance feature symbol is shown: a box containing a double slash, the value '0.1', and the letters 'A-B'. The feature is measured relative to this common reference line.</p>

(续)

符号	公差带定义	标注和解释
	<p>2. 端面全跳动公差</p> <p>公差带是距离为公差值 t 且与基准垂直的两平行平面之间的区域</p>  <p>基准轴线</p>	<p>被测要素围绕基准轴线 D 作若干次旋转、并在测量仪器与工件间作径向相对移动时，在被测要素上各点间的示值差均不得大于 0.1。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 D 的正确方向移动</p> 

(二) 表面粗糙度

表面粗糙度是一种表示微观几何形状的误差。它是由切削过程中的刀痕、切削分裂时的塑性变形及振动等原因形成的。

表面粗糙度对于机械零件的使用性能，如配合的稳定性、耐磨性、抗腐蚀性、工件精度、冲击疲劳强度、摩擦力等以及对光学零件的光学性能及电气元件的电气性能等，都有较大影响。见图 2-48。

1. 主要评定参数

根据测定的不同方法，常用的评定参数：轮廓算术平均偏差（用 R_a 表示）；微观不平度十点高度（用 R_z 表示）；轮廓最大高度（用 R_y 表示）等。

(1) 轮廓算术平均偏差，在长度取样（ L ）中（见图 2-49），轮廓偏距 $Y_1、Y_2、Y_3 \cdots Y_n$ 其绝对值的算术平均值，为轮廓算术平均偏差。

(2) 微观不平度十点高度，在取样长度（ L ）中（见图 2-50），5 个最大轮廓峰高的平均值与其谷深的平均值相加。

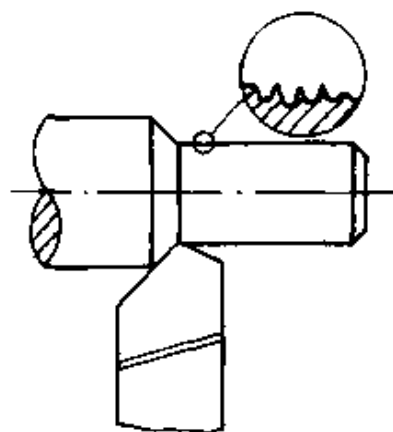


图 2-48 切削痕迹

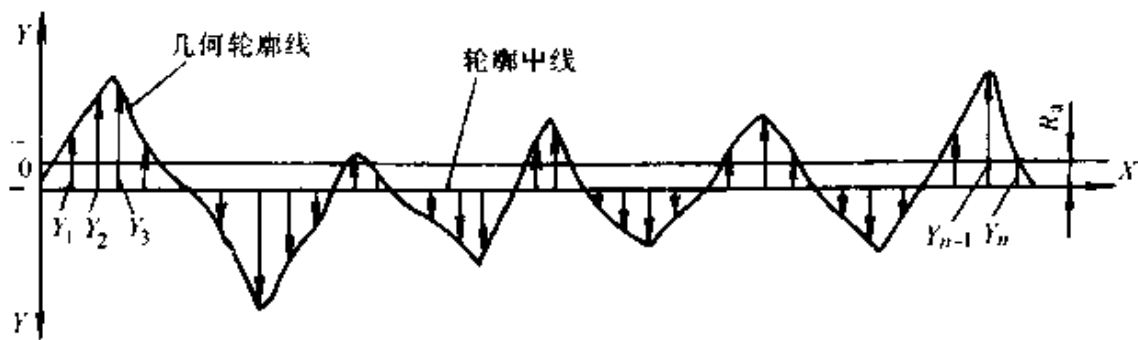
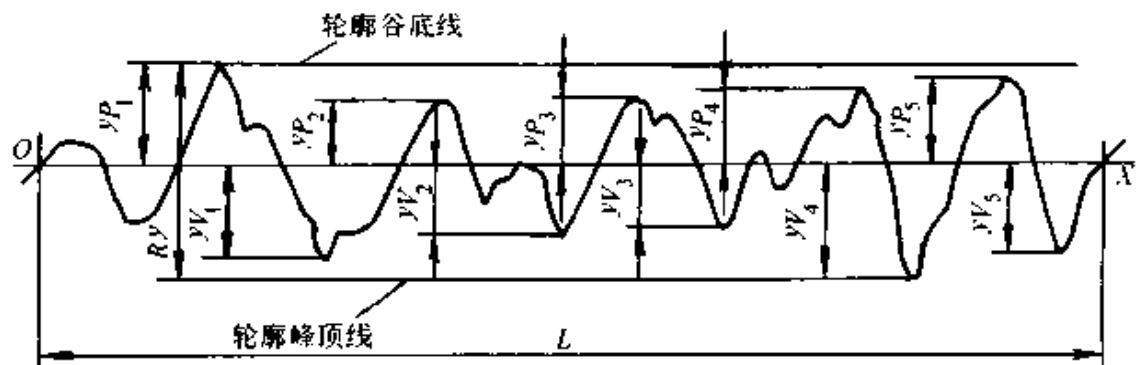
图 2-49 轮廓算术平均偏差 R_a 

图 2-50 微观不平度十点高度

(3) 轮廓最大高度，在取样长度 (L) 中，轮廓峰与谷低两者间的距离，见图 2-50。

(4) 表面粗糙度参数的选用

选用值见表 2-34、表 2-35。

表 2-34 轮廓算术平均偏差 R_a 的数值 (μm)

第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列
	0.003						
	0.010						
0.012			0.125		1.25	12.5	
	0.016		0.160	1.60			16.0
	0.020	0.20			2.0		20
0.025			0.25		2.5	25	
	0.032		0.32	3.2			32
	0.040	0.40			4.0		40
0.050			0.50		5.0	50	
	0.063		0.63	6.3			63
	0.080		0.80		8.0		80
0.100			1.00		10.0	100	




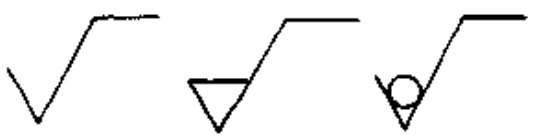
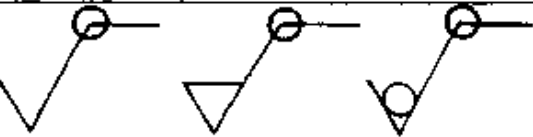
表 2-35 微观不平度十点高度 R_z 、轮廓最大高度 R_y 的数值 (μm)

第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列
			0.125		1.25	12.5			125		1250
			0.160	1.60			16.0		160	1600	
		0.20			2.0		20	200			
0.025			0.25		2.5	25			250		
	0.032		0.32	3.2			32		320		
	0.040	0.40			4.0		40	400			
0.050			0.50		5.0	50			500		
	0.063		0.63	6.3			63		630		
	0.080	0.80			8.0		80	800			
0.100			1.00		10.0	100			1000		

2. 表面粗糙度的代号及在图样上的标注

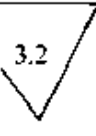
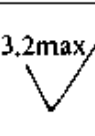
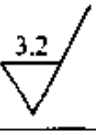
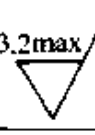

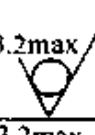
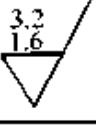

(1) 表面粗糙度的符号、代号, 见表 2-36。

表 2-36

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
	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 或者是用于保持原供应状况的表面(包括保持上道工序的状况)
	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

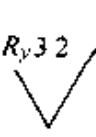
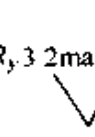
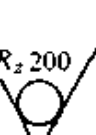
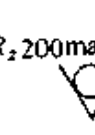
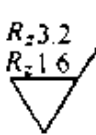
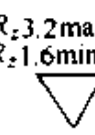
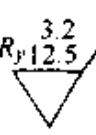
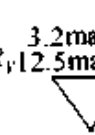
(2) 表面粗糙度高度参数轮廓算术平均值 R_a 值的标注, 见表 2-37。

表 2-37

代 号	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 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$, R_a 的下限值为 $1.6\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面粗糙度, R_a 的最大值为 $3.2\mu\text{m}$, R_a 的最小值为 $1.6\mu\text{m}$

(3) 表面粗糙度高度参数轮廓微观不平度十点高度 R_z , 轮廓最大高度 R_y 值 (单位 μm) 的标注, 见表 3-38。

表 2-38

代 号	意 义	代 号	意 义
	用任何方法获得的表面粗糙度, R_y 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$		用任何方法获得的表面粗糙度, R_y 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_z 的上限值为 $200\mu\text{m}$		用不去除材料方法获得的表面粗糙度, R_z 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_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_z 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 的上限值为 $3.2\mu\text{m}$, R_y 的上限值为 $12.5\mu\text{m}$		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_y 的最大值为 $12.5\mu\text{m}$

(4) 在图样上标注方法

表面粗糙度符号、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，符号的尖端必须从材料外指向表面，见图 2-51、图 2-52。代号中数字及符号必须按图中规定标注。

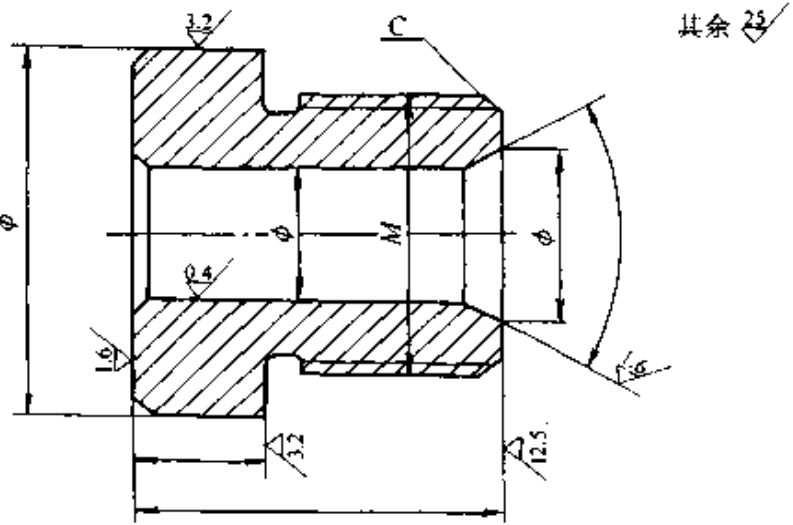


图 2-51 表面粗糙度的标注方法 (一)

带有横线的表面粗糙度符号应按图 2-53、图 2-54 标注。

在同一图样上，每个表面只标注一次符号、代号，并要靠近尺寸线。地位狭小不便标注时，符号、代号引出标注。

零件表面具有相同的表面粗糙度要求时，其符号、代号在右上角统一标注。

为简化标注方法，或位置受限时，可标注简化代号。

省略标注法要在标题栏内加以说明。

零件上连续表面及重复要素（孔、槽、齿…等）的表面和用细实线连接不连续的同—表面，其符号、代号只注一次。

同一表面有不同要求时，要划出分界线，并注明相应的代号和尺寸。

需要局部热处理或局部镀（涂）覆时，用线画出范围，并注明相应尺寸。

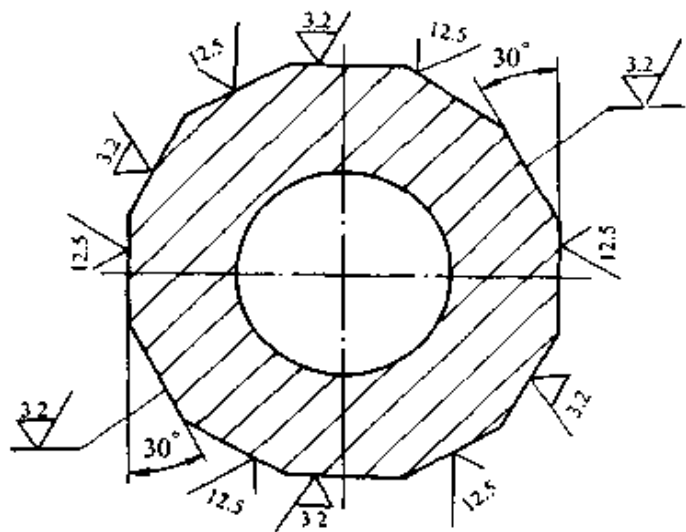


图 2-52 表面粗糙度的标注方法 (二)

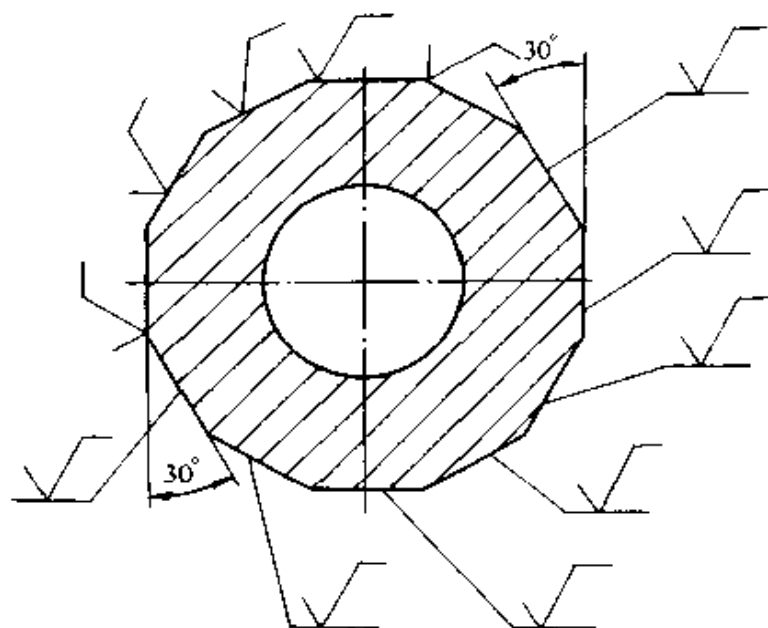


图 2-53 表面粗糙度的标注方法 (三)

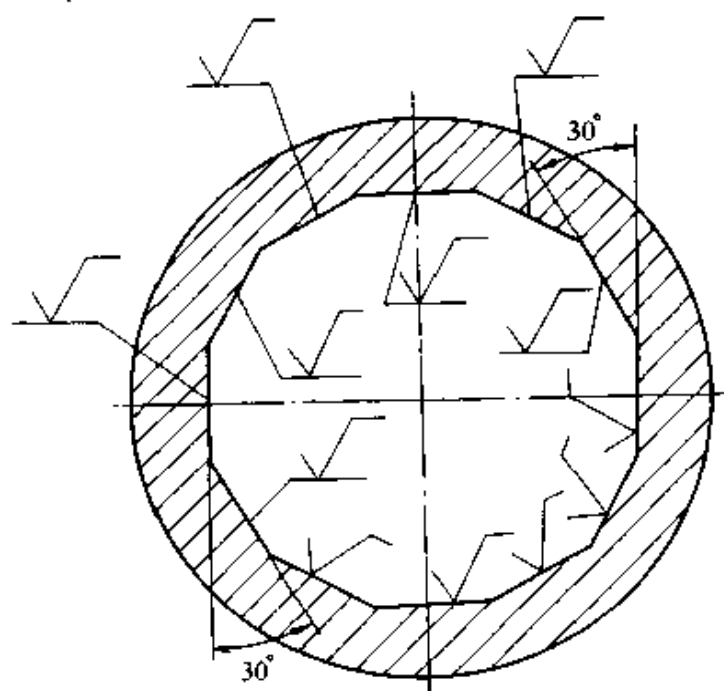


图 2-54 表面粗糙度的标注方法 (四)

第三章 机械设备安装的基本操作方法

在设备安装全过程中作为主要工种的钳工，他们基本操作水平的高低，直接关系到设备安装全过程的质量水平。因此，要练好基本功，满足每种安装操作的质量要求。这些基本操作技术有：划线、錾削、锯割、钻孔、攻丝与套丝、刮削、研磨、抛光、矫正与弯曲等。

第一节 划 线

按照设计图纸的要求，采用专用工具在工件表面上划出基准线，并打上冲点，即为划线。

一、基面的选择

划线是从选择基面开始的，根据基面来确定其它加工表面的位置。一般都把加工时用的原始面作为基面。

二、划线种类

1. 平面划线

见图 3-1。平面划线的方法与制图法相似，即在工件表面上画出几何图形。划线时，使用划线针、两脚规、直尺和角尺等工具。为了使加工完了后仍保留划线的痕迹，沿所划的线冲出不太深的冲点。在与划线相距 5~10mm 的部位划出平行的控制线。

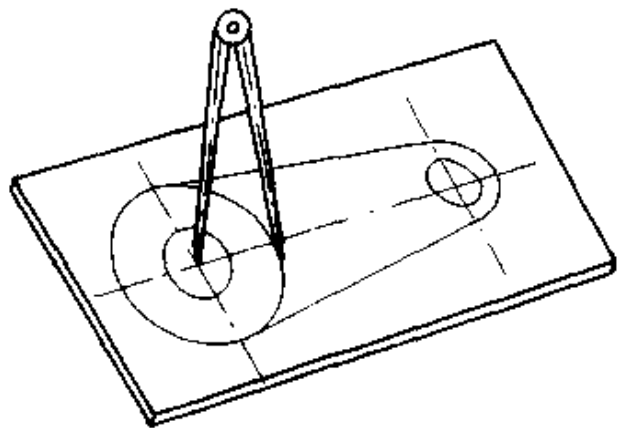


图 3-1 平面划线

大量的划线采用专用机床及样板。样板用硬纸板、钢板、木板等制作。制作金属构件时所用的样板的制作允差及划线允差见表 3-1。

制作储器及锅炉构件用的钢板，按平面展开图进行划线。弯曲零件的尺寸按中性面进行计算，中性面的尺寸在零件弯曲后可保持不变。

表 3-1 样板制作允差及划线允差

测量部位的名称	允差 /mm	
	样板上划线	工件上划线
零件的几何尺寸	±1	±2
矩形对角线	±2	±3
焊接对接接头的切割线	±0.5	±1
自由端口及搭接端口的切割线	±1	±2
两相邻轴线间的距离	±0.5	±1
孔中心离准线偏移值	±0.5	±0.5
相邻孔中心的间距	±1	±1
平行孔边缘的间距	±1	±1.5
直线的弧度(弯曲度)	1/1000, 但不大于 10	1/1000, 但不大于 15
轴线间的角的正切值	1/1000	1/700

2. 立体划线

见图 3-2, 划线时, 用棱柱块、斜楔垫铁、千斤顶等把工件安放在划线台上, 使工件基面或对称主轴线之一与划线台的平面互相平行。工件的位置用装有划线针的划线盘检查几个点, 根据高度表用划线针在每一个尺寸上划好水平线。

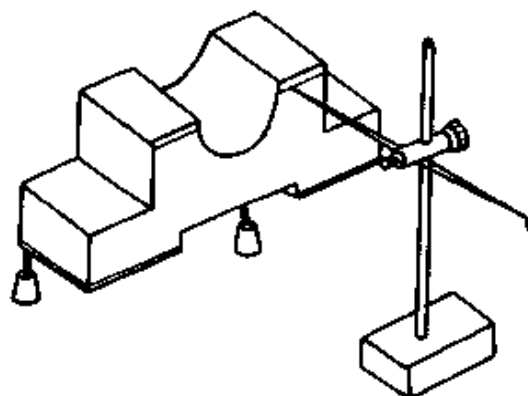


图 3-2 立体划线

三、划线前表面处理

划线表面处理方法, 见表 3-2。

表 3-2 划线前表面处理

表面清理		划线表面涂色		
涂色	涂以硫酸铜溶液	涂白垩粉	涂硫酸铜	涂清漆
使用钢刮刀及 钢丝刷	同左, 并放到 苛性钠或氢氧化 钠溶液内 (1L 水用 100g) 脱 脂	(1) 白垩粉 液 (8L 水加 1kg 白垩粉, 再 加 50g 水胶) (2) 普通干 白垩	硫酸铜溶液 (以 3 滴茶匙溶 于 1 杯水内)	(1) 洋干漆 溶于酒精并加入 洋红 (染料) (2) 快干清 漆

四、划线用工具

1. 平台

平台通常用铸铁制作，表面要进行精加工，它主要用来摆放工件和划线工具的。使用平台时，要放平，并保持表面清洁，不得损伤其表面，用完要清理干净，并涂以防锈油。

2. 划针

划针是用弹簧钢或高速钢制作。长200~300mm，直径3~6mm，划针头成15°角并经热处理。使用划针时要保持尖端锋利，防止退火软化，划出不清晰线条。划线时沿导向工具用力，要尽量一次划成，保持划线的正确性。

3. 划规

它是由中碳钢或工具钢制作，见图3-3，划规是用作划圆、圆弧、分角度、分线段以及量尺寸等。使用划规时，要保持尖端锋利，以保证其划线质量。

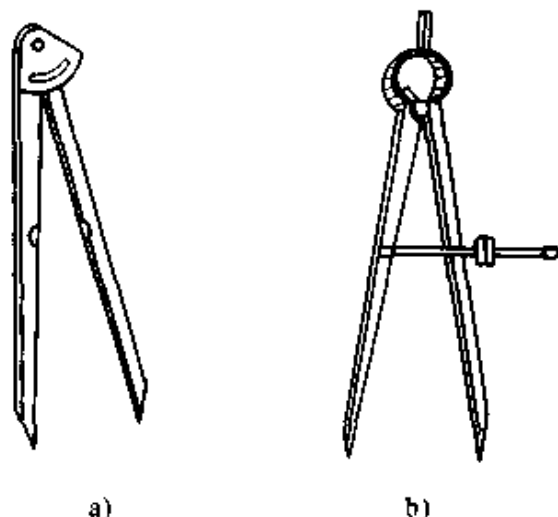


图 3-3 划规

a) 普通式 b) 弹簧式

4. 划线盘

它由底座、立柱、划针和固定螺母组成。划线盘用来划线和找正工件位置，见图3-4。

使用划线盘时，要固定牢固，划针放于水平位置，头部伸出要短，划时尺寸要准确，移动时保持平行。

5. 游标高度尺

这种游标尺属精密量具的一种。精度可达0.02mm。见图3-5。

6. 角尺

它主要用于检验工件相互垂直的平面，同时还可找正工件在平台上的垂直位置。

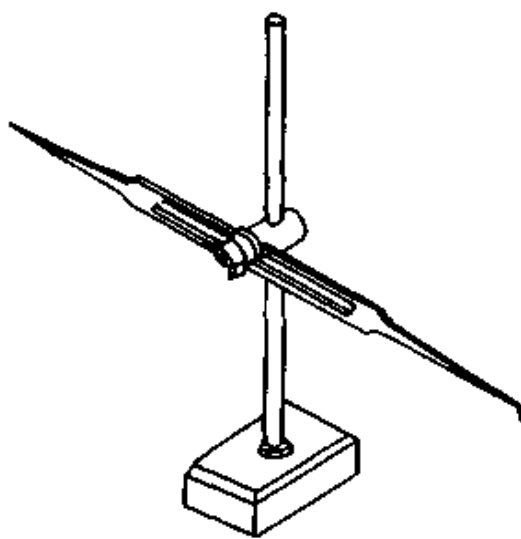


图 3-4 划线盘

使用角尺时，要轻拿轻放，防止损伤直角边的工作面。

7. 辅助工具

(1) V型铁 它是用碳钢或铸铁制作，见图 3-6。当用划针画圆形工件中心线时，应将其放在 V 形铁上固定。对于长形部件可用两个 V 形铁。

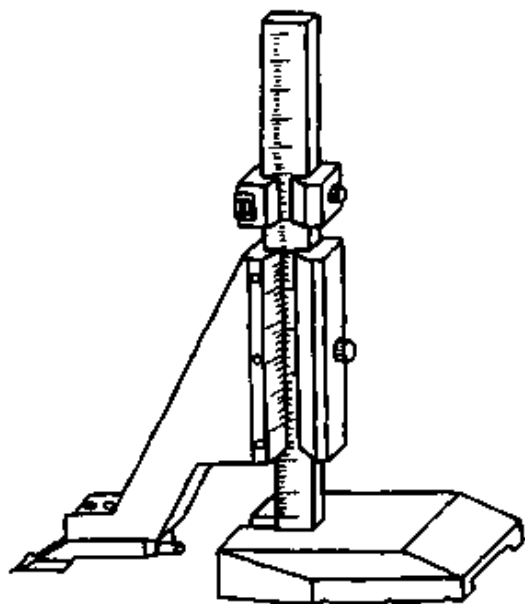


图 3-5 游标高度尺

(2) 方箱 见图 3-7，方箱由铸铁制成。它是划线时的辅助用具，在其上面可固定工件，翻转后，可划出相互垂直的线段。

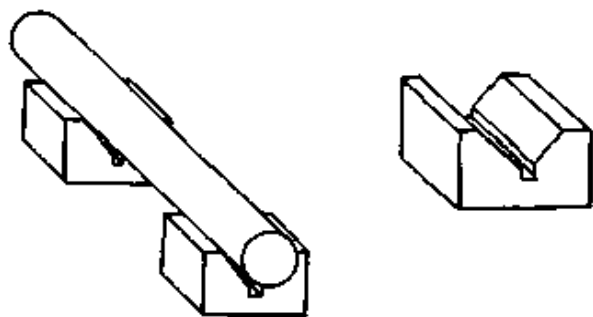


图 3-6 V型铁及其应用

(3) 角铁 它与压板配合使用，将工件固定在上面，找正后，可划出相互平行或垂直的线段。见图 3-8。

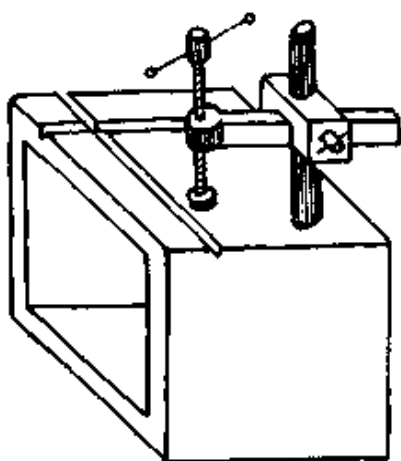


图 3-7 方箱

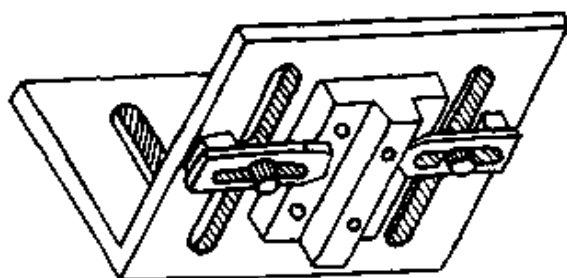


图 3-8 角铁及其应用

(4) 千斤顶 千斤顶是用来支持形体不规则的工件，它的高度可以

调整。使用时，要保持稳定，工件较重时可用两个千斤顶。工件的支承点要找准确，不能产生位移，必要时，采取措施。见图 3-9。

8. 样冲

样冲是用工具钢制作，并经热处理。它的尖角通常为 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。样冲的作用是在已划过的线上或划圆和圆弧时进行冲眼。在操作时，尖角对准线中，冲眼的间距要合适。根据工件的材质情况冲眼深度要适宜，即薄的、光滑的工件浅些，粗糙件表面应深些。

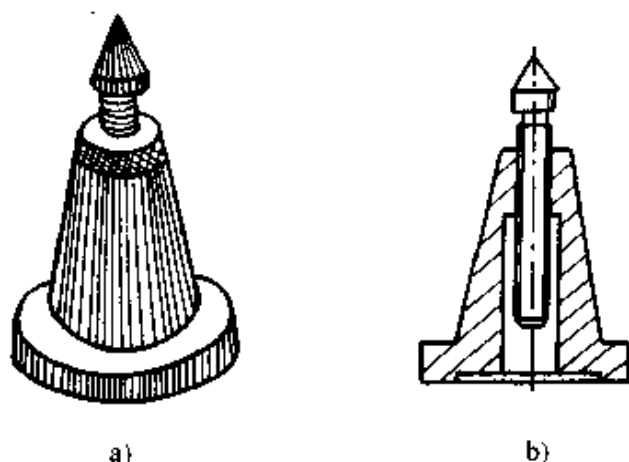


图 3-9 千斤顶

a) 完善千斤顶 b) 简单千斤顶

五、划线前的准备工作

除前面提到的表面处理外，还要作到：

1. 工件的涂色

涂色的目的主要是使划出的线条清楚。对加工表面可涂蓝油（其配比龙胆紫 2% ~ 4%、虫胶漆 3% ~ 5%、酒精 91% ~ 95%）。锻、铸件可用石灰水，如加点牛皮胶效果明显。涂色时要薄而均匀，不可太厚。

2. 加装塞块

对在孔上划圆或分圆周时，要在孔上加塞块，以求出工件孔的中心位置。塞块可用铅或木块，前者用于小孔，后者用于较大孔。见图 3-10。

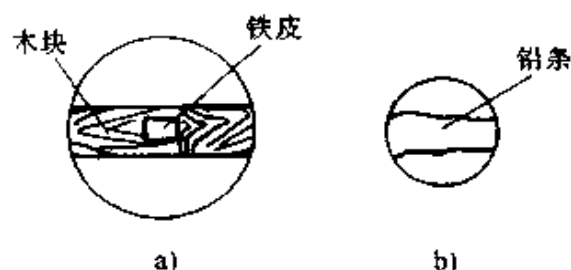


图 3-10 在孔中装中心块

a) 木块 b) 铅块

第二节 銼削与锯割

一、銼削

銼削就是从工件表面去掉一层金属的切削加工方法。

1. 銼子的种类和热处理

它是用碳素工具钢制作，并经热处理。常用的有下面几种，见图 3-11。

(1) 扁錾 这种扁錾是用作切割工件平面及分割材料。

(2) 狭錾 它用来錾削沟槽。

(3) 油槽錾 主要用它錾削油槽。

錾子的热处理是经过淬火、回火两阶段，目的是保持它的足够硬度。淬火时，将切削部分 20mm 长度加热至 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$ ，拿出后放入水中冷却，当变成黑色时，取出进行回火处理。

2. 锤子

锤子是錾子的配合工具。它的规格有 0.25kg、0.5kg、0.75kg、1kg 等。用坚固的木材长 350mm 左右作成锤柄。锤柄装入锤头中要紧密，并在头部打入楔子锁紧。

3. 錾削方法

(1) 薄板料的切断，可夹在虎钳上进行，工件的錾切线要夹持得和钳口平齐。板料夹持要十分牢固，防止其松动。錾切时，錾子刃口不能平对板料錾切。

(2) 錾削较厚材料时，先在各方向錾出凹痕，然后再进行切断。

(3) 厚度在 4mm 以下的较大板料切断时，可用软衬铁垫在铁砧上或平板上从一面錾开。錾切前，要划好切断线，錾刃距切断线 2mm 左右开始錾削，錾断后的材料不应有翘曲和錾损切断线的现象。

(4) 錾削钢、铜工件时，为使其表面光洁，除磨出适宜的錾子楔角和一定的后角外，还可用乳化液或机油进行润滑。

(5) 在錾削油槽时，切削方向要沿着曲面、圆弧而动作，而切削角不变，这样油槽深浅相同而光洁，錾好后，用刮刀或砂布去掉边上的毛刺。

(6) 金属錾削的类型 金属錾削的类型，见表 3-3。

4. 錾削的要点

(1) 錾切脆性金属时，要从两边向中间錾切，避免将边缘材料錾断。

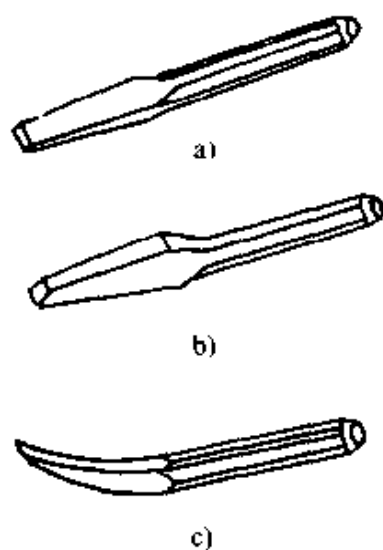


图 3-11 錾子种类

a) 扁錾 b) 狭錾

c) 油槽錾

表 3-3 金属錾削的类型

手 工 錾 削	机 械 化 錾 削
使用手锤和錾子；手锤计算重量为 40g，配用 1mm 宽的錾子；或使用重量为 80g 的手锤，配用 1mm 宽的扁突錾。铲去厚 1~2mm 的金属屑	使用风动或电动铆钉铲锤。机械化錾削的劳动效率较手工錾削高 5~6 倍

(2) 錾子应经常刃磨锋利。刃口钝了不但效率不高，而且錾出的表面也较粗糙，刀刃也容易崩裂；

(3) 錾子头部的毛刺要经常磨掉，以免伤手；

(4) 发现锤柄松动或损坏，要立即装牢或更换，以免锤头飞出发生事故；

(5) 錾切的时候，最好周围有安全网，以免錾下来的金属碎片飞出伤人。錾切时，操作者最好要戴上防护眼镜；

(6) 保持正确的錾切角度。如果后角太小即錾子放得太平，用手锤锤击时，錾子容易飞出伤人；

(7) 錾削时，錾子和手锤不准对着旁人；操作中握锤的手不准带手套，以免手锤滑出伤人；

(8) 锤柄严防沾有油污，否则手锤会飞出伤人；

(9) 每錾削两三次后，可将錾子退回一些。刃口不要老是顶住工件，这样，既可随时观察錾削的平整度，又可使手臂肌肉放松一下，下次錾削时，刃口再顶住錾处。如此有节奏的工作，既便于控制錾层，又可使手臂适当休息，效果较好。

(10) 磨錾子时，要放在砂轮机水平中心线以上，用力不要过大，防止錾子卡在砂轮和架中间，发生事故。

二、锯割

用手锯把工件锯断或开槽的操作方法，称为锯割。

(1) 手锯由锯弓和锯条两部分组成。见图 3-12。锯弓分可调式和固定式。锯条可用渗碳软钢、碳素钢、合金钢制作，并经热处理。常用锯条长 300mm。锯条分粗、中、细三种。

细齿锯条适用锯割硬材料和薄型材料，粗齿锯条锯软材料和表面较大工件和材料。



图 3-12 锯弓
a) 可调式 b) 固定式

(2) 锯条安装时，锯齿要向前，松紧要合适，防止锯条损坏。锯缝超过锯弓高度时，要使锯弓和锯条调整成 90° 。

(3) 工件的夹持应在台虎钳左面，伸出部分不要过长，避免产生振动。锯割线要同钳口垂直。工件要固定牢固。

(4) 在锯割的时候，压在锯条上的压力和锯条在工件上往复的速度，都影响到锯割效率。选择锯割时的压力和速度，必须按照所锯工件材料的性质来决定。

锯割硬性材料时，因不易切入，压力应该大些，防止产生打滑现象；锯割软性材料时，压力应该小些，防止产生咬住现象。但是，不管何种材料，锯割时，当朝前推锯的时候，对弓锯要施加压力，而在朝后拉时，不但不需要加压力，还应把弓锯微微抬起，以减少锯齿的磨损（当锯不锈钢时尤其应如此）。当工件快锯断时，压力应减小，要用手扶住悬在虎钳外的一段，以免工件落下造成工伤事故及摔坏工件。

弓锯的锯割速度以每分钟往复 20—40 次为宜。锯割软材料（软钢、铜合金等）速度可以快些；锯割硬材料（如工具钢）时，速度应该慢些。速度过快，锯齿容易磨损；过慢，效率不高。

使用弓锯时，应该使锯条全部长度都利用到，但注意不要碰到弓架的两端。只有这样，锯条在锯割中的消耗才能平均分配于全部锯齿，才能延长它的使用寿命。相反，要是只使用中间一部分的锯齿，锯条的使用寿命就缩短了。一般往复长度不应小于锯条长度的 $2/3$ 。

锯断棒料、管子、条料、薄板等材料时，首先在原材料或工件上划出锯割线，划线时应考虑锯割后的加工余量。锯割时思想应集中，要始终使锯条与所划的线重合，这样才能得到理想的锯缝。如果锯缝有歪斜，应及时纠正。若已歪斜很多，应改从工件锯缝的对面重新起锯。如果不换方向而硬借锯缝，很难把它改直，而且很可能折断锯条。

第三节 锉削与钻孔

一、锉削

锉削也是钳工操作的一项基本方法。它主要是用锉刀对金属表面进行切削加工，使工件表面达到图纸的要求。锉削的范围有：外表面、内外角、曲面、沟槽以及孔等。

1. 锉刀的种类及选用

锉刀可分为钳工锉、特种锉、整形锉三种。普通锉包括：平锉、圆锉、方锉、三角锉和半圆锉。特种锉用于特殊形体表面的锉削，整形锉是对精细工件进行锉削，见图 3-13。

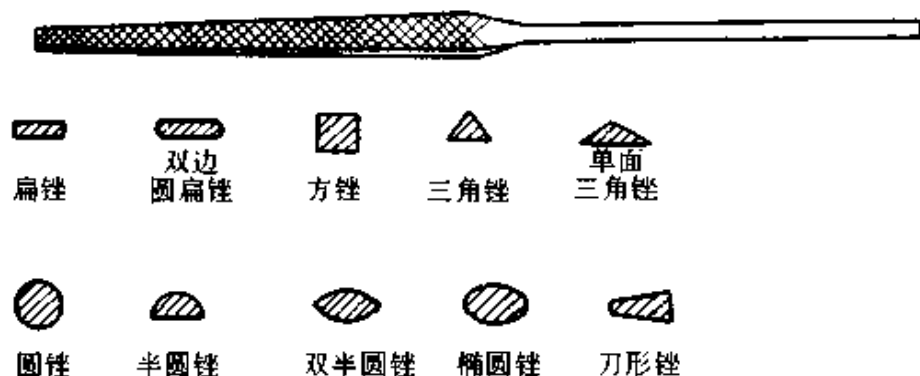


图 3-13 整形锉及各种整形锉断面形状

锉刀的材质是用高碳工具钢经热处理制成，其硬度可达 62～67HRC。

锉刀规格是用齿纹距离大小表示的，它分为粗锉刀、细锉刀和极细锉刀。

锉刀要配有大柄，装时要紧并加工铁箍固定。锉刀的装、拆见图 3-14，图 3-15。

锉刀的选择要根据工件的材质、加工余量、加工的精度、表面的形状以及加工面的大小等因素来决定。

2. 锉削方法

(1) 锉刀的握法（见图 3-16） 握小锉刀时，左手四指压住锉刀的中部或用食指抵住锉刀尖部，并用拇指压锉刀上边。

握中锉刀时，右手握住锉刀柄，柄部抵住掌心，大拇指放在柄的上端，其它四指握住锉刀柄，左手拇指、食指和中指捏住锉刀尖。

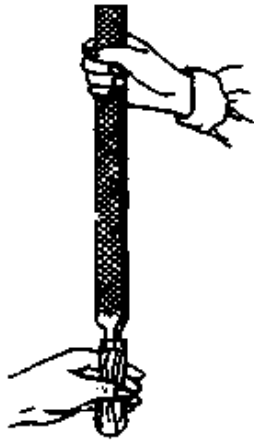


图 3-14 锉刀柄装法

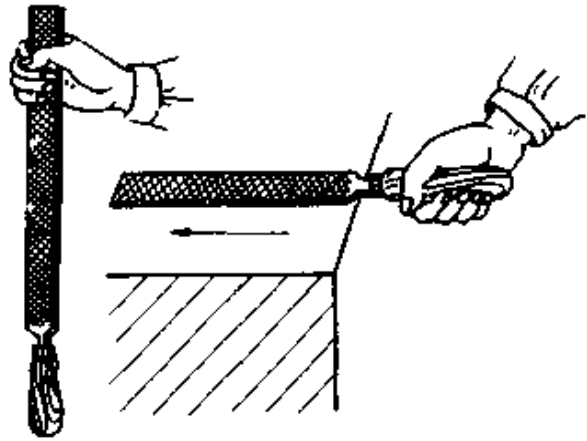


图 3-15 锉刀柄的拆卸

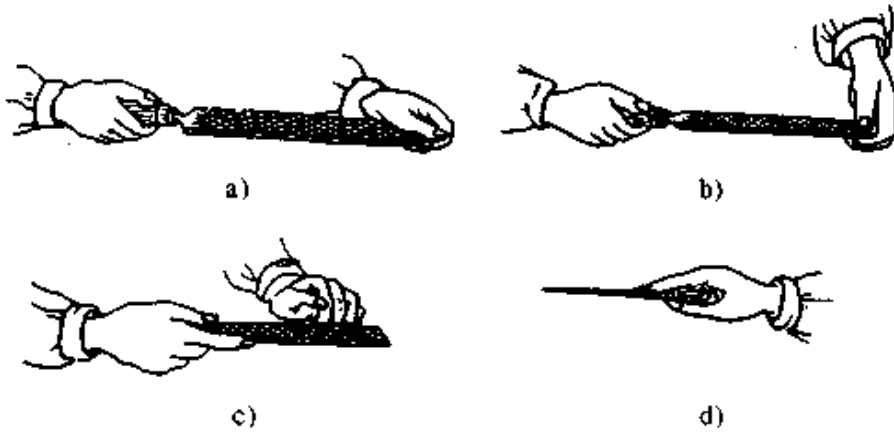


图 3-16 锉刀的握法

a) 大锉刀握法 b) 中锉刀握法 c) 小锉刀握法 d) 细锉的握法

大锉刀的握法，先用右手握住锉刀柄，柄端顶住掌心，大拇指放在柄的上部，其它四指握住锉刀柄。左手拇指根部压住锉刀前边，中指和小指抵住锉刀尖部。

细锉的握法只使用右手握住锉刀。

(2) 锉削的姿势 锉削时，操作人员站立两脚与工作台分别为 30° 与 75° 的位置。用力时，身体重心落在左脚上，左腿稍弯，右腿伸直。两手握锉刀放在工件上，左臂弯曲，右小臂与工件面保持水平状态。

(3) 工件的固定 工件要固定在台虎钳中间，要牢固不能产生变形。工件离钳口要低，防止锉削时晃动。锉削精密工件时，钳口应用软金属采取保护措施。

(4) 锉削方法

1) 锉削基础架和基础板、机架、减速器壳体、轴承等的支撑面, 以保证上述机件的紧密贴合。检验时, 用样板涂色来检验或是用塞尺检验。结合面间的间隙的容许值应小于 0.05mm。

2) 锉削以软垫片互相结合的零件表面 (如盖板、端盖等)。检验时, 用样板涂色来检验或以塞尺检验。结合面间的间隙的容许值小于 0.1mm。

3) 锉削零件表面以清除毛刺、斑痕和其它缺陷并将不平处锉平。

锉削分为深锉 (锉掉金属表层厚度在 0.2mm 以上) 和浅锉 (锉掉金属表层厚度不超过 0.1mm)。

深锉时, 使用油石、粗锉刀; 浅锉时, 使用细锉刀和油光锉刀、什锦锉刀。

每一工作行程锉掉的金属厚度平均值见表 3-4。

表 3-4 每一工作行程锉掉金属厚度平均值

锉削工具名称和等级	油石	粗锉刀 (第 1 级)	细锉刀 (第 2 级)	油光锉刀 (第 3~第 6 级)
锉掉金属厚度 /mm	小于 0.03~0.15	小于 0.05~0.1	0.02~0.06	很薄的一层

4) 加工各种材料的机件表面时, 宜使用交叉锉纹的第 1 级和第 2 级标准锉刀。

5) 加工软金属 (巴氏合金、铅等) 时使用单纹锉刀。

6) 锉平面可用交叉方向进行, 这种方法可从锉削痕迹上反映出高低部位, 因此, 容易锉出准确的平面。检查平面锉平质量, 可用涂色法或用靠尺贴在锉削部位上, 用塞尺进行检查。

锉两个互成角度的平面时, 先锉精度高的一面, 然后再锉另一面。检验互成的角度时, 要以精度高的一面为准, 用直角尺进行检查。

7) 推锉方法用于加工余量较小与修平面、修正尺寸的部位。

(5) 锉刀的维护保养 毛坯工件或热处理过硬的不能用锉刀锉削。

使用锉刀时, 先用一面, 钝后再用另一面。锉刀的放置不能重迭, 也不要与硬金属相撞。锉刀不准沾油、沾水, 以防止锈蚀和打滑。

(6) 锉削作业中的注意点 在锉削过程中, 不要用手摸锉过的工件表面, 以免产生锉刀打滑现象。对于无木柄的锉刀不要使用以防止伤

手，锉刀用完后应放在工作台中间。操作中不要用嘴吹铁屑，以保护不伤眼睛。

二、钻孔

用手电钻、立式钻床、摇臂钻床加钻头对工件进行切削加工圆孔称为钻孔。

1. 麻花钻头的结构

它是由柄部、颈部及工作部等组成。见图 3-17。

柄部是用来将其装在钻孔设备上。它又有圆柱形和圆锥形两种。直径小于 13mm 的钻头，其钻柄多为圆柱形，用钻卡具装在钻床上。直径大于 13mm 的钻头，其钻柄多为圆锥形，钻柄可直接插入钻孔设备的主轴孔内，利用锥面形成的摩擦力使钻头转动进行钻孔。

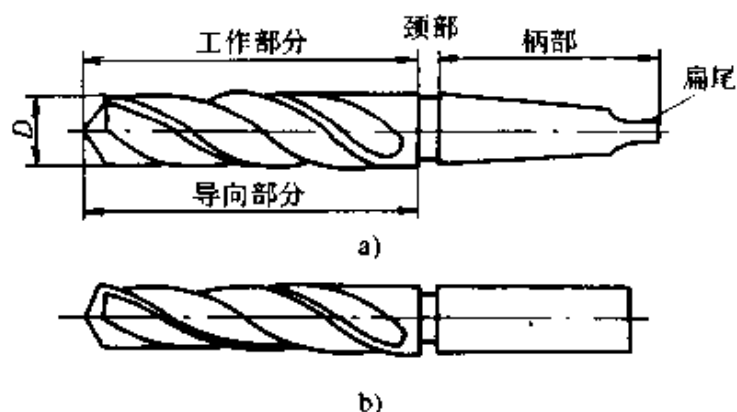


图 3-17 麻花钻

a) 圆锥柄钻头 b) 圆柱柄钻头

颈部是磨钻头时为砂轮退刀使用，同时其上面还刻有钻头的规格。

工作部可分为切削、导向两部分。切削加工是通过螺旋槽的切削来完成，同时还兼有排铁屑和进入冷却液之用。导向部分是保持钻孔方向的准确及修光孔壁。

2. 麻花钻头切削部分几何参数（见图 3-18）

(1) 前刀面 钻头切削部分螺旋槽表面。

(2) 后刀面 切削部分顶端两个曲面。

(3) 主切削刃 前、后刀面的交线。

(4) 副后刀面 钻头的棱边与已加工表面相对的表面。

(5) 副切削刃 前刀面与副后刀面的交线。

(6) 横刃 两后刀面交线。

(7) 顶角 两主切削刃相交之角，用 2ϕ 表示，顶角大小要看加工条件，在磨钻头时确定，通常顶角为 $118^\circ \pm 2^\circ$ 。

(8) 前角 主切削刃上任一点在前刀面的切线与垂直切削平面的垂线间的夹角，用 γ 表示。越靠近外径，前角越大，在中心点约为 0° 左

右。

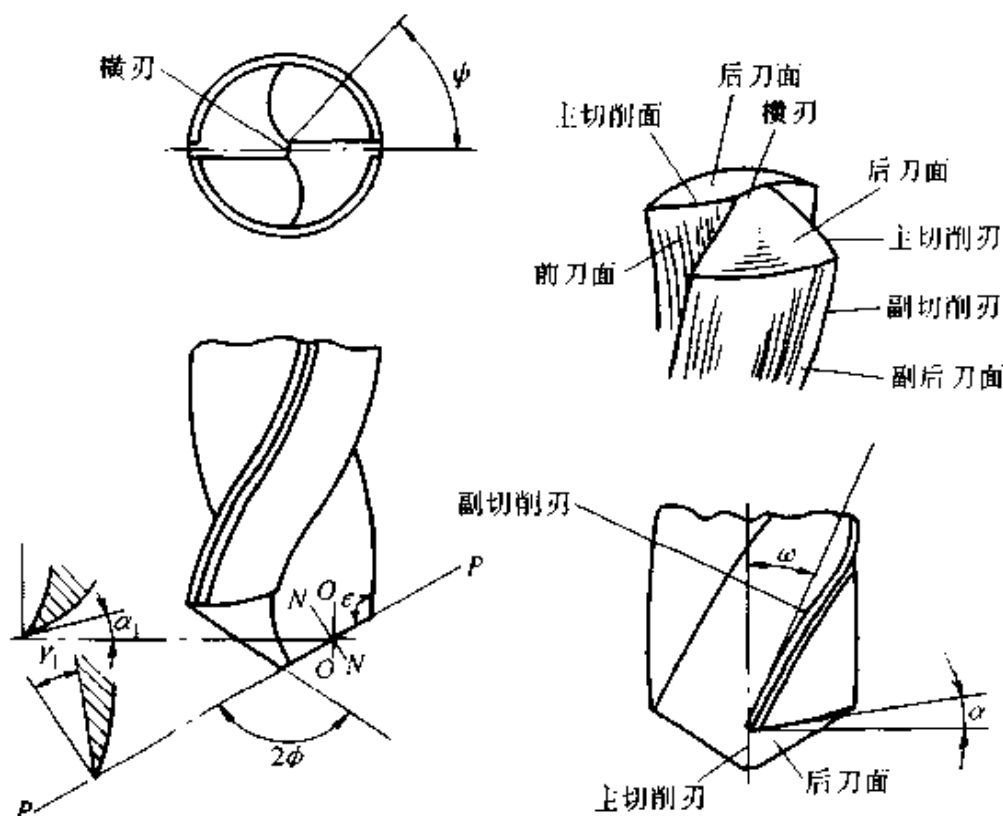


图 3-18 麻花钻的几何参数

(9) 后角 主切削刃上任一点在后刀面的切线与切削平面之间的夹角，用 α 表示。后角在外缘处最小，靠近中心则大。

(10) 横刃斜角 横刃与主切削刃之间的夹角。用 φ 表示。当靠近钻心处的后角磨得越大，横刃斜角越小；而横刃加长一些，横刃越长，钻进阻力越大，同时还不好定心。因此，钻孔开始时应将横刃磨短。

(11) 螺旋角 主切削刃上最外缘螺旋线的切线与钻心轴线间的夹角，用 ω 表示。钻头直径越小， ω 越小，以此提高钻头强度。一般直径在 10mm 以上的 $\omega = 30^\circ$ ，直径在 10mm 以下的 $\omega = 18^\circ \sim 30^\circ$ 。

3. 钻头的刃磨

钻头的刃磨是在砂轮机上进行。刃磨方法见图 3-19。用砂轮机托架作支点，握住钻身头部并捏住钻柄，要使钻身呈水平状态，钻头中心线与砂轮圆柱面成横刃斜角，再将刃口平行与砂轮面接触，并加力。在刃磨时应将钻头沿轴线转动约 $35^\circ \sim 45^\circ$ ，钻柄下摆约等于后角，一面磨好再换另一面。

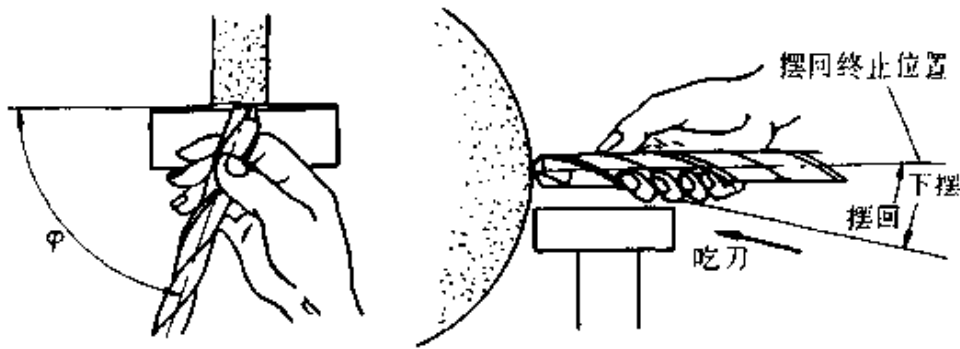


图 3-19 麻花钻的刃磨方法

钻头磨完是否达到标准要求，可用目测法进行检查，具体作法是：将钻头直立，用两眼平视，察看刃口，并多次使钻头绕轴心线转动 180° ，细看两切削刃是否等长，高低是否相同。如结果一致，即达到标准要求。

在刃磨钻头时，要随时浸入水中冷却，防止切削部分退火。

4. 钻头的辅助工具

(1) 钻夹头 对 13mm 以下圆柱柄钻头，利用钻夹头固定。见图 3-20。夹头体 1 的上端有一锥孔，与夹头柄紧配，夹头柄装入钻床的主轴孔内。夹爪 4 用来夹紧钻头的直柄，它与环形内螺母 5 相啮合。当通过钥匙 3 旋转夹头套 2 时环形内螺母随同旋转，从而使夹爪张开或合拢。

(2) 钻头套 它是用来装夹锥柄钻头。按照锥柄锥度号数选择钻头套，见图 3-21。

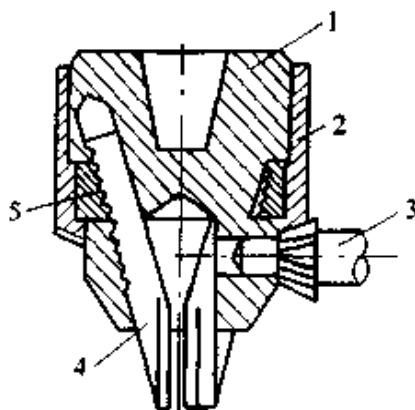


图 3-20 钻夹头
1—夹头体 2—夹头套
3—钥匙 4—夹爪 5—内螺纹

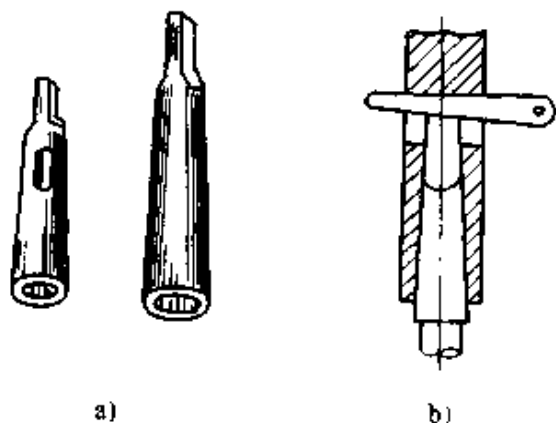


图 3-21 钻套和钻头的拆卸
a) 钻头套 b) 钻头的拆卸

钻头套有 1~5 号，小号锥孔小，大号锥孔大。按操作工艺的需要，还可用几个钻套进行配接。

5. 钻孔方法

(1) 钻孔前先准备好钻孔设备和工具，然后在工件上划好线，并打上冲眼。

(2) 钻孔操作时要对准被钻工件钻孔中心线，并将钻头落入冲眼。钻时应检查有否偏斜，发现问题应及时纠正。

(3) 不通孔施钻时，要调整好挡块，随时检查尺寸，保证深度准确。

(4) 钻孔时，手进刀量可参照表 3-5。

(5) 使用手持风钻和电钻钻孔时，不宜用过大压力，以避免钻头吃刀过深。

(6) 钻深孔时，当孔深是直径 3 倍时，钻头应经常抽出排除金属屑。

表 3-5 钻孔时的手进刀量 (麻花钻)

加工的材料	钻孔直径/mm																
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	40	50	60	
	进刀量 S /mm/转																
钢的抗拉强度/MPa	<900	0.15	0.18	0.22	0.26	0.22	0.19	0.15	0.14	0.13	0.11	0.1	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03
	900~1100	0.11	0.14	0.16	0.19	0.16	0.14	0.11	0.1	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.04	0.03	0.02
	>1100	0.09	0.11	0.13	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02
< 170HB 的 铸铁、青铜、黄铜、铝合金		0.38	0.45	0.5	0.5	0.4	0.35	0.3	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.12	0.09	0.07
≥ 170HB 的 铸铁		0.22	0.22	0.3	0.3	0.24	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	0.07	0.06	0.04

(7) 在钢、黄铜及轻质合金上钻孔时，一定要使用冷却液。

(8) 钻大孔(直径超过 30mm)，可先用小钻头(相当于孔径的 0.5~0.7 倍钻头)钻孔后，再用所需孔径钻头进行扩孔，这种方法既减小轴向力，又能保证钻孔质量。

(9) 用机械钻钢、铸铁及有色金属时，其进刀量可参照表 3-6 的规定。

表 3-6 钢、铸铁及有色金属钻孔时(机械钻孔)的进刀量
(用高速钢制成的麻花钻头)

钻头直径 /mm	钢的抗拉强度/MPa			< 170HB 的 铸铁和有色金 属	≥ 170HB 的 铸铁
	900 以下	900~1100	1100 以上		
进 刀 量 S /mm					
8	0.1~0.2	0.07~0.14	0.06~0.12	0.2~0.4	0.12~0.24
10	0.12~0.25	0.1~0.19	0.08~0.15	0.26~0.52	0.15~0.31
12	0.14~0.28	0.11~0.21	0.09~0.17	0.29~0.58	0.17~0.35
16	0.17~0.34	0.13~0.25	0.1~0.2	0.34~0.68	0.2~0.41
20	0.2~0.39	0.15~0.29	0.12~0.23	0.39~0.78	0.24~0.48
24	0.22~0.43	0.16~0.32	0.13~0.26	0.43~0.87	0.26~0.52
28	0.24~0.47	0.17~0.34	0.14~0.28	0.47~0.95	0.27~0.54
30	0.25~0.5	0.18~0.36	0.15~0.3	0.5~1	0.3~0.6
35	0.27~0.54	0.2~0.4	0.16~0.32	0.55~1.1	0.33~0.66
40	0.29~0.58	0.22~0.43	0.17~0.35	0.59~1.18	0.35~0.71
45	0.32~0.63	0.23~0.46	0.19~0.38	0.62~1.25	0.37~0.75
50	0.34~0.67	0.25~0.49	0.2~0.4	0.67~1.35	0.4~0.81
55	0.35~0.71	0.26~0.52	0.21~0.43	0.71~1.42	0.42~0.85
60	0.38~0.75	0.28~0.55	0.23~0.45	0.75~1.5	0.45~0.9

(10) 孔的表面精度和孔轴线的垂直度, 通常可用样板涂色法进行检查。

(11) 当孔钻在工件斜面上时, 为减少钻孔中负载不均, 可先在斜面上开出一个与钻头垂直的平面, 再进行钻孔。

(12) 钻孔用冷却液 结构钢及工具钢采用乳浊液; 合金钢用乳浊液或混成油; 灰铸铁采用干(式)或煤油; 可锻铸铁用乳浊液; 青铜采用干(式)或乳浊液; 铅用干(式)或乳浊液、煤油; 铝镁合金采用混成油或乳浊液; 硅铝合金用乳浊液。

(13) 钻头过早磨损原因及防止方法, 见表 3-7。

6. 钻孔作业中注意事项

(1) 钻孔时, 要先把被加工工件固定牢固, 绝不能产生移动现象。

(2) 钻通孔时, 在接近钻通时, 应放慢速度减小进刀量。

表 3-7 钻头过早磨损原因

磨损类型	磨损原因	防止方法
钻头工作部分折断	1. 低速切削时, 进刀量太大, 后角过大 2. 使用已磨钝的钻头 3. 钻头钻透孔自孔内穿出时, 钻头被塞住; 自零件倾斜下表面的透孔穿出时, 钻头被塞住	1. 增加切削速度或减少进刀量从新磨钻头, 增大其后角 2. 按时修磨钻头, 不许使用已磨钝的钻头 3. 在钻通透孔前, 减少手进刀量在钻通以前, 减少手进刀量, 并在零件的倾斜状下表面的下边承垫垫板
钻头切削刃崩刃	在加工的零件上有硬物 (非金属夹渣)	铲掉孔内金属上的硬物, 使用硬质合金钻头
切削刃磨钝	1. 切削速度过高及进刀量过大 2. 钻孔时未予冷却, 致使钻头过热	1. 减少切削速度及进刀量 2. 选用适宜的冷却液
钻头圆柱形柄磨损	钻头在夹头内松动	把钻头放在夹头内紧固牢靠

(3) 被钻工件下面应垫以木块, 以保护工作台不受损坏。

(4) 钻孔时, 不准戴手套; 同时女工操作时, 要戴防护帽。

(5) 正在钻孔中不准用手清理铁屑或用嘴吹, 以防止其受伤。

(6) 在钻轴未停止前, 不要用手硬性停止钻夹头, 松紧钻夹头应使用钥匙进行, 不能用铁器敲打。退出钻头时应使用楔铁。

(7) 钻床改变速度时, 应先停止转动后进行变速。

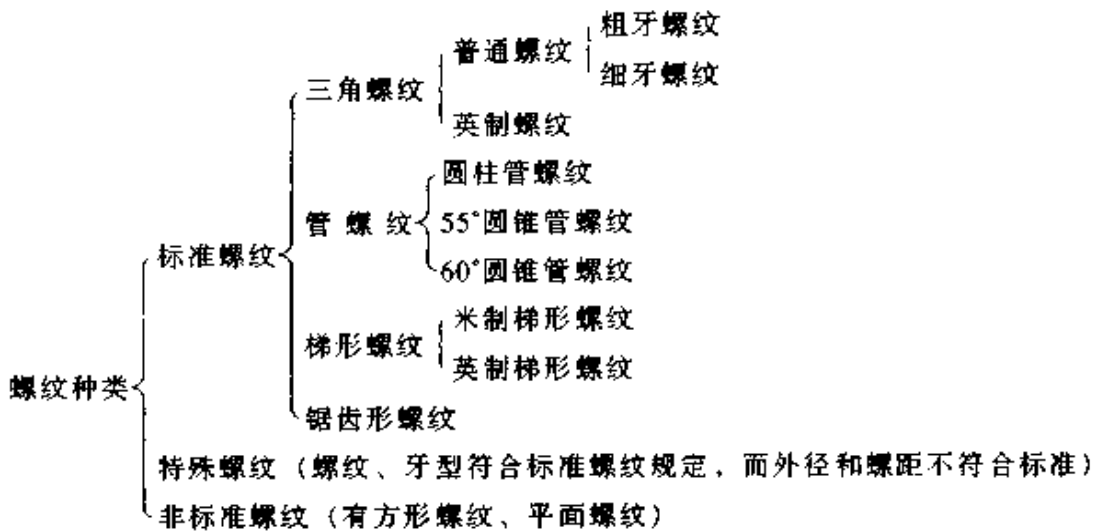
(8) 用电钻时, 要采取绝缘措施 (戴绝缘手套, 脚踏板要垫绝缘垫)。

第四节 攻螺纹与套螺纹

攻螺纹是在工件孔内用丝锥加工内螺纹; 套螺纹是在工件上用板牙加工外螺纹。攻螺纹和套螺纹可采用手工和机械两种方法。

螺纹的分类方法较多, 一般可参照下表所列的分类方法 (见表 3-8)。

表 3-8 螺纹分类表



一、螺纹的主要几何参数及代号

螺纹的主要几何参数有大径 (D 、 d)、小径 (D_1 、 d_1)、中径 (D_2 、 d_2) 牙型角 (α)、牙型斜角 (β)、螺距 (P)、导程 (L)、升角 (λ)、螺纹线数 (n)、工作高度 (h)。

常用标准螺纹的代号，见表 3-9。

表 3-9 标准螺纹代号

螺纹类型	代号	代号示例	代号示例说明
粗牙普通螺纹	M	M10	粗牙普通螺纹，公称直径 10mm
细牙普通螺纹	M	M10×1	细牙普通螺纹，公称直径 10mm，螺距 1mm
梯型螺纹	Tr	Tr30×10/2-3 左	梯型螺纹，公称直径 30mm，导程 10，线数 2，3 级精度，左旋
锯齿型螺纹	B	B70×10	锯齿型螺纹，公称直径 70mm，螺距 10mm
圆柱管螺纹	G	G3/4·LH	圆柱管螺纹，管子孔径为 3/4"，左旋（右旋不标注）
圆锥管螺纹	R	R5/8	圆锥外螺纹，管子孔径为 5/8"，圆锥内螺纹牙型代号为 R _i
布锥管螺纹	K	K1"	布锥管螺纹，管子孔径为 1"

常用的普通螺纹的外径和螺距的标准尺寸见表 3-10。

二、攻螺纹

1. 丝锥的组成

表 3-10 普通螺纹的直径与螺距

(mm)

公称直径 d	螺 距 t		公称直径 d	螺 距 t	
	粗 牙	细 牙		粗 牙	细 牙
3	0.5	0.35	20	2.5	2, 1.5, 1
4	0.7	0.5	24	3	2, 1.5, 1
5	0.8	0.5	30	3.5	2, 1.5, 1
6	1	0.75	36	4	3, 2, 1.5
8	1.25	1, 0.75	42	4.5	3, 2, 1.5
10	1.5	1.25, 1, 0.75	48	5	3, 2, 1.5
12	1.75	1.5, 1.25, 1	56	5.5	4, 3, 2, 1.5
16	2	1.5, 1	64	6	4, 3, 2, 1.5

丝锥有机用、手用两种。机用通常指高速钢丝锥；手用则为碳素钢或合金工具钢丝锥。同时丝锥还分细牙和粗牙两种。

丝锥是由工作部分（切削部分和校准部分）和柄部构成，见图 3-22。

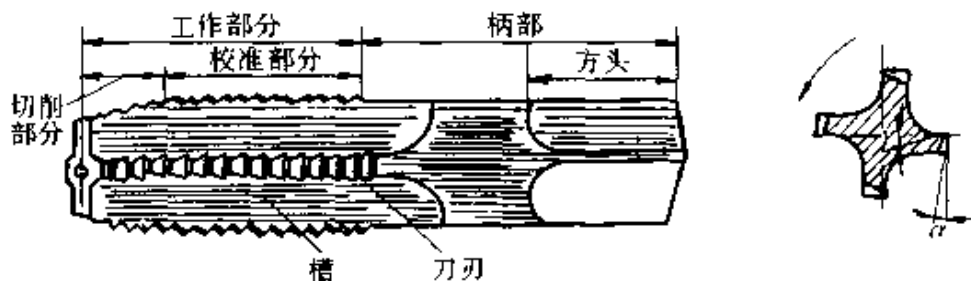


图 3-22 丝锥的组成

2. 丝锥的种类

丝锥的种类较多，常用的有机用、手用普通螺纹丝锥，圆柱管螺纹丝锥、圆锥管螺纹丝锥等。机用和手用普通螺纹丝锥还有粗牙和细牙之分；又有粗柄、细柄之分；单支、成组之分；等径、不等径之分。此外还有长柄机用丝锥、短柄螺母丝锥、长柄螺母丝锥等。

为了改进排出金属屑的方法，还制作有斜槽丝锥，见图 3-23。它利用左斜槽部分加工通孔，并使铁屑向下排出。右斜槽用来加工不通孔，使铁屑向上排出。

3. 丝锥的标志

(1) 粗牙普通螺纹丝锥 一套一支的丝锥只标螺纹符号和直径，如

M10。精度等级标在丝锥规格后面。对于成套丝锥每组支数标在丝锥规格前边。

(2) 细牙普通螺纹丝锥 它的标志用直径和螺距表示。

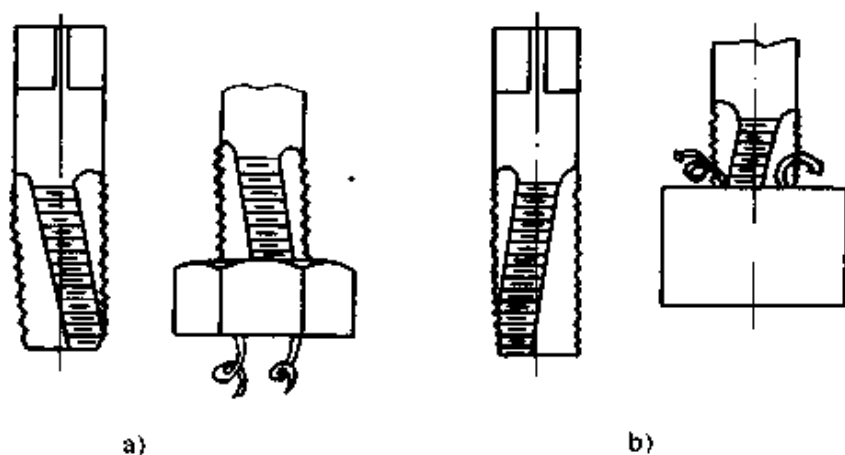


图 3-23 斜槽丝锥
a) 左斜槽丝锥 b) 右斜槽丝锥

4. 铰杠

用手工攻丝时，铰杠是用来固定丝锥的工具。它可分为普通铰杠和丁字铰杠，见图 3-24 和图 3-25。

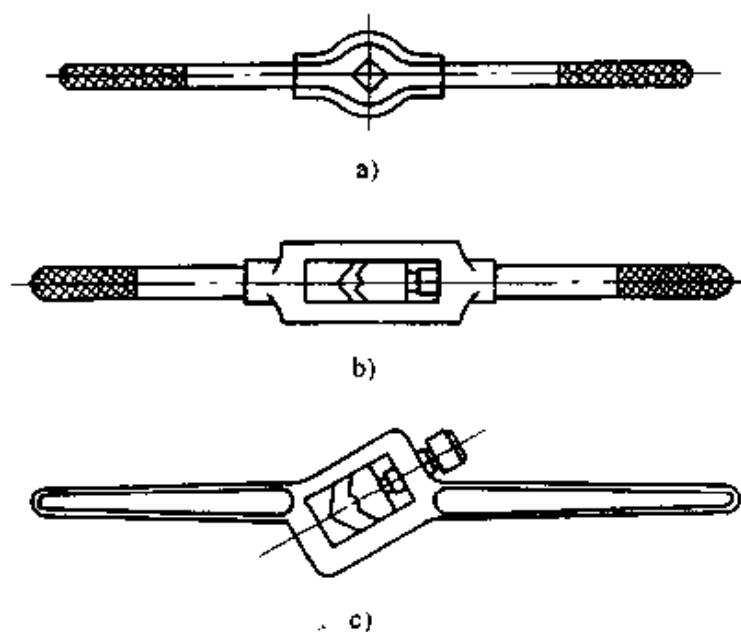


图 3-24 普通铰杠
a) 固定式 b)、c) 活络式

普通铰杠又有固定式和活络式两种。固定式铰杠通常用在 M5 以上螺孔，攻丝时受力较均匀，丝锥不易断裂。活络铰杠方孔尺寸可调节，

应用广泛，使用范围见表 3-11。

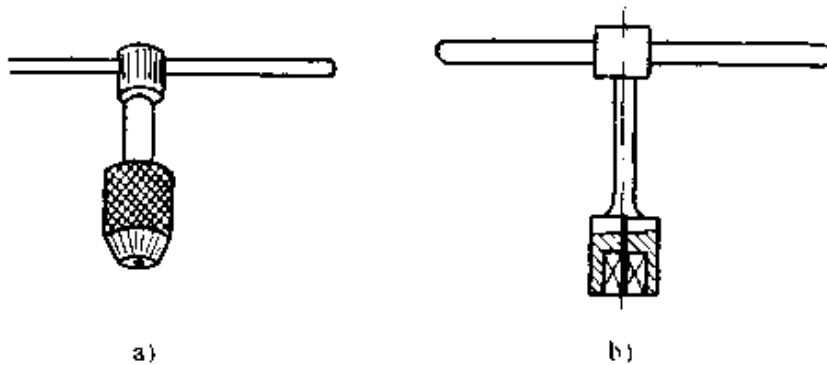


图 3-25 丁字铰杠

a) 活络式 b) 固定式

表 3-11 活络铰杠的使用范围 (mm)

铰杠长度	130	180	230	280	380	480	600
适用丝锥直径	2~4	3~6	3~10	6~14	8~18	12~24	16~27

丁字铰杠主要用在机体内部螺孔及台阶旁螺孔，因用此铰杠便于操作。丁字铰杠要根据工件的需要来决定高度。

5. 攻螺纹前底孔直径的确定

攻螺纹前先钻底孔，底孔直径的大小，应根据工件材料塑性好坏及钻孔扩张量来考虑。底孔过小要损坏丝锥或不能攻丝；底孔过大，会出现螺纹短缺造成废品。通常按照经验公式计算得出。

加工钢和塑性较大工件，扩张量为中等条件下：

$$D_{\text{钻}} = D - P$$

式中 $D_{\text{钻}}$ ——攻丝前钻螺纹底孔用钻头直径 (mm)；

D ——螺纹大径 (mm)；

P ——螺距 (mm)。

加工铸铁和塑性较小的工件，扩张量较小的条件下：

$$D_{\text{钻}} = D - (1.05 - 1.1) P$$

常用粗、细牙普通螺纹、英制螺纹及管状圆柱型螺纹、攻丝前底孔用钻头直径，可从表 3-12 及表 3-13 中查出。

6. 攻螺纹方法

(1) 将工件固定好，按底孔要求尺寸进行钻孔。

(2) 将装在铰杠上的丝锥放入钻好的孔内，要使丝锥与被加工工件表

面垂直。

表 3-12 普通螺纹攻螺纹前钻底孔的钻头直径 (mm)

螺纹直径 D	螺距 P	钻头直径 $D_{\text{钻}}$		螺纹直径 D	螺距 P	钻头直径 $D_{\text{钻}}$	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板			铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁、紫铜、层压板
2	0.4	1.6	1.6	14	2	11.8	12
	0.25	1.75	1.75		1.5	12.4	12.5
2.5	0.45	2.05	2.05	16	1	12.9	13
	0.35	2.15	2.15		2	13.8	14
3	0.5	2.5	2.5	18	1.5	14.4	14.5
	0.35	2.65	2.65		1	14.9	15
4	0.7	3.3	3.3	20	2.5	15.3	15.5
	0.5	3.5	3.5		2	15.8	16
5	0.8	4.1	4.2	22	1.5	16.4	16.5
	0.5	4.5	4.5		1	16.9	17
6	1	4.9	5	24	2.5	17.3	17.5
	1.75	5.2	5.2		2	17.8	18
8	1.25	6.6	6.7	26	1.5	18.4	18.5
	1	6.9	7		1	18.9	19
10	1.75	7.1	7.2	28	2.5	19.3	19.5
	1.5	8.4	8.5		2	19.8	20
12	1.25	8.6	8.7	30	1.5	20.4	20.5
	1	8.9	9		1	20.9	21
14	1.75	9.1	9.2	32	3	20.7	21
	1.75	10.1	10.2		2	21.8	22
16	1.5	10.4	10.5	34	1.5	22.4	22.5
	1.25	10.6	10.7		1	22.9	23
18	1	10.9	11	36	3	23.7	24
	1.75	11.9	12		2	24.8	25

(3) 适当用力使丝锥顺时针方旋转（左螺纹方向相反），当旋转1~2圈时，进一步检查丝锥与工件垂直度有偏差。

(4) 检查无误后，继续转动绞杠，直到攻丝完毕。

(5) 为了排出铁屑，攻螺纹时，可正、反方向转动割断铁屑，并使其排出孔外。

(6) 不通孔攻螺纹时，要作出深度标记。同时，也要经常排出铁屑，防止损坏丝锥。

表 3-13 英制螺纹及管状圆柱型螺纹钻孔用的钻头选用表

侧面角为 55° 的英制螺纹			管状圆柱型螺纹	
螺纹直径/in	加工材料		螺纹直径/in	各种材料用
	铸铁、青铜	钢、黄铜		钻头直径/mm
	钻头直径/mm			
1/4	5.1	5.1	1/8	8.9
5/16	6.4	6.5	1/4	11.7
3/8	7.8	7.9	3/8	15.2
1/2	10.4	10.5	1/2	18.9
5/8	13.3	13.5	5/8	20.8
3/4	16.3	16.4	3/4	24.3
7/8	19.1	19.3	7/8	28.1
1	21.9	22	1	30.5
1 1/4	24.6	24.7	1 1/4	35.2
1 1/2	27.8	27.9	1 1/2	39.2
1 3/4	33.4	33.5	1 3/4	41.6
1 3/4	38.9	39	1 3/4	45.1
2	44.6	44.7	1 3/4	51

(7) 攻螺纹时，要加润滑液，对于钢料可采用机油或乳化液、植物油；对于铸铁可用煤油或乳化液；青铜用干（式）；铝材可采用乳化液或煤油。螺纹精度要求高时，润滑液还可用二硫化钼。

三、套丝

1. 板牙

板牙是加工外螺纹的工具，它是用合金工具钢或高速钢制作，并经淬火硬化处理。板牙的构造，见图 3-26。它由切削部分、校准部分和排屑

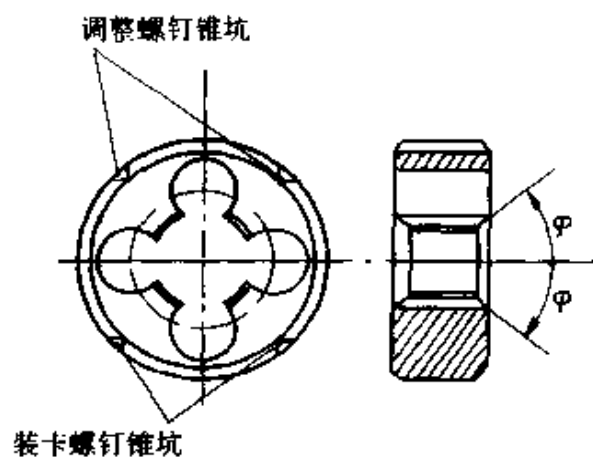


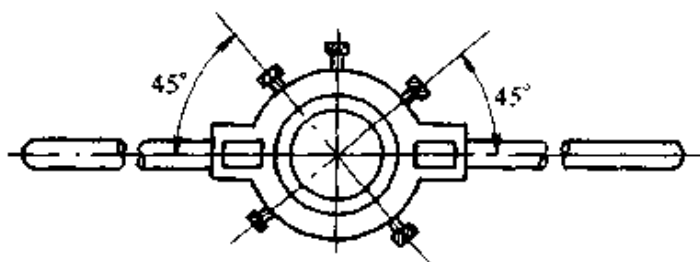
图 3-26 板牙构造

孔组成。

板牙就像个圆螺母，其上面钻有几个排屑孔形成刀刃。它的校准部分，由于磨损使螺纹尺寸变大。为此，为延长使用寿命，M3.5 以上的圆板牙，其外圆上有一 V 形槽，起调节板牙尺寸的作用。板牙两端面都有切削部分，一端磨损更换另一端。

2. 板牙架

它用来装卡板牙，当板牙放入后，将其螺钉紧固。板牙构造，见图 3-27。



3. 套丝前圆杆直径的确定

圆杆直径应稍小于螺纹大径尺寸，一般圆杆直径可按下式计算：

$$d_{\text{杆}} = d - 0.13P$$

式中 $d_{\text{杆}}$ ——套丝前螺杆直径 (mm)；

d ——螺纹大径 (mm)；

P ——螺距 (mm)。

另外，从查表中也可得出。见表 3-14。

图 3-27 板牙架

表 3-14 板牙套丝时圆杆的直径

粗牙普通螺纹				英制螺纹			圆柱管螺纹		
螺纹直径/mm	螺距/mm	螺杆直径/mm		螺纹直径/in	螺杆直径/mm		螺纹直径/in	管子外径/mm	
		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径
M6	1	5.8	5.9	1/4	5.9	6	1/8	9.4	9.5
M8	1.25	7.8	7.9	5/16	7.4	7.6	1/4	12.7	13
M10	1.5	9.75	9.85	3/8	9	9.2	3/8	16.2	16.5
M12	1.75	11.75	11.9	1/2	12	12.2	1/2	20.5	20.8
M14	2	13.7	13.85	—	—	—	5/8	22.5	22.8
M16	2	15.7	15.85	5/8	15.2	15.4	3/4	26	26.3
M18	2.5	17.7	17.85	—	—	—	7/8	29.8	30.1

(续)

粗牙普通螺纹				英制螺纹			圆柱管螺纹		
螺纹直径/mm	螺距/mm	螺杆直径/mm		螺纹直径/in	螺杆直径/mm		螺纹直径/in	管子外径/mm	
		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径
M20	2.5	19.7	19.85	3/4	18.3	18.5	1	32.8	33.1
M22	2.5	21.7	21.85	7/8	21.4	21.6	1 1/8	37.4	37.7
M24	3	23.65	23.8	1	24.5	24.8	1 1/4	41.4	41.7
M27	2	26.65	26.8	1 1/4	30.7	31	1 5/8	43.8	44.1
M30	3.5	29.6	29.8	—	—	—	1 1/2	47.3	47.6
M36	4	36.6	35.8	1 1/2	37	37.3	—	—	—
M42	4.5	41.55	41.75	—	—	—	—	—	—
M48	5	47.5	47.7	—	—	—	—	—	—
M52	5	51.5	51.7	—	—	—	—	—	—
M60	5.5	59.45	59.7	—	—	—	—	—	—
M64	6	63.4	63.7	—	—	—	—	—	—

4. 套丝的注意事项

(1) 套丝时，圆杆中心与板牙面相互垂直；操作时用力要适宜，不能过大。

(2) 圆杆套丝时，要用硬木块或铜皮作衬垫并要固定牢固。

(3) 开始套丝时，对右旋螺纹按顺时针方向转动（左旋螺纹方向应相反）。当套1~2扣时，应检查板牙与圆杆是否在同一中心线上，如有问题应调整后再继续进行。套丝时也要正、反方向转动，使切屑被切断后及时排出。

(4) 套丝过程中，为延长板牙使用寿命，要经常加机油或浓乳化液进行润滑。

四、螺纹加工中的缺陷及其消除措施

内、外螺纹在加工过程中，可能会出现各种程度不同的缺陷，对这些缺陷要采取不同的方法加以解决，见表3-15。

表 3-15 切割螺纹的缺陷及其消除措施

缺陷	缺陷产生的原因	消除缺陷的措施
表面粗糙度不够	1. 丝锥和板牙过度磨损 2. 冷却液质量不合格 3. 工件材料的韧度过大 4. 工具的几何形状不规则 5. 工具切削刃的光洁度不足；切削刃上有刮伤、毛刺；切削刃磨钝；自前刃到圆槽的过渡段不够平滑	1. 修磨工具 2. 改变冷却液成分或全部更换 3. 加大工具的前角，增大使用的锥柄长度材料作特殊热处理（如高温回火的淬火、正火等） 4. 改变前角，并增大工具使用的锥柄长度 5. 仔细修磨工具，并且在需要时，研磨前刃（丝锥）
螺纹因螺纹秃顶而报废	1. 工具尺寸不合格 2. 工具和工件的轴线不重合（轴线歪斜） 3. 工具在转动时产生颤动（如在机床上操作时） 4. 浮动夹头不良（防止工具的旁侧方向自由移动用的夹头部件滑动） 5. 切割螺纹的孔过大，或半制品直径过小	1. 换用工具；在有可能修整时就从新修整（自启式丝锥和板牙、分解式板牙） 2. 手工套丝时，找正机床调整装置或工具位置 3. 检查主轴的颤动，并将工具找正固定 4. 检查夹头，如需修理时即行修理 5. 校正图纸上的孔或半制品的尺寸
螺纹由于通过过大不能通过而报废	1. 工具尺寸不合格 2. 螺纹表面不光洁，有毛刺 3. 工件弹跳（例如在切割薄壁工件上的螺纹时） 4. 螺纹的螺距不规格，即：较工具上的螺距过短或过长（手工套丝方法不当；使用机床套丝时，工具自动进刀行程的扭力过大）	1. 换用工具或调整工具 2. 消除螺纹光洁度不够的导致原因 3. 换用专门用于该类操作上的工具；为了消除出现的椭圆度，切割螺纹后修整工件 4. 检查手工套丝的方法；检查机床夹头或主轴的运转情况（塞紧轴承）

(续)

缺陷	缺陷产生的原因	消除缺陷的措施
工具切削刃 迅速崩落或迅 速磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工具材料质量低劣；热处理不当或修磨工具时工具受到烧损 2. 工具冷却条件不良（冷却液质量低劣、冷却不够等） 3. 零件材料过硬 4. 工具的几何形状不合规格（杆锥体长度过小，无后角、前角过大） 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 换用工具 2. 更换冷却液，增加给进量，并正确地浇注到工具的切削部分 3. 如不能更换工件材料时，应使用更抗磨的钢所制成的工具 4. 换用工具或重新修磨
工具折断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 切削螺纹的死孔（不透孔）的钻孔深度过小；切削螺纹时，丝锥可能顶到底部。切削螺纹时，锥牙最后可能挤到工件的突缘上 2. 螺纹钻孔直径过小或套丝直径过大 3. 工具上的退屑槽过小 4. 当把工具反退出来时，金属屑将其口涩住（工具的退屑槽形状不合规格，后角过大） 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改变切削螺纹的钻孔深度，不把外螺纹修磨到紧靠到工件的突缘上，或是使螺纹的退刀槽有足够的宽度 2. 把变更部分登记到工件图纸上 3. 如不能加大槽的截面，则应经常把工具从工件上退出来，以清理退屑槽 4. 使用形状合于规格的工具

第五节 刮削与研磨

一、刮削

1. 刮削的特点及应用

零、部件的表面经刨、铣、锉等加工处理后，还满足不了精度要求，为此，需在工件表面上刮去一层很薄的金属，以提高其精度要求，这种操作方法就是刮削。

刮削具有切削量小、产生热量小、切削力小、装夹变形小等特点。它可以获得很高的尺寸精度、形状和位置精度、接触精度、传动精度及

较小的表面粗糙度数值。

2. 刮削余量

刮削是一项费工和劳动较大的手工操作，因此，刮削余量不宜过大，见表 3-16 和表 3-17。

表 3-16 平面刮削的裕度 (mm)

平面宽度	平面长度				
	100~500	500~1000	1000~2000	2000~4000	4000~6000
<100	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
100~500	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4
500~1000	0.18	0.25	0.35	0.45	0.5

表 3-17 圆柱形表面的刮削裕度 (mm)

圆孔直径	圆孔长度			
	<100	100~200	200~300	>300
<80	0.05	0.08	0.12	—
80~180	0.1	0.15	0.2	0.2
180~360	0.15	0.2	0.25	0.3
>360	0.2	0.25	0.3	0.3

3. 显示剂的应用

工件和校准工具对研时，使用的涂料称显示剂，它主要用于检查工件误差的位置和大小。

(1) 显示剂的种类

1) 红丹粉 有铅丹（氧化铅，桔红色）及铁丹（氧化铁，红褐色）两种，颗粒较细用机油调合而成。这种涂料多用于黑色金属。

2) 蓝油 它是由蓝粉和蓖麻油及少量机油混合而成。颜色为深蓝。这种涂料主要用在有色金属。

3) 烟墨油 烟墨和机油调制成，多用于白色金属。

(2) 使用方法 在刮削前，将显示剂涂在标准件或工件上。涂标准件上时，只在工件表面高处着色，研点发暗，不易看清。但刮削比较方便，多用于粗刮；涂工件上时，呈红底黑点，无闪光，易看清，它适用于精刮。

在调制显示剂时，干稀要合适。粗刮时，调稀些，便于涂抹，研点显得大；精刮时，调干些，涂时要薄而匀，研点显示较小。

使用显示剂时，还要注意涂料和辅助用具的清洁，以保证显示效果真实性。

4. 刮削质量检查

刮削质量常用的检查方法，是将被刮面与校准工具对研后，用边长为25mm的正方形方框罩在被检查面上，按照方框内的研点数，来确定刮削精度。各种平面接触精度的研点数，见表3-18。

表 3-18 各种平面接触精度研点标准

平面种类	每 25mm × 25mm 研点数	应 用
一般平面	2~5	较粗糙机件的固定结合面
	5~8	一般结合面
	8~12	机器台面、一般基准面、机床导向面、密封结合面
	12~16	机床导轨及导向面、工具基准面、量具接触面
精密平面	16~20	精密机床导轨、直尺
	20~25	1级平板 ^① 精密量具
超精密平面	>25	0级平板 ^① 高精度机床导轨、精密量具

① 表中1级平板、0级平板系指通用平板的精度等级。

曲面的刮削，主要针对滑动轴承的内孔，其接触精度研点数，见表3-19。

5. 刮削用工具及刮削方法

表 3-19 滑动轴承的研点数

轴承直径 /mm	机床或精密机械主轴轴承			通用机械的轴承		动力机械、冶金设备的轴承	
	高精度	精密	普通	重要	普通	重要	普通
	每 25mm × 25mm 内的研点数						
≤120	25	20	16	12	8	8	5
>120		16	10	8	6	6	2

(1) 刮削工具

1) 刮刀 是主要的刮削工具。它分为平面刮刀和曲面刮刀。平面刮刀用来刮削平面或刮花；曲面刮刀，主要刮削衬套、轴承等曲面工

件。常用的曲面刮刀有：三角刮刀、蛇头刮刀和柳叶刮刀等。

2) 校准工具 它是用来推磨研点和检查被刮面的准确性用具，常用的有校准平板、校准直尺、角度直尺以及专用校准型板等。

(2) 刮刀的刃磨

1) 平面刮刀 先在砂轮上进行粗磨，将刮刀顶端对着砂轮的边缘，平稳地左右移动。磨好后，再磨刮刀的平面和侧面见图 3-28。刃磨时要经常用水冷却，防止刃口退火。

粗磨以后用油石进行细磨。具体方法是：先在油石上涂一层机油，然后使刮刀垂直于油石表面，先磨端面，后磨平面，这两面要交替进行刃磨，直到符合要求为止，见图 3-29。

2) 曲面刮刀 粗磨时，用一只手轻微地把刃口靠在砂轮上，用另一只手使刮刀摆动和在砂轮上移动。细磨时用油石使刮刀在其上面作直线和圆弧运动，见图 3-30。

3) 刮削方法 刮削前首先作好准备工作，其中包括工具和涂料是否齐全，工件的刮削余量是否符合要求。被刮削工件的操作位置 and 高度要合适，工件要固定牢固，并选好刮削部位。

刮削分为平面和曲面刮削两种。平面刮削通常要经过粗刮、细刮、精刮及刮花。

粗刮是用刮刀在刮削表面上均匀刮去一层较厚的金属。粗刮可用连续推铲的方法，刀迹能连成长片。它能较快的除掉刀痕、锈斑或过多的刮削余量。一般粗刮达到标准要求（每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 内有 2~3 研点）

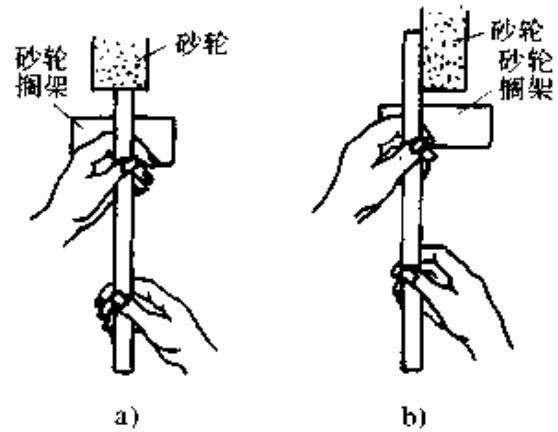


图 3-28 平面刮刀在砂轮上粗磨

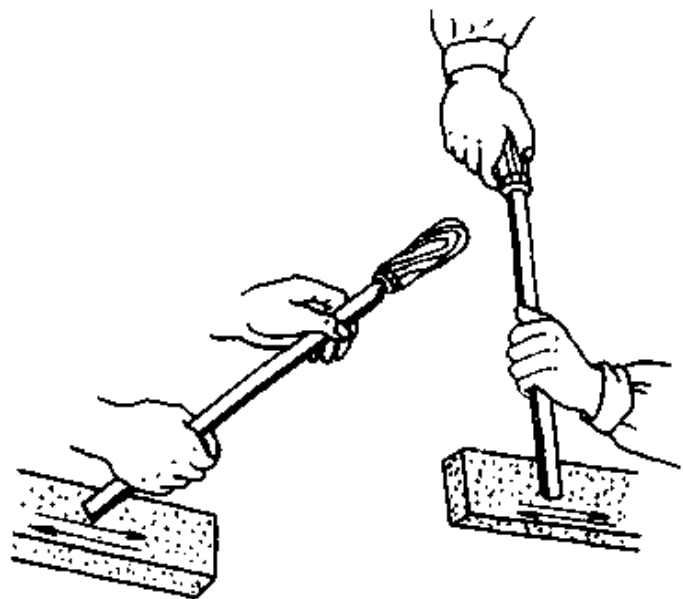


图 3-29 平面刮刀的细磨

时，即开始细刮。

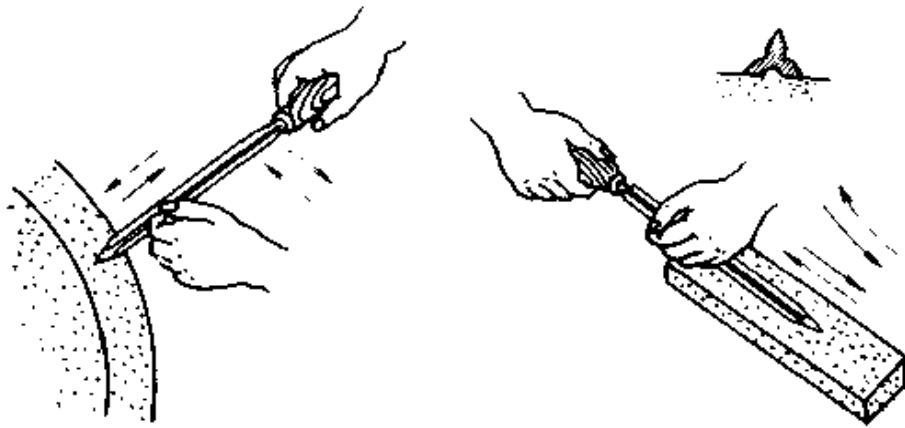


图 3-30 曲面刮刀的粗磨和细磨

细刮是在刮削面上去掉稀疏的较大研点。细刮时可用短刮法，这样刀痕短而宽，刀迹长度即为刀刃宽度。随着研点增多，刀迹开始缩短。当每刮一遍，要按同一方向刮削，在刮第二遍时采用交叉刮削，除掉原方向刀迹。当研点达到 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 面积上有 12~15 研点时，细刮即告完成。

精刮是在细刮的基础上，进一步刮削研点，使研点增加提高刮削精度，达到质量标准。精刮时，提刀要快，用力要轻，每研点只刮一刀，不要重复刮削，同时要交叉的进行刮削。当研点达到 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 中有 20 个研点以上时，精刮完成。

1) 刮花 它是在刮好的工件表面上，用刮刀刮出装饰性花纹。刮花的目的一是使滑动件间形成良好的润滑，另一方面增加工件表面的美观。同时还可以通过花纹的磨损和减少，来确定工件表面的磨损程度。

2) 曲面刮削 主要是针对内圆柱面、内圆锥面和球面等工件的刮削。刮削曲面时，要按照不同形状和不同刮削要求，采用合适的刮刀和显点方法。通常用标准轴或与其配合的轴，作为曲面研点的校准工具。具体操作是先将轴上涂以显示剂，轴转动后，出现研点，然后根据其分布情况进行刮削，见图 3-31。

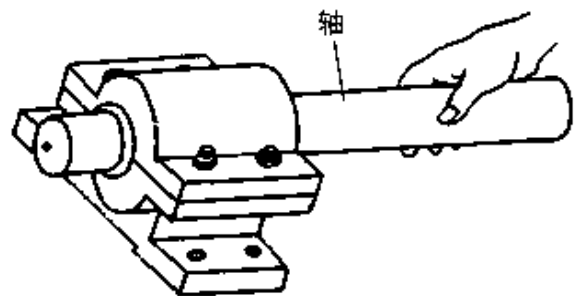


图 3-31 内曲面的显示方法

刮削内曲面的操作动作一般有两种：一种是用短三角刮刀，见图 3-32a)，左手四指向下横握，拇指抵住刀身右手拿住刃柄。刮时，左手

沿曲面方向作推拉式旋转，右手作半圆式转动。

另一种是用长柄曲面刮刀，见图 3-32b)，两手握住刀身，左、右手动作与第一种方法相同。

刮削时，要交叉进行，同时刮削痕迹要同孔中心线形成 45° 。操作时用力均匀、平稳，不宜过大。

二、研磨

研磨是用磨料（砂纸、油石、磨粉、磨块、砂轮等）去掉薄层金属，使工件形状，尺寸准确，表面粗糙度达到标准的操作方法。

1. 研磨的应用

(1) 使表面粗糙值减小
经研磨后的一件，一般表面粗糙值 $R_a 1.6 \sim 0.1$ ，最小可达 $R_a 0.012$ 。各种加工方法获得表面粗糙度情况的比较，见表 3-20。

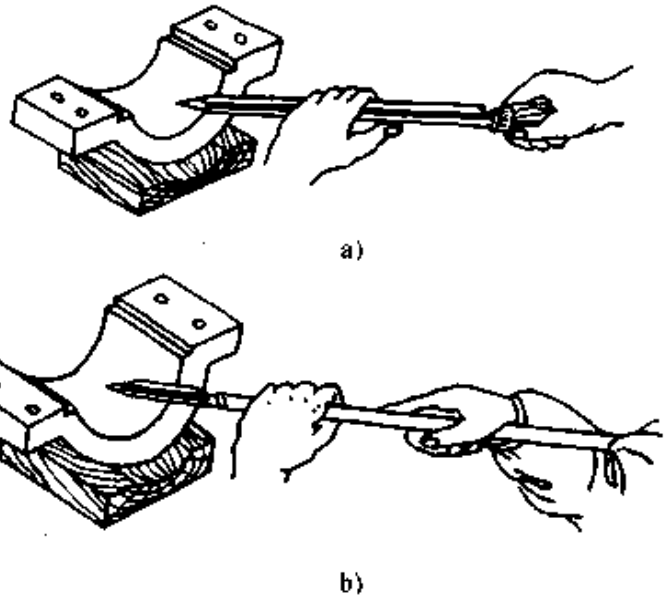




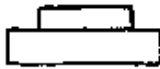
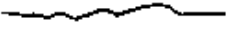
图 3-32 曲面刮削姿势

a) 短柄三角刮刀 b) 长柄曲面刮刀

表 3-20 各种加工方法获得表面粗糙度情况

加工方法	加工状态	表面放大显示	表面粗糙度/ μm
车削			$R_a 1.5 \sim 80$
磨削			$R_a 0.9 \sim 5$
压光			$R_a 0.15 \sim 2.5$

(续)

加工方法	加工状态	表面放大显示	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$
研磨			$R_a 0.15 \sim 1.5$
研磨			$R_a 0.1 \sim 1.6$

(2) 尺寸精确，形状准确，经研磨后工件尺寸精度可达 $0.001 \sim 0.005\text{mm}$ 。

2. 研具

研具在研磨过程中是确保工件尺寸准确的重要条件。所以在选择研具时对其使用的材料要求比较严格。材料的组织要均匀细致，稳定性和耐磨性要好。

常用的研具材料有灰铸铁、球墨铸铁、软钢和铜等。

研具的类型通常有：研磨平台、研磨环和研磨棒。

3. 研磨剂

研磨剂是由磨料和研磨液调和成的混合剂。

(1) 磨料 它主要起切削作用，常用的有：

1) 氧化物磨料 这种磨料有块状和粉状，主要用在碳素工具钢、合金工具钢、高速钢及铸铁等工件。

2) 碳化物磨料 呈粉状，硬度高。它主要用于硬质合金、陶瓷与硬铬类等工件的研磨。

3) 金刚石磨料 它又分天然和人造两种。这种磨料切削力强、硬度高，实用效果好。主要用于硬质合金、宝石、硬铬、玛瑙和陶瓷等。各种磨料的特性和用途，见表 3-21。

(2) 研磨液 它在研磨过程中，起调合磨料、冷却和润滑作用。研磨液要具有一定的粘度与稀释能力，还要有较好的润滑和冷却作用，同时对人身健康无影响，对产品无腐蚀性。

表 3-21 磨料的特性和用途

磨料名称	代号	特 性	应 用 范 围
棕刚玉	G	棕褐色、硬度高、韧性大、价廉	粗、精研磨钢、铸铁、紫铜
白刚玉	GB	白色、硬度高、韧性较差	精磨淬火钢、高速钢、高碳钢等
铬刚玉	GB	浅紫色，韧性较高	研磨量具，仪表件等
单晶刚玉	GD	浅黄或白色，硬度和韧性较高	研磨不锈钢、高钒高速钢等
黑碳化硅	T	黑色，硬度高，性脆，导热、导电性好	磨铸铁、铜、铝、耐火材料等
绿碳化硅	TL	绿色，硬脆，导热和导电好	研磨硬质合金、宝石、陶瓷和玻璃等
碳化硼	TP	灰黑色，硬度低于金刚石，耐磨性好无色、淡黄、黄绿、黑色、硬度高，性脆	精研和抛光硬质合金、人造宝石等
人造金刚石	JR		粗、精研磨硬质合金、人造宝石、半导体等
天然金刚石	JT		
氧化铁		红色或暗红、比氧化铬软	精研或抛光电、铁、玻璃等
氧化铬		深绿色	

常用的研磨液有：煤油（粗、精研均可采用）、汽油、机油（应用较普遍）、工业用干油、透平油和猪油（用于研磨精密零件）。

对于成品研磨膏，使用时，用机油调制即可使用。研磨膏也分粗、中、细三种。依照工件的精度要求来选择。表 3-22 是研磨膏的配制成分。

表 3-22 研磨膏配成成分 (g)

成分名称	粗磨膏	中磨膏	细磨膏
氧化铬	81	76	74
硅 胶	2	2	1.8
石 蜡	10	10	10
裂化油脂	5	10	10
油 酸	—	—	2
碳酸氢钠	—	—	0.2
煤 油	2	2	2

4. 研磨要点

(1) 平面研磨 研磨时，先在研具或工件上涂一层薄而均匀的磨剂，然后使工件沿平板表面作8字形或螺旋形动作进行研磨。压力要均匀，用力要适宜，速度不要过快。当研磨半分钟后，使工件转动 90° ，防止倾斜。一般手工粗研，每分钟往复40~60次左右，精磨时每分钟20~40次。

(2) 圆柱面研磨 这种工件的研磨是通过手工和机械动作两方面来完成的。圆柱面研磨包括外圆柱面和圆孔两部分。

外圆柱面的研磨是通过研磨环进行的，见图3-33。研磨环又有固定式（图3-33a）和可换式（图3-33b），工件轴要比研磨环内径小0.025~0.05mm，环的长度等于孔径1~2倍。

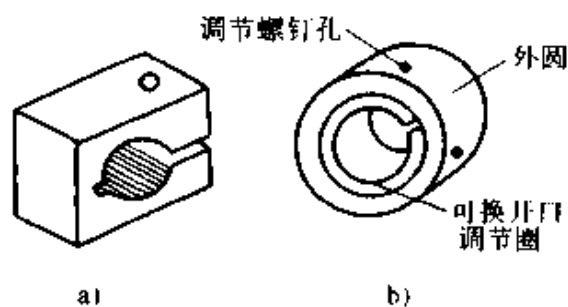


图 3-33 研磨环

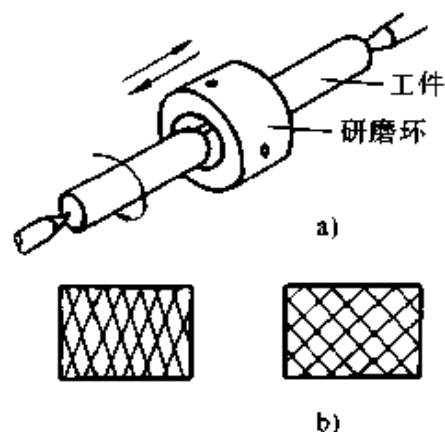


图 3-34 外圆柱面研磨方法

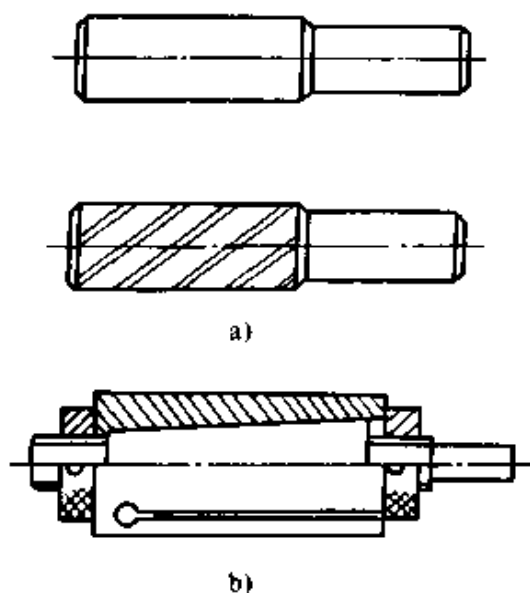


图 3-35 研磨棒

a) 固定式研磨棒 b) 可调式研磨棒

研磨时，将工件涂上研磨剂套上研磨环，将其装在车床的顶尖间，以合适的速度使工件转动，然后用手扶住研磨环进行直线往复动作，使工件表面出现交叉网纹，见图3-34。

在研磨中对研磨环的松紧，要作适当调整，当研磨到一定时间，将工件调头后再进行研磨。其目的是能使几何形体精确，研磨环损耗小而

均匀。

圆柱孔的研磨是由研磨棒进行的。研磨棒也有固定式和可调式两种，见图 3-35。固定式研磨棒是用在单工件研磨，可调式研磨棒利用心轴锥体来调整外套直径，它的长度为工件长度的 1.5~2 倍。

操作时，将研磨棒涂以研磨剂，工件装在研磨棒上，再将研磨棒放在车床两顶尖间，转动车床，使工件作直线往复动作。

圆锥面的研磨，是指圆锥孔、圆锥面的研磨。研磨时，研磨棒（环）应同工件锥面相同。

研磨圆锥孔时，将研磨剂涂在研磨棒上，然后插入工件的锥孔中，再沿着与研磨棒上螺旋槽一致的方向转动几圈后，调整一下研磨棒，再推入继续进行研磨。当接近标准要求时，取下研具并清理研磨剂，重新装上进行抛光，直到合格为止。

第六节 抛 光

(1) 使预先经过锉削或其它类型加工的表面的表面粗糙度更为提高可采取抛光。抛光不能修整最初加工的不精确性，因为实际上抛光不能磨掉金属，而只能抛光表面的划痕，使表面平滑而光亮。

(2) 通常，抛光用于手柄、手轮、套筒等零件的最后精加工，以及准备镀镍、镀铬及其它镀层的零件方面。抛光时，使用转速为 30~35m/s，镶上毛毡、皮子、纱布及呢子的抛光轮，在抛光轮的工作面上涂以用粘性物质（石蜡、凡士林和煤油的混合剂）和抛光粉配制成的糊剂。

(3) 抛光粉有氧化铝、氧化铁及氧化铬等数种。

(4) 抛光糊剂的成分见表 3-23。

表 3-23 抛光糊剂的成分 (g)

抛光糊剂	抛 光 粉			粘 性 物 质		
	氧化铝	氧化铬	第 4 号磨粉	石 蜡	凡士林	煤 油
1	50	—	—	25	3	2
2	35	40	—	55	5	3
3	50	—	25	30	5	3

(5) 粗抛光后，再用毛毡轮和纱布轮作最后抛光。在难以接近的部位可用砂纸打光，先用粗砂纸（第1号和第2号），然后再用细砂纸（0号~0000号）。

(6) 留作抛光的裕度在0.01mm以内。

(7) 抛光过的零件，必须用呢子仔细擦拭并用干净的汽油清洗，然后以压缩空气吹干。

(8) 细抛光经常使用木块、铜块、铅块或铸铁块，在工作面上涂以抛光粉。表面的最后精加工使用不加磨粉的煤油糊或石蜡糊。

(9) 抛光轴颈时，使用木圆夹头，在夹头上先垫以皮条、呢子、鹿皮、橡皮等，并在垫层面上涂上由石蜡和细抛光粉配成的糊剂。

第七节 矫正与弯曲

一、矫正

矫正是消除金属材料的不平、不直或翘曲等缺陷的一种操作方法。

矫正按工件的温度分：有冷矫正和热矫正。冷矫正是在常温条件下进行，它主要用于矫正塑性较好、变形不严重的材料。对于变形和脆性大的金属材料要采取加热矫正的方法。

按矫正的操作方法，又可分为：手工矫正、机械矫正、火焰矫正和高频矫正等。

1. 轴类零件的矫正

(1) 连杆及其他非刚性零件夹在夹持器或虎钳内用杠杆进行矫直。

检验时使用量具或样板。矫直精度为每米长度0.10~0.25mm。

(2) 已定心的轴和丝杠放在中心架上用弓形夹钳矫直（图3-36）。用千分表检查，矫直精度为每米长度0.05~0.15mm。

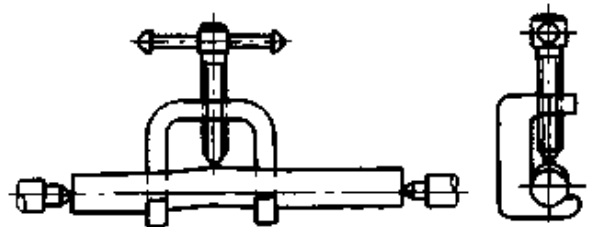


图 3-36 在中心架上用弓形夹钳矫直轴

(3) 直径及长度较大的轴用精压加工法矫直。把要矫直的轴使它的弯曲侧朝上放置（图3-36），并在轴的最大弯曲部位的下边垫上支柱，支柱上加硬木垫或铜垫。然后把轴紧固好，并留出在精压下使金属纤维有自由伸长的余地，轴的自由端重量就能使弯曲部分的金属纤维伸长。

因此,把靠近支柱的轴端夹紧 轴的加工处理按专门配合好的精压方法进行。精压时使用 1~2kg 重的小锤十分小心地按图 3-37 所示的顺序进行锤击。精压时,用千分表检查轴的矫直程度。

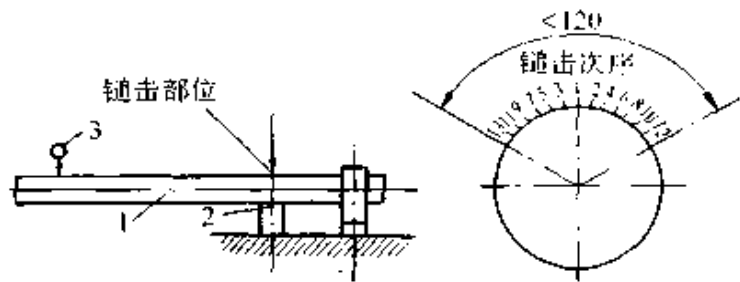


图 3-37 用精压加工处理法矫直轴

1—轴 2—支柱 3—千分表

(4) 加热矫直轴的方法

如下:把轴的凸出侧朝上放置,把轴靠近加热部位的一段用淋湿的石棉板包盖起来,只在轴的最大弯曲部位处敞露一段,其尺寸为:顺轴的轴线方向为 $0.12D$,围绕圆周为 $0.3D$ (D 为轴的直径)。

用气焊枪把轴最大弯曲部位的敞露段快速烧热到 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ (直到刚刚出现鲜明的暗褐色光亮)。为了迅速烧热,氧气压力应提高到 $0.4 \sim 0.5\text{MPa}$ 。

把千分表放在靠近轴的加热段,以检测轴的变化情况。

加热时,使轴稍稍弯过一些,而在冷却过程中轴即会调直。

在尚未获得满意的效果前,有时敞露段要加热数次。

使用 7 号焊枪加热直径 250mm 的轴,如弯曲 0.6mm 则耗用的时间为 15min 左右;如用 6 号焊枪则时间增至 1.5 倍;如用 5 号焊枪则时间增至两倍。

轴在矫直后,需用气焊枪环绕矫直部位的圆周加热进行退火。使轴缓慢地转动,以低于每小时 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 的速度把退火的部位加热到 $300 \sim 350^{\circ}\text{C}$ 。在 350°C 温度下使轴保持 1 个小时以上,然后用几层石棉把加热部位绝缘起来。

2. 板材类的矫正

(1) 薄板的矫正是以手工方法进行,它最容易中间突起,矫正时将凸出处朝上铺在台面上,用手锤由里向外,由轻到重,由稀到密对整个表面进行锤击。

如薄板四周出现波纹状时,锤击要从中间向四周敷设,密度逐渐加大,锤击力适当减小。

当板材发生翘曲和不规则变形,这时要沿着未翘曲的对角线进行锤击,以使其平整。

板料有微小扭曲时，可从左至右采用抽条方法，按照顺序抽打平面，至达到平整为止。

对于铜、铝箔等软材料，可用平整的木块在材料表面推压。同时也可用木锤、橡皮锤进行敲击。

(2) 厚板的矫正方法

1) 把厚板放到电炉或锻炉上加热至 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ ，然后铺到平台上用夹板或持紧器把要矫直的凸出部分压紧(图 3-38a)。厚板冷却后，松开持紧器并作最后修整。

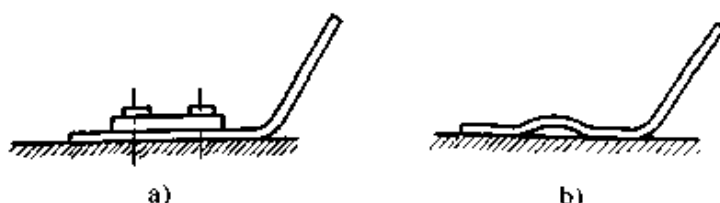


图 3-38 厚板矫直

2) 把冷态下的厚板的凸出部分朝上铺到平台上，用大锤打击数次直到把凸出部分打成由向外变成向内凸出(图 3-38b)；然后再把厚板放到垫板上，把板压向平台进行矫直，然后松开，进行最后修整。

3. 线材的矫正

对于已弯曲的细长线材，在虎钳上将一头固定住，然后从虎钳处开始在圆木上缠一圈，并拿住往相反向用力拉，使线材达到平直的要求。

二、弯曲

将平直的板材、型材、棒料和管材等制成所需的角度和曲线，这种操作方法叫弯曲。

1. 弯曲方法

弯曲材料的方法，通常有热弯和冷弯。热弯是将工件加热后进行；冷弯是在常温状态下进行。

(1) 直角工件冷弯 对于形状不复杂、尺寸小的工件，一般在虎钳上进行加工弯制。弯时，先划好基准线并同钳口对正，然后用木锤敲击至 90° 。如工件较长，可用手扶住工件上部，再用木锤敲击；如工件过短，可用辅助木块抵住敲击。见图 3-39c)。

当弯曲角度要求较高时，可作样板或用量角器进行测定。

(2) 圆弧形工件弯曲 首先划好线，然后将工件夹在虎钳的两块角铁衬里，用手锤敲击，经过 a)、b)、c) 三个阶段后成型，见图 3-40。再就位进行修整后，使其达到要求。

(3) 油管的弯曲 设备润滑系统的油管，直径在 $\phi 12\text{mm}$ 以下可采用冷弯方法进行。见图 3-41。

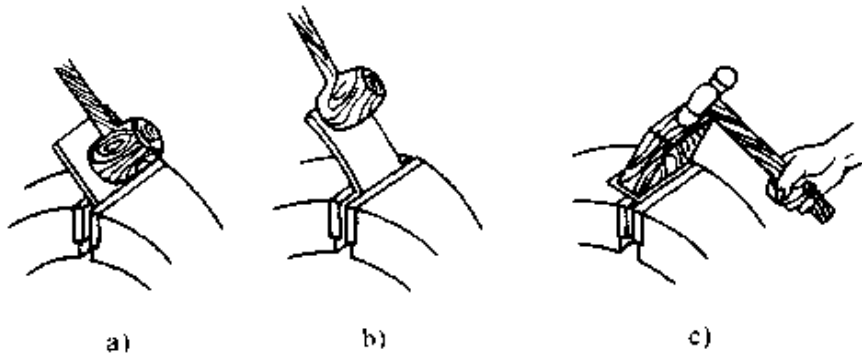


图 3-39 板料在台虎钳上弯直角

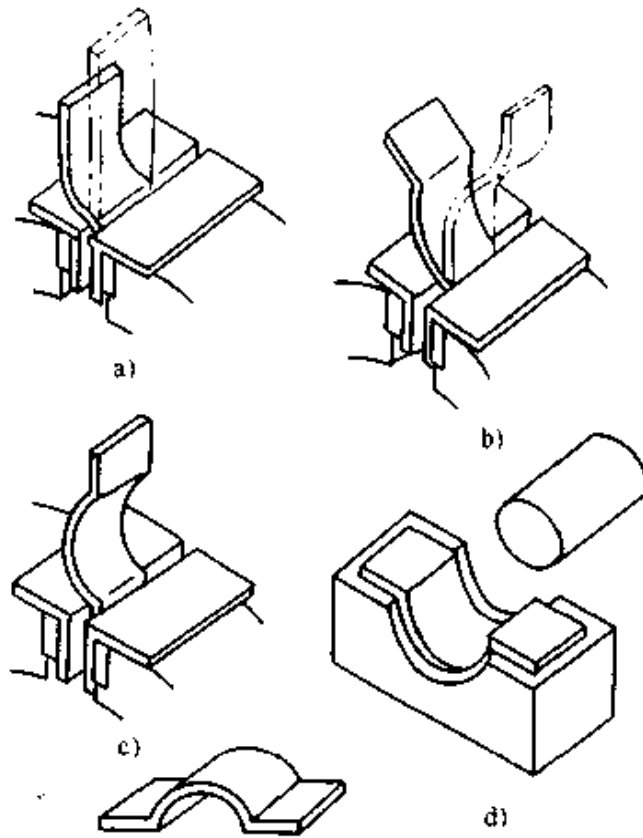


图 3-40 弯圆弧形工件的顺序

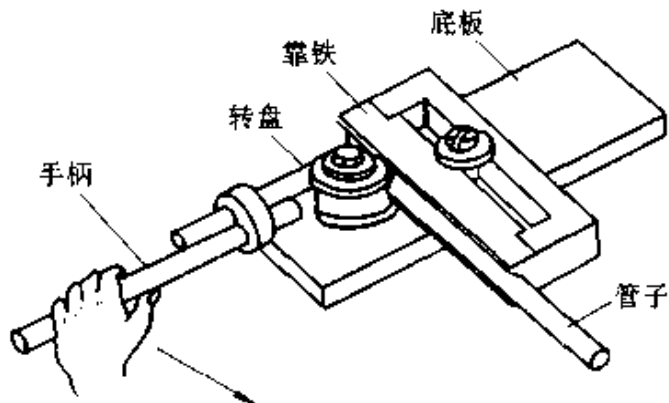


图 3-41 弯管工具

第四章 材料、油料和清洗剂

第一节 材料应具备的性能

机械设备的零、部件很多，所使用的材料也是多种多样的。要充分了解 and 运用它们所具有的各种力学性能，这样才能达到既可保证工程（产品）质量，又能合理使用和节约原材料的目的。

材料的性能一般可分为下面几种：

一、力学性能

机械设备的一些零部件，往往受到不同性质的外力作用，使这些零部件引起拉伸、压缩、弯曲、剪切、扭转等变形。由于外力作用结果会产生一定的破坏作用，因此，制作零部件所用的材料，必须具有抵抗外力的能力，使其不致于发生破坏或过度变形。这种能力通常称为金属材料的力学性能。

力学性能的基本指标有应力与强度、弹性、塑性、硬度、韧性与脆性、疲劳等。

1. 应力与强度

金属材料在外力作用下，其内部单位面积上所产生的内力称为应力，根据性质不同有拉应力、压应力、切应力等。应力的单位为兆帕（MPa）。

应力的计算公式为

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

式中 σ ——应力（MPa）；

F ——外力（N）；

A ——横截面面积（ mm^2 ）。

金属材料在外力作用下，抵抗变形和断裂的能力称为强度。根据外力性质不同有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度、抗扭强度

等。金属材料的强度是衡量材料性能的一个重要指标。

强度通常用屈服极限或强度极限来表示。

机械零件所受应力，一般应小于屈服极限，不允许超过强度极限，否则会使材料破坏。因此，材料的强度越高，能承受的应力越大，零部件的体积和重量就可相应的减小。

2. 弹性

材料在外力作用下产生变形，当外力去掉后又恢复到原来形状和大小的一种特性，称为弹性。衡量材料弹性的指标有弹性系数，比例极限及弹性极限。

弹性模量是指材料在弹性范围内，外力与变形成比例增长，即应力与应变成正比例系数，弹性模量也叫弹性系数。其计算公式为

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

式中 E ——弹性模量，单位帕 (Pa)；

σ ——应力 (Pa)；

ϵ ——应变。

根据应力、应变性质不同，弹性模量分为正弹性模量 (E) 和切变弹性模量 (G)。弹性模量的大小，相当于引起物体单位变形时所需应力的大小，所以，它在工程技术上是衡量材料刚度的指标。弹性模量越大，刚度也越大，也就是说在一定应力作用下，发生弹性变形越小。任何仪器和仪表零件，在使用过程中，大多处于弹性状态，对于要求弹性变形小的零件，必须选用弹性模量大的材料。

3. 塑性

塑性是指金属材料在外载荷作用下产生永久变形（塑性变形）而不破坏的能力。

金属材料的塑性指标常用伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 伸长率 是指试样拉断后的伸长量与原始长度的比值，符号为 δ ，用百分数表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试样原始长度；

l_1 ——试样拉断后的长度；

δ ——伸长率。

(2) 断面收缩率 ψ (%) 试样受拉力作用断裂时，其断口处横截面积的缩减量与原来横截面积之比值的百分率称为断面收缩率。断面收缩率的计算公式为：

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

式中 A ——试样断口处的横截面积 (mm^2)；

A_0 ——试样原有的横截面积 (mm^2)。

伸长率和断面收缩率，都是用来度量材料塑性大小的，其数值愈大，表示塑性愈好。良好的塑性材料有利于进行锻压、冷冲和冷拔等成型工艺。

4. 硬度

金属材料表面抵抗硬物压入的能力，叫硬度。同时它也是抵抗局部塑性变形的能力。

测定硬度的方法通常采用压入法，具体方法是：用一个定形的压头，在外力作用下压入被测材料表面，从压入情况来确定其硬度值。

根据测定方法不同，常用的硬度性能指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

(1) 布氏硬度 布氏硬度试验法是用一个直径为 D 的钢球，在规定载荷 P 的作用下，压入被测试金属的表面，见图 4-1，然后卸除载荷，测量钢球在被测试金属表面上的压痕直径 d ，由此可计算出压痕的表面积 S ，从而可求出压痕的单位面积上所承受的平均压力，布氏硬度用符号 HB 表示，计算公式如下

$$\text{HB} = 0.102 \frac{P}{S}$$

式中 P ——试验载荷 (N)；

S ——压痕球形表面积 (mm^2)；

HB——布氏硬度 (N/mm^2)。

压痕球形表面积的计算方法如下：

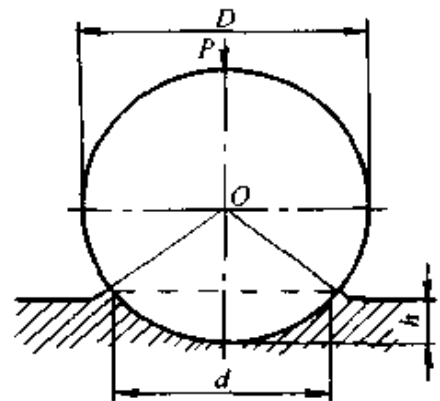


图 4-1 布氏硬度试验原理图

$$S = \frac{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

式中 π ——圆周率；

D ——压头球体直径 (mm)；

d ——压痕直径 (mm)。

所以布氏硬度值的实际计算如下：

$$HB = 0.102 \times \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

注：当试验载荷 P 的单位用 N 时， $HB = P/S$

布氏硬度的表示习惯上只写明硬度的数值而不标出单位，例如 $HB = 200 \text{ N/mm}^2$ ，一般均写成 200HBS，另外，在实际操作时，操作者不用计算，只需测出压痕直径 d ，查表即可。

布氏硬度试验因压痕面积较大，故能反映被测金属材料的平均硬度，试验结果较精确，特别对组织比较粗大且不均匀的材料，如灰口铸铁、轴承合金等，更是其他硬度试验法所不能替代的。但布氏硬度试验因压头是硬质合金或淬火钢球，所以被测材料的硬度不得过高。当布氏硬度小于 450 时，用 HBS 表示，大于 450 时，用 HBW 表示。一般用硬质合金压头时材料的硬度要小于 650HBW，用淬火钢球压头时材料的硬度要小于 450HBS，否则易损坏压头而影响试验结果的准确性。布氏硬度试验法常用于退火状态下的钢材，灰口铸铁和有色金属等，也用于经调质处理后的工件。

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度试验法是目前工厂中应用最广泛的试验方法，它是用一个锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或一定直径（英制 $\frac{1}{16}$ ）的淬火钢球作为压头，在规定载荷的作用下压入被测试金属的表面，根据压头在金属表面所形成的压痕深度 h 值来确定其硬度值，见图 4-2。在具体操作时，并不用去实际测量压痕深度，因为压痕深度与硬度值的对应关系在洛氏硬度计内部已经换算好，可从硬度计的表盘上直接读出硬度值的大小。

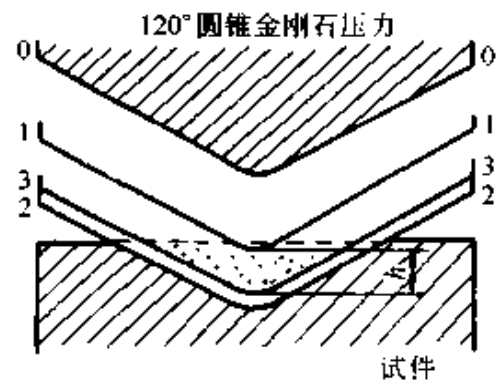


图 4-2 洛氏硬度试验示意图

洛氏硬度常用的有三种标准，分别用HRA、HRB、HRC来表示，表4-1为常用洛氏硬度标尺的试验条件和应用举例。

表 4-1 常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围

硬度标尺	压头类型	总载荷 /N	硬度值有效范围	应用举例
HRC	120°金刚石圆锥体	1500	20 ~ 67HRC (相当于 250HBS 以上)	一般淬火钢件
HRB	$\phi \frac{1}{16}$ 钢球	1000	25 ~ 100HRB (相当于 60 ~ 230HBS)	软钢退火钢、铜合金 等
HRA	120°金刚石圆锥体	600	> 70HRA (相当于 360HBS 以上)	硬质合金、表面淬火 钢等

洛氏硬度 HRC 与布氏硬度 HB 在一定范围内有 1:10 的关系，例如 40HRC 相当于 400HBS，250HB 相当于 25HRC 左右等。

(3) 维氏硬度 (HV) 在维氏硬度试验机测得的硬度值叫维氏硬度。其测定方法与布氏硬度基本相同。它是从压痕表面积的平均应力作为硬度值，其载荷在规定范围内选择，压头为金刚石四方角锥体，在试验机上附有显微镜，用以测量压痕表面的对角线。

维氏硬度用于测定很薄 (0.3~0.5mm) 的金属材料或厚度为 0.03~0.05mm 的零件表面硬化层的硬度。维氏硬度应用缺点是手续较繁，被测材料表面的质量要好。布氏、洛氏、维氏硬度换算见表 4-2。

5. 冲击韧性

金属材料在冲击载荷作用下不发生破坏的能力称作冲击韧性。

机械零件在使用过程中，常受到冲击载荷的作用，这种作用比静载荷大的多。为此，设计和使用中必须认真考虑材料冲击韧度的能力。

冲击韧度的测定是在摆锤式一次冲击试验机上进行，通过试样消耗的功除以试样断口处横截面面积就得出冲击韧度。它的计算式如下：

$$\alpha_K = \frac{A_K}{S}$$

式中 α_K ——材料冲击韧度值 (J/cm²)；

A_K ——冲击试验所消耗的功 (J)；

S ——试样断口处横截面面积 (cm²)。

表 4-2 洛氏、布氏、维氏硬度换算表

洛氏硬度		布氏硬度	维氏硬度	洛氏硬度		布氏硬度	维氏硬度
HRC	HRA	HB	HV	HRC	HRA	HB	HV
(70)	(86.6)		(1037)	45	73.2	424	433
(69)	(86.1)		(997)	44	72.6	413	423
(68)	(85.5)		(959)	43	72.1	401	411
67	85.0		923	42	71.6	391	399
66	84.4		889	41	71.1	380	388
65	83.9		856	40	70.5	370	377
64	83.3		825	39	70.0	360	367
63	82.8		795	38		350	357
62	82.2		766	37		341	347
61	81.7		739	36		332	338
60	81.2		713	35		323	320
59	80.6		688	34		314	320
58	80.1		664	33		306	312
57	79.5		642	32		298	304
56	79.0		620	31		291	296
55	78.5		599	30		283	289
54	77.9		579	29		276	281
53	77.4		561	28		269	274
52	76.9		543	27		263	268
51	76.3	(501)	525	26		257	261
50	75.8	(488)	509	25		251	255
49	75.3	(474)	493	24		245	249
48	74.7	(461)	478	23		240	243
47	74.2	449	463	22		234	237
46	73.7	436	449	21		229	231

6. 疲劳强度

各种机械零件，经常在交变载荷作用下进行运转。当这种载荷大于材料强度的极限时，使零件断裂，这种情况即称作疲劳强度。衡量材料疲劳的性能标准称作疲劳极限，单位用 σ_{-1} 表示。

金属材料的疲劳强度的大小影响的因素较多；如合金的成分、材料的组织结构、工件表面质量及表面处理情况（淬火、挤压等），通过精加工减低表面粗糙度等，都是提高机械零件疲劳强度的重要因素。

二、理化性能

材料的理化性能包括：密度、熔点、导热性、热膨胀、电阻率、耐腐蚀性、抗氧化性等。常用金属材料的物理性能，见表 4-3。

表 4-3 常用金属的物理性能

金属名称	符号	密度 ρ (20℃) / (g/cm ³)	熔点 /℃	热导率 λ (28℃) /W/(m·℃)	线膨胀系数 α_L (0~100℃) /1×10 ⁻⁶ ℃	电阻率 ρ (0℃) /×10 ⁻² Ω·mm ² ·m ⁻¹
银	Ag	10.49	960.8	118	19.7	1.58
铝	Al	2.6984	660.1	247	20.6	2.655
金	Au	19.32	1063	297	14.2	2.065
铬	Cr	7.19	1903	67	6.2	12.9
铜	Cu	8.96	1083	394	17.0	1.67~1.68 (20℃)
铁	Fe	7.87	1537	75	11.76	9.7 (20℃)
镁	Mg	1.74	650	154	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1244	5 (-192℃)	37	185 (20℃)
镍	Ni	8.90	1453	92	13.4	6.84
铂	Pt	21.45	1769	69	8.0	9.2~9.6
锡	Sn	7.298	281.91	63	23	11.5
钛	Ti	4.508	1677	15	8.2	42.1~47.8
钨	W	19.3	3380	15.5	4.6 (20℃)	5.1
锌	Zn	7.134 (25℃)	419.506	113	39.5	5.75

1. 密度

金属的单位体积内拥有的质量即称为金属的密度。它的计算式如下：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——金属的密度 (g/cm^3);

m ——金属的质量 (g);

V ——金属的体积 (cm^3)。

从公式中得出, 在体积相同的情况下, 密度大的金属, 质量也大。对金属材料来讲, 轻金属密度小于 $5\text{g}/\text{cm}^3$, 重金属则大于 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2. 熔点

熔点是指金属材料从固态转变为液态时的温度值。通常高熔点金属材料有铬、钨、钼等。低熔点有锡、铅等。

3. 导热性

导热性是表征材料传导热能的一种特性, 用 λ 表示。某种金属的热导率是指 1cm 长、 1cm^2 的该种金属面积上每秒升高 1°C 传导的热量。热导率大的材料, 导热性也好。

4. 热膨胀

金属受热时, 体积会增长, 冷却时会收缩。这种热胀冷缩的性能称为热膨胀, 热膨胀的大小是用线膨胀 (或体膨胀) 系数 α_L 来表示。即金属每升高 1°C 所增加的长度与原来长度的比值称为线膨胀系数 α_L 。即

$$\alpha_L = \frac{l_2 - l_1}{l_1 (t_2 - t_1)}$$

式中 l_1 ——膨胀前的长度 (mm);

l_2 ——膨胀后的长度 (mm);

t_1 ——膨胀前的温度 ($^\circ\text{C}$);

t_2 ——膨胀后的温度 ($^\circ\text{C}$);

5. 电阻率

在常温下 (通常为 20°C), 截面积为 1mm^2 , 长 1m 的某金属材料产生的电阻值, 叫该金属的电阻率 (电阻系数)。它是表征金属材料导电能力的性能指标。电阻率小, 导电性能就好。在金属材料中, 银的导电性能最好, 铜、铝和金的导电性仅次于银。

6. 耐腐蚀性

耐腐蚀性是表征金属材料抵抗外界物质腐蚀破坏的能力。为了延长金属材料的使用寿命, 必须要增强其耐腐蚀能力。因此, 它是衡量金属

材料性能好坏的一个重要标准。

7. 抗氧化性

抗氧化性是表征金属材料在常温（高温）情况下、抵抗氧化作用的能力。在金属材料中，绝大多数都与氧起氧化作用，使其表面生成氧化物。因此在高温条件下，对金属材料的抗氧化性要求很严格。

三、工艺性能

工艺性能包括锻造性、铸造性、切削性、冲压性和焊接性等。

1. 锻造性

它是表明金属材料在锻造操作过程中能承受塑性变化的能力。塑性好的材料，容易锻造成形。一般铜、铝合金在冷状态下加工，它的锻造性就比较好。脆性材料的锻造性很差。

2. 铸造性

金属材料在铸造时以液态成型时的一种性能。它用收缩率、流动性、偏析等来评定其铸造性的优劣程度。

收缩率是表示铸件浇注前后的尺寸变化的大小，通常收缩小，对铸件影响也小。

流动性是浇注时液体的流动能力。流动性好，液体流入砂型既快又饱满。

偏析是指金属铸件中出现组织结构和化学成分不均匀。这种现象将程度不同地破坏了铸件的力学性能，降低了铸件的质量标准。

3. 切削性

金属材料易于切削、加工的程度，叫切削性。切削性与材料的组织成分、硬度、强度、塑性、韧性、导热性等多种因素有关。具有良好切削性能的金属材料，必须有适宜的硬度（170～230HBS之间）和足够的脆性。

4. 冲压性

它是指金属和非金属材料的工件对冲压工艺的承受能力。材料冲压性能好，则加工容易、便于成形，而且模具损耗也小，冲压件的质量好，精度也高。

5. 焊接性

焊接性就是将金属材料熔化粘合在一起的特性。检验焊接性能的标准是用焊接接头部位的强度、密封性是否符合标准的要求。通常焊接性

较好的金属如低碳钢，较差的如高碳钢、高合金钢、铸铁以及铝合金等。

第二节 钢铁材料

一、钢铁材料的分类

钢铁材料主要是铁和碳的合金。一般含碳量在 $w_C 1.7\%$ 以下的称为钢，含碳量在 $w_C 1.7\%$ 以上称为生铁。钢中除碳这个主要元素外，还含有少量的锰、硅、硫、磷等。

钢铁产品牌号的表示方法有两种：一种是汉字牌号，它是用汉字（符号）和阿拉伯数字来表示，另一种是汉语拼音字母（符号）或国际化学符号和阿拉伯数字来表示。

牌号中符号部分表示两种含义：（1）产品的名称、用途、冶炼方法和浇注方法，用汉字缩写或汉语拼音字母表示；（2）产品中的主要元素，用中文名称或国际化学符号表示。

牌号中数字部分表示的意义也有两种：（1）产品的顺序号；（2）产品中主要元素的含量。

二、钢

钢的种类很多，工业用钢按国家标准主要有三种分类方法：

（1）按钢的冶炼方法分：有电炉钢、转炉钢、平炉钢，近年来转炉和电炉钢发展很快，平炉钢逐步被淘汰。普通碳素钢和低合金钢，多数是转炉和平炉生产的，电炉用来生产合金钢。

（2）按用途分：有结构钢、工具钢、特殊钢等。

（3）按化学成分：主要有碳素钢（普通碳素钢和优质碳素钢）与合金钢。合金钢由于含元素种类不同，又分为锰钢、硅锰钢等。

碳素钢又称碳钢，在钢中占有很大的比重，用途比较广泛。

碳素钢按含碳量分为低碳钢（含碳量小于 $w_C 0.25\%$ ）、中碳钢（含碳量为 $w_C 0.25\% \sim 0.60\%$ ）和高碳钢（含碳量大于 $w_C 0.60\%$ ）。

合金钢按合金元素含量可分为低合金钢（合金元素总含量小于 $w_M 5\%$ ）、中合金钢（合金元素总含量 $w_M 5\% \sim 10\%$ ）和高合金钢（合金元素总含量大于 $w_M 10\%$ ）。

钢材按质量分类，根据所含杂质元素硫、磷的多少，分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

钢材按用途分类，可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

1. 结构钢

用作各种工程结构（如屋架、桥梁、容器、起重机械构架等）的钢，它包括碳素钢和低合金高强度结构钢；用作各类机器零件的钢，它包括渗碳钢、调质钢、弹簧钢及滚动轴承钢等；这些都属于结构钢的范畴。

用作工程结构的钢，多为碳素结构钢（原称普通结构钢），这类钢含有害杂质元素和非金属夹杂物较多，但冶炼容易，工艺性好，价格低廉，性能上能满足一般工程结构及普通机器零件的要求，因而应用十分广泛。它通常均轧成钢板或各种型钢（圆钢、方钢、角钢、扁钢、槽钢、工字钢等）。

(1) 碳素结构钢

碳素结构钢按屈服点的大小分为 Q195、Q215、Q235、Q255、Q275 五个不同强度级别的牌号，并按照使用上对质量的不同层次的要求，又将各牌号分为 A、B、C、D 四个不同的质量等级。在钢的强度级别和质量等级等方面，为使用部门提供了范围较大的选择余地。

1) 牌号表示方法

钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。

例如：Q235—A·F

Q—钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母；

A、B、C、D—分别为质量等级；

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母；

b——半镇静钢“半”字汉语拼音首位字母；

Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母；

TZ——特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母。

在牌号组成表示方法之中，“Z”与“TZ”符号予以省略。

2) 钢的特性及主要用途见表 4-4。

3) 钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合表 4-5 规定。

表 4-4 碳素结构钢的特性及主要用途

牌号	性能特点	用途
Q195	强度不高, 塑性、韧性、加工性能和焊接性能好	用于轧制薄板和盘条。冷、热轧薄钢板及以其为原板制成的镀锌、镀锡及塑料复合薄钢板大量用作屋面板、装饰板、通风除尘管道、包装容器、仪表壳、开关箱、防护罩等。盘条则多冷拔成低碳钢丝或经镀锌制成镀锌低碳钢丝, 用于捆绑、张拉固定或用作钢丝网、铆钉、圆钉、螺栓等
Q215	强度稍高	用途与 Q195 大体相同, 还大量用作焊管坯、炉撑、地脚螺钉、螺栓、圆钉等
Q235	含碳适中, 综合性能较好, 强度、塑性和焊接等性能得到较好配合	大量用作建筑钢筋或轧成型钢、钢板, 用以建造厂房房架、高压输电铁塔、桥梁、车辆、锅炉、容器、船舶等。C、D 级钢还可作某些专业用钢使用
Q255	性能与 Q235 差不多, 强度稍有提高, 塑性有所降低	应用不如 Q235 广泛, 主要用作铆接与栓接结构
Q275	强度、硬度较高, 耐磨性较好	用于制造轴类、农业机具、耐磨零件、钢轨接头夹板、垫板、车轮、轧辊等

表 4-5 碳素结构钢的牌号和化学成分

牌号	等级	化学成分 (质量分数) (%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	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	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045		
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ

(续)

牌号	等级	化学成分 (质量分数) (%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	不大于				0.045		
Q275		0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	b、Z

注：Q235A、B级沸腾钢锰含量上限为 $w_{Mn}0.60\%$

(2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢出厂时厂家既保证化学成分，又保证（力学）性能，大多用作机器零件，并通过一定的热处理可进一步提高其（力学）性能。

优质碳素结构钢的牌号用一个两位数字表示，此数字并表示钢中含碳量的万分之几，如 08 号钢，即表示平均含碳量 $w_C0.08\%$ 的优质碳素结构钢；45 钢即表示平均含碳量 $w_C0.45\%$ 的优质碳素结构钢。若钢中含有锰量稍高，则在钢号后面附以“锰”或“Mn”如 65 锰或 65Mn 等。

优质碳素结构钢的含碳量不同，其用途各异。

优质碳素结构钢的牌号及用途，如表 4-6 所示。

表 4-6 优质碳素结构钢的牌号及用途

牌号	用途举例
08 和 08F	用于轧制薄板、深冲制品、油桶、高级搪瓷制品，也可用于制作管子、垫片及心部强度要求不高的渗碳和液体碳氮共渗零件，电焊条等
10 和 10F	用作 4mm 以下冷压深冲制品，如深冲器皿、炮弹弹体。也可制造锅炉管、油桶顶盖及钢带、钢丝、焊接件、机械零件
15 和 15F	用于制造机械上的渗碳零件、紧固零件、冲锻模件及不需热处理的低负荷零件，如螺栓、螺钉、法兰盘及化工机械用贮器、蒸汽锅炉等
20	用于不经受很大应力而要求韧性的各种机械零件，如拉杆、轴套、螺钉、起重钩等；也可用于制造在 60 大气压、450℃ 以下非腐蚀介质中使用的管子、导管等；还可以用于心部强度不大的渗碳及液体碳氮共渗零件，如轴套、链条的滚子、轴以及不重要的齿轮、链轮等
25	用作热锻和热冲压的机械零件，金属切削机床上液体碳氮共渗零件，以及重型和中型机械制造中负荷不大的轴、辊子、联接器、垫圈、螺栓、螺帽等，还可用作铸钢件

(续)

牌号	用途举例
30	用作热锻和热冲压的机械零件、冷拉丝，重型和一般机械用的轴、拉杆、套环、以及机械上用的铸件，如气缸、汽轮机机架、轧钢机机架和零件、机床机架及飞轮等
35	用于制作热锻和热冲压的机械零件，冷拉和冷顶锻钢材，无缝钢管、机械制造中零件、铸件、重型和中型机械制造中的锻制机轴，压缩机汽缸、减速器轴，也可用来铸造汽轮机机身、飞轮和均衡器等
40	用于制造的机器运动零件，如棍子、轴、联杆、圆盘等，以及火车的车轴，还可用于冷拉丝、钢板、钢带、无缝管等
45	用以制造蒸汽透平机、压缩机、泵的运动零件；还可代替渗碳钢制造齿轮、轴、活塞销等零件（零件需经高频或火焰表面淬火）；并可用作铸件
50	用于制造耐磨性要求高、动载荷及冲击作用不大的零件，如铸造齿轮、拉杆、轧辊等；制造比较次要的弹簧、农机上的掘土犁铧、重负荷的心轴与轴等，并可制造铸件
55	主要用于制造联杆、轧辊、齿轮、扁弹簧、轮圈、轮缘等，也可作铸件
60~65	用于制造弹簧、弹簧圈、各种垫圈、离合器以及制造一般机械中的轴、轧辊、偏心轴等
70~75	用来制造弹簧和发条、制造钢丝绳用的钢丝及高硬度的机件、如犁、铧、电车车轮等
15Mn~25Mn	用于制造中心部分的力学性能要求较高且需渗碳的零件
30Mn~35Mn	主要用来制造螺栓、螺帽、螺钉、杠杆、掣动踏板等。并可用冷拉制造在高应力下工作的细小零件，如农机上的钩、环、链等
40Mn~45Mn	用于制造承受疲劳负荷下的零件，如曲轴、联杆等；也可用作高应力下工作的螺钉、螺帽等
50Mn~55Mn	用于制造耐磨性要求高、在高负荷下热处理的零件，如齿轮、齿轮轴、摩擦盘、滚子及弹簧
60Mn~70Mn	用于制造弹簧及犁铧等

05F、08F 塑性好，强度低，主要用作冷冲压零件。10、15、20、25 钢，塑性与焊接性良好，常用作冲压件及焊接件，经适当热处理（渗碳）后也可制作轴，销等零件。30、35、40、45、50 钢等经热处理后可获得良好的综合力学性能，用于制作轴、齿轮等零件；60、65 经适当热处理后主要用作弹簧等类零件。

(3) 合金结构钢 合金结构钢有工程结构钢和机器制造用钢两大类，工程结构用钢是桥梁、建筑、船舶、车辆、压力容器等的用钢，它是在普通碳素结构钢的基础上加入少量合金元素而形成的钢，故称普通低合金结构钢；机器制造用钢是用作各种机器零件的钢，都是优质钢或高级优质钢，用热处理可明显提高材料的力学性能。这类钢根据热处理和用途的不同有渗碳钢、调质钢、弹簧钢和滚动轴承钢等几种。

合金结构钢的钢号采用“二位数字 + 元素符号或汉字 + 数字 + ……”表示，前面的二位数字表示钢的平均含碳量的万分之几，合金元素用化学符号或汉字表示，元素后面的数字表示该元素平均含量（质量分数）的百分之几，合金元素含量小于 1.5% 时只标符号不标数字。

如 60Si2Mn 表示（质量分数）含碳量 0.60%，含硅量 2%，含锰量小于 1.5%。

滚动轴承钢的牌号表示较特殊，用 G 开头表示滚动轴承钢，滚动轴承钢中通常含铬，其含铬量以千分之几标注，其他元素仍用百分之几表示。如 GCr9SiMn（质量分数），表示含铬 0.9%，含硅含锰均小于 1.5%。

1) 普通低合金结构钢（简称普低钢）：这类钢（质量分数）的含碳量范围是 0.10% ~ 0.25%，应加合金元素为锰、钒等，总含量不超过 3%。合金元素的作用是可使普低钢的屈服强度较普通碳素结构钢提高 30% ~ 50%，并且还具有良好的塑性，韧性和良好的焊接性，耐蚀性。主要用以代替普通碳素结构钢制作锅炉、压力容器、桥梁、车辆等，常用普通低合金结构钢的牌号，性能和用途见表 4-7。

2) 合金渗碳钢（质量分数）：这类钢的含碳量范围是 0.10% ~ 0.25%，此类钢应加元素为铬、镍、锰、硼等，总含量不大于 5%，此类钢经渗碳淬火，低温回火后，表面具有较高硬度和耐磨性，而内部仍保持较高的塑性和韧性，可在高速重载，较强烈冲击和受磨损的条件下工作，常用合金渗碳钢的牌号，性能和用途见表 4-8。

表 4-7 常用普低钢的牌号性能和用途

牌 号	板厚 /mm	σ_b	σ_s	δ (%)	用 途
		/N/mm ²			
09Mn2	4~6	460	310	21	油船、油罐、机车车辆、油槽等焊接件
16Mn	≤16	520	360	26	桥梁、汽车纵横梁、压力容器、船舶
15MnTi	≤25	540	400	19	储油罐、高中压容器、起重运输设备
15MnV	≤25	540	400	18	锅炉汽包、化工容器、大型厂房结构
10MnSiCu	≤16	500	350	26	锅炉容器、铁路车辆、石油井架、油罐
14MnMoR	30~110	624	540	15	锅炉、石油、化工等在 500℃ 以下工作的高压容器
14CrMnMoVB	6~20	750	650	15	400~560℃ 工作的高压容器

表 4-8 常用渗碳钢的牌号、性能及用途

牌 号	毛坯尺寸 /mm	σ_b	σ_s	δ	φ	a_K /J/cm ²	用 途
		/N/mm ²		(%)			
20Cr	15	800	600	10	40	60	齿轮、小轴、活塞销
20Mn2B	15	1000	800	10	45	70	中等负荷的变速箱齿轮、离合器
20MnVB	15	1100	900	10	45	70	可代 20CrNi 钢作汽车、拖拉机齿轮
20CrMnTi	15	1100	850	10	45	70	汽车、拖拉机的变速齿轮传动轴
20Cr2Ni4A	25	1400	1200	9	45	80	大型齿轮与轴类

3) 合金调质钢 (质量分数): 这类钢的含碳量在 0.3% ~ 0.5% 之间, 加入的合金元素为铬、锰、硅、镍、硼等, 此类钢一般经调质处理 (淬火 + 高温回火), 故而得名调质钢, 这种钢经调质处理后具有良好的综合力学性能, 即高的强度和高的韧性, 适于制作承受较大载荷的机器零件, 如齿轮、轴、连杆、蜗杆) 齿轮等。

4) 合金弹簧钢 (质量分数): 这类钢的含碳量在 0.45% ~ 0.70% 之间, 加入的合金元素主要有硅、锰、铬和钒等, 这类钢一般经淬火 + 中温回火处理, 热处理后具有较高的弹性极限和足够的强度, 适于制造力学性能要求较高、受力复杂、截面积较大的弹簧等弹性零件

5) 滚动轴承钢 (质量分数): 滚动轴承钢的含碳量范围是 0.95% ~ 1.05%, 主加合金元素为铬, 含量 0.6% ~ 1.65%, 大型轴承还常适量加入硅和锰。滚动轴承钢的热处理包括预先热处理和最终热处理两个步骤, 预先热处理采用球化退火, 目的是降低锻造后钢的硬度, 以利于切削加工, 并为淬火作好准备, 最终热处理为淬火 + 低温回火, 以获得高硬度, 高耐磨性, 高的抗压强度和疲劳强度。滚动轴承钢是制作各种滚动轴承的滚珠、滚柱及内外套圈的专用钢, 由于其化学成分和主要性能特点与低合金刀具钢相近, 故也可用作刀具, 冷冲模具和量具等耐磨零件。

2. 工具钢

工具钢是用于制造刀具、量具和模具等各种工具的钢, 它应具备高硬度、高耐磨性、足够的强度、韧度、红硬性等性能。

(1) 碳素工具钢 (质量分数) 碳素工具钢的含碳量一般在 0.7% 以上, 都是优质钢或高级优质钢。

碳素工具钢的钢号用字母 “T” 或汉字 “碳” 后面加上数字表示, 数字表示钢中平均含碳量的千分之几如 “T8” 钢, 表示平均含碳量为 0.8% 的碳素工具钢, 若是高级优质钢, 则在钢号后面再加字母 “A” 或汉字 “高”, 如 “T12A” 钢表示平均含碳量为 1.2% 的高级优质碳素工具钢。

各种牌号的碳素工具钢最终热处理都是淬火 + 低温回火, 热处理后的硬度相近, 但含碳量增加钢的耐磨性增加, 而韧性降低。碳素工具钢的牌号、含碳量、性能和用途见表 4-9。

表 4-9 碳素工具钢的含碳量性能和用途

钢 号	含碳量 (质量分数) (%)	退火后的硬度	淬火后的硬度	应用举例
		HB	HRC	
		不高于	不小于	
T7 T7A	0.65~0.74	187	62	凿子、模具、锤子、木工工具石钻(软岩石用)
T8 T8A	0.75~0.84	187	62	
T9 T9A	0.85~0.94	192	62	刨刀、冲模、丝锥、板牙、手工锯条、卡尺等
T10 T10A	0.95~1.04	197	62	
T11 T11A	1.05~1.14	207	62	
T12 T12A	1.15~1.24	207	62	钻头、锉刀、刮刀等
T13 T13A	1.25~1.35	217	62	

(2) 合金工具钢 碳素工具钢由于其力学性能不是很高，使用上受到一定限制，只能做一些简单工具，对于性能和精度要求都比较高的工具，则必须用合金工具钢来制作。合金工具钢根据用途不同有低合金刃具钢、高速钢、模具钢和量具钢等。

合金工具钢的牌号的表示方法(质量分数)是：“一位数字(或没有数字)+元素符号+数字+……”。前面一位数字表示钢中含碳量的千分之几，钢中含碳量大于1%时不标注数字。元素符号后面的数字表示该元素的平均含量百分之几，合金元素含量小于1.5%时不标注数字。

如 9SiCr 表示含碳量 0.9%，含硅、含铬均小于 1.5%。

Cr12Mo 表示含碳量大于 1%，含铬 12%，含钼小于 1.5%。

1) 低合金刃具钢：这类钢是在碳素工具钢的基础上，加入不超过 3%~5% 的铬、锰、硅以及钨、钒等元素而制成的。其目的是提高钢的强度、硬度和耐磨性，低合金刃具钢的红硬性略高于碳素工具钢，工作温度在 25℃ 以下。这类钢的预先热处理是球化退火，最终热处理是淬火+低温回火。常用的低合金刃具钢有 9SiCr、CrWMn、9Mn2V 等。

2) 高速钢：高速钢的含碳量为 0.7%~1.65% (钢号中不论含碳量多少均不标出) 并含大量的钨、钼、铬、钒等元素，总含量大于 10%，属于高合金工具钢。高速钢在 250~600℃ 温度范围内工作，仍具有高的强度、硬度和耐磨性。

高速钢的预先热处理是把反复锻造后的钢进行球化退火，以改善切削加工性能，便于制成所需形状和尺寸的工具。高速钢的最终热处理是淬火和回火，淬火加热温度为 $1260 \sim 1280^{\circ}\text{C}$ ，淬火后在 $550 \sim 560^{\circ}\text{C}$ ，进行三次回火，此种钢具有很高的红硬性，可用作高速切削的刀具如钻头、车刀等。常用牌号有 W8Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等。

3) 模具钢：模具钢是用作锻模、冲模和压模等的钢。根据模具工作条件不同有冷压模具和热压模具两种，冷压模具要求具有高硬度和高耐磨性、足够的韧性，热处理变形小等特点，常用牌号除碳素工具钢 T8、T10A 外，形状复杂及尺寸较大的模具常用 CrWMn、Cr12、Cr12MoV 等。

热压模具要求有高的的高温强度 ($400 \sim 500^{\circ}\text{C}$) 足够的韧性、耐磨性、抗疲劳和抗氧化等性能，常用牌号有 5CrMnMo、5CrNiMo、3Cr2W8V。

冷作模具钢的最终热处理为：淬火 + 低温回火。

热作模具钢的最终热处理为：淬火 + 高温回火。

(3) 特殊性能钢 特殊性能钢指具有特殊物理、化学性能的钢，种类很多、本部分主要介绍不锈钢。

常用的不锈钢主要有两种类型：即铬不锈钢和铬镍不锈钢。

1) 铬不锈钢：常用的铬不锈钢是 Cr13 型不锈钢（质量分数），含铬量约为 13% 左右，含碳量 $0.1\% \sim 0.45\%$ ；主要牌号有 1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13。

1Cr13、2Cr13 含碳量较少，强度硬度不高，但塑性韧性较好。热处理采用淬火和高温回火，常用作承受冲击载荷的耐蚀零件，如汽轮机叶片、水压机阀门等。

3Cr13、4Cr13 含碳量中等，热处理采用淬火和低温回火，其硬度可达 50HRC 左右，主要用于制造医疗器械、量具、弹簧、轴承等。

2) 铬镍不锈钢（质量分数）：这类不锈钢含铬 18% 左右，含镍 9% 左右，含碳量较少，在 0.15% 以内，它比铬不锈钢具有更好的耐蚀性，但硬度不高，塑性、韧性较好，常用的牌号有 0Cr18Ni9、1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti 等。这类钢抗蚀抗酸能力强，又称不锈钢耐酸钢，可制作各种在腐蚀介质中工作的管道、阀门、容器等。

三、铸铁

铸铁是由高炉冶炼出来的生铁，经过配料并加以熔化浇铸而成。铸铁也是铁碳合金，同时还含有硅、锰、硫、磷等元素。工业上常用的铸铁含碳量（质量分数）一般在 2.5%~4% 之间。铸铁性能不如钢，但造价低，并有良好的铸造性能，应用的比较广泛。如机械设备的机座、工作台、缸体、轧辊等。

铸铁的种类有：白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁等。

1. 白口铸铁

白口铁含大量碳化铁，断面呈白色。这种铸铁质硬性脆，不易加工。因此很少用它作机械的零、部件。有时用它作轧辊、磨球和犁铧等很少加工的部件。除此以外，白口铁还可制造可锻铸铁和作为炼钢原料。

2. 灰口铸铁

它含大量片状石墨，断面呈灰色。灰铸铁易加工，铸造容易，性脆，强度较低。主要用在不需高强度和硬度的铸件上。灰铸铁用符号“HT”表示，它的牌号和力学性能见表 4-10。

表 4-10 灰铸铁的牌号、性能和用途

铸铁类别	牌号	σ_b /MPa 不小于	HBS	适用范围及应用举例
铁素体 灰铸铁	HT100	100	143~229	低负荷和不重要的零件，如外罩、盖、手轮、支架、重锤等
铁素体、珠 光体灰铸铁	HT150	150	163~229	承受中等负荷的零件，如汽轮机泵体轴承座、齿轮箱等
珠光体 灰铸铁	HT200	200	170~241	承受较大负荷的零件，如气缸齿轮、油缸、阀壳、飞轮、床身、活塞、刹车轮联轴器、轴承座等
	HT250	250	170~241	
孕育铸铁	HT300	300	187~255	承受高负荷的重要零件，如齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床和压力机的机身、床身、高压液压筒、滑阀壳体等
	HT350	350	197~269	

3. 可锻铸铁

将白口铁进行长时间高度石墨化退火，就成为可锻铸铁。它不能锻

造，但韧性比灰铸铁好，能承受一定的冲击负荷。一般用于铸造机械零件和管配件。可锻铸铁用“KT”来表示。

可锻铸铁通常可用于制作截面较薄、形体比较复杂、硬度和强度要求比较高的机械零件。

4. 球墨铸铁

在铁水中加入适量的镁，使片状石墨结晶成球状石墨，构成了球墨铸铁。球墨铸铁的铸造性、切削加工性、减磨性都比灰口铸铁好，同时又具有钢的高强度性能。球墨铸铁广泛应用于机械制造工程中性能要求较高的铸件，如曲轴、活塞、齿轮等。它的缺点是：熔炼和铸造工艺要求较高，减振性能也不如灰铸铁。球墨铸铁用符号“QT”加强度值数字表示。

第三节 有色金属材料

工业上应用的有色金属主要有：铜、铝、镍、镁、锌、铅、锡等及其合金。这些金属及其合金，一方面可以压延、拉丝、锻造，制成各种型材，另一方面又可经过熔融后铸造。

有色金属在金属材料中占有很重要的地位，它不仅可以成为制造各种优质合金钢所必需的合金元素，而且由于许多有色金属及其合金具有密度小、耐热、耐腐蚀和良好的导电性、导热性、弹性及一些特殊的物理性能，使它成为现代工业必不可少的金属材料。

一、铜与铜合金

铜是比较广泛应用的一种金属材料，它具有良好的导电性、导热性、耐腐蚀性及延展性等。

1. 工业纯铜

它呈玫瑰色，表面形成氧化铜膜后，外观为紫红色，俗称紫铜。纯铜一般用电解法制取，故又称电解铜。

纯铜有较高的导电性、导热性和耐腐蚀性，并有良好的塑性，易于压延加工，此外纯铜还是一种抗磁性材料。纯铜的缺点，强度低，不易作结构材料。

纯铜中还有一种含氧量极小的无氧铜，由于氧对铜的力学性能和工艺性能都有不良影响，特别是含有氧的铜在还原性气氛中加热时（如退

火) 氢向铜中扩散与氧形成水蒸气, 以一定的压力由铜中跑出, 因而会造成显微裂纹, 即发生通常所说的氢病, 因此重要的电气用铜一般都采用无氧铜。

工业纯铜的牌号、成分和用途见表 4-11。

表 4-11 纯铜的牌号、成分和用途

名 称	牌 号	主要成分质量分数 (%)		用途举例	
		Cu \geq	Mn		
纯 铜	一号铜	T1	99.95	—	用于导电材料、高纯度合金材料
	二号铜	T2	99.90	—	
	三号铜	T3	99.70	—	一般用铜线, 以及垫圈、铆钉、油管等
	四号铜	T4	99.52	—	
无 氧 铜	一号无氧铜	TU1	99.97	—	真空仪器、仪表零件
	二号无氧铜	TU2	99.95	—	
	磷脱氧铜	TUP	99.5	0.01~0.04	汽油、气体管道、冷凝器、电子管材料
	锰脱氧铜	TUMn	99.6	0.1~0.3	

2. 黄铜

铜和锌的合金称为黄铜, 黄铜具有良好的力学性能、耐蚀性能、导电性能、导热性能和工艺性能, 它与紫铜相比, 具有价格比较便宜、色泽美丽等优点, 因此, 应用比较广泛。黄铜可分为普通黄铜和特殊黄铜两类。

(1) 普通黄铜 由铜锌组成的合金, 也叫锌黄铜, 它的牌号用“H”表示, 后面的数字表示含铜量。常用的普通黄铜的牌号、力学性能及用途见表 4-12。

表 4-12 普通黄铜牌号、力学性能及用途

牌 号	力学性能			用 途
	σ_b /MPa	δ (%)	HBS	
H80	320	52	53	用于镀层及装饰品、金属网材料
H70	320	55	—	弹壳、冷凝器或其他零件
H62	330	49	56	弹簧、螺钉或各种金属网
H59	390	44	—	用于热压、热轧零件

(2) 特殊黄铜 在铜锌合金中加入锡、镍、锰、铅、硅、铝、铁等元素, 就成为特殊黄铜。如锡黄铜、镍黄铜、锰黄铜、铅黄铜、硅黄铜、铝黄铜、铁黄铜等。加入上述元素可提高黄铜的强度, 其中锡、锰、镍、硅、铝还能提高耐腐蚀性能。特殊黄铜的牌号、机械性能及用途见表 4-13。

表 4-13 特殊黄铜牌号、力学性能及用途

合金牌号	力学性能				用途
		σ_b /MPa	δ (%)	HBS	
HPb59-1	软的	400	45	90	具有良好的切削性能, 适于热冲压及用切削加工方法制造的零件
	硬的	650	16	140	
HA159-3-2	软的	380	50	75	在常温下要求高强度的零件和化学性能稳定的零件
	硬的	650	15	155	
ZHSi80-3-3	砂型	250	7	85	具有良好减磨性, 适于轴承衬套等零件
	金属型	300	15	95	
ZHA167-25	砂型	350	12	80	用于一般耐腐蚀性零件
	金属型	400	15	90	

3. 锡青铜

铜和锡的合金称为锡青铜。它的特点是有较高的耐磨性、力学性能、铸造性能以及良好的耐蚀性。锡青铜除主要含锡外, 还含有少量的锌、铅、磷、镍等元素。按力学性能和用途不同, 锡青铜可分为铸造用、压力加工用两种。锡青铜多用于制造耐磨零件和弹性元件。常用青铜牌号、性能及用途见表 4-14。

4. 特殊青铜

铜基合金中不含锡而含有铍、铝、硅、锰、钛、镍、铅、镉、镁等特殊元素组成的合金, 叫特殊青铜。也叫无锡青铜。它具有高强度、耐腐蚀性和耐磨性, 有的还具有良好的导电性和导热性等。由于它的许多性能超过锡青铜, 因此, 可作为锡青铜的代用品。

按其性能和用途, 特殊青铜又分为压力加工和铸造两大类。一般常见的特殊青铜有铍青铜、铝青铜、硅青铜、钛青铜和镉青铜等。

表 4-14 常用青铜牌号、性能及用途

分类	牌 号	力学性能			用 途
		σ_b /MPa	δ (%)	HBS	
铸 造 锡 青 铜	ZQSn10-1	220	3	80	重要用途的轴承、齿轮、轴套等 减磨零件
		250	5	90	
	ZQSn6-6-3	180	8	60	减磨零件，如汽车、拖拉机用的 轴承、轴套等
		200	10	65	
锡压 育力 铜加 工	QSn4-3	350	40	60	弹簧、配管件和化工配件
	QSn4-4-2.5	300~350	35~45	60	汽车、拖拉机用的轴承、轴套、 衬垫
	QSn6.5-0.4	350~450	60~70	70~90	弹簧和耐磨零件
无 锡 青 铜	ZQA19-4	400	10	100	重要的耐磨耐蚀零件，如轴套、 齿轮等
		500	12	110	
	ZQPb30	60	4	25	大功率汽车、拖拉机轴承
	QSi3-1	350~400	50~60	80	弹簧和弹性零件以及耐蚀零件

二、铝及铝合金

1. 纯铝

纯铝是一种银白色轻金属，它的密度小、熔点低、导电、导热性能良好，抵抗大气腐蚀能力强，塑性也好。缺点是强度较低。

纯铝分为高纯铝及工业纯铝两类，高纯铝纯度（质量分数）高达99.999%以上，主要用于科学试验、电子和化学工业。工业纯铝纯度在98.8%以上。按纯度不同其牌号分为：高纯铝的牌号有L01、L02、……L04。工业纯铝的牌号有L1、L2……L7。

工业纯铝主要用于制造电缆电线的线心和保护套管以及电容器、电子管隔离罩等。

2. 铝合金

在铝中加入适量的硅、铜、镁、锰等元素即成为铝合金。它的特点是密度小，比强度（即强度极限与密度的比值）高，同时塑性和耐腐蚀性也好。根据合金成分和生产工艺特点不同，铝合金又可分为变形铝合金和铸造铝合金两种。常用变形铝合金和铸造铝合金的牌号、性能及用途见表4-15、表4-16。

表 4-15 常用变形铝牌号、性能及用途

分 类	牌 号	力学性能				用 途
		σ_1	σ_s	δ	HBS	
		/MPa		(%)		
防 锈 铝 合 金	LF21	130	50	20	30	塑性高、耐蚀、用作汽车油箱、铆钉、焊接结构
		160	130	10	40	
	LF2	200	100	23	45	在腐蚀介质中工作的零件、管道、容器和承受中等载荷的零件
250		210	6	60		
LF6	320	160	15	—	板材	
硬 铝 合 金	LY11	420	240	18	100	各种中等强度的结构零件、冲压的零件、铆钉等
		210	110	18	45	
LY12	470	330	17	105	用于制造各种高强度结构零件	
	210	110	18	42		
锻 造 铝 合 金	LD2	330	280	12	95	承受中等载荷的结构零件
		130	—	24	3	
	LD6	390	280	10	100	形状复杂的冲压零件或锻件
LD10	490	380	13	130	高强度冲压零件	

表 4-16 常用铸造铝合金的牌号、性能及用途

牌 号	力学性能			用 途
	σ_b	δ	HBS	
	/MPa	(%)		
ZL1	110	—	50	空冷式或低动力发动机气缸活塞铸件
ZL3	160	1	80	汽车、拖拉机气缸活塞
ZL7	160	2	50	气缸活塞，以及在高温下工作的零件
ZL8	200	—	85	高速内燃机活塞
ZL10	150	2	50	大功率发动机零件，如散热器

(续)

牌 号	力学性能			用 途
	σ_b	δ	HBS	
	/MPa	(%)		
ZL11	160	2	50	形状复杂的中等载荷发动机零件
ZL12	120	3	40	焊接附件或机油滤清器等零件
ZL15	200	1.5	80	汽车发动机零件
661	—	—	—	内燃机活塞

三、镍及镍合金

镍是一种贵重金属，它的熔点高（1453℃），具有高强度、良好的塑性和耐蚀性，还具有特殊的物理性能（铁磁性、高的电真空性能等），纯镍除用于电气工业和电镀槽中的阳极外，还是制造耐蚀合金、耐热合金和电工合金的重要材料。

在镍中加入硅、锰、铬、铜、镁等元素，可制成各种镍合金。

四、镁及镁合金

镁的熔点低（约 650℃）、密度小是工业用金属中最轻的一种。镁的冷塑性变形能力差，但它的韧性好，能承受较大的冲击载荷。

镁合金是镁和铝、锰、锌等金属的合金，镁加入锰后，可提高抗腐蚀能力，镁合金主要用于航空工业。

根据用途不同，镁合金可分为铸造镁合金和变形镁合金。铸造镁合金牌号有 ZM1、ZM2、ZM3、ZM5 等，变形镁合金牌号有 MB1、MB2、MB8、MB15 等。

五、钛及钛合金

钛是银白色，它的密度小，熔点高（1677℃），耐热性和强度都高，耐蚀性也很强。

钛合金中加入的元素有铝、铬、锰、铁、钼、钒等。钛合金经处理后，强度也大大提高，而且在高、低温情况下性能都良好。它主要用在化工、航空及国防工业上。钛合金缺点是导热性差，冷加工困难，生产成本较高。

六、专用合金

1. 轴承合金

在滑动轴承中用来制造轴瓦及其内衬的合金，称为轴承合金。轴瓦材料应具有足够的强度、塑性和韧性，还要具有适宜的硬度，较小的摩擦系数，良好的导热性、耐蚀性和工艺性。常用的有锡基轴承合金、铅基轴承合金和铝基轴承合金。

锡基轴承合金又叫锡锑轴承合金，它基本上能满足轴承合金的全部性能要求。它可用来浇铸大载荷、高转数机械设备（如电动机、压缩机等）的轴承。锡基轴承合金缺点是成本高，因此，在大多数情况下，用铅基轴承合金代用。锡基轴承合金的牌号、性能及用途见表 4-17。

表 4-17 锡基轴承合金 (GB/T 1174—1992)

牌号及代号	化学成分 (质量分数) (%)					HBS (不小于)	用途举例
	Sb	Cu	Pb	Sn	杂质		
1号 (ZChSn ₁) ZSnSb12Pb10Cu4	11.0~13.0	2.5~5.0	9.0~11.0	余量	0.55	29	一般发动机的 主轴承，但 不适于高温工 作
2号 (ZChSn ₂) ZSnSb11Cu6	10.0~12.0	5.5~6.5	—	余量	0.55	27	1500kW 以 上蒸汽机， 370kW 涡轮 压缩机，涡轮 泵及高温内燃 机轴承
3号 (ZChSn ₃) ZSnSb8Cu4	7.0~8.0	3.0~4.0	—	余量	0.55	24	一般大机器 轴承及高载荷 汽车发动机的 双金属轴承
4号 (ZChSn ₄) ZSnSb4Cu4	4.0~5.0	4.0~5.0	—	余量	0.50	20	涡轮内燃机 的高速轴承及 轴承衬

铅基合金又叫铅锑轴承合金，这种合金价格较低，一般多用于制造中等载荷的轴承。铅基轴承合金的牌号、性能及用途见表 4-18。

表 4-18 铅基轴承合金 (GB/T 1174—1992)

牌号及代号	化学成分 (质量分数) (%)					HBS (不小于)	用途举例
	Sb	Cu	Pb	Sn	杂质		
1号(ZChPb ₁) ZPbSb16Sn16Cu2	15.0~ 17.0	1.5~2.0	余量	15.0~ 17.0	0.6	30	110~880kW, 蒸汽涡轮机、 150~750kW电 动机和小于 1500kW起重机 及重载荷推力 轴承
2号(ZChPb ₂) ZPbSb6.5Sn5Cu3Cd2	14.0~ 16.0	2.5~3.0	Cd 1.75~ 2.25 As 0.6~1.0 Pb余量	5.0~ 6.0	0.4	32	船舶机械小 于250kW电动 机、抽水机轴 承
3号(ZChPb ₃) ZPbSb15Sn10	1.40~ 16.0	—	余量	9.0~ 11.0	0.5	24	中等压力的 机械,也适用于 高温轴承
4号(ZChPb ₄) ZPbSb15Sn5	14.0~ 15.5	0.5~1.0	余量	4.0~ 5.5	0.75	20	低速、轻压力 机械轴承
5号(ZChPb ₅) ZPbSb10Sn6	9.0~ 11.0	—	余量	5.0~ 7.0	0.75	18	重载荷、耐 蚀、耐磨轴承

铅基轴承合金, 它的密度小, 导热性好、疲劳强度及耐蚀性高。它可用于高速高载荷条件下工作的轴承。缺点是膨胀系数大, 运转时易于轴咬合, 故需加大轴承间隙。同时又因其硬度高, 易伤轴, 因而要求轴的强度较高。

各种轴承合金性能比较, 见表 4-19。

2. 粉末合金及硬质合金

粉末合金和硬质合金都是采用粉末冶金的方法制成的。粉末冶金是将金属粉末 (或掺入部分非金属粉末) 经过压制成型和烧结而获得金属

材料或零件的生产方法。

表 4-19 各种轴承合金性能比较

种 类	抗咬合性	磨合性	耐蚀性	耐疲劳性	合金硬度 HBS	最大允许压力 /MPa	轴颈处 硬度 /HBS	最高允许 温度 /℃
锡基轴承合金	优	优	优	劣	20~30	600~1000	150	150
铅基轴承合金	优	优	中	劣	15~30	600~800	150	150
铝基轴承合金	劣	中	优	良	45~50	2000~2800	300	100~150

粉末冶金广泛应用于制造多组原材料（金属与金属或金属与非金属混合粉料烧结制成无偏析的多组原材料），多孔材料（过滤、热交换、减震、减摩、消声、绝热材料），硬质合金，难熔金属材料（钨、钼、钛、钒及碳化物等）和对精密度要求较高的零件，实现少切削、无切削加工工艺。

硬质合金也称钨钢，它是以一种或多种难熔金属的碳化物（碳化钨、碳化钛）为基体，以钴或镍为粘接剂，用粉末制成的合金材料。主要用途是制作刀具。其特点是硬度、耐磨性和红硬性都很高，即使在850~1000℃的高温下，刀具硬度仍无明显下降。但由于脆性大，不宜作整体刀具。通常将它作成不同形状的刀片，再用焊接或机械装卡的方法，固定在刀杆上。

硬质合金主要分两类：即钨钴类硬质合金和钨钴钛硬质合金。钨钴类硬质合金由碳化钨（WC）和钴（Co）所组成。代表符号为“YG”。它的特点是强度、韧性较好，能承受较大的冲击载荷和振动，但耐磨性较差，适于切削脆性材料（铸铁）和有色金属及其合金。钨钴钛类合金是在钨钴合金的基础上，再加入适量的碳化钛（TiC）所组成。代表符号为“YT”。

第四节 非金属材料

一、橡胶

橡胶在工业中广泛应用，其独特性能是具有高弹性，此外还具有一定的机械强度，它有缓和冲击、吸收振动的能力，橡胶还具有耐磨、绝

缘、不透水、不透气等优良性能。某些特种合成橡胶，还具有耐油、耐化学腐蚀、耐热、耐寒、耐燃、耐老化、耐辐射等特点。在机械设备安装工程中，橡胶通常用于传送带、垫片以及起重设备轨道垫板等。

橡胶按材料来源不同，可分为天然橡胶和合成橡胶，按应用范围分通用和特种橡胶两种，按物理状态又有生橡胶、熟橡胶、硬橡胶、混橡胶、再生胶和液体橡胶等。

天然橡胶一般经硫化后，能使其物理、力学性能得到增强，并具有优良的抗撕性、良好的耐磨性和加工性能，且易与其他材料粘合。缺点是耐氧及耐臭氧性差，耐油、耐溶剂性也差，一般不适于 100°C 以上的工作条件。

合成橡胶是指具有类似橡胶性质的人工合成的高分子聚合物。它是从石油、天然气或煤和石灰石以及其他产物中经提炼、加工而获得的。合成橡胶不但在一些性能上优于天然橡胶，而且原料来源充沛，价格便宜，已成为现代橡胶工业的主要原料。合成橡胶的品种有：

1. 氯丁橡胶

代号 CR，它属于通用橡胶。氯丁橡胶具有优良的抗氧、抗臭氧性，不易燃，着火后能自动熄灭，它还有耐酸碱、耐老化及气密性好等特点。其物理、力学性能不次于天然橡胶，缺点是耐寒性差，密度大，相对成本高，电绝缘性差、加工麻烦等。主要用于电线电缆的护套，或设备密封嵌条等。

2. 丁腈橡胶

代号 NBR，它也是通用橡胶，具有优良的耐油、耐气体介质腐蚀、耐热、耐水蚀和优良的气密性、粘接性。对耐寒、耐臭氧，耐酸及电绝缘性较差。主要用于 O 型密封圈，耐油密封垫、皮碗、输油管等。

3. 硅橡胶

代号 SR，它属特殊橡胶，其特点是耐高温（ 300°C ），又耐低温（ -100°C ），是目前最好的耐寒耐高温橡胶。同时还具有优良的电绝缘性和化学稳定性。还有良好的抗霉作用。缺点是强度低，需硫化，价格较贵。主要用于耐高温保温材料和高温电绝缘材料。

4. 氟橡胶

氟橡胶属特种橡胶。它具有很高的耐热性（ 300°C ）和优异的耐油、耐有机溶剂及化学药品的腐蚀性能，还具有优良的抗辐射及高真空性

能。缺点是加工性差，价格昂贵，耐寒性差、弹性低等，主要用于化学腐蚀制品，高级密封件和高真空橡胶件等。

5. 丁苯橡胶

它是丁二烯和苯乙烯，在乳剂或溶液中用催化剂共聚的高分子聚合物。它比天然橡胶耐光、耐热、耐磨、耐老化等，经加入炭黑补强剂后，物理、力学性能都有明显的提高，耐寒性、胶粘性差，收缩性大，加工困难等。为了弥补其缺点，常和天然胶并用制造载重汽车轮胎、拖拉机轮胎和其他橡胶制品。

6. 顺丁橡胶

顺丁橡胶是聚丁二烯胶的一种。它的弹性比天然橡胶高，它可和天然橡胶、丁苯橡胶、氯丁橡胶并用制造轮胎，尤其是胎面胶。还可制造运输带、传动带、胶布、鞋底等。

顺丁橡胶是橡胶中弹性最高的一种，它有良好的低温性能和优异的耐磨性，耐曲折性等，在模内流动性好，易于成型。缺点是抗拉强度和撕裂性能低，用于胎面胶老化后会崩花掉块，加工性也差。

二、塑料

塑料是以天然树脂或人造树脂为基料，加入填充剂、增塑剂、颜料等而制成的高分子有机物（其中也有无机添加剂的）。

塑料一般可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。工程用塑料称工程塑料。它具有较高的强度和其他特殊性能。缺点是机械强度不如金属材料，耐高温和导热性能差，热膨胀系数也大。

塑料在机械工业中，可用制造各种滑动轴承代替青铜轴瓦，还可制造齿轮、压缩机叶片、机床导轨等；在化学工业中，用于制造管道、阀门、容器及设备衬里等；在冶金工业中，用于轧钢机塑料轴承等。下面介绍几种工程塑料的性能及用途：

1. 尼龙（聚酰胺）

尼龙具有较高的抗拉强度和良好的冲击韧性，并具有耐磨，噪声小，能耐弱酸、弱碱和一般溶剂的性能。尼龙的耐油性能极好，它的缺点是热导率低、热膨胀系数较大。尼龙在机械工业中，用作齿轮、滑轮、叶轮、螺钉、螺母、高压密封圈、耐油垫片、传动皮带等。

2. 聚碳酸酯

它具有突出的冲击韧性和抗蠕变性能，耐热性很高，耐寒性也好，

一般脆化温度达 -100°C 。它还具有较高的抗拉、抗弯强度、伸长率、弹性模量和一定的抗腐蚀能力，缺点是成型条件较高。

聚碳酸酯可用作齿轮、涡轮、凸轮、轴承、心轴、滑轮、传动链、螺母、垫圈等。

3. 聚四氟乙烯（塑料王）

它具有良好的化学稳定性，在强酸、强碱、强氧化剂中不起作用。聚四氟乙烯还有很高的耐热性和耐寒性。它摩擦系数小，是极好的自润滑材料，缺点是力学性能较差，刚性、热导率低，膨胀性大、成型加工费用较高。

聚四氟乙烯可用作耐腐蚀、耐高温的密封元件，如填料、衬垫、涨圈、阀片、阀座等。还可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。

4. 泡沫塑料

它是在塑料中加入发泡剂而制成的。它的特点是质轻、绝热、隔音、隔电、耐潮，耐腐蚀，并具有一定的强度。泡沫塑料多用于隔热、吸声、过滤、包装、防潮等，还可作高频绝缘材料。

三、石棉

它是一种矿石，能分裂成纤维，具有柔韧和弹性，机械强度较高，耐高温，不燃烧，导电、导热性能低。这种纤维可捻成线。石棉的稳定性约 600°C 左右、熔解温度为 1500°C ，耐碱性强，耐酸性弱。石棉主要用作绝热、保温，防火、隔音和电气绝缘材料等。石棉品种有：

1. 油浸石棉盘根

它是用润滑油和石墨浸渍过的石棉线编织或扭制而成。这种盘根适用于回转轴往复或阀门杆上作密封材料，介质为蒸汽、空气、工业用水，重质石油产品。蒸汽极限压力为 60MPa ，温度在 450°C 以下。

2. 橡胶石棉盘根

橡胶石棉盘根是用棉布或石棉线，以橡胶为胶结剂，卷制或编结成的密封材料。它适用于压力为 6MPa ，温度为 450°C 以下的蒸汽机，往复泵的活塞环和阀门杆上的密封材料。

3. 耐油石棉橡胶板

它是用石棉、橡胶和填充物制成的衬垫材料。一般用于煤油、汽油和润滑油介质中工作的发动机、管道接头密封垫等。

4. 高压石棉橡胶板

高压石棉橡胶板是用石棉、橡胶及填料经压缩制成的衬垫材料，它适用于空气、水、蒸汽、煤气、油等管道及金属加工面的连接密封材料。当用于水、气时，温度不得超过 450℃，压力不得超过 5MPa，用于油类时，在正常温度下压力不超过 7.5MPa。

四、纸板

工业上应用的各种纸板，有衬垫纸板、防水纸板、汽车绝缘纸板、压纸板、牛皮纸板以及纤维纸板（钢纸）等。

垫片用纸板是一种有弹性的耐汽油、润滑油的厚纸板。为了防止纸板衬垫易受水浸，应先将其放在不到沸腾点的热油（废机油）中浸泡 30min。在浸油之前先以热水浸湿，然后烘干，此时纸板膨胀，其疏松度加大，可促使油能更好的浸入。压纸板带有光泽，性质坚实，因此，用作比纸板更坚密的垫片材料，如齿形联轴器，轴瓦盖座等。

五、研磨料

常用的研磨料为金刚砂、砂布、砂纸等。

1. 金刚砂

将矾土、硅石、焦炭或其他原料，在电炉中加热，熔融成晶体，然后经粉碎和筛分而成。一般分为砂粒、细粉、微粉三组。按其原料可分为普通和特殊金刚砂。各种金刚砂的性能及用途见表 4-20。

表 4-20 各种金刚砂性能及用途

品 种	色 泽	性 能 及 用 途
普通氧化铝	褐	韧性大，适用于研磨碳素钢、合金钢、青铜
特殊氧化铝	白	韧性较次，适用于研磨淬火后的工件，如滚珠轴承等
普通碳化硅	黑	硬度大，颗粒锋锐，适用于研磨铸铁、非铁金属、青铜、铝、硬橡皮等
特殊碳化硅	绿	硬化脆性大，适用于研磨硬质合金、刀具等

2. 砂布、砂纸

将金刚砂（或天然砂）混以化学胶剂，涂在布上或纸上而成。砂布用于研磨各种金属加工件，砂纸用于研磨非金属制品。

第五节 油料及清洗剂

油料和清洗剂在整个设备安装过程中是必不可少的辅助材料，它的用量也比较大。因此，在实际工作中应正确的选用油料和清洗剂，是保证顺利进行设备安装的一个重要环节。

一、润滑油（脂）的物理与化学性质

在评定润滑油（脂）的技术性能时，常用到的术语有以下几项：

1. 闪点和燃点

油料在一定的加热条件下，油蒸汽和空气混合后，当接近火焰时有瞬间闪光发生，这时的温度，称为闪点，如温度再高些，使燃烧时间超过 5s，这时的温度，称为燃点（又叫着火点），闪点的高低是表示油料在高温下的安定性。一般粘度小的油比粘度大的闪点低，闪点低的油比闪点高的油挥发性大。

2. 凝固点

润滑油冷却到开始失去流动性时的温度，叫凝固点。润滑油凝固原因是其中所含的石蜡被析出结晶的结果。润滑油凝结时，其润滑性能显著被破坏。

3. 粘度

油料的粘稠程度用粘度表示，粘度的大小用运动粘度表示，运动粘度的法定计量单位为 m^2/s 。粘度是表示油料性能的重要指标。机械油即以粘度分类，例如 20 号机械油，它的运动粘度在 50°C 时平均为 $20 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。号码愈大，油越稠。

粘度大小直接关系到润滑油的流动性，及在两摩擦面间所形成油膜的厚薄。粘度大的润滑油不易流到间隙很小的摩擦面间，因而不能起到应有的润滑作用。但粘度大的润滑油能够承受较大的压力负荷，不易从摩擦面被挤出。而保持一定厚度的油膜。

4. 酸值

酸值是以中和 1g 油样中的酸含量所需氢氧化钾的 mg 数表示的。酸值表示含酸性物多少，一般润滑油中的酸性物质多数是低分子量的有机酸，极易腐蚀金属表面。

5. 滴点

润滑脂在受热后，因溶解开始滴下第一滴时的温度，称为滴点。滴点可以表示润滑脂的受热程度。选择润滑脂必须选择滴点高于工作温度 10°C 以上者，才能保证润滑效果的正常。钠基润滑脂的滴点高于钙基润滑脂。

6. 锥入度（针入度）

它表示润滑脂的粘度，锥入度是用标准圆锥体在5s内沉入加热到 25°C 的润滑脂试样中的深度来测定的。如锥入度过小（过硬），就会使一部分面积得不到润滑，或因内部摩擦过大发生过热现象。如锥入度过大（过软），就容易发生渗漏而损失，或不能支持所受的压力而使机件配合面直接摩擦受损。因此，锥入度的数值是选用润滑脂的一项重要指标。

7. 皂基

润滑脂是用动植物油先行制皂（钙皂、钠皂），用钙皂与矿物油混合调制的称为钙基润滑脂；用钠皂与矿物油调制的称为钠基润滑脂。此外，还有钠钙混合基、铝基、钡基润滑脂等。

8. 残渣（炭渣）

把油样加热，经分解蒸发后，残留下来的焦碳物质占原样重量的百分数，残渣是很硬的物质，它会增加磨损，堵塞油路。

9. 机械杂质

经过溶解而后过滤所残留的杂质、称为机械杂质。机械杂质严重的会影响润滑效果，加速机件的磨损。因此，一般润滑油要求不含或含极微量的机械杂质。

10. 灰分

把油放在开口容器中加热所得到的灰，叫灰分，以百分数表示。灰分的多少表示油的洁净程度。油的残渣值愈高，它的灰分就愈多，润滑油的质量也愈差。灰分过高时，油膜不易均匀，降低润滑效果。

11. 水分

油中含水量的百分数。水分含量过多时可以造成金属锈蚀和使润滑油产生油泥。因此，对水分要严格加以限制。

二、润滑油

润滑油主要是从石油原油中经过提取汽油、煤油、柴油后剩下的重油，再经过提取和精制的产物。

按照提取的方法不同，可分为馏出润滑油、残留润滑油和调和润滑油三类，馏出润滑油是从石油重油中蒸馏出来的润滑油馏分，含沥青质和胶质较少、馏分较轻，粘度较小。高速机械油、机械油、变压器油等就是馏出润滑油。

残留润滑油是重油减压蒸馏后的残留物，含沥青质和胶质较多、粘度大、如车用机油“15”，过热气缸油和航空机油等。

调合润滑油是由馏出润滑油和残留润滑油调合而成。

润滑油用来润滑机械设备，减少金属面的摩擦，保护机械设备以延长使用寿命。润滑油在各种机械中的作用有以下几个方面：

润滑作用：减少摩擦阻力，减少机械的摩擦损失。

散热作用：冷却摩擦表面，导出摩擦产生的热量。

洗涤作用：冲洗摩擦表面的金属屑末及杂质。

密封作用：密封缸筒与活塞环之间的间隙，形成“油封”。

防锈作用：保护金属表面，使其不锈蚀。

1. 润滑油的牌号和选用

工业上用的润滑油种类很多，主要以用途命名，以粘度等级标号。常用润滑油的牌号、性能及主要用途见表 4-21。

表 4-21 常用润滑油的牌号、性能及主要用途

名 称	牌 号 (或粘度 等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小 于	闪点 (开口) / $^{\circ}\text{C}$ 不低 于	倾点 / $^{\circ}\text{C}$ 不高于	主要用途
		40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$				
L-AN 全损耗 系统用油 (GB/T443—1989)	5	4.14~5.06			80	-5	主要适用于对 润滑油无特殊要 求的全损耗润滑 系统，不适用于 循环润滑系统
	7	6.12~7.48			110		
	10	9~11			130		
	15	13.5~16.5			150		
	22	19.8~24.2			150		
	32	28.8~35.2			150		
	46	41.4~50.6			160		
	68	61.2~74.8			160		
	100	90~110			180		
150	135~165			180			

(续)

名 称	牌 号 (或粘度等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小 于	闪点 (开口) / $^{\circ}\text{C}$ 不低 于	倾点 / $^{\circ}\text{C}$ 不高 于	主要用途
		40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$				
工业齿轮油 (SH/T0357—1992)	50	50 $^{\circ}\text{C}$	49~65	实测	170	-2	适用于工业设 备齿轮的润滑
	70		65~75				
	90		80~100				
	120		110~130		190		
	150		140~160				
	200		180~220				
	250		230~270				
	300		280~320		220	3	
	350		330~370				
工业闭式 齿轮油 (GB/T5903— 1995)	L— CKB	100	90~110	90	180	-8	在轻负荷下运 转的齿轮的润滑
		150	135~165		200		
		220	198~242				
		320	288~352				
	L— CKC	68	61.2~74.8	90	180	-8	保持在正常或 中等恒定油温和 重负荷下运转的 齿轮的润滑
		100	90~110				
		150	135~165				
		220	198~242		200		
		320	288~352				
		460	414~506				
	L— CKD	680	612~748	90	180	-8	在高的恒定油 温和重负荷下运 转的齿轮的润滑
		100	90~110				
		150	135~165				
		220	198~242		200		
320		288~352					
460		414~506					
680	612~748	200	-5				

(续)

名称	牌号 (或粘度等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小于	闪点 (开口) / $^{\circ}\text{C}$ 不低于	倾点 / $^{\circ}\text{C}$ 不高于	主要用途	
		40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$					
普通开式 齿轮油 (SH/T0363— 1992)	68		60~750		200		适用于开式齿 轮、链条和钢丝 绳的润滑	
	100		90~110					
	150		135~165					
	220		200~245		210			
	320		290~350					
4403号合成 齿轮油 (SH/T0467— 1992)		测定	26~29	190	230	(凝点) -35	适用于闭式齿 轮和蜗轮、蜗杆 的润滑,特别适 用于由不同材料 (如钢-铜)制成 的摩擦副的长期 润滑。不宜与矿 物油混合使用	
蜗轮蜗杆油 (SH/T0094— 1991)	L- CKE	220	198~242	90			-6	复合型蜗轮蜗 杆油,主要用于 铜-钢配对的圆柱 型和双包络等类 型的承受轻负 荷、传动中平稳 无冲击的蜗杆 副,包括该设备 的齿轮及滑动轴 承、气缸、离合 器等部件的润 滑,及在潮湿环 境下工作的其他 机械设备的润 滑,在使用过程中 应防止局部过热 和油温在100 $^{\circ}\text{C}$ 以上时长期工作
		320	288~352					
		460	414~506					
		680	612~748					
		1000	900~1100					
	L- CKE /P	220	198~242					
		320	288~352					
		460	414~506					
		680	612~748					
		1000	900~1100					
							极压型蜗轮蜗 杆油,主要用于 铜-钢配对的圆柱 型承受重负 荷,传动中有振 动和冲击的蜗 轮蜗杆副,包 括该设备的齿 轮和直齿圆 柱齿轮等部 件的润 滑,及其他机 械设备的润 滑	

(续)

名称	牌号 (或粘度等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度指数 不小于	闪点 (开口) /℃ 不低于	倾点 /℃ 不高于	主要用途
		40℃	100℃				
普通车辆齿轮油 (SH/T0350—1992)	80W/90		15~19	—	170	-28	适用于中等速度和负荷比较苛刻的手动变速器和螺旋伞齿轮的驱动桥
	85W/90		15~19	—	180	-18	
	90		15~19	90	190	-10	
L-CLE 重负荷 车辆齿轮油 (GB/T13895—1992)	75W		≥ 4.1	报告	150	报告	适用于在高速冲击负荷, 高速低转矩和低速高转矩工况下使用的车辆齿轮。特别是客车和其他各种车辆的准双曲面齿轮驱动桥, 也可用于手动变速器
	80W/90		13.5~24.0	报告	165	报告	
	85W/90		13.5~24.0	报告	165	报告	
	85W/140		24.0~41.0	报告	180	报告	
	90		13.5~24.0	75	180	报告	
	140		24.0~41.0	75	200	报告	
导轨油 (SH/T0361—1992)	32	28.8~35.2		70	170	-10	应用于各种精密机床导轨的润滑, 特别适用于工作台导轨在低速滑动的润滑, 能减少其“爬行”滑动现象
	68	61.2~74.8			190		
	100	90~110					
	150	135~165				-5	
轴承油 (SH/T0017—1990)	L-FC	2	1.98~2.42	—	70 闭口	-18	L-FC 为抗氧防锈型油, L-FD 为抗氧防锈抗磨型油 适用于锭子、轴承、液压系统、齿轮和汽轮机等工业机械设备, L-FC 还可适用于有关离合器
		3	2.88~3.52		80 闭口		
		5	4.14~5.06		90 闭口		
		7	6.12~7.48		115		
		10	9.00~11.0		140		
		15	13.5~16.5		160		
		22	19.8~24.2		180		
	L-FD	2	19.8~2.42	—	70 闭口	-12	
		3	2.88~3.52		80 闭口		
		5	4.14~5.06		90 闭口		
		7	6.12~7.48		115		
		10	9.00~11.0		140		
		15	13.5~16.5				
		22	19.8~24.2				

(续)

名 称	牌 号 (或粘度 等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小 于	闪点 (开口) / $^{\circ}\text{C}$ 不低 于	倾点 / $^{\circ}\text{C}$ 不高 于	主要用途	
		40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$					
汽油机油 (GB/T11121 —1995)	SC	5W/20		5.6~<9.3		200	-35	用于货车、客 车或其他汽油机 以及要求使用 API SC 级油的汽 油机。可控制汽 油机高低温沉积 物及磨损、锈蚀 和腐蚀。
		10W/30		9.3~<12.5		205	-30	
		15W/40		12.5~<16.3		215	-23	
		30		9.3~<12.5	75	220	-15	
		40		12.5~<16.3	80	225	-10	
	SD (SD/ CC)	5W/30		9.3~<12.5		200	-35	用于货车、客 车和某些轿车的 汽油机以及要求 使用 API SD、SC 级油的汽油机。 此种油品控制汽 油机高、低温沉 积物、磨损、锈蚀 和腐蚀的性能优 于 SC,并可代替 SC。
		10W/30		9.3~<12.5		205	-30	
		15W/40		12.5~<16.3		215	-23	
		20/20W		5.6~<9.3		210	-18	
		30		9.3~<12.5	75	220	-15	
		40		12.5~<16.3	80	225	-10	
	SE (SE/ CC)	5W/30		9.3~<12.5		200	-35	用于轿车和某 些货车的汽油机 以及要求使用 API SE、SD 级油 的汽油机。此种 油品的抗氧化性 能及控制汽油机 高温沉积物、锈 蚀和腐蚀的性能 优于 SD 或 SC, 并可代替 SD 或 SC。
		10W/30		9.3~<12.5		205	-30	
		15W/40		12.5~<16.3		215	-23	
		20/20W		5.6~<9.3		210	-18	
		30		9.3~<12.5	75	220	-15	
		40		12.5~<16.3	80	225	-10	
	SF (SF/ CD)	5W/30		9.3~<12.5		200	-35	用于轿车和某 些货车的汽油机 以及要求使用 API SF、SE 及 SC 级油的汽油机。 此种油品的氧化 化和抗磨损性能 优于 SE,还具有 控制汽油机沉 积、锈蚀和腐蚀 的性能。并可代 替 SE、SD 或 SC。
		10W/30		9.3~<12.5		205	-30	
		15W/40		12.5~<16.3		215	-23	
		30		9.3~<12.5	75	220	-15	
40			12.5~<16.3	80	225	-10		

(续)

名 称	牌 号 (或粘度 等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小 于	闪点 (开口) / $^{\circ}\text{C}$ 不低 于	倾点 / $^{\circ}\text{C}$ 不高于	主要用途
		40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$				
CC 柴油机油 (GB/T11122— 1997)	5W/30		9.3~<12.5		200	-35	用于在中及重 负荷下运行的非 增压、低增压或 增压式柴油机, 并包括一些重负 荷汽油机。对于 柴油机具有控制 高温沉积物和轴 瓦腐蚀的性能, 对于汽油机具有 控制锈蚀、腐蚀 和高温沉积物的 性能,并可代替 CA、CB级油
	5W/40		12.5~<16.3		200	-35	
	10W/30		9.3~<12.5		205	-30	
	10W/40		12.5~<16.3		205	-30	
	15W/40		12.5~<16.3		215	-23	
	20W/40		12.5~<16.3		215	-18	
	30		9.3~<12.5	75	220	-15	
	40		12.5~<16.3	80	225	-10	
	50		16.3~<21.9	80	230	-5	
CD 柴油机油 (GB/T11122— 1997)	5W/30		9.3~<12.5		200	-35	用于需要高效 控制磨损及沉积 物或使用包括高 硫燃料非增压、 低增压及增压式 柴油机以及国外 要求使用 API CD级油的 柴油机。具有控 制轴承腐蚀和高 温沉积物的性 能,并可代替CC 级油
	5W/40		12.5~<16.3		200	-35	
	10W/30		9.3~<12.5		205	-30	
	10W/40		12.5~<16.3		205	-30	
	15W/40		12.5~<16.3		215	-23	
	20W/40		12.5~<16.3		215	-18	
	30		9.3~<12.5	75	220	-15	
	40		12.5~<16.3	80	225	-10	

(续)

名称	牌号 (或粘度等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小于	闪点 (开口) /°C 不低于	倾点 /°C 不高于	主要用途	
		40°C	100°C					
矿物型液压油 (GB/T11118.1 —1995)	L— HL	15	13.5~16.5	95	140	-12	常用于低压液 压系统,也可适 用于要求换油期 较长的轻负荷机 械的油浴式非循 环润滑系统。无 本产品时可用 L—HM 油或用 其他抗氧防锈型 润滑油	
		22	19.8~24.2			-9		
		32	28.8~35.2			180		-6
		46	41.4~50.6					
		68	61.2~74.8					
		100	90.0~100					
	L— HM	15	13.5~16.5	95	140	-18		
		22	19.8~24.2			160		-15
		32	28.8~35.2					
		46	41.4~50.6			180		-9
		68	61.2~74.8					
	L— HG	32	28.8~35.2	95	160	-6		
		68	61.2~74.8					180
	L— HV	10	9.0~11.0	130	100	-39		
		15	13.5~16.5		120	-36		
		22	19.8~24.2	150	160			-33
		32	28.8~35.2					
		46	41.4~50.6					
		68	61.2~74.8			-30		
		100	90.0~100			-21		

(续)

名 称	牌 号 (或粘度 等级)	运动粘度/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		粘度 指数 不小 于	闪点 (开口) /℃ 不低 于	倾点 /℃ 不高 于	主要用途		
		40℃	100℃						
空气压缩机油 (GB/T12691 —1990)	L— DAA	32	28.8~35.2	报告		175	适用于有油润 滑的活塞式和滴 油回转式空气压 缩机 L—DAA 用于 轻负荷空气压缩 机; L—DAB 用 于中负荷空气压 缩机		
		46	41.6~50.6			185			
		68	61.2~74.8			195			
		100	90.0~110			205			
		150	135~165			215		-3	
	L— DAB	32	28.8~35.2	报告		175	-9		
		46	41.6~50.6			185			
		68	61.2~74.8			195			
		100	90.0~110			205			
		150	135~165			215		-3	
L—TSA 汽轮机油 (GB/T11120— 1989)	32	28.8~35.2		90	180	-7	适用于电力、 船舶及其它工业 汽轮机组、水轮 机组的润滑		
	46	41.4~50.6			195				
	68	61.2~74.8							
	100	90.0~110.0							
蒸汽汽缸油 (GB/T447— 1994)	矿油 型	680	≤ 748	20~30		240	18	用于蒸汽缸及 与蒸汽接触的部 件润滑等	
		1000	≤ 1100	30~40		260			20
		1500	≤ 1650	40~50		280			22
	合成 型	1500	≤ 1650	60~72	110	320			
仪表油 (SH/T0138— 1992)		9~11			(闭口) 125	(凝点) -60	适用于各种仪 表(包括低温下 操作)的润滑		

2. 对润滑油的要求

(1) 具有一定的粘度, 保证在相对运动的零件上只有持久性的油膜, 保持润滑能力。

(2) 不使机械零件腐蚀; 温度变化时粘度改变的幅度小; 不含有水及机械杂质。

(3) 使用中不会形成大量的积炭和沥青层。

三、液压油

液压传动, 具有元件体积小、重量轻, 结构紧凑; 转动惯性小, 反应灵敏; 安装简便, 工作可靠, 动作准确, 操作灵活, 易于进行无级调速; 零部件标准化, 通用化程度高, 维修方便等一系列优点, 因此得到广泛的应用。

液压油是液压系统传递动能的介质。液压油的质量好坏直接影响液压传动的效果。为此, 要求液压油具有以下特性。

有合适的粘度, 粘温性能好, 具有良好的低温流动性。

具有良好的润滑性能, 防止机件磨损。

有良好的抗氧化安定性。

抗剪切能力强。不因泵、阀元件的剪切作用而降低粘度。

抗乳化性、抗泡沫性好。

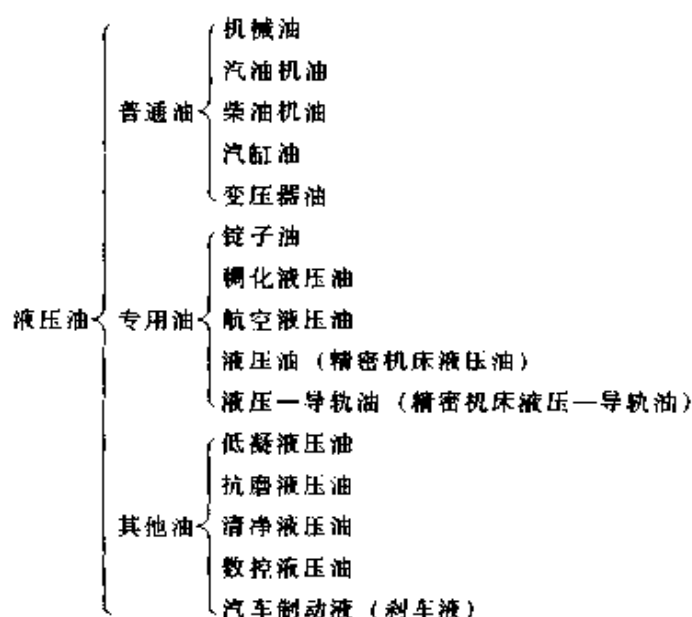
对金属材料腐蚀性小, 对密封元件的影响小。

抗腐蚀性、抗燃性、清洁性好。

1. 液压油的分类

液压油种类很多, 有些润滑油同样可以当作液压油使用, 如机械油、汽轮机油等等。液压油分类方法很多, 根据用途可分类如下表(表 4-22):

表 4-22 液压油的分类



2. 液压油牌号及选用

我国液压油的标准规格见表 4-23 至表 4-31, 其中 GB11118.1—94 是新公布的标准。

表 4-23 L-HL 液压油 (GB11118—89)

项 目 品 种	质 量 指 标						试 验
	L-HL						
粘度等级 (按 GB3141)	15	22	32	46	68	100	—
运动粘度 / (mm ² /s)							
0℃ 不大于	140	300	420	780	1400	2560	GB/T265
40℃	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90.0~110	
100℃ ¹ 不小于	3.2	4.1	5.0	6.1	7.8	9.9	
闪点 ² (开口) /℃ 不低于	155	165	175	185	195	205	GB/T267 GB/T3536
倾点/℃ 不高于	-9	-9	-6	-6	-6	-6	GB/T3535
液相锈蚀试验 (蒸馏水)	无锈						GB/T11143
腐蚀试验 (铜片, 100℃, 3h) 不大于	1 级						GB/T5096
橡胶密封适应性指数 不大于	14	12	10	9	7	6	SH/T0305
空气释放值 (50℃) /min 不大于	5	7	7	10	12	15	SH/T0308
泡沫性 (泡沫倾向/泡沫稳定性) ³ / (mL/mL)							GB/T12579
24℃ 不大于	150/0						
93℃ 不大于	75/0						
后 24℃ 不大于	150/0						
抗乳化性 [(40—37—3) mL] / min							GB/T7305
54℃ 不大于	30						
82℃ 不大于	—						
氧化安定性							GB/T12581
a. 酸值达 2.0mg (KOH) /g 的时间 ⁴ /h 不小于	1000						
b. 旋转氧弹 (150℃, 压力降 175kPa)	报告						SH/T0193
灰分	报告						GB/T508

(续)

项 目	质 量 指 标		试 验	
品 种	L-HL			
中和值 [mg (KOH) /g]	报告		GB/T4945	
水分	不大于	痕迹		GB/T260
机械杂质/%	不大于	0.005		GB/T511
色度 (号)	报告		GB/T6540	

注：机械杂质的百分数指质量分数。

生产厂：大连石化公司、大庆石化总厂炼油厂、锦西炼油化工总厂、抚顺石化公司石油三厂、兰州炼油化工总厂、独山子炼油厂、玉门炼油厂、北京燕山石化公司炼油厂、长城高润公司、上海高桥石化公司炼油厂、济南炼油厂、茂名石化公司南海高润公司、荆门炼油厂等。

- ① 当用非石蜡基原油生产本产品时，可不控制 100℃ 运动粘度指标，而改为粘度指数（用 GB/T2541）不小于 70 出厂。
- ② 在本标准实施之日起二年内，闪点指标可以用 GB/T267 测定，但仲裁时必须用 GB/T3536 测定。
- ③ 测定泡沫性时，只要泡沫未完全盖住油的表面，结果报告为“0”。
- ④ 为保证项目。

表 4-24 L-HM 液压油 (GB11119—89)

项 目		质 量 指 标				试验方法
品 种		L-HM				
粘度等级 (按 GB3141)		22	32	46	68	—
运动粘度 / (mm ² /s)						GB/T265
0℃	不大于	300	420	780	1400	GB/T265
40℃		19.8~ 24.2	28.8~ 35.2	41.4~ 50.6	61.2~ 74.8	
100℃	不小于	4.1	5.0	6.1	7.8	
倾点/℃	不高于	-15	-15	-9	-9	GB/T3535
闪点 (开口) /℃	不低于	165	175	185	195	GB/T3536
色度		报告				GB/T6540
液相锈蚀试验 (蒸馏水)		无锈				GB/T11143
腐蚀试验 (铜片, 100℃, 3h)	不大于	I 级				GB/T5096
橡胶密封适应性指数	不大于	13	12	10	8	SH/T0305

(续)

项 目	质 量 指 标				试验方法
品 种	L·HM				
空气释放值 (50℃) /min 不大于	5	6	10	10	SH/T0308
泡沫性 ^① (泡沫倾向/泡沫稳定性) / (mL/mL)					GB/T12579
24℃ 不大于	150/0				
93℃ 不大于	75/0				
后 24℃ 不大于	150/0				
抗乳化性 [(40—37—3) mL, 54℃] / min 不大于	30			GB/T7305	
抗磨性 a. FZG(或 CL-100)齿轮机试验 ^{②③} (Λ/8.3/90)失效级 不小于	—	10 级		SH/T0306	
b. 叶片泵试验 ^② (250h, 总失重) / mg 不大于		150		SH/T0307	
c. 磨损直径 (392N, 60min, 25℃) / mm		报告		SH/T0189	
氧化安定性 a. 酸值达 2.0mg(KOH)/g 的时间 ^② / h 不小于	1000			GB/T12581	
b. 旋转氧弹 (150℃, 压力降 175kPa) / min	报告			SH/T0193	
中和值 / [mg(KOH)/g]	报告			GB/T4945	
水分 不大于	痕迹			GB/T260	
机械杂质 不大于	无			GB/T511	

生产厂:大连石化公司、大庆石化总厂炼油厂、锦西炼油化工总厂、兰州炼油化工总厂、独山子炼油厂、玉门炼油厂、北京燕山石化公司炼油厂、长城高润公司、北京三联公司、上海高桥石化公司炼油厂、济南炼油厂、茂名石化公司南海高润公司、洛阳石化厂、武汉石化厂等。

① 测定泡沫性,只要泡沫未完全盖住油的表面,结果报告为“0”。

② 为保证项目。

③ 22号不要求,但添加剂配方与其他粘度等级油相同。

表 4-25 矿物油型液压油

项 目	质 量 指 标																	试验方法			
	L-HL					L-HM							L-HG								
	一等品					优等品							等品								
品种(按 GB7631.2)																					
质量等级																					
粘度等级(按 GB3141)	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68	15	22	32	46	68	100	150	32	68	—
运动粘度/(mm ² /s)																		GB/T265			
0℃ ^①	140	300	420	780	1400	2560	—	140	300	420	780	1400	2560	—	—	—	—	—	—	—	—
40℃ ^②	13.5	19.8	28.8	41.4	61.2	90.0	13.5	19.8	28.8	41.4	61.2	90.0	13.5	19.8	28.8	41.4	61.2	90.0	135	288	461.2
不大于	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.5	24.2	35.2	50.6	74.8	110	16.5	24.2	35.2	50.6	74.8	110	16.5	24.2	35.2	50.6	74.8	110	165	352	524.8	
不小于	95	95	95	95	95	90	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	90	95	95	95
粘度指数 ^③																		GB/T2541			
闪点/℃																					
开口	140	140	160	180	180	180	140	140	160	180	180	140	140	160	180	180	180	180	180	180	GB/T3536
闭口	—	—	—	—	—	—	128	128	148	168	168	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
倾点/℃	—12	—9	—6	—6	—6	—6	—18	—15	—15	—9	—9	—18	—15	—15	—9	—9	—9	—9	—6	—6	GB/T3535
空气释放值(50℃)/min	5	7	7	10	12	15	5	5	6	10	12	5	5	6	10	12	报告	报告	—	—	SH/T0380
密封适应性性能指数	14	12	10	9	7	6	15	13	12	10	8	15	13	12	10	8	报告	报告	报告	—	SH/T0305
抗乳化性(40-37.3)/min																		GB/T7305			
54℃	30	30	30	30	40	—	30	30	30	30	40	30	30	30	30	40	—	—	—	—	报告
82℃	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(续)

项 目	质 量 指 标													试验方法			
	L-HL			L-HM						L-HG							
品种(按 GB7631.2)	一等品			优等品						一等品							
质量等级	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68	100	150	32	68		
粘度等级(按 GB3141)	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68	100	150	32	68	GB/T12579	
泡沫性(泡沫倾向/泡沫稳定性)/(mL/mL)																	
24℃	不大于			150/10			150/10			150/10			150/10			报告	GB/T6540
93.5℃	不大于			150/10			150/10			150/10			150/10			报告	GB/T4945
后 24℃	不大于			150/10			150/10			150/10			150/10			报告	GB/T260
色度	报告			报告			痕迹			无			无			报告	GB/T511
中和值/[mg(KOH)/g]	报告			报告			痕迹			无			无			报告	GB/T5096
水分	不大于			1级			1级			1级			1级			报告	GB/T2433
机械杂质	无			1级			1级			1级			1级			报告	GB/T1143
腐蚀试验(铜片,100℃,3h)	无			1级			1级			1级			1级			报告	GB/T8021
硫酸盐灰分	无			1级			1级			1级			1级			报告	SH0361的附录A
液相锈蚀试验	无锈			无锈			无锈			无锈			无锈			报告	
蒸馏水	无			无			无			无			无			报告	
合成海水	无			无			无			无			无			报告	
皂化值/[mg(KOH)/g]	无			无			无			无			无			报告	
粘-滑特性(动静摩擦系数差值) ^②	不大于			无			无			无			无			报告	

(续)

项 目	质 量 指 标																	试验方法					
	L-HL					L-HM										L-HG							
	一等品					优等品					一等品					一等品							
品种(按 GB7631.2)	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68	100	150	150	32	68	—
质量等级	—					2.0					—					2.0					2.0		GB/T12581
粘度等级(按 GB3141)	—					2.0					—					2.0					—		—
氧化安定性	—					2.0					—					2.0					—		—
a. 氧化 1000h 后 ^① 酸值/[mg(KOH)/g]	—					2.0					—					2.0					—		—
不大于	—					2.0					—					2.0					—		—
不溶物/mg	—					报告					—					报告					报告		SH/T0565
b. 旋转氧弹(150℃)/min	—					报告					—					报告					报告		SH/T0193
抗磨性	—					报告					—					报告					报告		—
a. FZG 或 CL-100 齿轮机试验	—					报告					—					报告					报告		—
(A/8.3/90 ^②) 失效级	—					报告					—					报告					报告		—
不小于	—					报告					—					报告					报告		—
b. 叶片泵试验(100h, 总失重 ^③)/mg	—					报告					—					报告					报告		—
不大于	—					报告					—					报告					报告		—
c. 磨斑直径(392N, 60min, 75℃, 1200r/min)/mm	—					报告					—					报告					报告		—
水解安定性 ^④	—					报告					—					报告					报告		—
铜片失重/(mg/cm ²)	—					报告					—					报告					报告		—
不大于	—					报告					—					报告					报告		—
水层总酸度/[mg(KOH)/g]	—					报告					—					报告					报告		—
不大于	—					报告					—					报告					报告		—
铜片外观	—					报告					—					报告					报告		—
无灰、黑色	—					报告					—					报告					报告		—

(续)

项 目	质 量 指 标															试验方法
	L-HL					L-HM					L-HG					
	— 等 品					优 等 品					— 等 品					
品种(按 GB7631.2)	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	68	100	150	32	68	—
质量等级																
粘度等级(按 GB3141)																
热安定性(135℃, 168h) ^①																SH/T0209
铜棒失重/(mg/200mL)	不大于															—
钢棒失重/(mg/200mL)	不大于															—
总沉淀量/(mg/100mL)																—
40℃运动粘度变化/%																—
中和值变化/%																—
铜棒外观	—															—
铜棒外观	—															—
过滤性/s																—
无水	不大于															—
$\rho(H_2O)/\%$	不大于															—
剪切安定性(250次循环后, 40℃运动粘度变化)/%	—															—
	10 报告 100 报告 报告 报告 不变色															—
	600 1200															SH/T0210
	1															SH/T0103

① 对于用非石蜡基原油生产的 L-HL(一级品)和 L-HM(一级品), 粘度指数可控制不小于 70 出厂, 但还必须控制 0℃ 运动粘度, 对于用石蜡基原油生产的各质量等级油, 只控制粘度指数, 可不控制 0℃ 运动粘度。

② 为保证项目, 定期进行测定。经供、需双方商定后也可以采用其它粘-滑特性测定法。

③ 为保证项目, 定期进行测定。粘度等级为 15 的油不测定, 但所含抗氧化剂类型和量应与产品定型时粘度等级为 22 的试验油样相同。

④ 为保证项目, 定期进行测定。对 L-HM 油, 在产品定型和仲裁试验时, 允许只对 L-HM32 油进行 FZG 齿轮机试验和 L-HM22 油进行叶片试验, 但其他各粘度等级油所含抗氧化剂类型和量应与产品定型时 L-HM22 和 L-HM32 试验油样相同。

⑤ 1994 年底前, 水解安定性试验中铜片失重控制不大于 0.5mg/cm² 和水层总酸度控制不大于 6.0mg(KOH) 出厂, 热安定性试验中铜棒失重和总沉淀量均为报告出厂。

表 4-26 矿物油型液压油 (L-HV) 和合成型液压油 (L-HS) GB11118.1-94

项 目	质 量 指 标															试验方法											
	L-HV										L-HS																
	优等品					...等品					优等品						...等品										
品种(按 GB7631.2)																											
粘度等级 (按 GB3141)	10	15	22	32	46	68	100	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	10	15	22	32	46	—
运 动 粘 度 (40℃)/(mm ² /s)	9.00	13.5	19.8	28.8	41.4	61.2	90.0	09.00	13.5	19.8	28.8	41.4	61.2	90.0	135.9	200.0	135.9	200.0	135.9	200.0	135.9	200.0	135.9	200.0	135.9	200.0	GB/T265
运动粘度达到 1500mm ² /s时的 温度/℃ 不高于	-33	-30	-24	-18	-12	-6	0	-33	-30	-24	-18	-12	-6	0	-	-	-39	-36	-30	-24	-18	-39	-36	-30	-24	-18	
粘度指数不小于	130	130	150	150	150	150	150	130	130	130	150	150	150	150	130	130	130	130	150	150	150	150	130	130	130	130	GB/T2541
闪点/℃																											
开口 不低于	100	120	140	160	160	160	160	100	120	140	160	160	160	160	160	160	100	120	140	160	160	100	120	140	160	160	GB/T3536
闭口 不低于	88	108	128	148	148	148	148	88	108	128	148	148	148	148	148	148	88	108	128	148	148	148	148	148	148	148	GB/T261
倾点/℃ 不高于	39	36	36	33	33	30	21	39	36	36	33	33	30	21	12	45	45	45	45	39	45	45	45	45	45	39	GB/11535
空气释放值 (50℃)/min 不大于	5	5	6	8	10	12	15	5	5	6	8	10	12	15	12	报告	5	5	6	8	10	5	5	6	8	10	SH/T0308
密封适应性指数 不大于	报告	16	14	13	11	10	10	报告	16	14	13	11	10	报告	报告	16	14	13	11	报告	16	14	13	11	报告	16	SH/T0308

(续)

项 目	质 量 指 标																试验方法					
	L-HV								L-HS													
质 量 等 级	优等品				一等品				优等品				一等品									
品种(按GB7631.2)	L-HV								L-HS													
粘 度 等 级 (按 GB3141)	10	15	22	32	46	68	100	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	—
硫酸盐水分	报告								报告								报告					
液相锈蚀试验	无锈								无锈								无锈					
蒸馏水	无锈								—								—					
合成海水	无锈								—								—					
氧化安定性	—								—								—					
a. 氧化 1000h 后 ^① 酸值/[mg (KOH)/g]	—				2.0				—				2.0				2.0					
不溶物/mg 不大于	—				报告				—				报告				报告					
b. 旋转氧弹 (150℃)/min	报告								报告								报告					
抗磨性	—								—								—					
a. FZG(或CL-100)内轮机试验 (A/8.3/90) ^② 失效级 不小于	—				10				10				10				10					
	—				10				10				10				10					

(续)

项 目	质 量 指 标														试验方法									
	L-HV							L-HS																
	优等品							一等品																
品种(按GB7631.2)																								
质量等级																								
粘度等级(按GB3141)	10	15	22	32	46	68	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	68	100	150	—
b. 叶片泵试验(100h, 总失重 ^②)/mg 不大于	—	—	50	50	50	50	50	—	—	50	50	50	50	50	50	—	—	50	50	50	50	100	100	SH/T0307
c. 磨斑直径/mm (392N, 60min, 75℃, 1200r/min)	报告							报告							报告									
水解安定性 ^③																								
铜片失重/(mg/cm ²) 不大于	0.2							0.2							—									
水层总酸度/[mg(KOH)/g] 不大于	4.0							4.0							—									
铜片外观	无灰, 黑色							无灰, 黑色							—									
热安定性(135℃, 168h)															SH/T0209									

(续)

项 目	质 量 指 标																试验方法				
	L-HV								L-HS												
	优等品				一等品				优等品				一等品								
品种(按 GB7631.2)	10	15	22	32	46	68	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	—
质量等级	优等品				一等品				优等品				一等品								
粘度等级(按 GB3141)	10	15	22	32	46	68	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	—
铜棒失重/(mg/200mL) 不大于	10				—				10				—								
铜棒失重/(mg/200mL) 不大于	报告				—				报告				—								
总渣量/(mg/100mL) 不大于	100				—				100				—								
40℃运动粘度变化/%	报告				—				报告				—								
中和值变化/%	报告				—				报告				—								
铜棒外观	报告				—				报告				—								
钢棒外观	不变色				—				不变色				—								

(续)

项目	质 量 指 标													试验方法														
	L-HV						L-HS																					
质量等级	优等品						一等品						优等品															
品种(按 GB7631.2)																												
粘度等级(按 GB3141)	10	15	22	32	46	68	100	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46	68	100	150	10	15	22	32	46
过滤性/s																			SH/T0210									
无水 不大于													600						—									
$\varphi(\text{H}_2\text{O})2\%$ 不大于													1200						—									
剪切安定性(250次循环后, 40℃运动粘度变化)/% 不大于													10						10									
																			SH/T0103									

① 为保证项目, 定期进行测定。粘度等级为 10 和 15 的油不测定, 但所含抗氧化剂类型和量应与产品定型时粘度等级为 22 的试验油样相同。

② 为保证项目, 定期进行测定。对 L-HV 和 L-HS 油, 在产品定型和仲裁试验时, 允许只对 L-HV32 和 L-HS2 油进行 FZG 齿轮机试验和 L-HV22 和 L-HS22 油进行叶片泵试验, 但其他各粘度等级油所含抗氧化剂类型和量应与产品定型时粘度等级为 32 和 22 的试验油样相同。

③ 1994 年底前, 水解安定性试验中铜片失重控制不大于 $0.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 和水层总酸度不大于 $6.0\text{mgKOH}/\text{cm}^2$ 出厂, 热安定性试验中铜棒失重和总沉渣量均为报告出厂。

表 4-27 石油基航空液压油

项 目		10 号航空液压油 (SH0358—92)	12 号航空液压油 (Q/XJ2007—92)
外观		红色透明液体	红色透明液体
运动粘度/(mm ² /s)			
50℃	不小于	10	12
-50℃	不大于	1500	3000(-54℃)
150℃	不小于		3
腐蚀(铜片,70℃,24h)		合格	合格
抗氧化安定性(140℃,60h)			(160℃,100h)
氧化后运动粘度/mm ² /s			
50℃	不小于	9.0	变化率/% -5 ~ +20
-50℃	不大于	1800	—
氧化后酸值/[mg(KOH)/g]		0.15	0.3
腐蚀度(140℃60h)/(mg/cm ²)			氧化后(160℃,100h)
			腐蚀度
钢片	不大于	±0.15	±0.1
铜片	不大于	±0.10	±0.2
镁片	不大于	±0.15	±0.2
铝片	不大于	±0.10	±0.1
油膜质量(65℃,4h)		在整个表面上油膜不得为硬的或粘滞状的	—
初馏点/℃		不低于	200
酸值/[mg(KOH)/g]		不大于	0.05
闪点(开口)/℃		不低于	92
倾点/℃		不高于	-70
机械杂质		无	无
水分		无	无
密度(20℃)/(g/cm ³)		不大于	0.850
水溶性酸或碱		无	无
低温稳定性(-60℃,72h)		合格	合格
液相锈蚀(蒸馏水)		—	合格
超声波剪切,50℃粘度下降/%		不大于	—
			16(40℃)

生产厂:克拉玛依炼油厂、玉门炼油厂。

表 4-28 磷酸酯航空抗燃液压油

项 目	4611 油	4622 油	试验方法	项 目	4611 油	4622 油	试验方法
运 动 粘 度/ (mm ² /s)				-40℃ 运 动 粘 度/(mm ² /s)	573		
100℃	3.9	3.26	GB/T265	低温互溶性 (-54℃, 72h)	均匀透明		石化院方法
50℃	9.07	7.38	GB/T265	超声波剪切:			
25℃	17.12	13.69	GB/T265	50℃ 粘 度/ (mm ² /s)	6.15		SH/T0505
-40℃	563	360.8	石化院方法	50℃ 粘 度 下 降/%	31.4		
-50℃	1662.7	941	石化院方法	四 球 磨 损 (75℃, 600r/ min, 1h)/mm			SH/T0189
倾 点/℃	< -60	< -60	GB/T3535				
相 对 密 度, d ₄ ²⁰	1.0594	1.0229	GB/T1884	98N	0.35	0.34	
折 光 率 n _D ²⁰	1.4689		阿贝折光仪	392N	0.66	0.60	
酸 值/ [mg(KOH)/g]	0.02	0.07	GB/T7304	氧 化 腐 蚀 试 验 (120℃, 72h, 通 空 气 25mL/min)			SH/T0450
水 分 (质量分数)/%	0.54	0.53	卡尔弗歌法	氧 化 前 50℃ 粘 度/(mm ² /s)	9.07		
闪 点(开杯)/℃	166	150	GB/T3536	氧 化 后 50℃ 粘 度(mm ² /s)	9.81		
燃 点/℃	210	188	GB/T3536	50℃ 粘 度 变 化 /%	+0.74	+0.75	
动 态 蒸 发 (90℃, 6.5h)/%	2.37	4.53	石化院方法	氧 化 后 酸 值/ [mg(KOH)/ g]	0.02	中性	
低 温 粘 度 稳 定 性 (-54℃, 12h 后)			石化院方法				

生产厂:重庆一坪高级润滑油公司。

表 4-29 MT76-83 液压支架用乳化油

项 目	质 量 指 标				试验方法
	M-4	M-10	M-15	MDT	
适应水质硬度(当量)/(mg/L)	≤5	6-10	10-15	≤15	
外观(10-35℃)	橙红-棕红色透明、均匀流体				目 测
运动粘度(50℃)/(mm ² /s)	60				GB/T265
不大于					
闪点(开口)/℃	100				GB/T267
不低于					
凝点/℃	-5				GB/T510
不高于					
耐冻融性	外观恢复原状				①
自乳化性	滴入水中,均匀分散				
pH值[5%(质量分数),蒸馏水]	7.5-9				pH试纸
乳化液稳定性(人工硬水):					
室温稳定性(168h)					
肥皂析出量 ^③ /%	0.1				
不大于					
热稳定性(168h,70℃)					
肥皂析出量 ^③ /%	0.1				
不大于					
振荡稳定性	无肥皂析出				②
乳化液防锈性					
铸铁(24h)	无锈迹或色变				
盐水浸泡(60℃,24h)	15钢无锈蚀、黄铜无色变				
乳化液橡胶溶胀性(70℃,168h)					GB/T1690
体积膨胀/%	+6(不允许收缩)				
不大于					
乳化液消泡性	不妨碍使用				
乳化液防霉性	不妨碍使用				

生产厂:苏州特种油品厂、吉林化学工业公司油脂厂、河南义马矿务局油脂化工厂等。

① 样品从-16—21℃到室温反复冻融5次。

② 在温度10—35℃条件下,振荡1min。

③ 百分含量指质量分数。

表 4-30 国产水-乙二醇系列产品典型性能

项 目	WC-46	WC-38	WC-25	试验方法
运动粘度(40℃)/(mm ² /s)	41—51	35—40	20—25	GB/T265
粘度指数	不小于 140	140	140	GB/T2541
pH 值	9.0—11.0	9.0—11.0	9.0—11.0	SH/T0069
凝点/℃	-50	-50	-50	GB/T510
相对密度 d_4^{20}	1.047	1.046	1.075	GB/T1884
气相锈蚀(钢·铜 50℃, 24h)	无锈	无锈	无锈	石化院法
液相锈蚀(A)	无锈	无锈	无锈	GB/T11143
铜片腐蚀	合格	合格	合格	GB/T5096
消泡性(24℃)				GB/T12579
泡高/mL	<400	<400	<400	
消泡时间/min	<10	<10	<10	
四球试验(室温, 1200r/min)				GB/T3142
P_B/N	686	686	686	
磨损直径(294N, 30min)/mm	0.60	0.60	0.60	
热板抗燃试验(700℃)	通过	通过	通过	石化院法

生产厂: 湖南大学等。

表 4-31 国产磷酸酯工业抗燃液压油

项 目	质 量 指 标				试验方法
	4613-1	4614	HP-38	HP-46	
运动粘度/(mm ² /s)					GB/T265
100℃	3.78	4.66	4.98	5.42	
50℃	14.71	22.14	24.25	28.94	
40℃	—	—	39.0	46.0	
0	474.1	1395	—	—	
倾点/℃	-34	-30	-32	-29	GB/T3535
酸值[mg(KOH)/g]	中性	中性	中性	中性	GB/T7304
密度/(g/cm ³)	1.1530	1.1470	1.1363	1.1424	GB/T1884
闪点(开杯)/℃	240	245	251	263	GB/T3536
四球试验(磨迹)					SH/T0189

(续)

项 目	质 量 指 标				试验方法
	4613-I	4614	HP-38	HP-46	
磨损直径(98N,60/min)/mm	0.35	0.34	0.57	0.50	
磨损直径(392N,60min)/mm	0.69	0.51	0.65	0.58	
最大无卡咬负荷 P_B/N	539	539	539	539	
动态蒸发(90℃,6.5h)/%	0.11	0.28	—	—	石化院法
超声波剪切 50℃粘度变化/%	-0.4	0	0	0	SH/T0505
氧化腐蚀试验(120℃,72h,空气 25mL/min)					SH/T0450
氧化前 50℃粘度/(mm ² /s)	14.72	22.14	24.25	28.94	
氧化后 50℃粘度/(mm ² /s)	14.62	22.39	24.05	28.92	
酸值/[mg(KOH)/g]					
氧化前	中性	0.04	中性	0.06	
氧化后	中性	0.04	0.04	中性	
金属腐蚀/(mg/cm ²)					
钢	无	无	无	无	
铜	无	无	无	无	
铝	—	—	—	—	
镁	无	无	无	无	

生产厂:上海彭浦化工厂等。

液压油的选用,应根据机械使用说明书的要求,并按季节变化,及时更换。一般液压传动系统,选用普通液压油。气焊高选用粘度大液压油,气温低选用粘度小的液压油。液压系统压力高时,选用高粘度液压油;压力低时,可选用低粘度液压油。

四、润滑脂

润滑脂是一种膏状润滑剂。俗称“黄油”。它具有良好的粘附性,不从摩擦面流失,常温下在垂直表面上不流动,可在不密封的摩擦传动部位和受压较大的零件上使用。因此,广泛用于各种机械的滚珠轴承、滚柱轴承及开式齿轮等传动部位。主要起到润滑、保护及密封作用。并能防水、防尘、防锈及防腐。常用润滑脂的牌号、性能及应用见表4-32。

表 4-32 常用润滑脂的牌号、性能及应用

名称	牌号 (或代号)	滴点/℃ 不低于	工作锥入度/ (1/10mm)	应用
钙基润滑脂 (GB/T491—1987)	1号	80	310~340	适用于汽车、拖拉机、冶金、纺织等机械设备的润滑。使用温度范围为-10~60℃
	2号	85	265~295	
	3号	90	220~250	
	4号	95	175~205	
石墨钙基润滑脂 (SH/T0369—1992)		80		适用于压延机的人字齿轮，汽车弹簧，起重机齿轮转盘，矿山机械，绞车和钢丝绳等高负荷、低转速的粗糙机械的润滑
复合钙基润滑脂 (SH/T0370—1992)	ZFG—1	180	310~340	适用于较高温及潮湿条件下摩擦部位的润滑
	ZFG—2	200	265~295	
	ZFG—3	220	220~250	
	ZFG—4	240	175~205	
合成钙基润滑脂 (SH/T0372—1992)	ZG—2H	80	265~310	适用于工业、农业、交通运输等机械设备的润滑，使用温度小于60℃
	ZG—3H	90	220~265	
合成复合钙基润滑脂 (SH/T0374—1992)	ZFG—1H	180	310~340	适用于较高温度条件下摩擦部位的润滑
	ZFG—2H	200	265~295	
	ZFG—3H	220	220~250	
	ZFG—4H	240	175~205	
钠基润滑脂 (GB/T492—1989)	2号	140	265~295	2号、3号均适用于工作温度不超过120℃的机械摩擦部位的润滑。4号适用于工作温度不超过130℃的重负荷机械设备的润滑。不能用于与潮湿空气或水接触的润滑部位
	3号	140	220~250	
	4号	150	175~205	
钙钠基润滑脂 (SH/T0368—1992)	ZGN—1	120	250~290	适用于铁路机车和列车的滚动轴承、小电动机和发电机的滚动轴承以及其他高温轴承等的润滑
	ZGN—2	135	200~240	

(续)

名 称	牌号 (或代号)	滴点/℃ 不低于	工作锥入度/ (1/10mm)	应 用
通用锂基润滑脂 (GB/T7324—1994)	1号	170	310~340	适用于工作温度在-20~120℃范围内各种机械设备的滚动轴承和滑动轴承及其他摩擦部位的润滑
	2号	175	265~295	
	3号	180	220~250	
极压锂基润滑脂 (GB/T7323—1994)	00号	165	400~430	适用于工作温度在-20~120℃范围内高负荷机械设备的轴承及齿轮的润滑,也可用于集中润滑系统
	0号	170	355~385	
	1号	170	310~340	
	2号	170	265~295	
汽车通用锂基润滑脂 (GB/T5671—1995)		180	265~295	适用于工作温度在-30~120℃范围内的汽车轮毂轴承、底盘、水泵和发电机等摩擦部位的润滑
合成锂基润滑脂 (SH/T0380—1992)	ZL-1H	170	310~340	适用于工作温度在-20~120℃范围内各种机械设备的滚动和滑动摩擦部位的润滑
	ZL-2H	175	265~295	
	ZL-3H	180	220~250	
	ZL-4H	185	175~205	
极压复合锂基 润滑脂 (SH/T0535—1993)	1号	260	310~340	适用于工作温度在-20~160℃范围的高负荷机械设备润滑
	2号	260	265~295	
	3号	260	220~250	
铝基润滑脂 (SH/T0371—1992)		75	230~280	用于航运机器摩擦部分润滑及金属表面的防蚀
复合铝基润滑脂 (SH/T0378—1992)	0号	235	355~385	1号用于高温并有集中供脂系统的润滑设备,2号用于没有集中供脂系统的润滑设备,其适用温度范围为-20~150℃
	1号	235	310~340	
	2号	235	265~295	

(续)

名称	牌号 (或代号)	滴点/℃ 不低于	工作锥入度/ (1/10mm)	应用
合成复合铝基 润滑脂 (SH/T0381-1992)	ZFU-1H	180	310~340	适用于较高温度和潮湿条件下 摩擦部位的润滑。使用温度不高 于 120℃
	ZFU-2H	190	265~295	
	ZFU-3H	200	220~250	
	ZFU-4H	210	175~205	

五、添加剂

为了改善润滑油、润滑脂的性能，目前多采用在润滑剂中添加特定性能的添加剂，以满足某些特定的需要。不同的添加剂可分别起到提高承载能力，降低磨擦和减少磨损等作用。润滑剂常用添加剂的类型、名称、代号、作用和应用范围见表 4-33。

表 4-33 润滑油、脂常用添加剂的类型、名称、代号、作用和应用范围

类型	名称		代号	作用	应用范围
	化学名称	统一命名			
1. 清净分散剂 浮游剂 ①	1. 中灰分石油 磺酸钙	101 清净分散剂	T101	1. 清净分散作用：清净分散剂具有表面活性剂作用，可吸附在润滑油或燃料的氧化物（胶质）上，使其悬浮于油中，防止这些氧化产物在油中产生沉淀和在活塞、气缸形成积炭而堵塞油路 2. 中和作用：中和润滑油在氧化过程中所形成的有机酸，避免机器零部件的腐蚀	主要用于汽油机油、柴油机油和船用汽缸油中。一般汽油机油和柴油机油中，清净分散剂的使用量为 3% 左右，船用汽缸油的使用量为 20%~30%。在使用过程中，常将各种具有不同特性的清净剂复合使用
	2. 高灰分石油 磺酸钙	102 清净分散剂	T102		
	3. 高碱度石油 磺酸钙	103 清净分散剂	T103		
	4. 烷基酚钡与 烷基酚硫磷锌盐	104 清净分散剂	T104		
	5. 烷基酚钡盐	105 清净分散剂	T105		
	6. 硫磷化聚异 丁烯钡盐	108 清净分散剂	T108		
	7. 烷基水杨酸 钙	109 清净分散剂	T109		
	8. 烷基酚钙	110 清净分散剂	T110		

(续)

类型	名称		代号	作用	应用范围
	化学名称	统一命名			
2. 抗氧化、抗腐蚀剂	1. 硫磷烷基酚 锌盐	201 抗氧化剂	T201	1. 抗氧化作用: 延缓润滑油脂在储存期的氧化变质和抑制在使用过程中的氧化反应, 从而提高润滑油、脂的抗氧化安定性 2. 抗腐蚀作用: 分解润滑油脂由于受热氧化产生的过氧化物, 以减少有害酸性物质的生成; 钝化金属表面, 减缓腐蚀	用于机床液压油、压缩机油、变压器油、汽油机油、柴油机油、透平油、仪表油及某些润滑脂中, 一般用量 $< 0.3\% \sim 1\%$
	2. 二烷基二硫代磷酸锌	202 抗氧化剂	T202		
	3. 硫磷化烯烃钙盐	203 抗氧化剂	T203		
	4. 硫磷化脂肪醇锌盐	204 抗氧化剂	T204		
	5. 2, 6 二叔丁基对甲酚	501 抗氧化剂	T501		
	6. N 苯基 N 仲丁基对苯二胺	502 抗氧化剂	T502		
3. 油性剂	1. 硫化鲸鱼油	401 油性剂	T401	油性添加剂是由极性非常强的分子组成, 可吸附在金属表面上形成边界润滑层, 防止金属表面直接接触, 从而降低摩擦、减少磨损	用于汽车双曲线齿轮油、工业齿轮油、极压工业齿轮油、金属加工油(切削油、轧制油等)、导轨油、抗磨液压油、极压透平油等
	2. 硫化棉籽油	404 油性剂	T404		
	3. 油酸或硫化油酸				
	4. 硬脂酸铝				
	5. 醇、胺、酯类				
4. 极压剂	1. 氯化石蜡	301 极压抗磨剂	T301	极压添加剂是在高温工作条件下, 分解出活性元素与金属表面起化学反应, 生成一种固体无机薄膜层, 可防止金属因干摩擦或边界摩擦条件下而引起的粘着现象, 有良好的抗磨作用	润滑脂以及其他耐高温、高负荷的润滑油中, 用量一般从 $0.5\% \sim 10\%$, 有的甚至在 20% 以上。在使用中, 有单独使用的, 也有复合使用的, 主要根据各种油品的性能要求来确定
	2. 二苯基二硫化物	302 极压抗磨剂	T302		
	3. 硫化烯烃	303 极压抗磨剂	T303		
	4. 硫化油脂				
	5. 亚磷酸正丁酯	304 极压抗磨剂	T304		
	6. 三甲苯基磷酸酯				
	7. 环烷酸铅				
	8. 苯二烷基二硫代磷酸锌	202 抗氧化剂	T202		
	9. 胶体石墨				
	10. 二硫化钼或二硫化钨				

(续)

类型	名称		代号	作用	应用范围
	化学名称	统一命名			
5. 增粘剂	1. 聚正丁基乙 烯基醚	601 增粘剂	T601	1. 改善润滑油的粘温特性 2. 对轻质润滑油起增稠作用	用于液压油、冷冻机油、导轨油、汽油机油、柴油机油等。用量一般为0.5%~10%
	2. 聚甲基丙烯酸酯	602 增粘剂	T602		
	3. 聚异丁烯	603 增粘剂	T603		
6. 防锈剂	1. 石油磺酸钡	701 防锈剂	T701	防锈添加剂对金属表面能形成很强附着力的吸附膜, 或与金属表面产生化合作用而形成牢固的保护膜(钝化膜), 防止金属与腐蚀介质接触, 从而起到防锈、保护作用	广泛应用于金属零件、部件、工具、机械、发动机及各种武器的封存防锈油脂和在使用中要求一定防锈性能的各种润滑油脂(如透平油、齿轮油、机床用油、液压油、导轨油、切削油、仪表油、防锈油膏等)以及工序间防锈油脂等。用量随防锈性能的要求不同而不同, 从0.01%~2.0%, 甚至更高
	2. 石油磺酸钠	702 防锈剂	T702		
	3. 烯基丁二酸咪唑啉盐	703 防锈剂	T703		
	4. 环烷酸锌	704 防锈剂	T704		
	5. 二壬基萘磺酸钡	705 防锈剂	T705		
	6. 苯骈三氮唑	706 防锈剂	T706		
	7. 氧化石油脂钡皂	743 防锈剂	T743		
	8. 烯基丁二酸	746 防锈剂	T746		
	9. 山梨糖醇单油酸酯		司本-80		
	10. 羊毛脂及其皂				
7. 降凝剂	1. 烷基萘(巴拉弗洛)	801 降凝剂	T801	降凝剂是降低润滑油凝固点的添加剂。润滑油凝固是由于温度下降时, 油中的石蜡形成网状结构而把油包在其中之故。降凝剂可与油中石蜡产生结晶阻止其形成网状结构, 从而起到降凝作用	广泛应用于各种润滑油, 如液压油、主轴油、机械油、汽轮机油、齿轮油、冷冻机油、变压器油、柴油机油等。用量在0.1%~1.5%左右
	2. 醋酸乙烯酯、乙烯与 α -烯烃共聚物	802 降凝剂(抗泡剂)	T802		
	3. 聚甲基丙烯酸酯	602 增粘剂(也有降凝作用)	T602		
	4. 烷基酚(山陀普尔)				

(续)

类型	名称		代号	作用	应用范围
	化学名称	统一命名			
8. 抗泡剂	1. 二甲基硅油			润滑油在循环使用过程中, 吸收空气, 形成泡沫。抗泡剂能降低表面张力, 防止形成泡沫	用于各种循环使用的润滑油, 用量一般为百万分之几
	2. 醋酸乙烯酯、乙烯与 α -烯烃共聚物	802 降凝剂 (抗泡剂)	T802		

① 清净分散剂: 有灰清净分散剂和无灰清净分散剂两大类。表列 8 种清净分散剂均为有灰清净分散剂。由于内燃机工业的发展, 润滑油的工作条件越来越苛刻, 因而对油品清净分散性能的要求就越来越高, 油品中清净分散剂的添加量也越来越大, 这就使油品中的总灰分越来越多, 这样会在内燃机的燃烧室内生成坚硬的积炭和固体颗粒, 从而引起严重磨损并影响燃料的正常燃烧。因此, 有些种类润滑油宁可不加添加剂, 也不加有灰添加剂。为了解决这个问题, 近年来开发了无灰清净分散剂。一种是高分子量无灰清净分散剂, 如甲基丙烯酸高元醇 (如十二醇) 酯和甲基丙烯酸二乙胺基乙酯的共聚物; 另一种是低分子量无灰清净分散剂, 如丁二酰亚胺型和酚-醛-胺型无灰添加剂。目前丁二酰亚胺型无灰清净分散剂在国外已得到广泛应用

六、清洗剂

1. 煤油

煤油的相对密度不大于 0.84, 闪点不低于 40℃, 不含有水溶性酸和碱, 价格低, 能溶解润滑油和润滑脂。且挥发性比汽油低。在机械设备安装工程中广泛用作清洗剂, 适用于一般设备、零部件的清洗。

2. 汽油

汽油分工业汽油及车用汽油。工业汽油的相对密度在 0.65~0.78 之间, 挥发性强, 可作溶剂, 它适用于一般机械设备清洗润滑油及润滑脂用。其闪点比煤油低, 在使用过程中, 工作地点汽油挥发浓度不许超过 0.3mg/L, 否则易发生危险。机件经过汽油清洗后, 应立即涂油, 否则表面很快锈蚀。

3. 轻柴油

它的粘度比煤油略高，一般也可用作清洗剂。

4. 松节油

这是一种清洗漆膜的清洗剂。它是无色（或微黄色）透明的油状物，对一般油基漆、醇酸树脂漆、天然树脂漆清洗效果好，它的溶解能力大于松香水。

5. 松香水

透明无色，毒性小。它可用来清洗油性调和漆、磁漆、醇酸漆、油性清漆和沥青清漆等。

6. 酒精

酒精用途很广，燃点低，易挥发，能溶解漆片，故在机械设备安装过程中多用于清洗干性透明漆用。酒精应放在密封的容器内，否则会很快挥发。

7. 香蕉水

香蕉水是有有机酯、酮、醇、烃类的混合液、溶解力极强。香蕉水专为稀释硝基漆用，或溶解漆膜，挥发性强，可以用来清洗机械设备表面有防锈漆的部分。

8. 四氯化碳

能溶解各种油类，有毒，一般作为去油剂，对禁油设备是必不可少的清洗材料。

9. 二氯乙烷

是一种无色（或淡红色）透明液体，有臭味，可溶于水，毒性较大。对黑色金属略有腐蚀性。一般适用于金属制件的脱脂。

10. 碱性清洗剂

它是一种脱脂剂，一般要加热到 $60 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 进行清洗。见表 4-34。

11. 盐酸

它是氯化氢水溶液，纯品透明无色，工业用盐酸略带黄色。盐酸的相对密度为 1.194，沸点 110°C ，它有刺激臭，耐腐蚀性也很强。在安装工程中多用于酸洗工艺。

表 4-34 碱性清洗剂配方及应用范围

项次	配方 (%) (质量分数)	应用范围
1	(1) 氢氧化钠 0.5~1 (2) 碳酸钠 5~10 (3) 硅酸钠 3~4 (4) 水 (60~90℃) 余量	碱性较强, 可清洗矿物油, 植物油和钠基脂, 它适用于普通钢铁部件
2	(1) 氢氧化钠 1~2 (2) 磷酸三钠 5~8 (3) 硅酸钠 3~4 (4) 水 (60~90℃) 余量	
3	(1) 磷酸三钠 5~8 (2) 磷酸二氢钠 2~3 (3) 硅酸钠 5~6 (4) 烷基苯磺酸钠 0.5~1 (5) 水 余量	碱性较弱, 能除油, 对金属腐蚀性小, 适用于钢铁和铝合金部件
4	(1) 十二烷基硫酸钠 0.5 (2) 油酸三乙醇胺 3 (3) 苯甲酸钠 0.5 (4) 水 (60~90℃) 余量	碱性更弱, 适用于精加工或轴光后的钢铁和铝合金部件

第五章 常用工具和量具

第一节 一般工具

一、台虎钳

台虎钳是用来夹持工件，以便于锯割、锉削、铲削等操作。它的种类有：台虎钳、手虎钳、桌虎钳等。按其构造形式有迴转式和带砧座固定式。

1. 虎钳的构造

台虎钳多用铸铁制成，它由固定部分、活动部分和钳口等组成。见图 5-1。固定部分由固定夹脚（2）和螺母（5）组成，用螺栓固定在钳工工作平台上。活动部分由手柄（7）、固定环（6）、螺杆（4）、活动夹脚（1）及钳口（3）等组成。

钳口是用硬质钢制成的两块齿板，分别用螺钉镶在台虎钳夹口的两面，使工件夹在两齿板间不易滑动，以便于操作。当夹持精制工件或软金属时，其表面易被两齿板夹坏，因此，要用铜、铝作护口来保护，以免损坏工件，见图 5-2。

2. 使用台虎钳应注意以下几点：

（1）台虎钳的夹紧和放松是靠转动手柄来进行的，因此，用力时要根据工件的要求和台虎钳的大小来考虑，不要用力过大。

（2）工件要夹在台虎钳口中间。当使用夹口的一边时，要在另一边放上等厚的木块或金属块，使夹持力均匀分布，避免损坏虎钳。

（3）工件如超出钳口太长，要用适合的支撑物支持，不应使钳口过

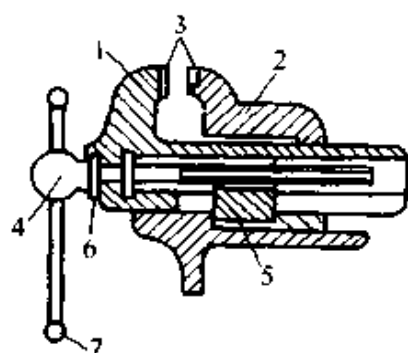


图 5-1 台虎钳

1—活动夹脚 2—固定夹脚
3—钳口 4—螺杆 5—螺母
6—固定环 7—手柄

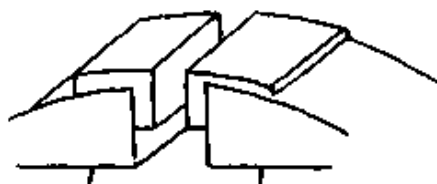


图 5-2 钳口护板

分受力。

(4) 工件过大，台虎钳能力不适应时，不要勉强夹持。

(5) 台虎钳不能当砧铁使用。带砧座的台虎钳，一般在砧座上只能作轻微的敲击。

(6) 台虎钳的螺旋杆要经常加油，保持良好润滑。

(7) 一般不准用套管、锤击等方法来旋紧手柄，以防把虎钳弄坏

二、扳手

扳手是用来拆装螺栓的。常用的扳手有：螺母扳手、长柄、短柄装配扳手、死扳手、直柄、弯柄套筒扳手、棘轮扳手、调节扭矩扳手、管子扳手、螺柱扳手等。

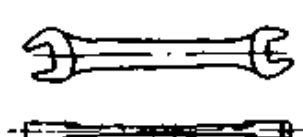
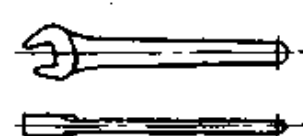
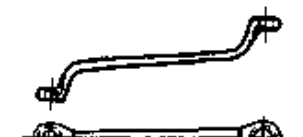
1. 螺母扳手

螺母扳手须具有下列硬度：

硬度等级	钳口开度小于 36mm	钳口开度大于 36mm
1	44~50HRC	39~45HRC
2	40~45HRC	35~40HRC

扳手用 40CrMoV、40Cr 和 45 号钢制作。螺母扳手的规格尺寸见表 5-1、表 5-2、表 5-3。

表 5-1 螺母扳手规格表 (mm)

外形图	扳手类别及尺寸
	双头扳手 成套尺寸：4×5、5×5.5、5.5×7、7×8、9×10、10×12、12×13、12×14、13×14、14×17、17×19、19×22、22×24、24×27、30×32、32×36、36×41、41×46、46×50、50×55、55×60、65×70、75×80
	单头扳手 成套尺寸：3.2、4、5、5.5、7、8、10、12、13、14、17、19、22、24、27、30、32、36、41、46、50、55、60、65、70、75、80
	双头套筒扳手 成套尺寸：5.5×7、7×8、8×10、10×12、12×13、13×14、12×14、14×17、17×19、19×22、22×24、24×27、27×30、30×32、32×36、36×41、41×46、46×50、50×55

(续)

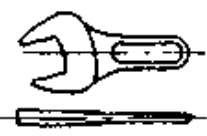

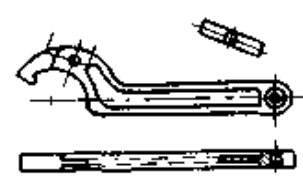
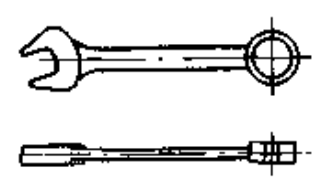

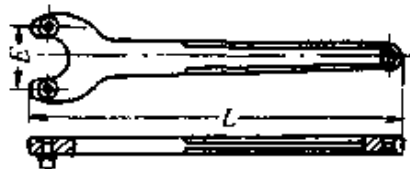
外形图	扳手类别及尺寸
	单头短柄扳手 成套尺寸: 85、90、95、100、105、110、115、130、145、155、175、180、185、200、210、225
	开槽圆螺母扳手 螺帽外径: 12、14~16、22~24、26~28、30~34、38~42、45~52、55~60、65~70、75~85、90~95、100~110、115~120、125~130、135~140、150~160、165~170、175~190、200~210、220~230、240~250
	铰链式开槽圆螺母扳手 螺母外径: 22~60、65~110、115~220
	组合扳手 成套尺寸: 5.5、7、8、10、12、13、14、17、19、22、24、27、30、32、36、41、46、50、55
	六角扳手 六角头成套尺寸: 3、4、5、6、8、10、12、14、17、19、24、27

表 5-2 呆扳手

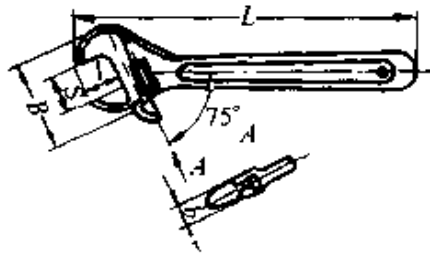
(mm)



E	22	24	27	30	34	38	42	48
L	125	140	140	160	160	180	180	200
F	56	64	72	80	90	100	110	120
L	200	220	250	250	280	320	320	360

表 5-3 活动螺母扳手

(mm)



S 最大	B	L	b	l
12	30	110	8	13
19	40	160	11	18
30	68	250	16	28
46	105	400	23	43

螺母扳手的接长套管，见图 5-3，可用钢管制作，或使用 35 号钢板卷制。

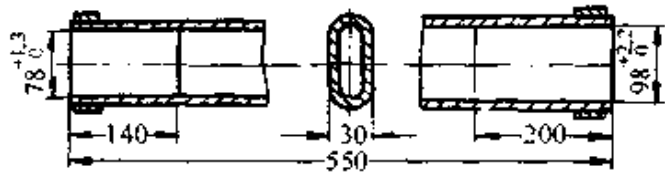


图 5-3 接长套管

2. 长柄、短柄装配扳手

它有直柄和弯柄两种，用于

装卸直径 12mm、16mm、18mm、20mm、22mm、24mm、27mm 及 30mm 的螺栓。见图 5-4。

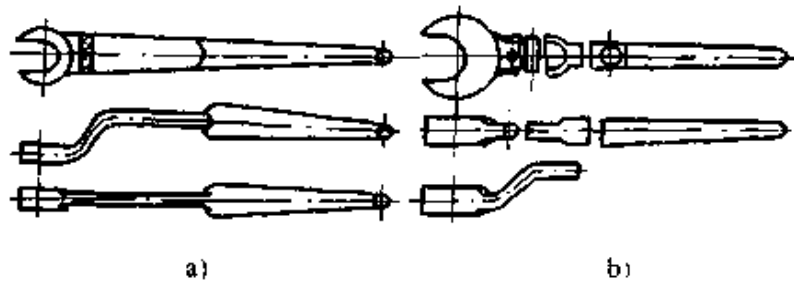


图 5-4 装配扳手

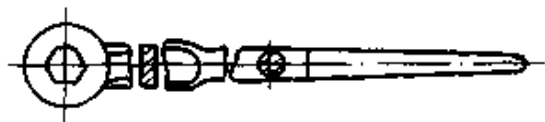
a) 长柄 b) 短柄

3. 呆扳手

用于装卸直径

16mm、18mm、20mm、22mm、24mm、27mm 及 30mm 的螺栓。见图 5-5。

装配用扳手用优质碳素结构钢制作。扳手钳口及手柄 50mm 段须淬火，保持硬度为 40~50HRC。



4. 直柄、弯柄套筒扳手

它用于装卸密集处或死角部位的方形螺母及六角螺母。其规格见表 5-4。

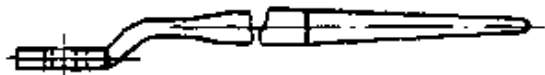
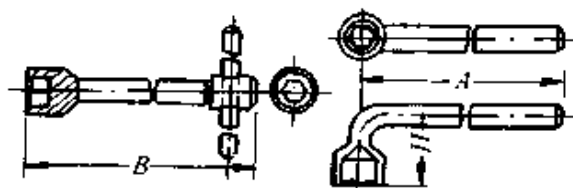


图 5-5 呆扳手

表 5-4 直柄、弯柄套筒扳手

(mm)



螺栓直径	6	8	10	12	16	20	24	30
扳手尺寸 A	130	150	160	200	240	260	300	350
扳手尺寸 H	60	65	70	75	80	85	90	100
扳手尺寸 B	125	125	130	150	180	210	240	260

5. 棘轮扳手

主要用在密集部位装卸螺母，工作端部为四方或六方螺母孔。见图 5-6。

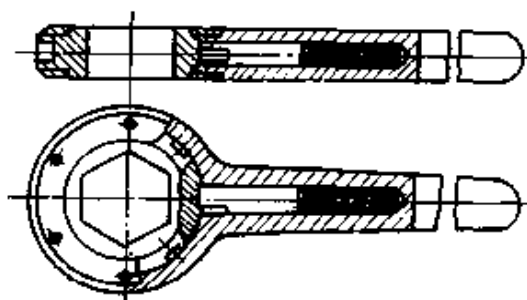


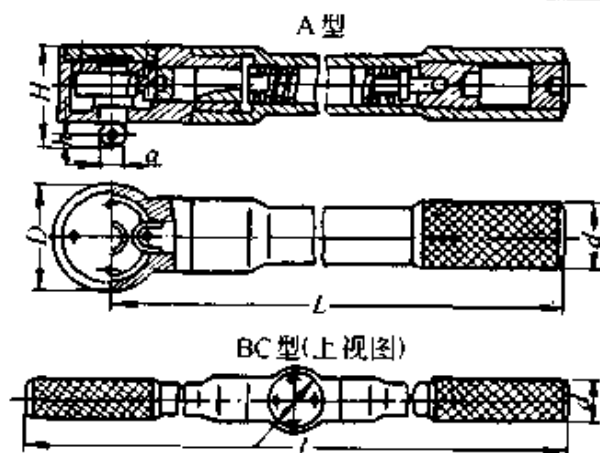
图 5-6 棘轮扳手

6. 调节扭矩扳手

它可使传递到螺母上的力不超过既定力矩值。当力值超限时，则扳手即脱开。调节扭矩扳手的规格见表 5-5。

表 5-5 调节扭矩扳手

(mm)



扳手类型	扭矩值 N·cm	扳手尺寸 /mm					
		L	D	d	H	h	a
A	200 ~ 1500	165	32	18	30	4	7
B		300					
A	1000 ~ 8000	300	48	25	37	5	10
	7000 ~ 20000	500	55	34	48	9	14
C	1000 ~ 8000	350	48	22	37	5	10
	7000 ~ 20000	490	55	28	48	9	14

7. 管子扳手

它有杆式管子扳手：见图 5-7。外卡管子扳手，见图 5-8

链式管子扳手，见图 5-9。活动管子扳手，见图 5-10。钳口及牙的硬度为 40 - 50HRC。



图 5-7 杆式管子扳手

1—固定杆 2—动杆 3—外套 4—螺母

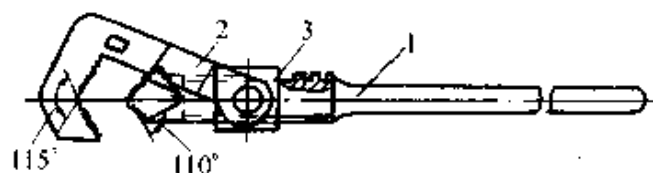


图 5-8 外卡管子扳手

1—手柄 2—卡头 3—螺母

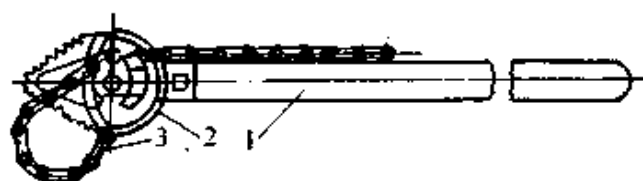


图 5-9 链式管子扳手

1—手柄 2—卡头 3—链条

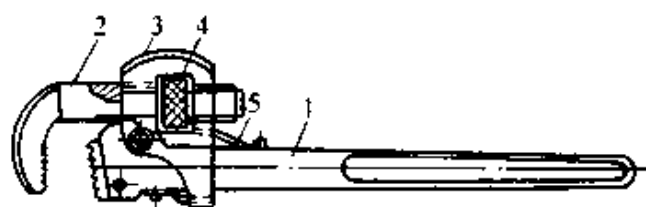


图 5-10 活动管子扳手

1—手柄 2—活动钳口 3—外套 4—螺母 5—弹簧片

8. 螺柱扳手

松紧螺柱可以使用装有驱动滚柱或螺纹的短管的扳手、带滚柱的手动扳手的构造，见图 5-11。在扳手头部有三只滚柱（1），由夹圈（2）予以支撑，并镶装在扳手体（3）中的三条螺线槽内，扳手方头上装有附手柄（5）的横杆（4）。松紧螺柱时，以左手把稳可以自由回旋转的短管（6），同时用右手握住柄（5）使其回转。管子扳手的规格见表 5-6。

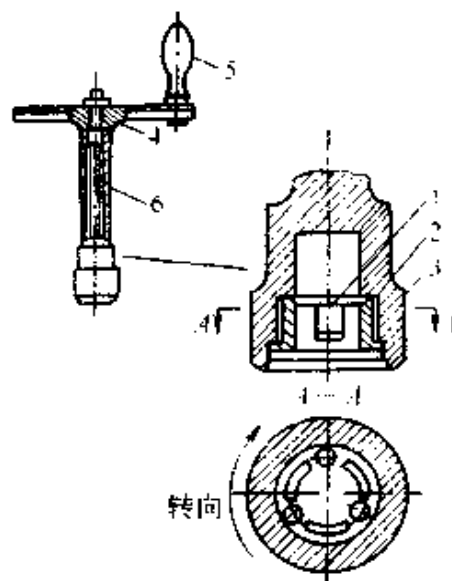


图 5-11 螺柱扳手

1—滚柱 2—夹圈 3—扳手体 4—横杆
5—手柄 6—短管

表 5-6 管子扳手规格

扳手名称	适 用 管 径 /mm				
杆式扳手	10~36	20~50	20~63	25~90	32~120
外卡扳手	10~30		20~63		25~90
链式扳手	1/8"~1"	1/4"~2"	1/2"~3"		3/4"~4"

扳手使用要求：

(1) 选用扳手时，扳口尺寸必须与螺母尺寸相符，如果扳手太大就容易滑脱，以致损坏扳手或螺母的棱角，严重的会造成碰伤事故。

(2) 使用活动扳手时，要将扳手校正到适当位置，套住螺母无松动现象。扳动时活动部分在前，使承担大部分力量。

(3) 不论哪种扳手，要得到最大的扭力，则拉力方向必须与扳手的手柄成直角，要有向螺母方向的推力。最好是拉动，而不要推动。用拉动有困难采用推动时，必须用手掌推，手指放开伸直向上，以防扳手撞伤手指关节。

(4) 拆卸和安装设备上的螺栓时，一般不宜用活动扳手

(5) 普通扳手禁止加套管或用锤打击扳手柄，专用扳手除外

三、铰刀

铰刀是用来精铰削钻孔（扩孔），使孔圆直，提高精度、表面光滑、尺寸准确的一种刀具。

铰刀有机铰刀和手铰刀两种。使用时，要遵守以下原则：

- (1) 使用铰刀时，应根据工件材质、铰削条件来正确选择铰刀。
- (2) 开铰时，铰刀中心要与孔中心对直，一般手铰刀只能铰去 0.05~0.07mm 的金属，最多不超过 0.1mm。
- (3) 使用铰刀时不能用力过大，要用扳手顺时针方向旋转铰刀，不可倒转，以免刀刃磨损，缩短使用寿命。
- (4) 工件较小时，可将铰刀夹在虎钳上，将工件套在铰刀上转动。
- (5) 铰削钢料时，要用润滑冷却液进行冷却。对铸铁工件只能用干铰方法。
- (6) 铰刀是一种精加工刀具，用完后，将铁屑清除干净，涂油后妥善保管。

(7) 用铰刀铰孔时，要满足以下要求：

- 1) 铰圆柱销孔时，应按表 5-7 的规定，选择适当的铰削量。

表 5-7 铰圆柱销孔时铰削量

铰孔直径/mm	铰削量/mm	铰削余量/mm	进刀量/mm/转
3~6		0.18~0.23	钻孔进刀量 3~4 倍
6~10		0.19~0.27	
10~18		0.21~0.3	
18~30		0.23~0.35	
30~50		0.26~0.40	

2) 铰削圆锥销孔时，先钻出阶梯孔，并按圆锥销孔的长度计算阶梯口的长度及直径，见图 5-12。并按下列公式计算：

D_2 —铰孔小端直径（已知）；

$$D_1 = D_2 + \frac{L_3}{50}$$

$$d_1 = D_1 - 0.3\text{mm}$$

$$d_2 = d_1 - 0.2\text{mm}$$

$$d_3 = d_2 - 0.2\text{mm}$$

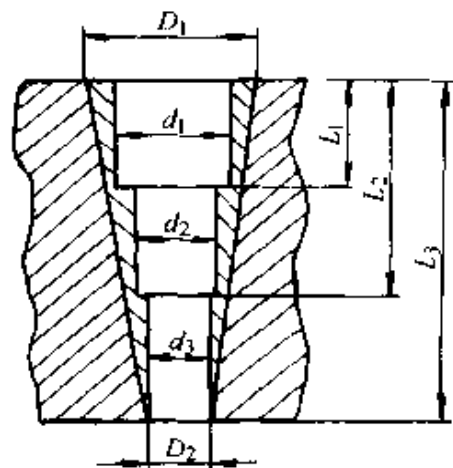


图 5-12 铰圆锥孔示意图

上面各式中 D_1 为铰孔大端直径, d_1 、 d_2 、 d_3 为钻头直径。
 钻孔各段深度计算如下:

$$L_1 = (D_1 - d_1 - 0.1) \times 50$$

$$L_2 = (D_1 - d_2 - 0.1) \times 50$$

$$L_3 = (D_1 - d_2 - 0.1) \times 50$$

四、曲柄钻

曲柄钻有两种类型:一种是锥形齿轮传动的曲柄钻,见图 5-13。
 另一种是棘轮传动的曲柄钻,见图 5-14。

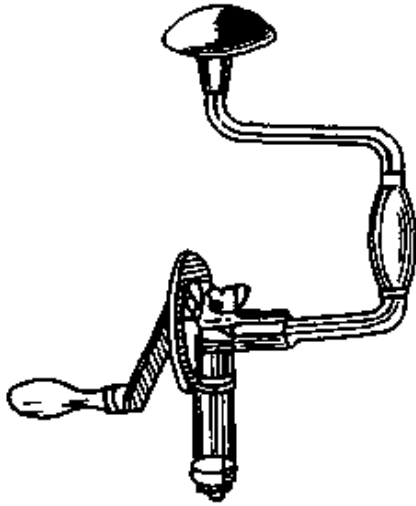


图 5-13 锥形齿轮传动的曲柄钻

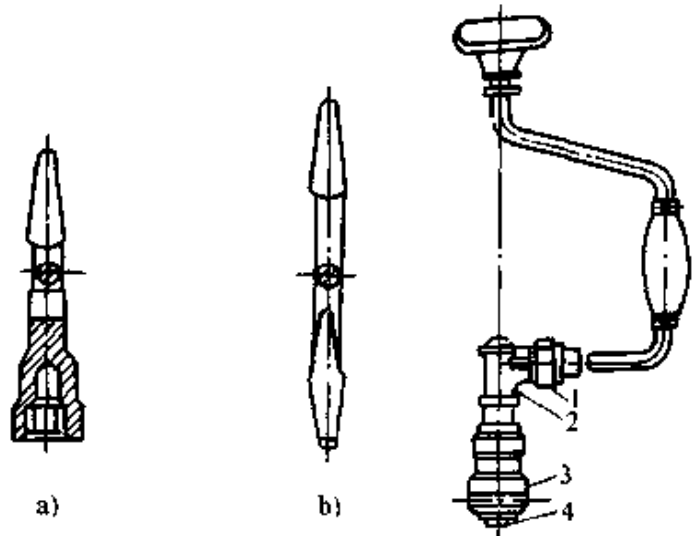


图 5-14 棘轮传动的曲柄钻

a) 上螺母扳子 b) 螺钉起子

1—开关环 2—啮合机构 3—卡盘 4—卡盘爪

使用曲柄钻时,先将钻头装正、装牢。操作时,曲柄钻与工作物要垂直,用力要适当。这两种曲柄钻,主要用于薄工件的钻孔。

五、拆卸器

拆卸器也叫“抓”,它是常用的一种拆卸工具。主要用来拆卸轴上的皮带轮、齿轮、轴承等零件。图 5-15 的拆卸器,是利用其上的卡爪及顶撑螺杆将零件取下来。撑杆及卡爪用 45 号钢制作,经淬火及回火使硬度达到 35~40HRC,顶撑螺杆用 45 号钢制作,经热处理后硬度达到 40~45HRC。拆卸器主要尺寸:

$l_{\text{最小}}/\text{mm}$	10	20	30	30	30
$l_{\text{最大}}/\text{mm}$	56	100	150	250	350

h, mm 45 100 150 250 350

图 5-16 为三只卡爪自动定心螺杆拆卸器。

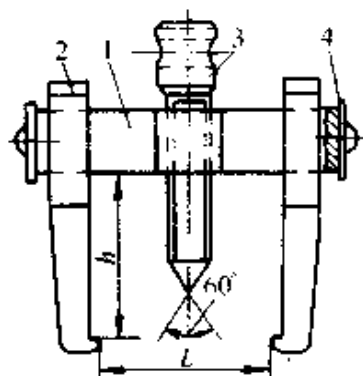


图 5-15 拆卸器

1—撑杆 2—卡爪
3—顶撑螺杆 4—保险片

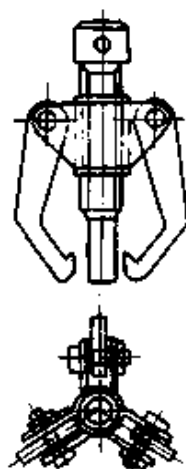


图 5-16 自动定心螺杆拆卸器

图 5-17 为三爪式拆卸器，它主要用于拆卸轴上过盈配合的轴承、联轴器、带轮等。拆卸器的规格分为三档：0~400mm，400~800mm 及 800~1200mm。

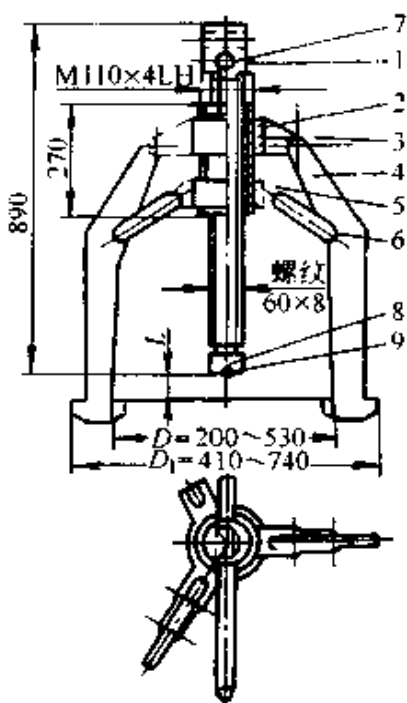


图 5-17 三爪式拆卸器

1—螺杆 2—螺母 3—横撑
4—拉筋 5—螺母 6—拉杆
7—转杆 8—球窝 9—滚珠

图 5-18 是双拉杆拆卸器，这种拆卸器遇到拆卸加长的零件时可以调节拉杆 2 在卡爪 1 上的螺孔位置。

使用拆卸器应注意点：

(1) 用拆卸器拆卸零件时，拆卸器与被拆零件同心，以保持四周受力均匀。

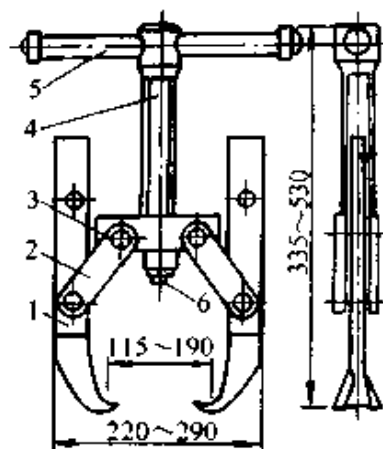


图 5-18 双拉杆拆卸器

1—卡爪 2—拉杆 3—横杆
4—螺杆 5—手柄 6—顶珠

(2) 拆卸时，要缓慢进行，不要强行拆卸，过盈的零件要加热膨胀后，进行拆卸，以免损坏零件。

(3) 拆卸器几个拉杆距离要相等，使各方向受力一致，避免产生歪斜，影响正常拆卸工作。

(4) 当拆卸大型轴承时，必须把拆卸器架设好，当轴承块离开轴时，易出现歪斜，损坏轴承。因此，在拆卸后期阶段，用手锤轻轻敲击拆卸器的后部，以保持其平衡。

六、锉刀、刮刀、钢锯、錾子、丝锥和板牙、钻头及划线工具

上述工具的结构、用途等，可参照第三章机械设备安装的基本操作方法中的有关内容。

七、砂轮机

砂轮机是磨削刀具和工件的机具。有手提式和固定式两种。手提式砂轮机有电动和风动两类，一般在工件较大不便移动时使用。固定式砂轮机则用于小型工件和刀具等磨削。

砂轮机使用时，应注意以下几点：

(1) 使用砂轮机时，人要站在与砂轮机中心线成 45° 角的地方。用砂轮的外圆表面磨削，不要在砂轮侧面磨削，以免砂轮破裂发生危险。

(2) 装新砂轮片时，要检查有无破损、断裂和不平、不圆等现象。砂轮片孔眼要与轴紧密配合，两面夹板不小于砂轮直径的一半。固定砂轮片的螺母拧的力量要适当。并应用双螺母，以防止螺母松动损坏砂轮片。新装的砂轮片要空转几分钟，检查是否有毛病，然后再用。

(3) 刀具和工件在砂轮上磨削时，用力要适当，不能过猛。

(4) 砂轮机要有安全防护装置，以防止砂轮片破裂后甩出伤人。

八、台钻

台钻是一种小型钻床。见图 5-19。这种钻床是放在工作桌子上使用的，一般用来钻 $\phi 13\text{mm}$ 以下的孔眼。它是由手动进刀的。工件较小时，可放在工作台上钻孔；工件较大时，将工作

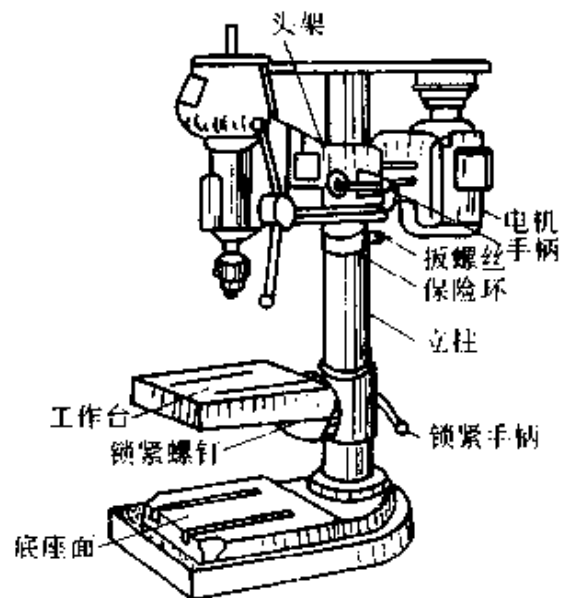


图 5-19 台钻

台移开，直接放在底座面上钻孔。这种钻床灵活性较大，可适应各种情况钻孔的需要。

第二节 精密量具

一、卡钳

卡钳是测量机械零部件尺寸的一种量具。由于它的测量方法是间接的，因此，卡钳要与钢尺或其他量具相配合使用。

1. 卡钳的分类

卡钳分为外卡钳和内卡钳两种。外卡钳测量工件的外表面，内卡钳是测量工件的内表面和内孔、内槽等。内外卡钳有各种不同的尺寸，以适应工作变化的需要。卡钳的钳口是否平整对测量精度有很大影响。有经验者可以用质量好的卡钳，测出的精度可达 $0.02\sim 0.05\text{mm}$ ，

2. 卡钳的使用范围和规格

卡钳的种类较多。表 5-8 是几种卡钳的使用范围和规格。

3. 卡钳的使用和取值

(1) 外卡钳的使用 测量工件外围时，两卡钳脚应垂直由工作轴线卡入工件时两卡脚不应歪斜，也不应与工件表面接触过紧，以免测量尺寸不正确。

取值时，将卡钳的一端钳口抵在钢尺的起点端，另一卡钳口在钢尺上的位置读数，就是测量工件的尺寸值。

(2) 内卡钳的使用 测量工件时，应使两个钳口平行放在工件内表面，两卡钳口与工件内表面接触时不得过紧或不接触，以免产生测量误差。取值方法可将一只内卡钳口靠在钢尺的起始端，看另一只内卡钳口在钢尺上所在位置，读取数值，即为工件的实有尺寸值。

4. 使用卡钳注意点

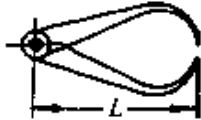

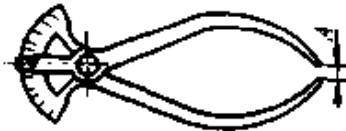
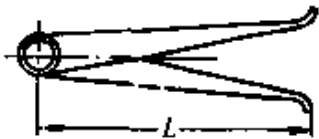
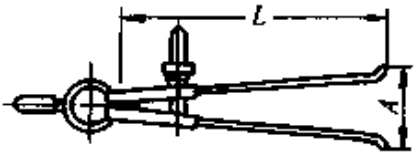
(1) 调整卡钳尺寸时，应敲卡钳的两个侧面，不允许敲击卡钳口。

(2) 测量工件时，不能将卡钳用力压下去，要用卡钳自重贴附到工件测量面上即可。

(3) 测量工件时，卡钳要放正，不能歪斜，否则量得尺寸是不精确的。

(4) 工件在旋转时，不能用卡钳测值，避免使钳口磨损。

表 5-8 卡钳的使用范围和规格

使用范围	规格/mm	
标准外卡钳  卡钳与钢尺配合测量和检验工件外尺寸	L	
	100 150 200 250 300	
统一外卡钳  用弹簧可调节；测量的尺寸不易变动	L	A 最大
	75 100 125 150	50 80 120 150
分度外卡钳  不需钢尺配合，在指针上直接取值	A 最大	
	80 120 160 200	
标准内卡钳 	L	
	150 200 300	
弹簧内卡钳  测量内孔、槽和其他内表面	L	A 最大
	100 125 150 175 200	80 100 120 140 160

二、水平仪

水平仪是机械设备安装中测量水平度和垂直度的一种不可缺少的精密量具。

1. 水平仪的种类和规格

水平仪有框式水平仪、条形水平仪、光学合象水平仪等。根据水泡

的分度值又可分为三组，每组可用于测量不同的直线斜度或角度。见表 5-9，表 5-10

表 5-9 水平仪分组表

水泡分度值	I 组	II 组	III 组
直线斜度 λ (mm/m)	0.02 ~ 0.05	0.06 ~ 0.1	0.12 ~ 0.2
角度 ($^{\circ}$)	4 ~ 10	12 ~ 20	24 ~ 40
水泡刻度测量范围 (\pm)	8	5.8	5.8

表 5-10 水平仪外形尺寸

(mm)

水平仪	I 组	II、III 组
方水平	200 × 200 × 45	150 × 100 × 35
长水平	200 × 45 × 42	150 × 35 × 26

2. 水平仪的构造及测量工作原理

水平仪是由铸铁框架、主水准器（纵向水泡）、定位水准器（横向水泡）等组成。它是一种测角仪器，主要工作部分是水准器。见图 5-20。水准器是封闭的玻璃管，内装乙醚或酒精，但不装满，留有一个气泡，这个气泡永远停在玻璃管的最高点。如水平仪在水平或垂直位置时，气泡就处于玻璃管的中央位置，若水平仪倾斜一个角度，气泡就向左或向右移动到最高点，根据移动距离，即可了解平面的水平度或垂直度。

3. 水平仪的读数

水平仪由于加工制造上的原因，或由于长期使用，有时会产生误差，使气泡指示的数值不准确。因此，在使用水平仪时，事先要了解或消除本身的误差。检验水平仪误差最简单的方法，是把它放在精密标准平台上，就可看出它的误差数值。如在标准平台上气泡向左偏一格，然后放

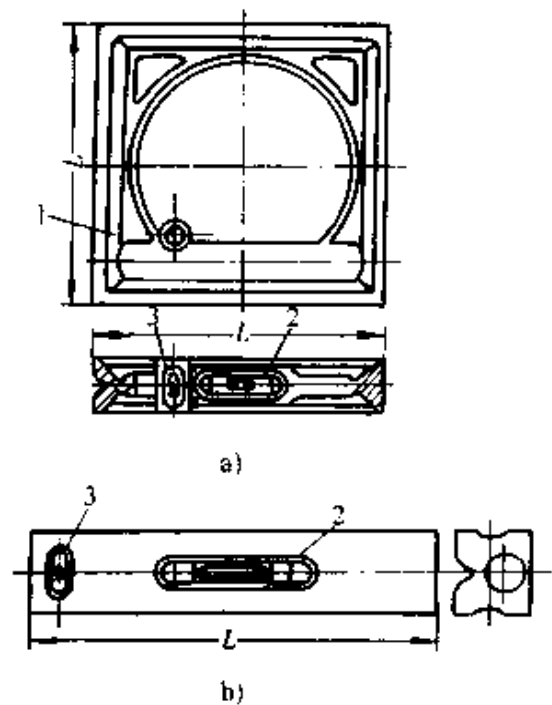


图 5-20 水平仪

a) 框式 b) 条式

1—铸铁框架

2—主水准器 3—定位水准器

在被测平面上，如也向左偏一格就说明被测面是平的。

在使用误差比较小的水平仪找设备的水平度时，应在被测面上原地旋转 180° 进行测量，利用两次读数的结果加以计算修正，其方法如下：

在测量时，水平仪第一次读数是零，在原位置旋转 180° 测量时，气泡向一个方向移动，这说明水平仪和被测面都有误差，而两者误差相同。较高一面的高度是读数的 $1/2$ 。

在测量时，两次气泡向一个方向移动，这时被测面较高的一面的高度为两次误差格数之和除以 2，而水平仪误差为两次误差格数之差除以 2。

在测量时，两次气泡各往一边移动（方向相反），这时被测面较高的一面高度为两次格数之差除以 2，水平仪本身误差是两次格数之和除以 2。

4. 水平仪使用维护注意事项

(1) 测量前，必须将测量表面与水平仪工作表面擦干净，以防测量不准确或擦伤工作表面。

(2) 操作水平仪时，手握仪器的握把，不要用手触气泡玻璃管和对气泡呼吸，以防影响水平仪的读数精度。看水平仪时，视线要垂直对准气泡玻璃管，否则读数不准。

(3) 测量时，水平仪要轻拿轻放，放正放稳，不许在测量设备表面上将水平仪的工作面拖来拖去。在敲打垫铁时，必须将水平仪拿起。检查设备立面的铅垂性时，应用力均匀地紧靠在设备立面上。

(4) 水平仪从低温处拿到高温处时，不得立即使用，也不得在强烈灯光或日光照射下使用。水平仪用完后，要用细白布擦净，并涂上一层机油，放入盒内，妥善保存。

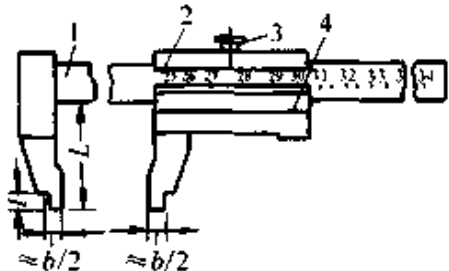
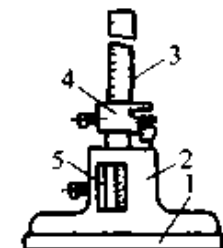
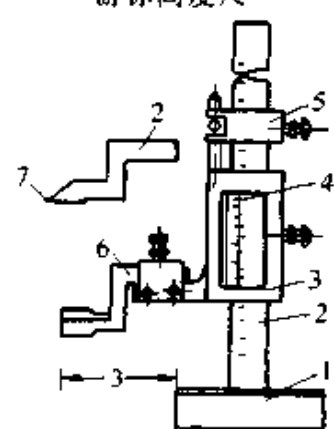
三、游标卡尺

游标卡尺是用来测量工件长度、宽度、深度及内外径的一种精密量具。

1. 游标卡尺的构造、适用范围及精度

游标卡尺主要由固定卡脚连尺身（正尺）、活动卡脚连游标、固定螺丝等组成。有的游标卡尺在尺身后附带有深度尺与活动卡脚一齐移动，可量出沟槽的深度。在精密游标卡尺上还装有拖板（推板）、固定螺丝与调节螺母，用它可作精确的调节。游标卡尺的适用范围及精度见表 5-11。

表 5-11 游标卡尺测量范围及测量精度

种 类	测量范围 /mm	游标值 /mm	测量范围																		
双向卡脚游标卡尺	0~160 0~250	0.05 及 0.10	测量尺寸范围: 2000mm 卡脚伸出长度 L 与卡脚长度 l 符合以下规定:																		
单向卡脚游标卡尺  1—尺身 2—游标尺 3—螺钉 4—游标	0~160 0~250	0.05 及 0.10	<table border="1"> <thead> <tr> <th>测量范围/mm</th> <th>L/mm</th> <th>l/mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0~125</td> <td>35</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>0~160</td> <td>45</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>0~250; 0~400</td> <td>60</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>250~630; 320~1000</td> <td>80</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>500~1600; 800~1000</td> <td>100</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	测量范围/mm	L /mm	l /mm	0~125	35	14	0~160	45	6	0~250; 0~400	60	8	250~630; 320~1000	80	10	500~1600; 800~1000	100	12
	测量范围/mm	L /mm	l /mm																		
	0~125	35	14																		
	0~160	45	6																		
	0~250; 0~400	60	8																		
250~630; 320~1000	80	10																			
500~1600; 800~1000	100	12																			
0~400	0.10	游标卡尺的基本误差不得超过下表规定:																			
250~630		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">刻度尺身长 /mm</th> <th colspan="2">当游标读数不超过/mm</th> </tr> <tr> <th>0.05</th> <th>0.10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250 以下</td> <td>± 0.05</td> <td>± 0.10</td> </tr> <tr> <td>250~1000</td> <td>—</td> <td>± 0.10</td> </tr> <tr> <td>1000~2000</td> <td>—</td> <td>± 0.20</td> </tr> </tbody> </table>	刻度尺身长 /mm	当游标读数不超过/mm		0.05	0.10	250 以下	± 0.05	± 0.10	250~1000	—	± 0.10	1000~2000	—	± 0.20					
刻度尺身长 /mm				当游标读数不超过/mm																	
		0.05	0.10																		
250 以下	± 0.05	± 0.10																			
250~1000	—	± 0.10																			
1000~2000	—	± 0.20																			
320~1000	—	—																			
500~1600	—	—																			
800~2000	—	—	—																		
游标深度卡尺	 1—基座 2—游标尺 3—尺身 4—测微推板 5—游标	0.05	0~160	测深可达 400mm, 指示误差不得超过 0.05mm																	
0~250																					
0~400																					
基座长为 120																					
游标高度尺	 1—基座 2—尺身 3—游标尺 4—游标 5—测微推板 6—测量卡脚 7—划线卡脚	0.05 0.05 0.05 及 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10	0~250	测量与划线尺寸为 2500mm 以下、高度卡尺的指示误差不得超过下列数值: 当游标读数不超过下列数值/ \pm mm 时高度卡尺的误差 <table border="1"> <thead> <tr> <th>刻度尺身长 /mm</th> <th>0.05</th> <th>0.1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><400</td> <td>0.05</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>400~1000</td> <td>—</td> <td>0.10</td> </tr> <tr> <td>1000~2500</td> <td>—</td> <td>0.20</td> </tr> </tbody> </table>	刻度尺身长 /mm	0.05	0.1	<400	0.05	—	400~1000	—	0.10	1000~2500	—	0.20					
刻度尺身长 /mm			0.05		0.1																
<400			0.05		—																
400~1000			—		0.10																
1000~2500			—		0.20																
40~400																					
60~600																					
100~1000																					
600~1600																					
1500~2500																					
卡脚伸出值 (B) 为 50, 80, 125, 160	<400	0.05	—																		
	400~1000	—	0.10																		
	1000~2500	—	0.20																		

2. 游标卡尺的刻度原理与读法

例如公制精度 0.1mm 游标卡尺，见图 5-21，尺身上的刻度每小格为 1mm，游标可沿尺身移动，其刻度是 9mm 分为 10 小格，每小格为 0.9mm。因此，尺身上每小格与游标上每小格的差为 0.1mm ($1\text{mm} - 0.9\text{mm} = 0.1\text{mm}$)。当游标上第 1 格线与尺身上第 1 格线对正时，两尺上的“0”线即相距 0.1mm，当游标上第二格线与尺身上的第二格线对正时，两尺上的“0”线即相距 0.2mm……，当游标上的第 10 格线与尺身上第 10 格对正时，两尺上的“0”线相差 1mm。

读尺时，先读出尺身上在游标“0”线所在位置以前的整数，再加上游标上所指示的小数，即为最后读数。游标上的小数是根据游标上的第几格刻度与尺身上的一刻线对正来确定。

见图 5-22，尺身上在游标“0”线所在位置的整数是 39mm，游标上第 5 格与尺身上的一个刻线对正，即表明游标上的“0”线与尺身上的 39mm 的刻相距 0.5mm，由此可知，游标卡尺所测得的尺寸是 39.5mm。

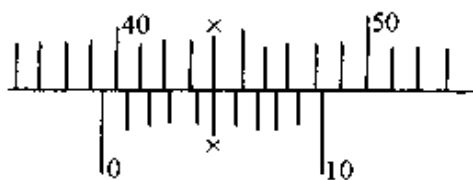


图 5-21 游标卡尺刻度原理

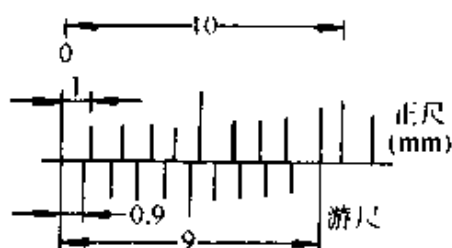


图 5-22 游标卡尺读数法

3. 游标尺的使用要求

(1) 在测量前，先用清洁软布擦净卡脚的接触面，并使两卡脚密合，可对着亮光检查卡脚密合情况。在检查卡脚密合时，尺身与游标的“0”线是否对正，如卡脚不密合，有透光线或“0”线不能对正，是由于使用方法不当，而使卡脚磨损或弯曲变形所致，如用这种卡尺所测数值是不准确的。

(2) 被测量工件表面也要擦干净，并检查表面有无毛刺、擦伤等，以免损坏卡尺的测量平面。

(3) 测量可移动的工件时，左手拿住工件，右手拿住卡尺。把工件放入两只张开的卡脚时，工件的测端面必须紧靠在固定的卡脚上，用轻

微的压力把活动卡脚推过去，当两个卡脚的测量面已和工件表面贴靠时，就停止推动，这时可从卡尺上读出工件的尺寸，然后松开活动卡脚取出工件。禁止将卡脚调到工件近似尺寸，将固定螺丝旋紧后强行卡到工件上去，或测量后螺丝未松，卡脚未拉开前将卡尺从工件上强行取下，这样会损伤卡脚。

(4) 测量不能移动的工件时，必须左手握住固定卡脚，以右手握住尺身并用拇指推动活动卡脚进行测量。

(5) 精密游标卡尺上附有拖板（推板），可以用调节螺母使活动卡脚移动，在测量时，先将活动卡脚拉到与测量尺寸相近的位置，将拖板（推板）固定螺丝旋紧，而后用调节螺丝来移动活动卡脚。测量准确后，将活动卡脚固定螺丝旋紧，使其保持在固定位置上，然后再读数。

(6) 测量时，卡脚要与被测工件垂直、不要歪斜，以免影响测量尺寸的准确性。

(7) 读数时，要仔细地找出游标与尺身上对正的刻线，与这条线相邻的两三条刻线间的距离应是对称的。

(8) 游标卡尺不能作刻线工具和夹持工件，不准测粗糙表面或磁性工件；要轻拿轻放，不要与其他工具混放。游标卡尺用完后，要涂上一层机油，妥善保管。

四、千分尺

千分尺比游标卡尺的精度还要高。公制千分尺的精度可达 0.01mm 。根据其用途不同，可分内径千分尺、外径千分尺、深度千分尺等。无论哪一种千分尺，其原理和用法是相同的。

1. 外径千分尺的构造

外径千分尺，见图 5-23，在固定套筒上有刻线，其刻度间距等于微动螺杆的螺距，即 0.5mm 。转筒与螺杆是紧固在一起的。棘轮可通过销子带动转筒与螺杆一起前进。当度量面与被测工件接触而顶死后，棘轮与销子之间就会打滑空转。

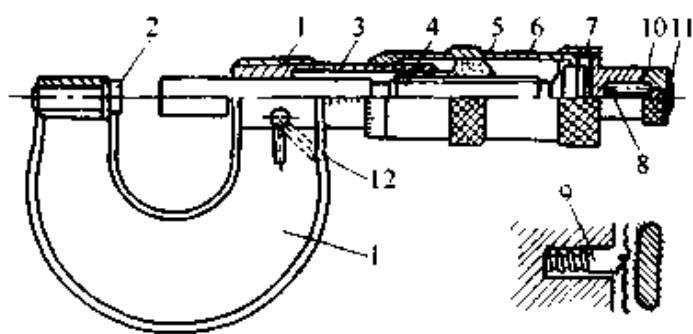


图 5-23 千分尺的构造

- 1—弓架 2—固定量砧 3—固定套管 4—微动螺杆
5—调节螺母 6—转筒 7—端盖 8—弹簧
9—销子 10—棘轮 11—螺钉 12—偏心锁紧把手

2. 千分尺计算原理与读法

以公制精度为 0.01mm 的千分尺为例，在千分尺测杆后端有精密螺纹，其螺距为 0.5mm ，当活动套管转动一周时，测杆与活动套管一同前进或后退 0.5mm 。在固定套管上划有一根基线，基线的两侧平均每隔 0.5mm 有一条刻线。在活动套管的一周有 50 条刻线，将圆周等分为 50 格。当活动套管与测杆转动 $1/50$ 转时，测杆便移动 0.01mm ($0.5 \times 1/50 = 0.01$)，活动套管的刻度转过两格时，测杆便移动 0.02mm ($0.5 \times 2/50 = 0.02$)，当活动套管的刻度超过 50 格时，测杆恰好移动 0.5mm ，即活动套管沿基线移动了一个刻度。

读法：先看固定套管上在活动套管斜面前边所露出的刻线上有多少整毫米数和 $1/2\text{mm}$ 数。见图 5-24。千分尺正测量一工件的厚度，首先从固定套管上看出的读数是 7.5mm ，再看活动套管斜面圆周上的刻线，哪一条刻线与固定套管的基线对

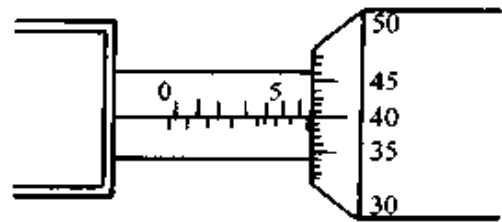


图 5-24 千分尺读法

准，就可以找出百分之几毫米的读数，图中第 39 条刻线对准了基线，它的读数是 $39/100\text{mm}$ ，将两次读数相加即得出总数 $7.5\text{mm} + 0.39\text{mm} = 7.89\text{mm}$ 。

3. 千分尺的使用方法

(1) 双手测量法 这种方法一般用于测量放在工作台上或比较容易固定的零件。见图 5-25。左手握弓架先使砧座测量面与工件表面接触，用右手旋转活动套管，待测杆量面与工件表面相距很近但未接触时，改旋棘轮手柄，旋转手柄直到测杆量面与工件表面接触，并听到棘轮发出“咯…咯”的空转声为止，将定位环向外旋转紧住测杆（在不需将测杆固定时就不必动定位环），并读出数值。然后将定位环放松，使测杆量面离开工件表面后再取下千分尺。

(2) 单手测量法 这种方法多用于测小零件，见图 5-26。两手分别拿住工件和千分尺，右手无名指、小指压住千分尺的弓架抵靠手掌。用右手中指、食指、拇指旋转活动套管，当测杆量面与工件表面快要接触时，仍用拇指和食指来转动棘轮手柄。尺寸量好后，再转动定位环，并读出尺寸。然后放松测杆使千分尺与工件脱离。

使用大号的千分尺测量较大工件时，见图 5-27，左手拿住千分尺

弓架中部不传热的把手上，测量方法与双手测量法相同，由于它比小千分尺难掌握，因此，在测量时要特别仔细。

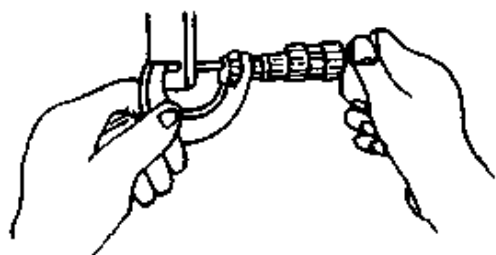


图 5-25 双手测量法

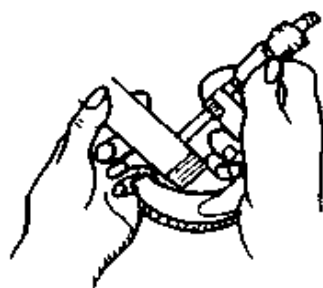


图 5-26 单手测量法

4. 千分尺偏差的校正

先将两测量面擦干净，并使其接触（大千分尺中间可用试杆），看“0”线与基线差多少，然后用小钩扳手插入固定套管上靠近弓架处的小圆孔内，并轻轻向需要调整的方向扳动固定套管，直到使活动套管斜面上的“0”线和固定套管上的基线对齐为止，见图 5-28。如一次扭转过多时，可将扳手取下，掉转方向插入孔内扭转，大约经过二、三次即可调好。如千分尺上无调整孔，也无钩扳手时，可用旋松活动套管后端的套帽，再转动活动套管来调整，当“0”位对正后，将套帽旋紧。

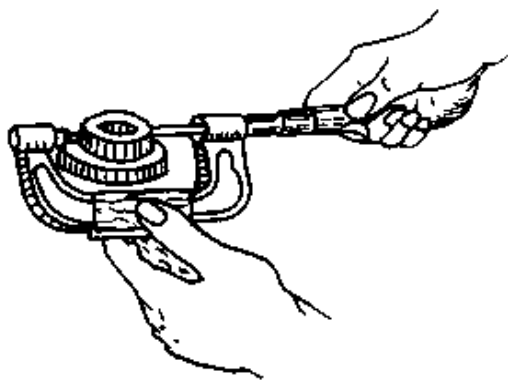


图 5-27 较大工件的量法

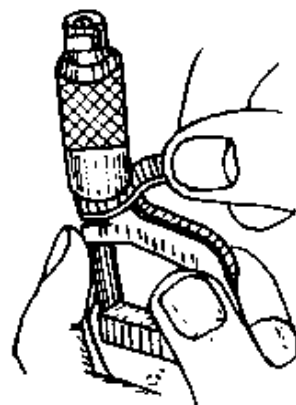


图 5-28 千分尺的校正法

5. 千分尺的维护

测量时，当测杆端面快要接近被测工件表面时，要使用棘轮，不准强力旋转套管，以免螺母受损，而影响准确性。在操作时，不可把固定好的千分尺用力卡到工件上去，这样千分尺的测杆与砧座会磨损，同时也不允许在放松螺杆前将千分尺从工件上强行取下。千分尺是精密量

具，不要随便拆开，使用完要用软布擦净，并使两侧面保持一点距离，涂油后放入工具箱内。

五、千分表（百分表）

千分表是用来测定工件的平面、圆度、锥形及配合间隙的精密量具，其外形见图 5-29。千分表通常是带表架一起使用的。

千分表表盘上分 100 格，每 10 格用数字 10、20、30……100 等标记。大指针转动一格表示 0.01mm，当大指针转动一周时，则小指针转动一格，即 1mm。

使用千分表测量时，应将千分表装在表架上，以测杆端的量头抵住测量面，使被测工件与千分表在一定的要求下相对移动，而后从表盘上观察测量物的间隙或偏差尺寸。

在测量时，千分表测杆的轴心线应垂直于被测量工件的表面，否则测量不准确。

千分表在不使用时，应解除所有负荷，用软布将表面擦净，并在易锈的表面涂一层工业凡士林，然后装入盒内。百分表的使用范围及规格见表 5-12。

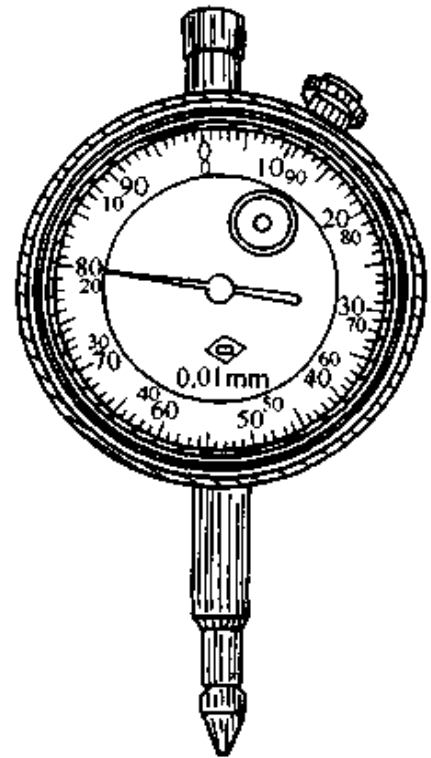
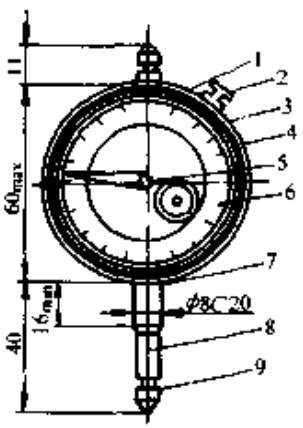
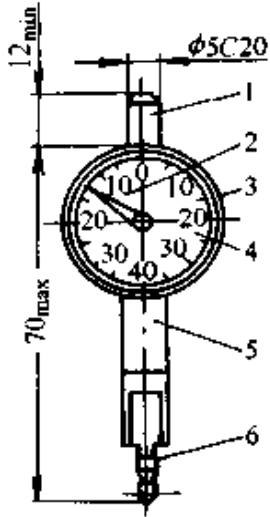
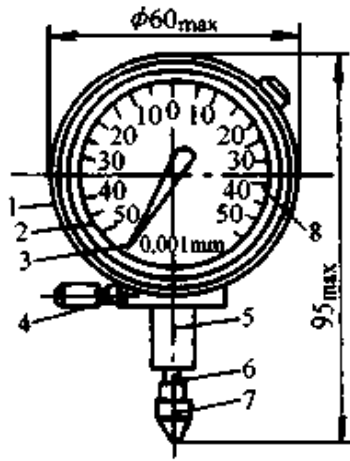


图 5-29 千分表

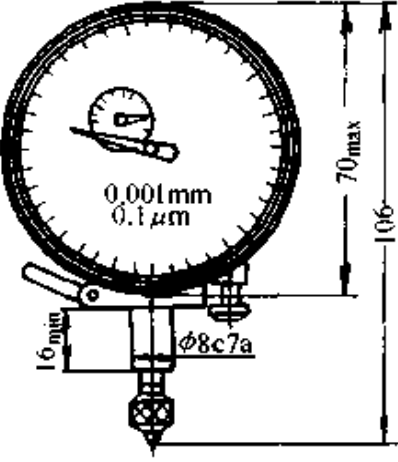
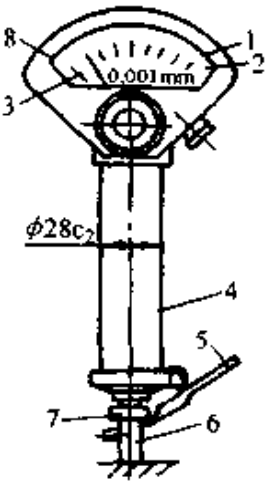
表 5-12 百分表的使用范围及规格

百分表分类	测量范围	使用范围					指示变差	
钟表式百分表 	1. 量杆平行于刻度尺移动时，其测量范围为： (1) 0~5； 0~10 (2) 0~2； 0~3 2. 测头连同量杆垂直于刻度尺移动时，其测量范围为： 0~2； 0~3；	容许误差/ μm						
		百分表类型	从指针第二转开始每 0.1mm 的刻度	在任何测量段每 mm	在测量范围内的任一测量段 /mm			
					0~2	0~3	0~5	0~10
I	6	12	12	15	18	22	3	
II	8	15	15	15	—	—	3	

- 1—表体 2—制动器 3—表盘
- 4—表图 5—指针
- 6—转数指示盘 7—装夹套筒
- 8—量杆 9—测头

百分表分类	测量范围	使用范围					
<p>杠杆齿轮式百分表</p>  <p>1—连接杆 2—指针 3—表圈 4—表盘 5—表体 6—测量杠杆</p>	<p>0~8 分度值 0.01</p>	<p>使用时将百分表装到表架上百分表的指示容许误差为： 在任何刻度段每 0.1mm 范围内为 0.005mm； 在任何刻度段 0.1mm 以上为 0.01mm； 指示变差不得超过 0.03mm； 用比较法测量工件长度或检测机械零件之间的位置关系</p>					
<p>杠杆齿轮式百分表</p>  <p>1—表体 2—刻度盘 3—指针 4—制动器 5—装夹套筒 6—量杆 7—测头 8—公差范围指示器</p>	<p>测量范围</p>	<p>分度值</p>	<p>用比较法测量直线，基本误差不得超过：</p>				<p>指示变差</p>
<p>±0.05</p>	<p>0.001</p>	<p>百分表分度值 /mm</p>	<p>基本容许公差范围/mm</p>				
<p>±0.10</p>	<p>0.002</p>		<p>自零点起的分度范围</p>	<p>当控制摆摆不超过</p>			
			<p>到 +30</p>	<p>±30 以上</p>	<p>0.02mm</p>	<p>0.04mm</p>	
			<p>/μm</p>				
		<p>0.001</p>	<p>±0.40</p>	<p>±0.70</p>	<p>0.50</p>	<p>—</p>	<p>1.20</p>
		<p>0.002</p>	<p>±0.80</p>	<p>±1.20</p>	<p>—</p>	<p>1.20</p>	<p>0.40</p>

(续)

百分表分类	测量范围		使用范围			
	有两种类型: 1. 测量范围 0~1 分度值 0.001 2. 测量范围 0~2 分度值 0.002		用于测量直线尺寸、形位公差, 工件表面的相互位置; 当测量绝对值时, 测量值不得超过刻度盘的测量范围; 相对测量时, 用长量块或样块比量			
<p style="text-align: center;">弹簧式百分表</p>  <p>1—顶盖 2—刻度盘 3—指针 4—装夹套筒 5—制动器 6—测头 7—固定器 8—公差范围指示器</p>	测量范围 / μm 不小于	分度值 / μm	用比较法测量直线容许误差及指示变差不超过			
			百分表分度值 / μm	容许误差范围 / μm		指示变差
				30 个分度线以下	30 个分度线以上	
	± 4.0 ± 6.0 ± 15.0 ± 30.0 ± 60 ± 150 ± 300	0.1 0.2 0.5 1 2 5 10	0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 10.0	± 0.10 ± 0.15 ± 0.25 ± 0.4 ± 0.8 ± 2.0 ± 3.0	± 0.15 ± 0.20 ± 0.40 ± 0.6 ± 1.2 ± 3.0 ± 5.0	1/3 分度 1/4 分度

六、水准仪

在设备安装工程中, 经常用水准仪对设备基础、垫铁、吊车轨道等标高进行测量。水准仪有普通水准仪、精密光学水准仪和自动安平水准仪等。

1. 水准仪的构造 (见图 5-30)

(1) 望远镜制动扳手 当制动扳手向下扳紧后, 可固定望远镜在水平方向的转动。

(2) 望远镜微动螺旋 当自动扳手向下扳紧后, 可转动微动螺旋, 使望远镜在水平方向进行微小的转动。

(3) 微倾螺旋 转动微倾螺旋可使望远镜和长水准管一起在竖直方向进行微小的转动。因此, 当转动微倾螺旋时, 可使望远镜视线水平 (即长水准管的气泡居中)。

(4) 对光螺旋 转动对光螺旋, 可使目标的像调到清晰为止。

(5) 脚螺旋 用它来放平仪器。

(6) 长水准管 当长泡在水准管的中间时, 说明望远镜的视线已经水平。

(7) 长水准管校正螺丝 用以标正长水准管的位置。

(8) 圆水准器 用它来粗略地放平仪器。当圆气泡居中时, 说明望远镜已经大致水平。

(9) 长水准管的气泡观察孔 气泡通过棱镜的折射, 可在观察孔内看到中间剖开的两个气泡头, 图 5-31a) 表示长水准管的气泡不居中, 图 5-31b) 表示长气泡已经居中。

(10) 目镜 调节目镜的位置, 使十字丝的像显得很清晰。

(11) 瞄准器 可用它在望远镜外面粗略地瞄准目标。

2. 水准仪的使用

用水准仪测定设备基础的标高时, 先把水准仪安装在三角架上, 使眼观察将三角架的顶面大致放成水平的位置后, 把三角架的三个脚固定 (或放在

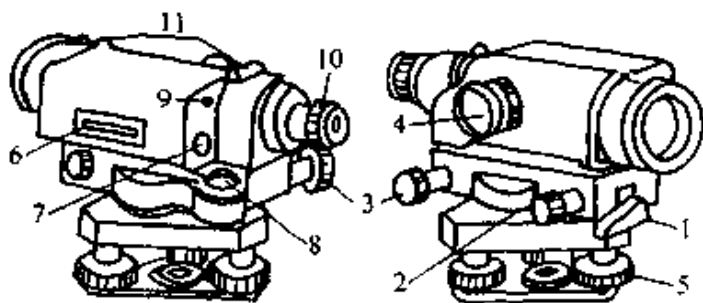


图 5-30 水准仪

- 1—制动扳手 2—微动螺旋 3—微倾螺旋
4—对光螺旋 5—脚螺旋 6—长水准管
7—校正螺丝 8—圆水准器 9—长气泡观察孔
10—目镜 11—瞄准器

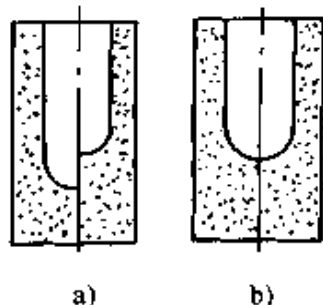


图 5-31 从观察孔

- 中看到的气泡像
a) 气泡不居中
b) 气泡居中

混凝土的平面上)，然后转动脚螺旋使圆水准器的圆气泡居中。圆气泡的整平方法：

相对地转动两个脚螺旋，见图 5-32a)，用眼睛观察圆气泡移动到与两个脚螺旋等距离的地方（即在另一个脚螺旋与圆水准器中心延长线上），见图 5-32b)，然后移动另一个脚螺旋使圆气泡居中。如果一次不能使圆气泡居中，可反复 2~3 次，就能使圆气泡居中。

3. 水准仪测定设备基标高的方法

根据设备基础安装图，在设备安装就位前，应对设备基础标高进行测定。测定方法如下：

见图 5-33，把水准仪（3）安放在大致水平的三角架（4）上，调整水准仪使圆气泡和长水准管的气泡居中，望远镜的视线基本处于水平位置，扳松望远镜制动扳手，使水准仪目镜能水平转动。

在设备垫铁（5）上立放一根长标尺（2），用望远镜瞄准长标尺转动微倾螺旋，使观察孔中两个气泡头的像吻合，指挥立放长标尺的人在标尺上用红铅笔划一条与望远镜中十字丝相重合的水平线，然后分别测定基础上垫铁标高相差 1~2mm，待设备就位之前，使垫铁有可调高或可调低的余量。

4. 水准仪的检验与校正

见图 5-34，设仪器的纵轴为 V ，圆水准器中心的切面为 L' ，长水准管的轴为 L ，望远镜的视准轴为 C 。如仪器正常，各轴线应满足： $C \perp V$ 和 $C \parallel L$ 。

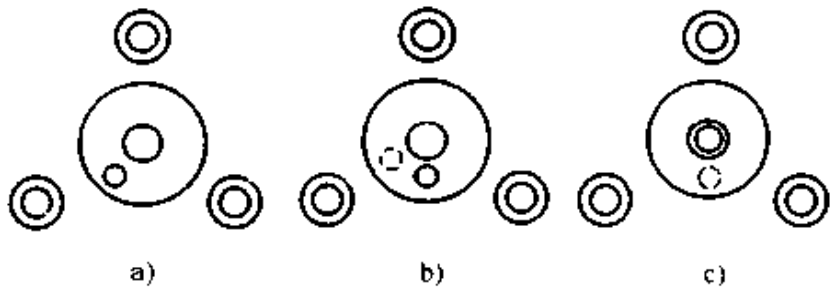


图 5-32 圆气泡整平方法

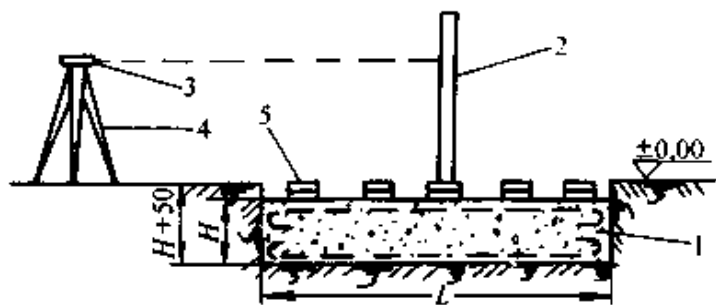


图 5-33 水准仪测基础标高方法

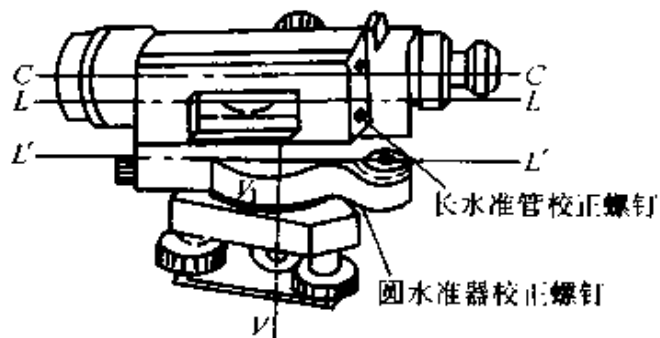


图 5-34 水准仪的轴线

(1) 圆水准器的检验与校正 目的是使圆水准器中心的切面垂直于仪器的纵轴，即 $L' \perp V$ 。

检验：用脚螺旋使圆气泡居中，见图 5-35a)。然后把仪器旋转 180° ，如气泡偏出了圆水准器的中心 [见图 5-35b)]，就要校正圆水准器。

校正：用校正针拨动圆水准器的校正螺丝 (见图 5-34)，使气泡向圆水准器中心移动偏离数值的一半 [见图 5-35c)]，其余一半用脚螺旋使气泡居中，这项校正应反复进行，直到满足要求为止。

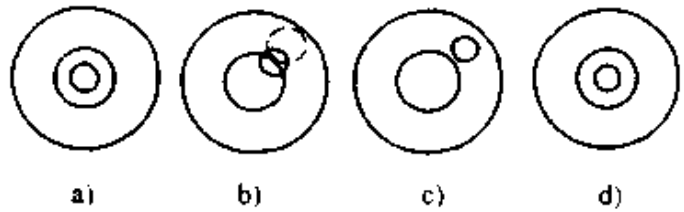


图 5-35 圆水准器校正

(2) 长水准管轴平行于视准轴的检验与校正目的是使长水准管的轴平行于望远镜的视准轴，即 $C // L$ 。

检验：在工地上选择一个比较长的墙面 (60m 以上)，仪器放在靠近墙面的中间。气泡居中后，在与仪器等距离的墙面上，分别用望远镜中的十字丝 (用水平的十字丝)，在墙面两头划出标高相等的 a 、 b 两条水平线，见图 5-36，然后把仪器搬到墙的一头 (离墙约 3m ~ 4m)，使气泡居中后，再在两头的墙面上，分别划出水平丝的位置 a' 、 b' (a' 、 b' 线要与 a 、 b 线划在同一个竖直位置上)。如果 a' 、 b' 的划线都在 a 、 b 划线的下面或上面，并且 a' 、 b' 划线与 a 、 b 划线之间的距离相等，就说明仪器是正确的，即长水准管的轴平行于望远镜的视准轴。如不相等，就要校正长水准管。

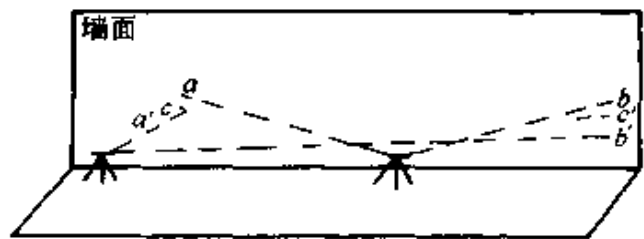


图 5-36 用划线法校正水准仪

校正：在离水准仪较远的一端墙面上，用小尺子在墙面上量一段距离 bc 等于靠近仪器一端墙面上的两条线之间的距离 aa' ，并用红铅笔在墙面上划一水平线 c (此线的标高与墙面上另一头 a'

线标高相等)。用微动螺旋使仪器的水平丝对准墙面上的划线 c ，此时气泡已不居中，可用校正针拨动长水准管的校正螺丝，使长气泡居中。这项校正应重复进行，直到误差小于 5mm 为止。

七、经纬仪

经纬仪是机械设备精度检查中的一种高精度测量仪器，它与平行光管组成光学系统，对坐标镗床的水平转台和万能转台，精密滚齿机和齿轮磨床的分度精度进行测量，同时还用来对大、中型设备基础纵横向十字中心线、垂直线的位置和地面上两个方向之间的水平角进行测定等。

1. 经纬仪的构造（见图 3-37）

(1) 脚螺旋 用来放平仪器。

(2) 水平度盘 在度盘上有 $0 \sim 360^\circ$ 的刻度，用来测定水平角和垂直线的位置等。

(3) 圆水准器 用来找正仪器的初步水平。

(4) 望远镜 观测目标用。

(5) 光学对点器 使仪器中心与地面上的测站点对准。

(6) 水平方向制动扳手（有的用制动螺旋）当制动扳手向上扳松后，仪器能在水平方向转动，向下扳紧后，仪器固定不动。

(7) 水平方向微动螺旋 当制动扳手向下扳紧后，可转动微动螺旋，使仪器在水平方向进行微小转动。

(8) 反光镜 打开反光镜后，光线从此反射进仪器，照亮度盘上刻度。

(9) 读数显微镜 当反光镜打开后，就可在读数显微镜中看到水平度盘的刻度。如读数显微镜中亮度不够，可转动反光镜位置，使其亮度适宜。同时，还可转动读数显微镜的目镜。使读数显微镜中的刻度线非常清晰为止。

(10) 瞄准器 用来在望远镜外面粗略地瞄准目标。

(11) 对光螺旋 使目标像调节最清楚。

(12) 目镜 调节其位置，使十字丝的像显得清晰为止。

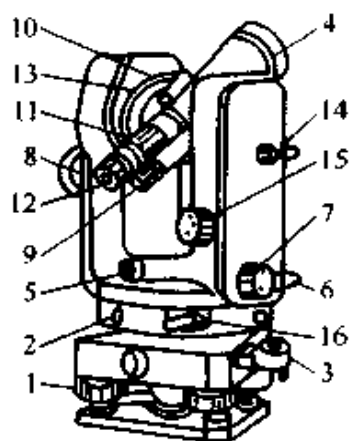


图 5-37 光学经纬仪

- 1—脚螺旋 2—水平度盘
3—圆水准器 4—望远镜
5—光学对点器 6—制动扳手
7—微动螺旋 8—反光镜
9—读数显微镜 10—瞄准器
11—对光螺旋 12—目镜
13—竖直度盘 14—望远镜自动扳手
15—望远镜微动螺旋 16—复测器

(13) 竖直度盘 用来测定竖直角。

(14) 望远镜制动扳手 (有的用制动螺旋), 当制动扳手向上扳松后, 望远镜就可在竖直面内上下转动。

(15) 望远镜微动螺旋 当望远镜制动扳手紧后, 可转动望远镜制动螺旋, 使望远镜在竖直面内进行微小转动。

(16) 复测器 当复测器向上扳紧后, 再把水平方向的制动扳手向上扳松, 仪器在水平方向转动时, 在读数显微镜中可看到水平度盘的读数随着仪器的转动一起变化。当复测器向下扳松后, 再转动仪器时, 在读数显微镜中水平度盘的读数不变。

此外, 在仪器上还装有长水准管, 在转动脚螺旋时, 长气泡移到水准管中间时, 仪器已经整平。

2. 经纬仪的使用

(1) 经纬仪的安置 仪器的安置是用三角架头上的联接螺旋把仪器安在三角架的顶面安到大致水平的位置。然后用光学对点器 (或用挂在仪器上的线锤) 进行对点。如仪器中心与测站点的位置偏离很大, 要重新移动三角架, 使仪器中心或线锤大致对准测站点 (移动三角架仍保持大致水平的位置)。再松开三角架顶部的连接螺旋, 在三角架上移动仪器, 使光学对点器的中心 (或挂在仪器上的线锤) 精确地对准地面上的测站点。

当对点器的中心对准测点后, 再拧紧连接螺旋。向上扳松水平方向的制动扳手, 用眼观测使长水准管与仪器的两个脚螺旋方向平行, 见图 5-38a)。接着用两只手同时相对地 (即同时向里或同时向外) 转动这两个脚螺旋, 使气泡移动到长水准管中间, 见图 5-38b)。然后用眼观测把仪器在水平方向转动 90° , 使长水准管垂直于原来两个脚螺旋的方向, 见图 5-38c)。用手转动第三个脚螺旋, 使气泡再移动到长水准管的中间。

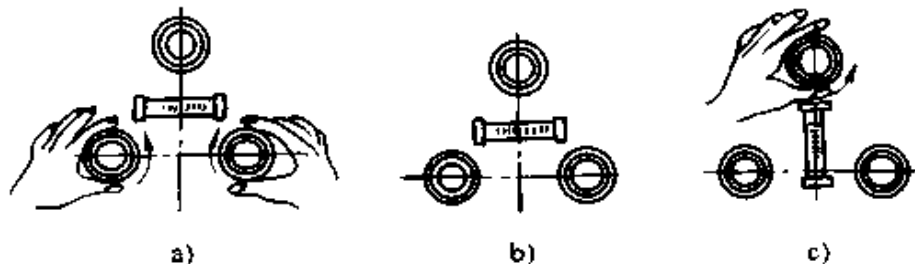


图 5-38 经纬仪的整平方法

这样反复进行 2~3 次，就可把仪器放平。当仪器整平后，还要用光学对点器重新检查所对准的测站点是否精确对准，如发现所对的测站点已经移动时，应重新放松连接螺旋，把仪器对准测站点后，再将仪器调平。

(2) 经纬仪的观测 为了使望远镜在观测远近的目标时都能看得清楚，在望远镜上装有一个对光螺旋。观测时，如当望远镜对准目标后，在望远镜内看到的目标不清时，可调节对光螺旋，使望远镜中看到的目標显得清楚为止。

为了使望远镜能够精确地对准目标，在望远镜中装有十字丝。观测时，可用竖直的两根十字丝夹准目标，见图 5-39。如在望远镜中看到的十字丝不清时，可调节目镜，使望远镜中看到的十字丝清晰为止。

用望远镜瞄准目标的方法：

向上扳松望远镜和水平方向的制动扳手，用望远镜外面的瞄准器对准目标，然后再在望远镜内观测，如在望远镜中已经能够看到目标，见图 5-39a)，就把望远镜和水平方向的两个制动扳手向下扳紧。

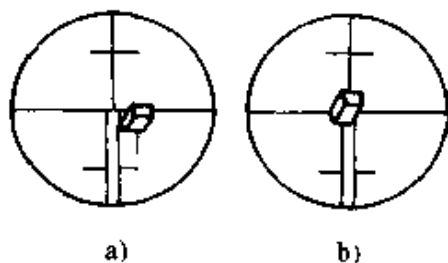


图 5-39 十字丝对准目标法

分别调节目镜和望远镜的对光螺旋，使望远镜中看到的十字丝和目标都显得清晰为止。

分别转动望远镜和水平方向的微动螺旋，使十字丝精确地对准（或夹准）目标，见图 5-39b)。

用望远镜的十字丝对准目标后，把眼放在左右不同的位置，在望远镜中观测目标，如看到对准的目标有离开十字丝（即目标离开竖直的一根十字丝）的情况，说明望远镜的对光螺旋（或目镜）还没有调节到最好的位置，这时可重新转动对光螺旋，直到用眼放在左右不同位置观测时，目标始终不离开十字丝为止。如转动对光螺旋不能消除离开十字丝的现象，就要调节目镜的位置，仔细观察十字丝的像显得清晰后，再转动对光螺旋，使目标离开十字丝的现象消除为止。

(3) 经纬仪的读数法 光学经纬仪的读数可分为固定分微尺读数和活动分微尺读数两种。图 5-40 为 DJK6 光学经纬仪的固定分微尺读数。图中上面是水平度盘的读数，下面是竖直度盘的读数。图中 268 为水平度盘的刻度，在固定分微尺的 0~6 之间一共分成 60 格，它的长度等于

度盘上 1° 之间的长度，因此，在固定分微尺上每一小格代表水平度盘的 $1'$ 。根据这种分划方法可读出图 5-40 中水平度盘的读数为 $268^\circ 15'$ 。

见图 5-41 为 DJ6-1 型光学经纬仪的活动分微尺读数。图中下面是水平度盘的刻度，中间是竖直度盘的刻度，上面为水平度盘和竖直度盘的活动分微尺读数。如要读水平度盘的读数，可转动测微螺旋，使读数显微镜中两条双线夹准水平度盘上的一条刻度线（二条双线只能夹到一条水平度盘的刻度线），这时被双线夹准的一个刻度，就是所要读的度数。分数可在上面的活动分微尺上用中间一根长的指示线读出。分微尺上的注字是代表刻线的分值，在每一分值之间又分成

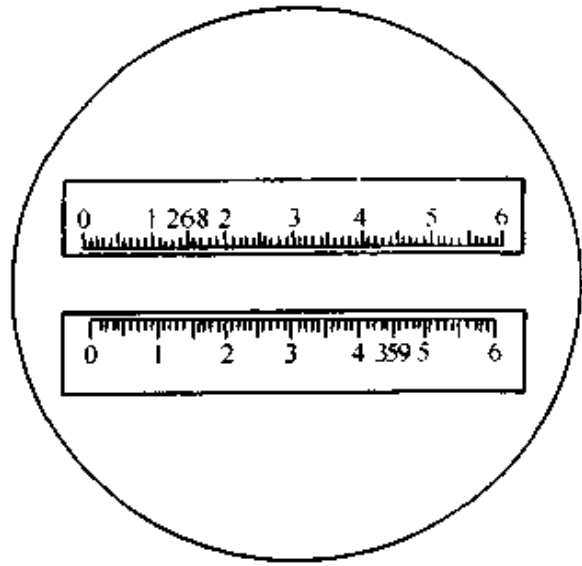


图 5-40 固定分微尺读数

了小格，因此，在分微尺上每一小格的数值是 $20s$ 。根据这种分微尺的分划方法，可读出图 6-41 中水平度盘的读数为 $5^\circ 12'$ 。

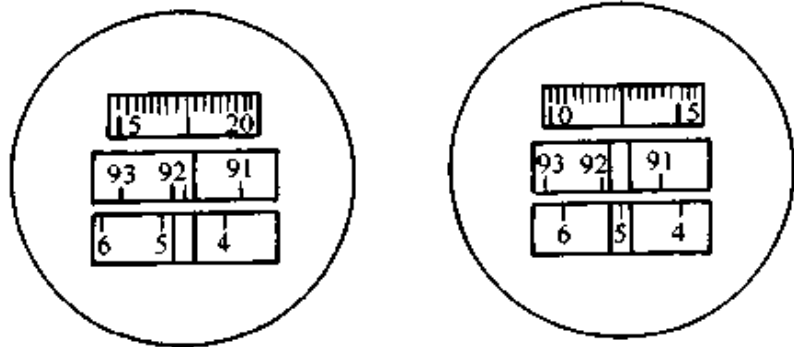


图 5-41 活动分微尺读数

了小格，因此，在分微尺上每一小格的数值是 $20s$ 。根据这种分微尺的分划方法，可读出图 6-41 中水平度盘的读数为 $5^\circ 12'$ 。

游标经纬仪的读数法：

游标经纬仪度盘上的注字是代表刻线的度数，见图 5-42 中的 110 和 120 等数字。在每一度中分成 3 格，每第一格是 20 分。在游标盘上的注字是代表游标上刻线的分值，在每一分值中又分成 2 格，每一格是 30 秒。根据上述度盘和游标的分划读数时，第一步可先用游标上的“0”线，读出度盘上的数值为 $111^\circ 00'$ ；第二步找出游标上和度盘上重合的刻线（即上下刻

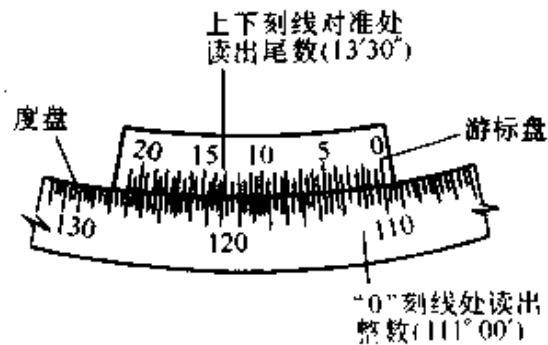


图 5-42 游标读数

线对准的线条)位置,并在游标上读出重合线的分值和秒值。图 5-42 中游标上重合线的读数为 $13'30''$ 。最后把两个读数相加,便得出水平度盘上完整的读数为 $111^{\circ}13'30''$ 。

(4) 经纬仪测定垂直线(或直角)的方法 仪器放在已知点上,进行对点和整平;先把复测器扳松后,转动水平方向的微动螺旋,使读数对准 0° (或任意一个整的度数,如 10° 、 20° 等)后,再把复测器扳紧,使读数保持 0° 不变;

向上扳松水平方向的制动扳手(有的用制动螺旋),把望远镜中的十字丝对准直线上的已知点后,再把制动扳手向下扳紧。转动望远镜和水平方向的微动螺旋,使望远镜的十字丝精确地对准直线上的已知点,这时水平度盘上的读数仍旧是 0° ;

再扳松复测器,松开水平方向的制动扳手,把仪器在水平方向转动 90° 后,转动水平方向的微动螺旋,使水平度盘的读数等于 90° (或 90° 再加上对准已知点时的度盘读数)。这时,望远镜的视线方向就是已知直线的垂直方向。因此,可用望远镜中的十字丝在地面上定出垂直线的位置。

如用游标经纬仪测定垂直线,可用下列步骤:

仪器放在已知点上,进行对点和整平;

固定度盘的制动螺旋,松开游标盘的制动螺旋,转动仪器,使游标上的“0”刻线大致对准度盘上的 0° 。然后把游标盘的制动螺旋拧紧,转动游标盘上的微动螺旋,使游标精确地对准(也可不对准 0° ,而对准度盘上的其他整度数)。

固定游标盘的制动螺旋,松开水平度盘和望远镜的制动螺旋,把望远镜大致瞄准直线上的已知点后,再把水平度盘和望远镜的制动螺旋拧紧。转动水平度盘和望远镜的微动螺旋,使十字丝精确地对准直线上的已知点(此时水平度盘上的读数仍是 0°);

松开游标盘的制动螺旋,把游标上的“0”刻线精确地对准水平度盘上的 90° (或 90° 再加上瞄准已知点时的读数)。这时望远镜的视线方向就是已知直线的垂直方向。

3. 经纬仪的检验与校正

测量时,可能会遇到两种误差,一种是由于对点、瞄准和读数有偏差而产生的误差,这种误差可通过细致观测和重复测量来减少和避免;

另一种是由于仪器经过长期使用和扳动，各部分螺丝松动而引起误差，当通过仔细观测和重复测量仍有误差时，应对仪器进行检验校正。见图 5-43，假设仪器的纵轴为 V ，水准管轴为 L ，望远镜的视准轴为 C ，望远镜的旋转轴为 H ，如仪器正常，则各轴线之间应满足 $L \perp V$ ， $C \perp H$ ， $H \perp V$ 的要求。

(1) 水准管轴的检验与校正 目的是使水准管轴垂直于仪器的纵轴，即 $L \perp V$ 。

检验：把仪器粗略放平后，使水准管与仪器任意的两个脚螺旋方向相平行，用手转动这两个脚螺旋使气泡居中，然后把仪器旋转 180° 。这时，如水准管气泡仍居中，说明水准管轴的位置是正确的；如气泡不居中，说明水准管轴不垂直于仪器的纵轴，需校正水准管的位置，使水准管轴垂直于仪器的纵轴。

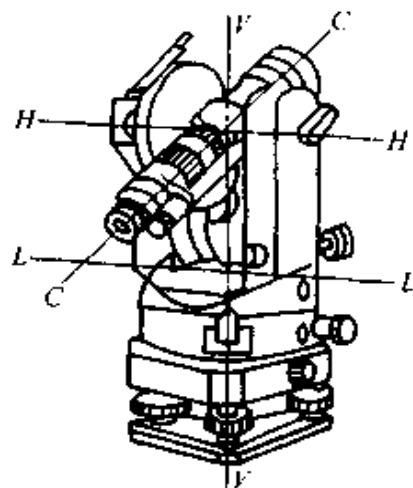


图 5-43 经纬仪的轴线

校正：用校正针拨动水准管的校正螺丝，使气泡向中间移动气泡原来偏歪格数的一半，其余一半由转动两个与水准管平行的脚螺旋使气泡居中来校正。这种检验校正应反复进行，直到仪器转动 180° 后气泡仍居中为止。

(2) 视准轴的检验、校正 目的是使视准轴（十字丝交点与物镜光心的连线称为视准轴）垂直于望远镜的旋转轴，即 $C \perp H$ 。

检验：把仪器整平后，松开制动扳手（或螺旋），使望远镜大致水平，瞄准远处一个目标 P ，读出水平度盘上数 M_1 。倒转望远镜，再瞄准原来的目标 P ，读出水平度盘上的数 M_2 。如 M_1 和 M_2 的读数相差 180° ，就说明视准轴 C 垂直于望远镜的旋转轴 H 。如两次读数相差不是 180° ，就要校正望远镜的视准轴。

校正：转动微动螺旋，使水平度盘上的正确读数

$$M = \frac{1}{2} (M_1 + M_2 \pm 180^\circ)$$

此时，在望远镜中看到的十字丝已离开所瞄准的 P 点，然后用校正针拨动十字丝环上左右的两个校正螺丝 a 和 c ，见图 5-44，使十字丝的纵丝对准目标 P （做这步校正时，上下两个校正螺丝 b 和 d 也应略微放松一下，否则上下两个校正螺丝把十字丝环夹得过紧时，会产生左右两

个校正螺丝转不动的情况)。

这步校正要反复进行，直到用盘左、盘右观测同一目标时的两个读数相差 180° 为止。

(3) 望远镜旋转轴的检验与校正 目的是使望远镜转轴垂直于仪器的纵轴，即 $H \perp V$ 。

检验： H 不垂直 V 将影响柱子竖直校正的精度。检验方法是把仪器安放在距离墙面 20m 左右的地方，用望远镜瞄准墙上高处的一点 P (见图 5-45) 后，固定水平方向的制动扳手，用眼睛观测把望远镜大致转到水平，然后在望远镜中根据十字丝的交点位置，指挥另一个人用铅笔在墙面上定出十字丝的交点位置 A ，见图 5-45a)。倒转望远镜，仍瞄高处一点 P 后，再把望远镜转到水平位置，用望远镜中的十字丝交点在墙面上定出 B 点。如 B 点和 A 点重合，说明望远镜的旋转轴垂直于仪器的纵轴。如不重合，见图 5-45b)，就说明不垂直，要校正望远镜的旋转轴。

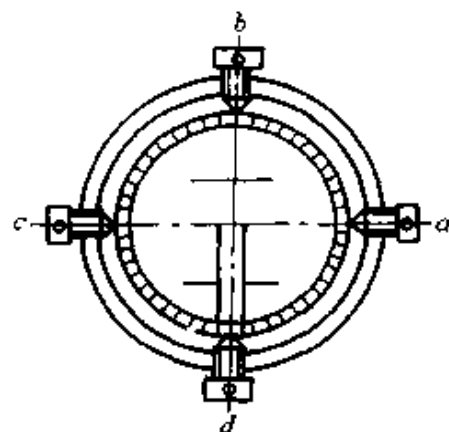


图 5-44 十字丝的校正螺丝

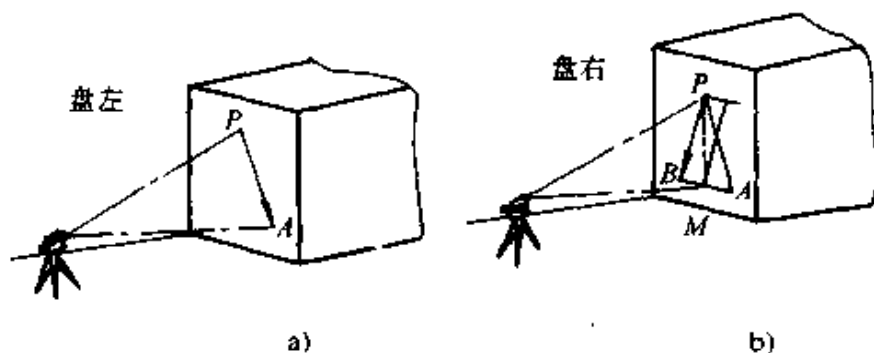


图 5-45 望远镜旋转轴的检验和校正

校正：定出 AB 的中点 M ，转动水平方向的微动螺旋，使十字丝交点对准 M 点后，转动望远镜仰视 P 点，此时 P 点必定不在十字丝交点上。用校正针 (有的用螺丝楔子) 拨动支架上望远镜旋转轴的校正螺丝，使望远镜旋转轴的一端升高或降低，一直到望远镜中的十字丝交点对准墙面上的 P 点为止。

视准轴不垂直于望远镜旋转轴的误差和望远镜旋转轴不垂直于仪器纵轴的误差，对于水平角测量的影响不大，可用盘左、盘右 (即正镜和

倒镜) 观察方法来消除仪器的这两项误差。但是不能消除柱子竖直校正的误差, 因此, 在进行柱子的竖直校正时, 一定要进行这两项仪器误差的校正。

八、自动准直仪

自动准直仪是一种精度比较高的测量仪器, 它是通过光束运动来测量机床导轨直线性偏差。既可测导轨在垂直平面内的不直度, 又可测导轨在水平面内的不直度。用自动准直仪进行测量的优点是: 在测量过程中, 仪器本身的测量精度受外界条件(温度、振动等)的影响小。它具有比一般水准式仪器使用范围广、测量精度高, 以及使用方便的优点。

1. 自动准直仪的结构原理与使用方法

(1) 自动准直仪的结构原理 自动准直仪包括仪器本体及反光镜座两部分。见图 5-46。仪器本体是由平行光管和望远镜组成。当光源 2 射出的光线经过倾斜的玻璃 3, 射入刻有十字线的分划板 4 和物镜 5 后, 射在反光镜 6

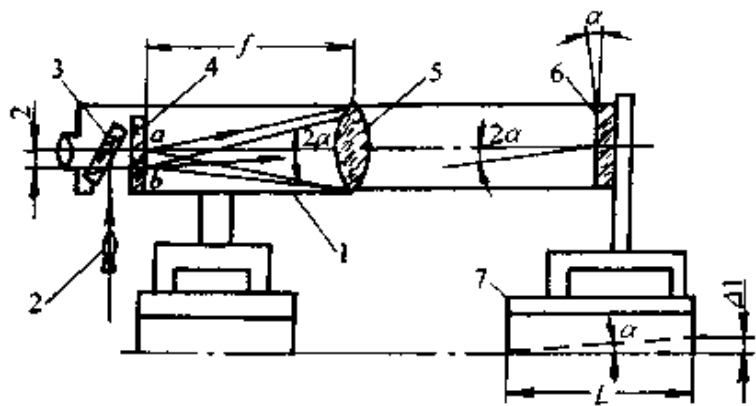


图 5-46 自动准直仪原理图

上。由于分划板 4 位于物镜 5 的焦面上, 因此, 从分划板上任一点 a 射出来的光线, 经过物镜 5 后都变成平行光线。光从反光镜反射回来, 再经过物镜, 将分划板 4 上的 a 点的像投影在 b 点上。如反光镜的平面与通过 a 点的物镜主光轴垂直, 则光线经过反光镜仍原路返回物镜, 再度聚集在物镜的焦面上, 使 a 、 b 两点重合。像的位置取决于反光镜的位置, 如由于导轨的不平直(即改变了平面), 而使反光镜产生了倾斜, 对物镜主光轴不垂直, 十字分划板像位置, 也随之使 a 、 b 点产生位移 $\Delta 2$, 可通过测量位移来测量出平面反光镜倾斜变化的 α 角度, 此时, 入射的平行光线与反射的平行光线其夹角为 2α , 即 a 、 b 点的距离 $\Delta 2$ 将等于:

$$\Delta 2 \approx 2f_{\alpha} \approx \frac{2\Delta 1}{L} f$$

式中 L ——反光镜垫铁长度 (mm);

f ——自动准直仪焦距 (mm);

$\Delta 2$ ——自动准直仪微动手轮刻度的读数。

(2) 使用方法 测量机床导轨直线性时,要配制两个安放仪器的支座或垫铁,一个安放仪器本体,另一个安放反光镜,而且要使两者处于同一高度。

测量前,要细致地擦清洁被测表面,小心取出仪器,揩去防锈油,再用航空汽油擦净。

在整个测量过程中,仪器本体保持固定不动,因此,可将其固定地放置在导轨末端,或在导轨外边稳定的基础上,但要与反光镜支座在同一水平面上,而且保持它们之间的刚性联接。

变压器插头一端插入仪器插座,另一端接上 220V 电源,或直接接在 6V 电池上。

移动反光镜支座,使它完全接近自动准直仪本体,并使读数目镜微分螺钉平行于光轴,转动反光镜,并借助反光镜背后调节螺钉,使十字分划板像出现在目镜视场中心(一般仪器出厂时已调好)。当调节反光镜位置时,要先松开其余两个螺钉进行调整,当固紧各螺钉时用微小的压力,任何过紧将使反光镜变形,这步调整要进行几次,直至十字分划板像出现在视场中心(即十字像在中心标线上,外读数手轮位于零位)为止。

然后移动反光镜支座离自动准直仪本体,放在导轨另一端,越是长导轨,则镜在此位置的对准更要精确,先拿去反光镜,用眼睛观察物镜,找出十字分划像,出现在物镜中心,然后安放反光镜在此位置上,此时物镜中心与反光镜中心的连线,一定平行导轨,假如不平行于导轨,要再适当地转动本体或反光镜。

通过以上调整,反光镜及自动准直仪本体二者位置不允许再改变,在目镜视场中尽可能使位置精确,即黑线条在十字分划像中间,见图 5-47,读取微分筒上刻度值,整数部分在目镜分划板上获得为 10.29。

反光镜支座向着自动准直仪移动。注意在移动过程中,反光镜和支座之

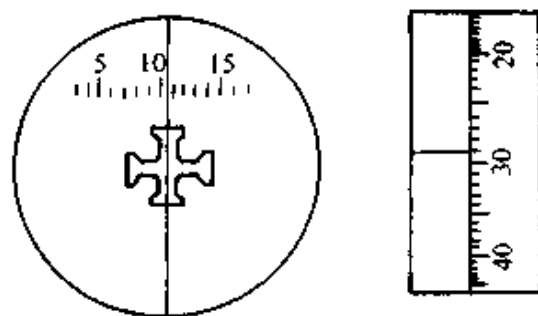


图 5-47 自动准直仪读数
示意图(一)

间不能有任何相对运动，在测量前应根据支座的长度，将被测量导轨等分为若干段并作好记号，若反光镜放在 200mm 长的支座上，每次移动 200mm，移动精度要在 $\pm 1\text{mm}$ ，假如支座长于或短于 200mm 时，则支座要精确按其长度的大小来移动，这长度要量出，这对最后计算是很重要的。

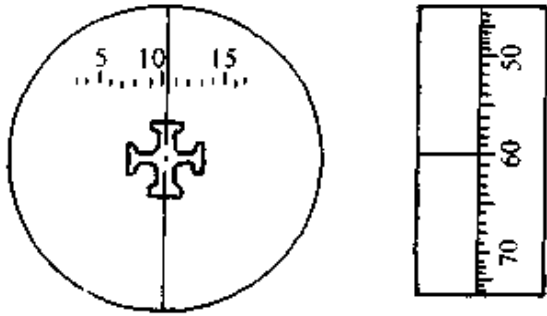
在反光镜经过位置移动，从目镜视场中，调节微分筒，再使黑线条放在十字分划板中间再读取数，见图 5-48，为 10.60。

再次移动反光镜支座，再读取数，重复连续进行，直至反光镜到达自动准直仪最后一个位置，并且再在相反的方向全部测量，此时，反光镜支座移动，每次取其支座长度推离自动准直仪本体。

在测量机床导轨垂直方向的弯曲时，应使读数目镜微分螺钉平行于光轴，若测量机床导轨水平方向的扭曲时应使测微目镜转动 90° 使其垂直于光轴。

2. 自动准直仪的技术规格（见表 5-13）

表 5-13 自动准直仪的技术规格



The diagram shows a circular crosshair reticle with a central crosshair. Above the crosshair, there are three vertical lines labeled 5, 10, and 15, with dotted lines between them. To the right of the reticle is a vertical scale with markings at 50, 60, and 70.

分度值		测量范围，当距镜面为下列数值时不小于 ($''$)		自动调节光管长度不大于 /mm	底座到镜筒轴线的距离 /mm	
伸缩节标度 ($''$)	视野的分标度 ($''$)	2m 以内	30m 以内		低台架	高台架
1	1	12	0.8	350		
5	2	30		250	100	300
—	0.5	30		250		

3. 作图法和运算步骤

(1) 测量读数值的处理 当反光镜支座为 200mm，支座一端提升 0.001mm，相当于十字分划板像的位移为微分筒刻值的 1 刻度值。

将上面测量结果记录，各个位置读数值作如下处理：

计算反光镜来回移动的全部测量过程，在相对应各个位置上读数值的平均值（为计算和作图方便，将每次仪器读数各减去其中的一任意值）。

算出所有位置读数的算术平均值（将各位置读数平均值相加除以位置次数）。

从每一位置读数平均值中减去算术平均值，如此所得到的为减后读数，附有正负号。

然后将第一位置的减后读数，加上被减后第二位置读数，以及加上第三、第四……直到最后一位置。因此，可以得一组各个位置新的数值，即所测轮廓线。

(2) 举例 设一机床导轨全长为 2m，反光镜支座为 200mm，将各位置测量读数值如下（来回二次的平均值）：

28, 30.5, 31, 33.5, 35.8, 38.5, 38.8, 39, 41, 43.5。

减去一任意值，设取 28，则上数应为：

0, 2.5, 3, 5.5, 7.8, 10.5, 11, 10.8, 13, 15.5。

求算术平均值：

$(0 + 2.5 + 3 + 5.5 + 7.8 + 10.5 + 11 + 10.8 + 13 + 15.5) \div 10 \approx 8$

求减后读数值为：

-8, -5.5, -5, -2.5, -0.2, +2.5, +3, +2.8, +5, +7.5。

求各点连续总和：

-8, -13.5, -18.5, -21, -21.2, -18.7, -15.7, -12.9, -7.9, -0.4。

导轨最大偏差可以从上面的数值明显地看出， $-21.2\mu\text{m}$ 其位置在第 5 档处。

(3) 作图表 根据计算结果的数值作图：取比例尺；水平坐标 OX 按导轨长度一般取 1:20；垂直坐标 OY 为偏差值取 1000:1。将所计算出数值，也就是反光镜支座在移动，各段位置上，支座为 200mm，各段位置以 200mm，然后在坐标纸上将各点连接，得出一条表示导轨轮廓线，见图 5-49。

将所测量的读数（带回二次平均值）减去一任意值进动作图：

28, 30.5, 31,
33.5, 35.8, 38.5, 39,
38.8, 41, 43.5。

减去一任意值, 设
取 28, 则上数应为:

0, 2.5, 3, 5.5,
7.8, 10.5, 11, 10.8,
13, 15.5。作图取 $P_1 =$

0 (坐标轴起点), $P_2 = 2.5$ (应以 P_1 为起点), $P_3 = 8$ (应以 P_2 为起点) 依次至 P_{10} 联结, P 各点得一连续运动曲线。联结 0 及 P_{10} 成一直线, 在平行于 Y 轴量出导轨的最大偏差值, 见图 5-50, 其最大偏差值是 $21.2\mu\text{m}$ 在 P_5 处。

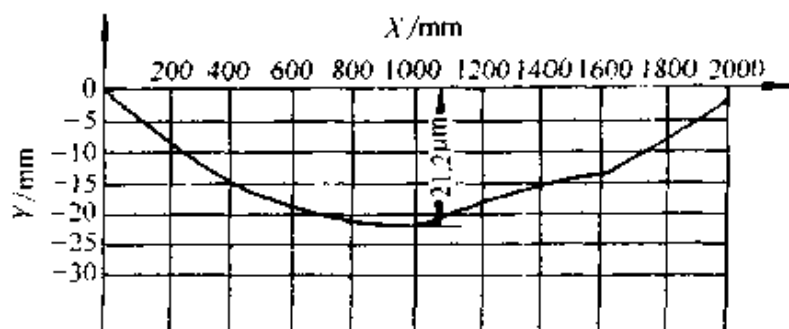


图 5-49 测定结果坐标图

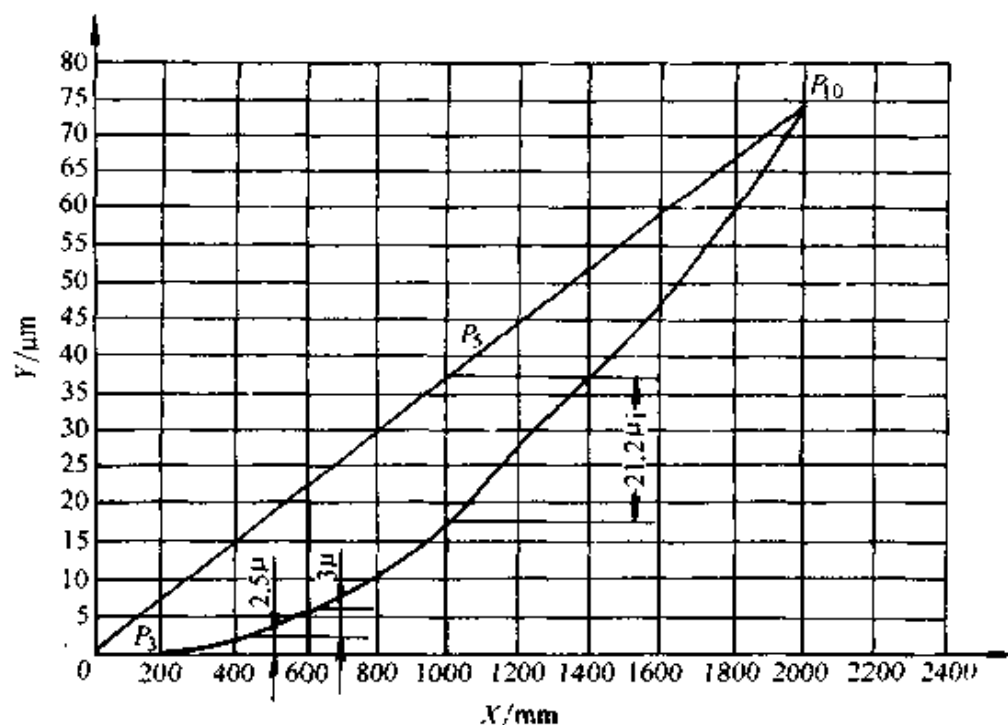


图 5-50 测定结果作图

从图 5-49 与图 5-50 可看出, 用计算作图和把测量读数用作图法来确定导轨误差是一致的, 可相互校验。

上面的方法是为了计算和作图方便, 假设光镜支座长度为 200mm , 微分筒每一刻度值等于 $1\mu\text{m}$ 。如反光镜支座不是 200mm , 则须将微分筒的读数乘上 $l/200$, 然后再进行计算与作图, l 为支座实际长度。其长度按需要来设计, 一般可取为测定面全长的 $1/10 \sim 1/15$ 为宜。

(4) 误差方向的判断 测量导轨的平直度是凹或凸，可用薄纸垫高反光镜支座的一端，以检查视野中反射像移动方向是否与读数变更方向一致来确定。

九、读数显微镜

读数显微镜是由钢丝和显微镜配合使用的一种精密量具，主要用来测量机床 V 形导轨在水平面内的不直度，如龙门刨的导轨等，见图 5-51。

在床身 V 形导轨上放一根长度等于 200~500mm 的 V 形垫铁，垫铁上安装一个带有刻度的读数显微镜。读数显微镜的镜头应垂直放置。在 V 形导轨的两端各固定一个大滑轮，用一根直径等于或小于 0.3mm 的钢丝，一端固定在滑轮上，另一端用重锤吊住（或两端都吊重锤），然后调整钢丝的两端，使读数显微镜在钢丝两端时的刻线相重合。移动 V 形垫铁，每隔 200mm 或 500mm 记录一次读数，在导轨全长上检验，把读数显微镜的测量读数依次排列在坐标纸上，画出垫铁的运动曲线图。测量时，应注意以下要求：所有钢丝不得打结、弯曲等不直现象；检查机床导轨精度时，要用优质钢丝，其直径不超过 0.3mm。一般拉线钢丝直径不超过 1mm；钢丝的拉紧力一般为其极限强度的 30%~80%。

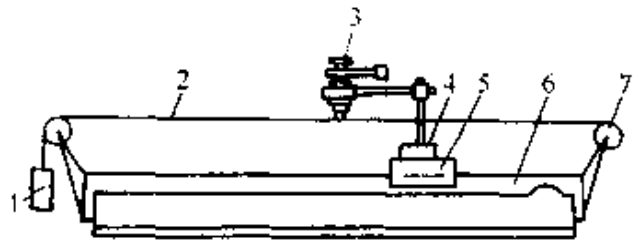


图 5-51 读数显微镜

- 1—重锤 2—钢丝
3—读数显微镜 4—支架
5—V 型垫铁 6—床身导轨 7—滑轮

移动 V 形垫铁，每隔 200mm 或 500mm 记录一次读数，在导轨全长上检验，把读数显微镜的测量读数依次排列在坐标纸上，画出垫铁的运动曲线图。测量时，应注意以下要求：所有钢丝不得打结、弯曲等不直现象；检查机床导轨精度时，要用优质钢丝，其直径不超过 0.3mm。一般拉线钢丝直径不超过 1mm；钢丝的拉紧力一般为其极限强度的 30%~80%。

十、液体静力式水平仪（水管连通器）

它是测定相隔较远的平面间水平度用。在安装大型机床、大型冲压机、轧钢机、透平机等使用。液体静力式水平仪是由两支以透明软管相连的水准器测头组成，见图 5-52。

十一、千分垫

千分垫是用来测量较大间隙，或用来垫在平尺下找平高低不一的设备，还可以用来校验其他量具。千分垫是用优质合金钢制造，并经特殊冷

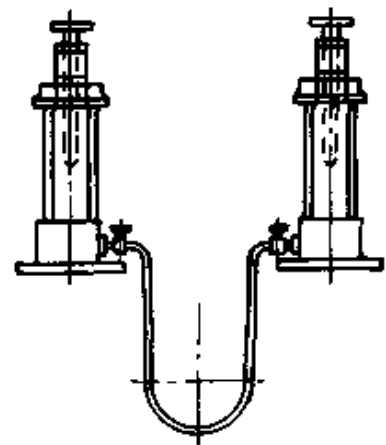


图 5-52 液体静力式水平仪

处理。千分垫是盒装成套的，一般有 87 块、42 块、10 块的几种。

千分垫的使用与维护：要防止千分垫在跌落，意外碰击或与粗硬物件接触时受损（凹痕、划痕），同时要注意表面因潮气、灰尘及脏物的作用而引起测量误差，以及导致研磨性能的破坏。如垫面上有小污痕要用汽油擦拭，并用软布擦干。不准用脏手、汗手拿千分垫，应先将手洗干净。从盒内取千分垫时，要用木夹子，不许用金属夹子。夹时要夹住非工作面，取出后要擦拭干净。

使用千分垫时，不要把它放到桌面或钳工工作台上，要放在敷盖一层干净纸片的托盒内，组合千分垫时，应以很小压力纵向推动。不准用千分垫测量粗加工工件。

在测量孔槽时，不要用力把千分垫嵌入工件内。

测量工作完成后，应将千分垫擦净，涂上一层油，在盒内妥善保存。

十二、塞尺

塞尺是检查间隙的一种精密量具，用它来检查两个接合面之间的间隙大小。见图 5-53。

1. 塞尺的规格和测定范围

塞尺分五个号码，其长度有 50mm、100mm 和 200mm 三种。塞尺的测定范围：

1 号 13 片，测定范围为 0.02mm~0.10mm。

2 号 16 片，测定范围为 0.03mm~0.5mm。

3 号 11 片，测定范围为 0.03mm~0.5mm。

4 号 14 片，测定范围为 0.25mm~1.00mm。

5 号 11 片，测定范围为 0.5mm~1.00mm。

塞尺的配套和编组见表 5-14。

2. 塞尺的使用方法

用塞尺测定间隙时，塞尺表面和要测量的缝隙内，要清理干净，用适当厚度的塞尺插进间隙内进行测量（用力不要过大，松紧要适宜），如无合适厚度的，可组合几片进行测量，从插入的塞尺厚度即可测得间隙的数值。

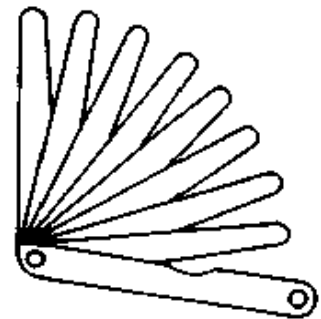


图 5-53 塞尺

十三、检验平尺

检验平尺用于检测零件的平面度和平直度。平尺的类型和规格见表

5-15。

表 5-14 塞尺的配套和编组


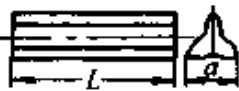
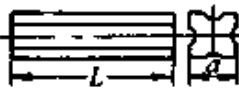
(mm)

1号	2号	3号	4号	5号
0.02	0.03	0.03	0.05	0.50
0.03	0.04	0.04	0.06	0.55
0.04	0.05	0.05	0.07	0.60
0.05	0.06	0.06	0.08	0.65
0.06	0.07	0.07	0.09	0.70
0.07	0.08	—	0.10	0.75
0.08	0.09	—	0.15	0.80
0.09	0.10	0.10	0.20	0.85
0.10	0.15	0.15	0.25	0.90
	0.20	0.20	0.30	0.95
	0.25	—	0.40	1.00
	0.30	0.30	0.50	
	0.35	—	0.75	
	0.40	0.40	1.00	
	0.45	—		
	0.50	0.50		

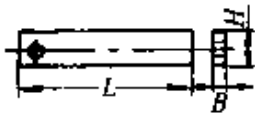


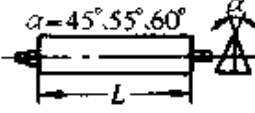
注：基本尺寸为0.02mm、0.03mm、0.04mm及0.05mm的塞尺在1号塞尺编组中必须备有两片。

塞尺制成两种精度等级：1级和2级。

表 5-15 检测用平尺的类型和规格

平尺的类型	外形图	$L \times H \times B / \text{mm}$	精度等级
单边斜面式		80 × 22 × 6 125 × 27 × 6 200 × 30 × 8 320 × 40 × 8	0, 1
三棱式		200 × 26 320 × 30	0, 1
四棱式		200 × 20 310 × 25	0, 1

(续)

平尺的类型	外形图	$L \times H \times B / \text{mm}$	精度等级
矩形截面式		400 × 40 × 6 630 × 50 × 10 1000 × 60 × 12	0, 1, 2
工字形截面式		630 × 50 × 14 1000 × 60 × 16	1, 2
		1600 × 75 × 18 2500 × 100 × 20 4000 × 160 × 30	0, 1, 2
桥式		400 × 50, 630 × 50 1000 × 60, 1600 × 80 2500 × 100 4000 × 125	1, 2
三角式		$l = 630, 1000$	1, 2

样板平尺有单边斜面、双边斜面、三棱及四棱等型式，分为两级精度，即0级和1级。用样板平尺检测零件是查看所形成的间隙。

宽边平尺有钢制矩形截面的，铸铁或钢制工字形截面的，铸铁桥形的。为了提高测量精度，要考虑检测平尺由于自重而产生的弯曲（挠度），见表5-16。

表 5-16 钢平尺自重的挠度

平尺长度 /mm	挠度值 / μm			
	支点在平尺端时		支点距尺端 0.334 倍时	
	矩形截面	工字形截面	矩形截面	工字形截面
500	1.5	1.3	0.031	0.028
1000	16.5	13	0.31	0.27
1500	53	43	1.1	0.9
2000	117	96	2.4	2
2500	227	138	4.8	4
5000	327	274	6.8	5.7

铸铁平尺也是工字形状，但高度不同，这种形状可以做成强度大而重量小。铸铁平尺制成三级精度，即1级、2级和3级。着色检测用平尺分为两级精度，1级和2级。1级精度的平尺用于产品检测和高精度检测工作；2级精度的平尺用于普通精度检测；3级精度的平尺用于低精度的检测（如安装、锻造方面）。

角度平尺（角形和梯形）用于零件的涂色检测。

在设备安装中检验平尺是同水平仪配合使用的。对于矩形平尺，不要在平面上摩擦。放置时，不要两端受力，中间悬空，以免产生弯曲。通常采用垂直吊挂的放置方法。平尺的精度要定期进行检验，当精度达不到要求时，要进行研磨。研磨平尺时，要在标准平台上进行，也可采用三块平尺相互研磨校验的方法，即先甲块与乙块进行研磨，其次是甲块与丙块，再由乙块与丙块，相互研磨直至精度达到要求为止。

十四、万能游标量角器

万能游标量角器是由直边、刻度盘、游标、转盘、连杆、制螺母、制螺钉、活动量尺等组成。见图 5-54。固定支架与刻度盘连成一体。

其直边极平直，用来配合活动量尺测量工件的角度。刻度盘上将圆周等分为 360 格，每一格读数为 1° 。刻度盘内有一转盘，套在刻度盘中心的螺钉销子上，可任意旋转，转盘上装有扇形钢片一块，具有游标刻线，零线位于中央，两旁各刻有相同等分

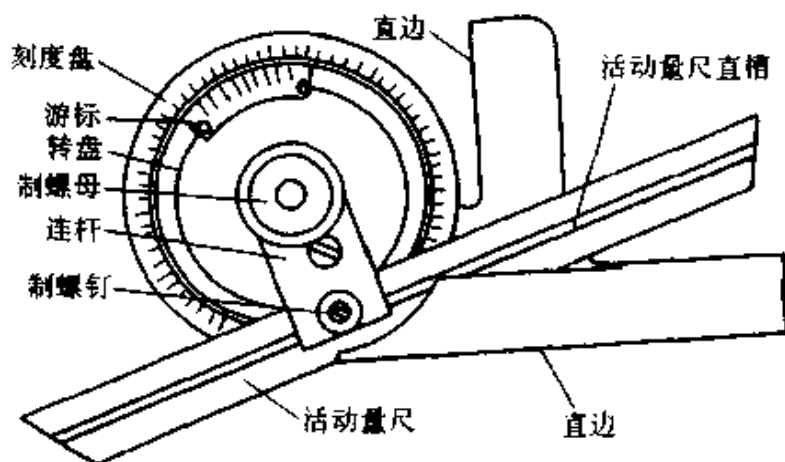


图 5-54 万能游标量角器

格数及数字。在游标零线的正对面，装有连杆一根，也套在中央的螺钉销子上，并用一细微的螺钉，以固定连杆在转盘上的位置。活动量尺上开有直槽，以便将活动量尺嵌入连杆背面的短销上，并用制螺钉固定活动量尺的位置。此外，还在刻度盘中央的螺钉销子上，旋入制螺母一枚，当用活动量尺量完工件的角度后，即需旋紧此制螺母，这时可以固定转盘与连杆及活动量尺的位置，不致发生移动。活动量尺两端所成的角度已定，左端为 45° ，右端为 60° ，但也有将右端磨平并保持与活动

量尺的两边成 90° ，以适应测量各种工件不同位置的角度。

万能游标量角器的读数方法：见图 5-55，在游标刻线零件的左右各有 12 等分，每 3 等分的刻线注有数字，如 0、15、30、45、60，其左右数字的顺序相对称，各数字表示游标的读数即 $0'15'30'45'60'$ ，每一格读数为 $5'$ 。

量角器指示角度读数时，首先看游标零线所对准刻度盘上的度数，然后查找游标刻度那条与刻度盘刻度相对准。如游标刻线的第一条相对准，即读作 $5'$ ；第六条对准时，读作 $30'$ ，第八条对准时读作 $40'$ ，以此类推，当观看刻度盘上的度数时，应注意，不论在刻度盘上或游标刻线上，两者零线的左右都有相同的数字，一般刻度盘的度数不易读错，而游标上的读数易读错。虽然在游标零线的左右刻度中各有一条刻线与刻度盘刻线相对准，但只能读出一边的数值。至于读哪边的数值应根据游标零线对于刻度盘上零线移动的方向来决定。如游标零线位于刻度盘零线左边的刻度处，则刻度盘的读数是零线左边的数值，游标的读数同样也要读左边的数值；如相反方向则读右边的数值。

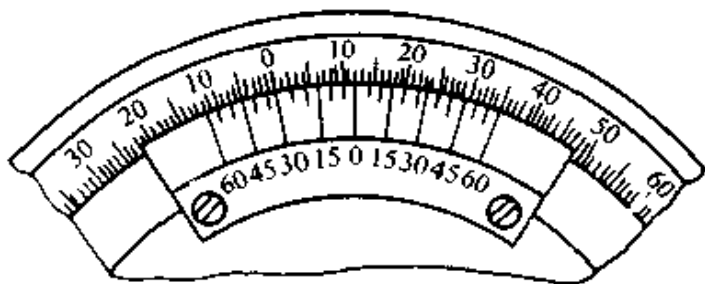


图 5-55 游标刻度盘上的读数

见图 5-56，查看刻度盘与游标两者的读数。游标的零线位于刻度盘零线的右边，但在刻度盘的第 12 与 13 条刻线之间，因此刻度盘上读数为 12° ，游标零线的右边第 8 条刻度与刻度盘上一刻线相对准，其游标读数为 $40'$ ，量角器总读数为 $12^\circ 40'$ 。

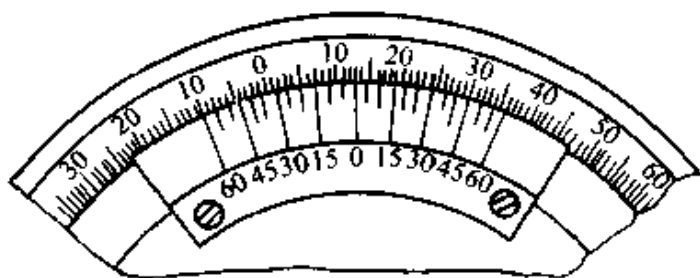


图 5-56 刻度盘及游标读数

第六章 机械设备安装程序

随着机械制造工业的技术水平的不断提高，机械设备的品种和类型也越来越多。其形体大小不同，精密程度不等，技术要求等级也有差异，设备的质量有的相差悬殊。但绝大多数中小型机械设备一般都是由制造厂装配好，并经试运合格后整体装箱运到施工现场的。大型机械设备为了运输方便多分成若干部件装箱，运到工地后再进行组装。

中小型机械设备多数采取整体安装的方法，安装工序比较简单。对于大型和联动机组的安装应按一定顺序，采取分部组合的方法进行严格、细致地组装。

机械设备的安装大致分为两种类型：一种是生产过程自动化的联动线机械设备安装，由于这类设备的生产工艺是连续进行的，因此，除单机本身的要求外，与其它设备或部件的相互关系和水平要求非常准确，也就是对中心、标高水平的要求比较严格，这主要是保证生产线的安装质量和运转的顺利进行。另一种是单独生产的机械设备的安装，这类设备主要是本身的水平度和装配间隙的标准要保证。而对于整机的中心、标高的要求和联动设备相比，标准并不十分严格。

尽管机械设备的种类繁多，型式千差万别，复杂程度有难易，但基本的安装程序是相同的，即：基础检查验收，设备开箱检查，运搬就位，找正、初平、灌浆、清洗、精平、抹面、试运转等。

第一节 设备基础的检查和放线

设备基础质量的好坏，对设备的运转、使用及安装的顺利进行都有很大的影响。因为设备基础除了承受设备本身重量和运转时所产生的震动力外，还要吸收和隔离由于工作时产生的振动，并防止共振现象的发生。为此，在设备安装以前对基础要进行仔细的检查，发现问题要及时进行处理。对于重型设备的基础要做预压试验，对振动较大的设备基础还要作隔振处理。

一、基础检查

基础在一般情况下是由土建单位施工的，基础的质量要严格保证。在安装设备前的检查，安装单位只检查基础的外形尺寸和设备安装的有关部分，对基础的内部质量是不进行检查的，但土建单位要提供基础施工的主要资料。特别是对于大型设备基础的预压和沉降方面的记录，以防止设备安装后出现下沉或倾斜现象，造成施工质量事故。

设备基础检查的内容主要包括：基础混凝土的强度要求；基础的外形尺寸；基础面的水平度以及中心线、标高、地脚螺栓孔的间距、混凝土内埋设件等，是否符合设计图样和安装施工图及施工验收技术规范的要求，并按下列标准进行检查验收：

(1) 基础各部尺寸要符合设计图样要求，其偏差要达到表 6-1 的规定。

表 6-1 设备基础尺寸和位置的允差

序号	项 目	允许偏差/mm
1	基础坐标位置 (纵、横轴线)	± 20
2	基础各不同平面的标高	+ 0 ± 20
3	基础上平面外形尺寸 凸台上平面外形尺寸 凹穴尺寸	± 20 - 20 + 20
4	基础上平面的不水平度 (包括地坪上需要安装设备的部分) 每 米 全 长	5 10
5	竖向偏差：每米 全高	5 20
6	预埋地脚螺栓：标高 (顶端) 中心距 (在根部和顶部两处测量)	+ 20 - 0 ± 2
7	预留地脚螺栓孔：中心位置 深度 孔壁的铅垂度	± 10 + 20 - 0 10
8	预埋活动地脚螺栓锚板： 标 高 中心位置 带槽锚板不水平度 带螺纹孔锚板不水平度	+ 20 - 0 ± 5 5 2

(2) 根据设计图样要求, 检查所有预埋件、包括预埋地脚螺栓等的数量和位置的准确性。

(3) 检查地脚螺栓孔内木盒、积水是否清理干净。

(4) 混凝土基础强度校验 土建单位施工完毕交工时, 应提供基础强度可靠数据, 因此, 安装单位一般不进行基础强度校验。但必要时, 也可用钢球撞痕法检查。对大型设备基础可进行预压校验。

钢球撞痕法检测混凝土基础强度的方法, 见图 6-1。在被测基础混凝土面上, 铺一张白纸, 白纸下面垫一张复写纸, 将钢球举到某一高度 (称为落距) 时, 让钢球自由落下, 然后测量落在白纸上撞击的印痕直径的大小, 其直径不能大于表 6-2 所列数值为合格。

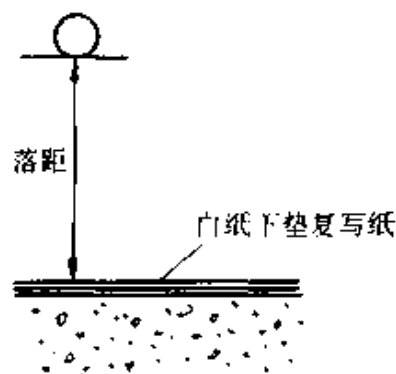


图 6-1 钢球撞痕法

表 6-2 混凝土强度与撞痕直径的关系

钢球直径 /mm	落距 /m	混凝土强度 / (N/cm ²)				
		400	600	800	1100	1400
		钢球撞痕直径 /cm				
50.8	2	1.49	1.30	1.20	1.10	1.02
(2")	1.5	1.25	1.17	1.10	1.00	0.92
38.1	2	1.08	0.96	0.90	0.80	0.74
(1 1/2")	1.5	0.96	0.88	0.83	0.75	0.71

对大型基础的预压试验, 可用钢材、砂子和石子等物, 均匀的压在基础上, 预压物的质量应等于设备自质量和加工附加质量总和的 1.25 倍, 预压时间一般 3~5d, 在预压期间要经常观测基础下沉情况, 每隔 2h 记录一次, 直到基础不再继续下沉为止。

(5) 设备基础处理 设备基础经过验收后, 如发现不符合要求的地方, 应立即进行处理。一般情况下, 基础容易产生标高不符合要求及地脚螺栓位置偏移。至于整个基础中心误差过大、外形尺寸偏差过大的现象是比较少的。其处理方法如下:

1) 基础标高不符, 过高时, 可用扁铲铲低; 过低时, 可将原基础

表面铲成麻面后，再补灌原标号混凝土。对重要、复杂设备基础加高时，要有计算后批准的加高方案，才准予施工。

2) 基础中心偏差较大时，可适当改变地脚螺栓的位置。

3) 地脚螺栓位置偏差值不大时，可把地脚螺栓根部烤红，矫正到正确位置，必要时，要进行加固。如偏差值较大，对直径小的地脚螺栓可挖出重新埋设；对直径较大的螺栓，可挖到 500mm 深度后，割断从新焊上符合位置要求的一段，并进行加固补强，保证地脚螺栓的质量。

二、中心标板和基准点

机械设备的空间位置一般需要三个坐标的数值。而设备的安装基准线是由平面位置纵、横两个方向和标高位置组成。安装单机运转的设备，主要是找设备安装的水平度，而对设备安装方向，标高位置往往不作严格要求，一般只要求设备中心符合基础中心，或是离开厂房墙、柱一定距离，用墨线在基础上划出中心线，即可将设备就位。

有些设备虽属单机安装，但有排列要求，因而要考虑彼此间的操作距离和检修要求，所以要划定共同的安装基准线；对多机联动的自动作业线的安装，则要求安装位置和标高都十分准确，因为这些设备彼此互相联接，多工序是协同动作的，为此要埋设钢制的中心标板和基准点，把测出的标高和中心线位置标记出来，作为联动线中各单机设备共同安装的依据。

1. 中心标板

中心标板是在浇灌基础时，在联动机组两端的基础表面中心线上埋设两块标板，作为设备基础放线时，挂设中心线的标定点。这样放线时投点准确，安装过程中找中心线时挂线有了可靠的基准。用来制作中心标板的材料有：钢轨、工字钢、槽钢、角钢等，尺寸长约 150 ~ 200mm、宽 30 ~ 60mm，用冲子打出一个很小的冲眼作为中心标点。

中心标板应埋设在机组基础表面的两端，每端一块；埋设标板时应将标板埋在基础的中心线上，中心板板可露出基础表面的高度约为 4 ~ 6mm。基础养护期满后，由测量人员在标板上定点，打上冲眼。为了便于识别可在冲眼上用红色油漆划圈标记。中心标板的埋设形式，一般有在基础表面埋设中心标板的，见图 6-2；有在沟道中埋设中心标板的，见图 6-3；有在基础边缘埋设中心标板的，见图 6-4。

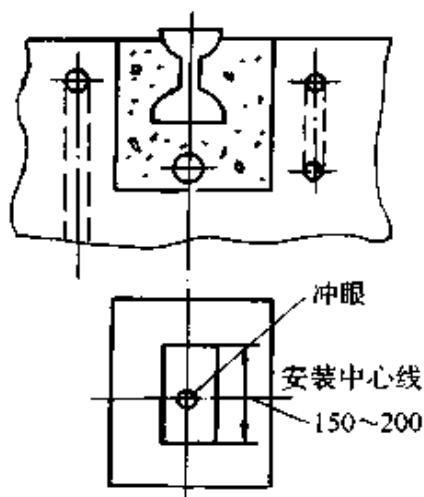


图 6-2 在基础表面埋设

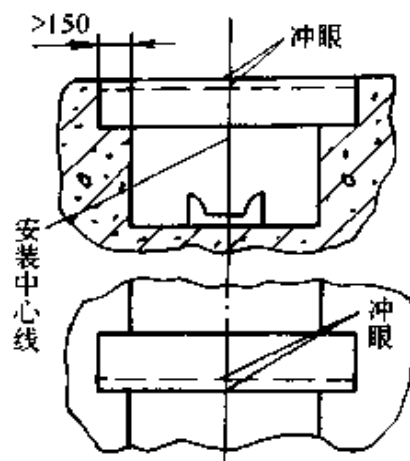


图 6-3 在沟道处理设

2. 基准点

基准点就是在设备的基础表面靠近边缘处（不能在设备下面）埋设的金属件。当基础养护期满后，根据厂房的基准标高，测出它的标高，并标注清楚，作为安装设备时测量设备标高的依据。常用的基准点，见图 6-5。基准点用长约 50mm 的铆钉，在钉杆端焊上一块约 50mm 见方的铁板，或在钉杆上焊一根 U 型钢筋。铆钉圆头朝上，埋时露出基础顶面约 10mm。

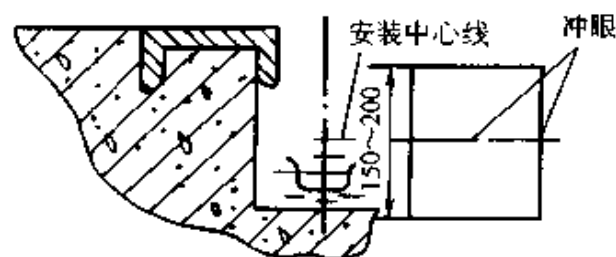


图 6-4 在基础边缘埋设

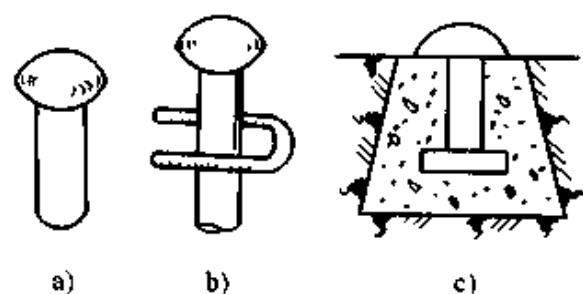


图 6-5 基准点和埋设方法

a) 基准点 b) 基准点 c) 埋设方法

在基础边缘埋设基准点的目的，是因为厂房内原有的基准点往往会被安装的设备挡住，对后安装的设备测量标高时，不方便，同时有的距离过远，测量准确性较差。

埋设基准点不宜过多，以免产生误差。基准点埋好后，在基础放线时，用水准仪测出标高，并标注在基准点上。为了保证准确，对基准点要进行经常复查，避免同基础下沉等原因影响其正确性。基准点不用时，应用铁盒覆盖，保护好。

中心标板和基准点，应在浇灌基础时，配合土建埋设，也可在基础上预留埋设中心标板和基准点的孔洞，待基础养护期满后再埋设，但预留孔的大小要合适，孔要下大上小，位置适宜。

三、放线

基础验收合格并将表面清理干净后，即可放线。放线要根据施工图，按建筑物的定位轴线来测定机械设备的纵横中心线和其他基准线。对于在基础上埋设有中心标板和基准点的联动设备安装，一般用经纬仪来测定设备的中心线和标高，并标注在中心标板和基准点上。对于中心线要求不太严格的机械设备安装，可用几何法来求中心点，并用墨线弹出设备的中心线和其他基准线。放线时，尺要摆正和拉直，尺寸要量准确。

车间平面布置示例见图 6-6。

1号、2号中心线距柱子轴线的距离分别为 L_2 和 L_1 ，1号中心线垂直于2号中心线，3号中心线平行于1号中心线，距1号中心线的距离为 L_3 ，其中1号中心线是主机组的中心线。3号中心线与2号中心线交点 Q 处有一条4号中心线与3号中心线成 45° 角。

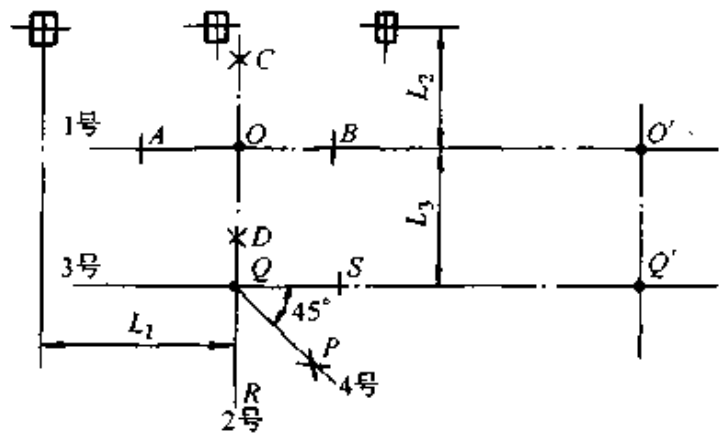


图 6-6 车间平面布置示例图

在放线时，应根据1号中心线上各基础的情况，参照距柱子轴线为 L_2 的尺寸，首先弹出1号中心线，再根据 L_1 的尺寸找出 O 点，然后以 O 点为中心，以适当长度为半径画弧与1号中心线交于 A 、 B 两点。再以适当长度为半径，分别以 A 、 B 为圆心作两弧交于 C 、 D 两点，联结 CD 并延长之，即为2号中心线。在2号中心线上取 OQ ，令其长等于 L_3 。为了减少误差，最好在1号中心线上距 O 点较远的地方，选一点 O' ，过 O' 点作垂线，在此垂线上取 $O'Q'$ 长等于 L_3 ，联结 QQ' 即为3号中心线。当然过 Q 点作垂线就是3号中心线，但这样的作法（特别是1号、3号中心线长时）误差比较大，不如联结 QQ' 来的准确。再以 Q 为中心，以适当的长度为半径作弧与2号、3号中心线交于 R 、

S点，然后分别以R、S为中心，以适当长度为半径作两弧交于P，联结PQ并延长之，即为4号中心线。

当基础表面标高不一致时，有高有低，中心线又很长，不便弹线时，可用经纬仪在中心线上投若干点，分段弹线。同时，将点投在中心标板上，打个冲眼作为以后挂线的依据。

第二节 地脚螺栓和垫铁

地脚螺栓和垫铁是设备安装中最常用的金属件，在安装过程中，一般要用垫铁找平，然后用地脚螺栓固定。

一、地脚螺栓

1. 地脚螺栓的种类

地脚螺栓是将机械设备固定在基础上的连接件，它的长短和直径与固定设备的负荷轻、重和冲击振动有关。按其螺栓长短来分，有长型和短型两种地脚螺栓。短型地脚螺栓长度一般在100~1000mm之间。浇固在基础之中的称死地脚螺栓，其头部多作成开叉式和带钩的形状，见图6-7。短型地脚螺栓是用来固定动力载荷较轻、冲击振动较小的轻型设备。

长型地脚螺栓是用来固定有强烈振动和冲击载荷的重型机械设备，螺栓长度一般为1~4m，这种螺栓也叫活动地脚螺栓。安装地脚螺栓的孔洞是在浇灌基础时预留出来的，地脚螺栓和锚板一起使用，锚板预先埋设在基础孔中。这类地脚螺栓可分为两种，一种是两端带有螺纹；另一种是顶部有螺纹，下端呈T字型，见图6-8。

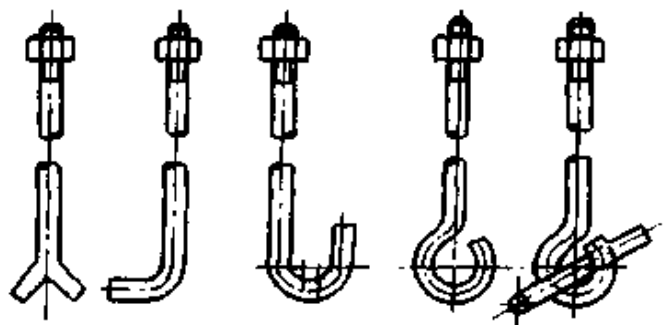


图 6-7 短型地脚螺栓

2. 地脚螺栓的结构和规格

地脚螺栓、螺母和垫圈，一般是随设备装箱带来的，规格应符合设计要求。如无规定可按设备底座孔径选择螺栓，一般地脚螺栓直径要比孔径小些，可按表6-3选择。地脚螺栓的结构、规格可按表6-4、表6-5

选用。

地脚螺栓的长度如无图或其他规定时，可按埋入基础内的深度和加上外露长度的方法计算。埋入基础内的深度一般为直径的 12~25 倍，外露部分的长度包括垫铁或锚板的厚度、机座的高度和螺母的高度等。

3. 地脚螺栓的安装

在埋设地脚螺栓时，垂直度不要超过 10/1000，在基础预留孔内下端的间隙不小于 100mm，螺栓到孔壁周围的距离不小于 15mm，然后才可灌浆，见图 6-9。待混凝土强度达到标号的 75% 以上，才允许拧紧螺母。拧紧螺母时，要采用对称地分次拧紧方法，这样地脚螺栓和设备底座受力才会均匀。拧紧后螺栓要外露 1/3~2/3 螺栓直径。

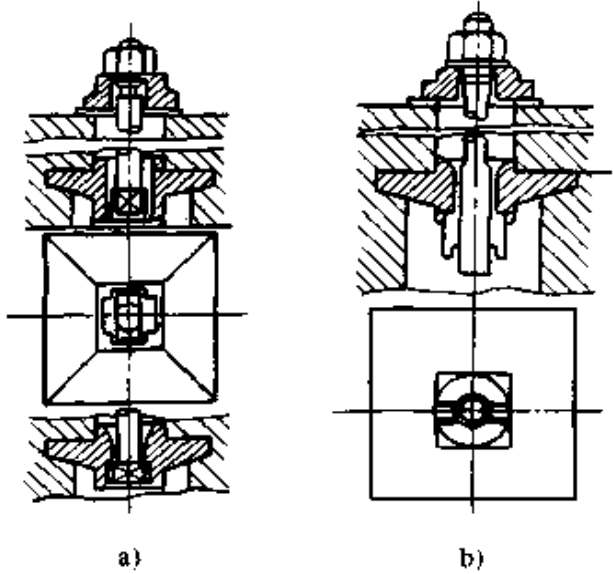
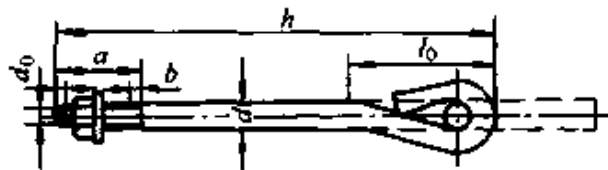


图 6-8 长型地脚螺栓

表 6-3 设备底座孔与地脚螺栓直径的关系 (mm)

设备底座孔径	12~13	13~17	17~22	22~27	27~33	33~40	40~48
地脚螺栓直径	10	12	16	20	24	30	36

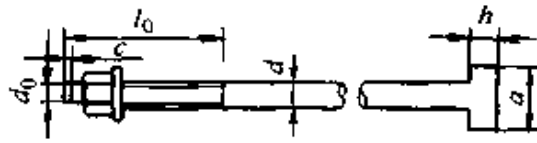
表 6-4 地脚螺栓的规格 (mm)



d_0	d	l_0	b	c	a	h	螺母重/kg	垫圈重/kg
M12	12	35	2.6	1.8	15	72	0.025	0.007
M16	16	40	3.0	2.0	20	95	0.043	0.015
M20	20	50	3.7	2.5	25	115	0.077	0.027
M24	24	65	4.5	3.0	30	142	0.114	0.035
M30	30	85	5.2	4.0	38	180	0.228	0.061
M36	36	100	6.0	4.5	45	215	0.378	0.117
M42	42	110	6.7	5.0	50	245	0.664	0.158
M48	48	125	7.5	6.0	60	285	1.017	0.266

表 6-5 活动地脚螺栓的规格

(mm)



d	h	a	d_0	l_0	c
M30	20	62	30	90	4
M36	22	74	36	110	4.5
M42	28	84	42	120	5
M48	32	92	48	130	6
M56	38	102	56	140	7

二、垫铁

在机械设备安装中使用垫铁的目的，主要是调整设备的水平度。设备放在垫铁上面，垫铁要承受设备的重量。在将设备和基础固定一起时，垫铁又要承受地脚螺栓的锁紧力，为此垫铁要有足够的面积，否则垫铁单位面积上的压力就会超出基础材料所能承受的范围，就会使基础受到破坏。

1. 垫铁面积

垫铁面积的大小是根据基础材料所能承受的压力来决定的。一般中小型设备实际使用垫铁的面积较计算出来的垫铁面积大一些，因此，除有要求外，多数不作计算；对于重型设备的垫铁面积应进行计算。计算公式如下：

$$A = C \frac{Q_1 + Q_2}{R}$$

式中 A ——垫铁的总面积 (cm^2)；

C ——安全系数，一般可用 1.5~3；

Q_1 ——由设备的重量加在垫铁上的载荷 (N)；

Q_2 ——地脚螺栓拧紧，加在垫铁上的压力 (N)；

R ——基础或地坪混凝土的抗压强度 (N/cm^2)。

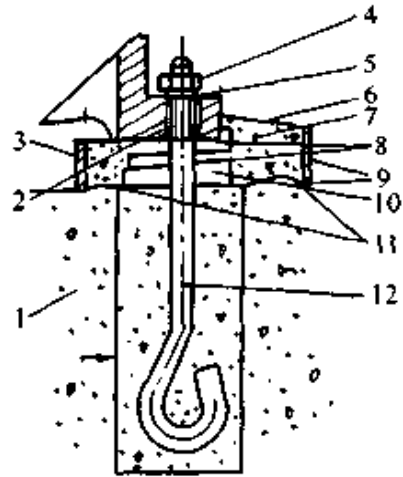


图 6-9 地脚螺栓的安装

1—基础 2—设备底座底面

3—内模板 4—螺母 5—垫圈

6—灌浆层斜面 7—灌浆层

8—钩头斜垫铁 9—外模板

10—平垫铁 11—麻面

12—地脚螺栓

2. 垫铁的种类

垫铁的种类很多，一般可分为矩形平垫铁、斜垫铁、开口垫铁、开孔垫铁、钩头成对斜垫铁和可调垫铁等，见图 6-10。

矩形平垫铁，用于承受主要载荷和连续振动较强的设备。斜垫铁用于不承受主要载荷，只起设备找正找平的作用，设备的主要载荷由灌浆层承受，常用于安装精度要求不高的设备。

开口垫铁和开孔垫铁，用于以支座形式安装在金属结构或地坪上的设备。

钩头成对斜垫铁，用于不需设置地脚螺栓直接安放在地坪上的设备。垫铁承受主要载荷，底座与垫铁之间要放置防震填料，采用钩头斜垫铁找平后用电焊焊牢或用灌浆层固定。

可调垫铁一般用于精密金属切削机床的安装（如磨床、镗床、龙门刨床、龙门铣床和导轨磨床等），其安装要求比较高。垫铁的规格和数量一般随机床带来。

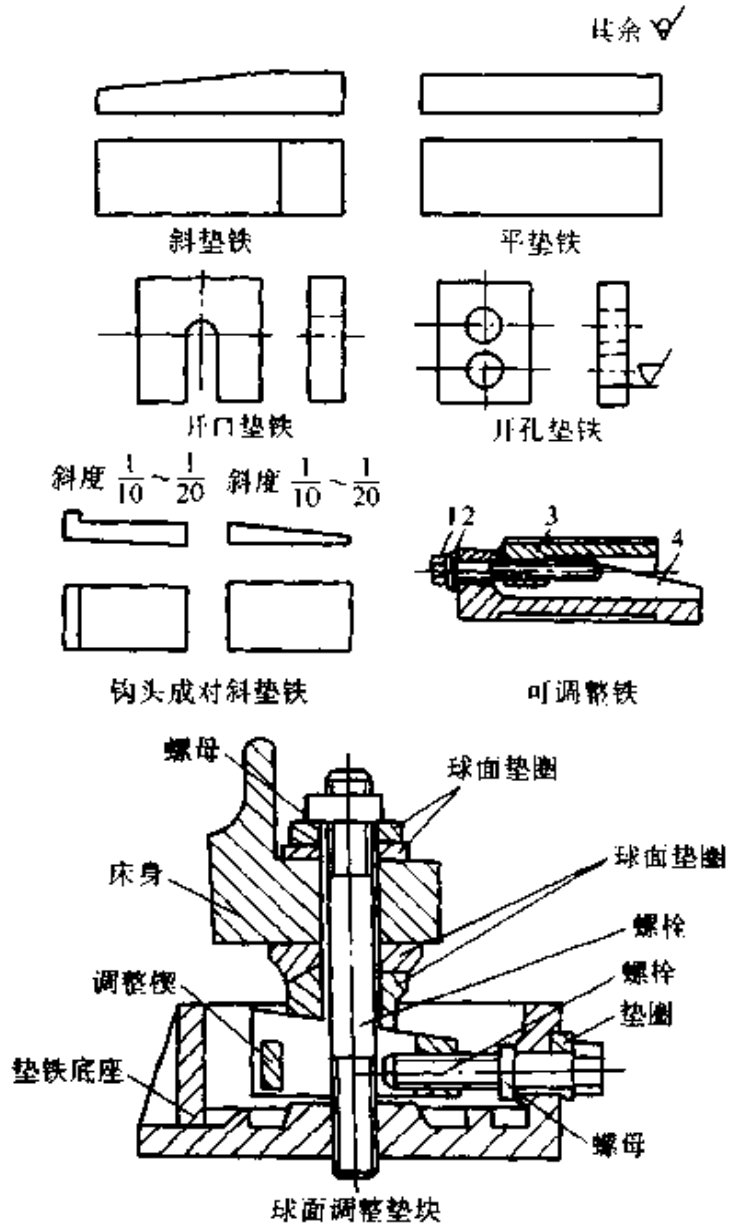


图 6-10 垫铁的种类

可调垫铁有上、下两块组成的、有上、中、下三块组成的和球面调整垫铁三种。两块可调垫铁的调节块（3）与设备底座接触，垫铁座（4）与基础接触。由于设备重量直接压在调节块（3）上，当通过螺栓（5）进行调节时，要克服调节块与设备底座之间的摩擦力，因此，调节比较困难。三块可调垫铁的调节块与垫铁座上平面水平接触。当通过螺栓进行调节时，调节块在下垫铁上作水平移动，从而使升降块上升或下

降，达到调整设备精度的目的。这种垫铁在调整过程中，避免了设备底座与升降块之间直接产生相对运动，因而调节比较方便。球面调整垫铁具有结构紧凑、使用方便、安全可靠等优点。这主要是靠垫铁具有两组球面垫圈来达到的。使用时先将整个垫铁组拧紧在床身底座下面，连同床身一起吊到基础上，此时将整个床身垫得比垫铁组稍高些，先粗校水平，然后将调整垫铁底座用混凝土浇灌在基础上，混凝土厚为 10~15mm。待混凝土强度达到要求时，即可通过调节螺栓进行调整。

使用可调垫铁时，要保持每组垫铁有足够升高余量，以便在找平后调节块仍有再升高的余地。在调整过程中，如需降低垫铁高度，当调节块降到实际需要位置时，将调节块拧紧，以消除配合件的间隙，防止在设备使用过程中，因调节块移动而影响设备的精度。在调整垫铁时，还应放松地脚螺栓的螺母。

使用可调垫铁时，还应在螺纹部分和调节块滑动面上涂上润滑油脂。两块垫铁的接触面要达到 75% 以上，必要时还应进行刮研。

垫铁可用铸铁或钢板制成，厚的多用铸铁，薄的多用钢板。但厚垫铁也有用钢板制造的，这种情况多用于工作时冲击和振动比较大的设备。

3. 垫铁的安放

垫铁的安放有标准垫法、十字垫法（见图 6-11）及辅助垫法、混合垫法（见图 6-12）共四种。标准垫法，垫铁要靠近地脚螺栓两侧；十字垫法，多用地脚螺栓间距较小的情况下；辅助垫法，当地脚螺栓间距太大，中间要增加垫铁时用此种方法；混合垫法，设备底座形式较为复杂，地脚螺栓间距较

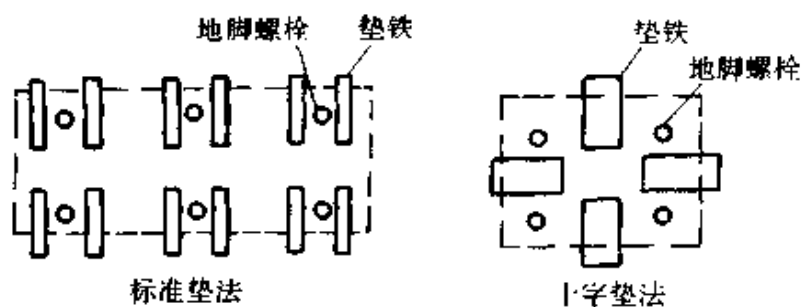


图 6-11 标准垫法和十字垫法

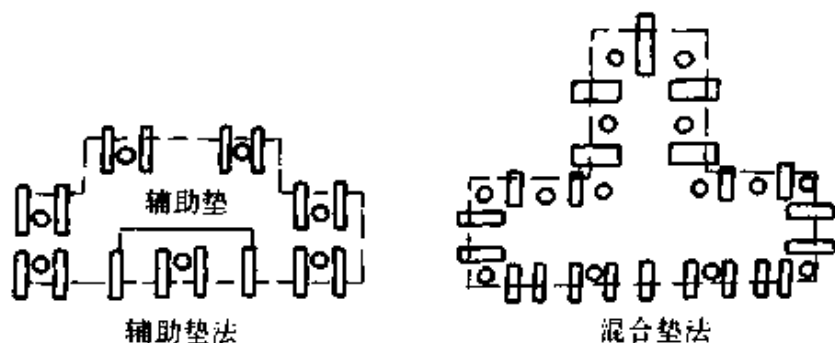


图 6-12 辅助垫法和混合垫法

大，常采用这种垫铁安放方法。

为了更好的承受压力，垫铁与基础面要紧密贴合，基础面不平时，一定要凿平，要求高时，应将基础面磨平。

垫铁应放在地脚螺栓两侧，在不影响灌浆的情况下，两组垫铁的距离越近越好，这样在拧紧地脚螺栓时，可减少机座的变形。每组垫铁的块数不要超过五块。垫铁过高会影响设备的稳定，过低会影响灌浆质量。厚垫铁要放在下面，薄垫铁放上面，最薄的应放在中间，要尽量少用或不用薄垫铁，因为垫铁过多也影响设备的稳定性，运转时容易引起振动。

垫铁的放置应整齐平稳，要保证两块垫铁间以及与基础接触面良好。设备找平后，平垫铁应在设备底座边缘外侧露出 10~30mm，斜垫铁应露出 10~50mm，并用重 0.25kg 的手锤轻敲，用听声音的方法，检查接触情况，一般和设备接触好的声音暗哑，接触不好的则声音响亮。

斜垫铁要成对使用。承受冲击或振动比较大的设备，只能使用钢制平垫铁，不能用斜垫铁。设备找平后，应将几块垫铁相互焊牢。铸铁垫铁可不焊。

第三节 设备开箱、就位和找正

一、设备的开箱和检查

1. 设备开箱

机械设备从制造厂出厂时，都经过良好的包装。根据设备结构和运输条件，有的是整体装箱，有的是解体分散装箱的。设备运到安装现场后，把设备包装的箱子打开，对设备进行清点和安装，这个过程叫设备开箱。

设备开箱应注意以下几点：

(1) 设备开箱前，应查明设备的名称、型号和规格，检查设备的箱号、箱数以及包装情况，防止开错。

(2) 设备开箱前，应将设备吊运到安装地点附近，以减少开箱后的搬运和不方便。

(3) 开箱前，应将顶板上的尘土扫除干净，以防止开箱时，尘土、

脏物散落在设备表面。

(4) 开箱一般应从顶板开始，拆除顶板查明情况后再行拆除其他部位箱板；如顶板不便拆除，可选择适当部位拆除侧箱板，观察内部情况后再开箱。

2. 设备清点

设备开箱后，安装单位应会同有关部门人员对设备进行清点检查。清点检查的目的是查清设备零部件、附件有无短缺；设备有无损坏，并填写“设备开箱检查记录表”，设备交安装单位进行保管。为此，还要注意以下几点：

(1) 设备清点应根据制造厂提供的装箱单进行。首先应核对设备的名称、型号和规格与技术文件是否相符。

(2) 检查设备的外观和保护包装有无缺陷、损坏或设备零部件锈蚀情况，并作出记录。

(3) 按装箱单清点零部件、工具、附件或附属材料、出厂合格证和其他技术文件是否齐全，并作记录。

(4) 设备的转动件和滑动件，在防锈油未清除前不要转动和滑动。由于检查而除去的防锈油，在检查后要重新涂上。

二、设备就位

设备开箱后，基础经验收合格，并进行了放线，就可使设备就位。就位就是将设备由箱的底排搬运到设备基础上。

设备就位的方法较多，如施工条件好，施工程序比较合理，在安装设备前，先安装好车间的桥式起重机，然后可利用桥式起重机安装其他设备，这样设备就位既快又安全，这是比较好的一种就位方法。其次用铲车使设备就位比较方便。用人字架使设备就位的方法是先将设备运到基础上，然后用链式起重机或卷扬机，将设备吊起，抽去底排，再把设备落到基础上，这种方法比较麻烦、费工，一般多用于较大和较重的设备。

在起吊搬运设备时，绳索应栓在设备适合受力的位置上。绳索与设备表面接触的部位应垫上木垫板，以防损坏设备加工面和油漆表面。在悬吊状态下搬运设备时，应尽量保持设备处于水平状态。

在起吊机具和施工现场受限制的情况下，通常采用一种比较简单的设备滑移法就位。这种方法就是将设备连同底排运到基础旁摆正，对好

基础，也就是使设备在底排上的位置在滑移就位后即是设计所要求的位置。然后卸下底排上的螺栓，用撬杠撬起设备的一端，在设备与底排之间放上几根滚杠，使设备落到滚杠上，再以三、四根滚杠横跨在已经放好线的基础和底排的一端上，用撬杠撬动设备，通过滚杠滑移，把设备从底排上水平滑移到基础上，然后再撬起设备撤出滚杠，垫好垫铁。这种方法只限于中小机械设备。操作时要注意安全，设备滑移时不能倾斜。

三、设备找正

设备的找正、主要从三个方面进行，即找中心、找标高和找水平。设备的找正可分为两步进行，第一步是初平，主要是找正设备中心，找正标高位置以及设备水平的初步找正。通常设备初平与设备的吊装就位同时进行，即在吊装就位时要安放垫铁，安装紧固螺栓，并对设备进行初步找正。第二步是精平，它是在初平的基础上，对设备的水平度、铅直度、平面度，同心度等进一步检测和调整，使设备全部达到安装规范的要求。

设备找正的初平，首先要找出设备上的中心线和基准点，即找出设备上的定位基准，并进行划线。设备的定位基准一般在安装规范、设备说明书或技术文件中都作出规定。如无规定时，可根据设备的精加工面或加工孔，用几何作图法找出设备的中心线或中心点。对于单机工作、没有相互关系要求的设备，找正方法比较简单，就位后利用线坠进行找正，再用水平仪测量设备的水平度；联动设备的找正比较复杂，下面就设备中心、标高和水平的找正方法说明如下：

1. 找正设备中心

设备在基础上就位以后，就可根据中心标板上的基准点挂设中心线，用中心线来确定和检查设备纵、横水平方向的位置，从而找正设备的正确位置。中心线是挂在线架上。线架有活动式和固定式两种。中心线架的拉线用直径为 0.5~0.8mm 的钢丝，挂架中心线的长度不超过 40m，线架两端重物约为 20kg，拉线时一般拉紧力应为钢丝抗拉强度的 30%~80%，拉力太小则线下垂而晃动，影响安装精度。吊线坠的线应纤细柔软，一般用缝纫机线细而光滑。利用吊线坠的尖端对准设备基础表面上的中心点，检查结果要准确。

中心线挂好以后，即可进行设备找正，首先要找出每台设备的中心

点，才能确定设备的正确位置。一般圆形零部件不易找中心，这时可采用挂边线与圆轴相切的方法找中心，见图 6-13。有些设备还可根据加工的两个圆孔找中心，见图 6-14。

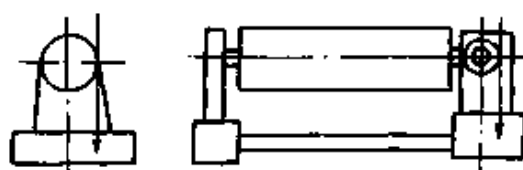


图 6-13 用挂边线找中心

还有些设备根据轴线找中心不方便，因轴短，且只有轴尖端面露在外部，在这种情况下，可在轴头端面中心孔内塞上铅皮，此外圆划线找出端面中心，然后再找设备的中心，见图 6-15。

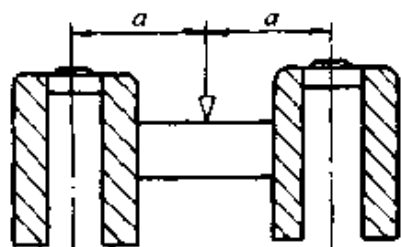


图 6-14 用加工圆孔找中心

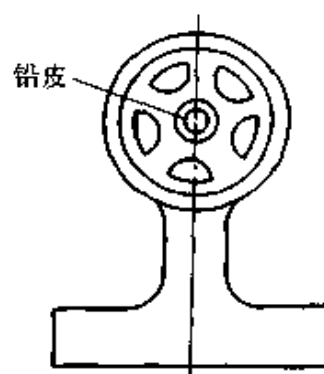


图 6-15 根据轴的端面找中心

图 6-16 是用制作的样板来找设备的中心，这种方法，既可以保证质量，又可缩短工期。

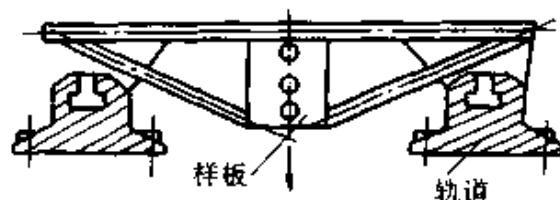


图 6-16 利用样板找中心

当设备上的中心找出来以后，就可检查设备中心与基础中心的位置是否一致，如不一致则需要拨正设备，拨正设备的方法有：撬杠拨正、打入楔块拨正、千斤顶拨正等。对于大型设备还可用滑轮或花篮螺钉牵引拨正等。见图 6-17、图 6-18、图 6-19、图 6-20。

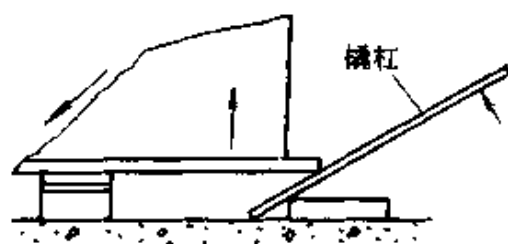


图 6-17 用撬杠拨正

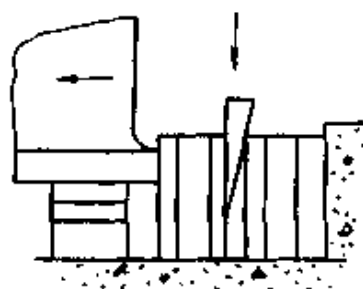


图 6-18 打入楔块拨正

2. 设备标高找正

在厂房内安装的各种设备，相互之间都有各自的标高。通常规定厂房内地平面的高度为零，高于地平面以“+”号表示，低于地平面以“-”号表示。基准点就是测量标高的依据，基准点上面的数字表示零点以上多少毫米或零点以下多少毫米。

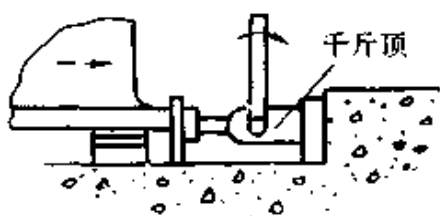


图 6-19 用液压千斤顶拨正



图 6-20 用滑轮拨正

在安装施工图中，标高的数值均有注明。测量设备的标高面均选择在精密的、主要的加工面上。找设备标高的方法较多，图 6-21 是利用样板找标高，图 6-22 是用轴的位置度量标高，还有利用水准仪找标高的，见图 6-23。

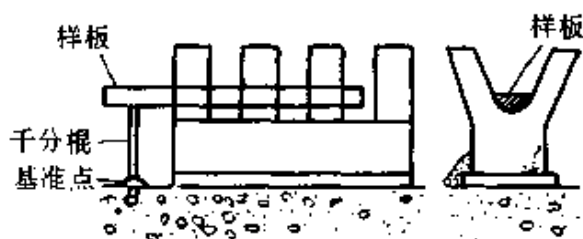


图 6-21 利用样板找标高

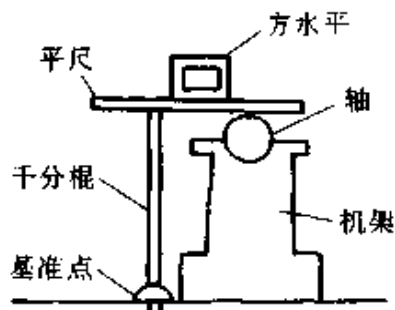


图 6-22 在轴上度量标高

找标高时，对于连续生产的联动机组要尽量减少基准点。在调整标高时，要兼顾水平度的调整，两者要同时进行。

在找正标高数值时，一定使设备高度超出设计标高 1mm 左右，这样在拧紧地脚螺栓后，标高就会接近设计规定的数值。

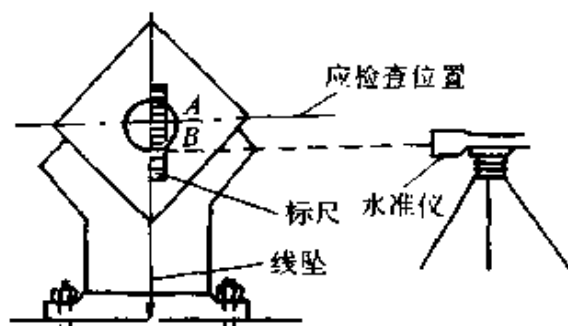


图 6-23 用水准仪找标高

3. 水平找正

在设备调整标高时，要兼顾设备的水平找正。水平找正一般是用水平仪在设备加工面上找正的，其方法见图 6-24。

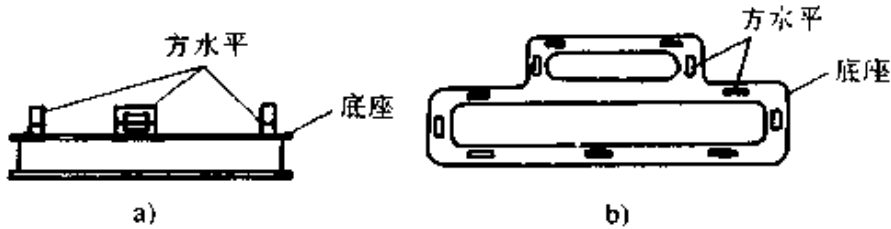


图 6-24 用水平仪找正

a) 用平尺和水平仪找正 b) 机座底板找正

调整标高和水平度的方法，一般设备多用垫铁将设备升起，以调整设备的水平度和标高，对于复杂精密设备，不宜使用斜垫铁来调整，因斜垫铁往往用锤击的方法打入，振动大。要采用可调垫铁来调整设备的标高和水平。此外，使用千斤顶也可使设备起落，达到找正的目的。常用的三点找正法是（见图 6-25），在设备底座下选择适当的位置，用三组调整垫铁来调整设备的标高、中心线和水平度。第一步是在调整螺栓垫铁后使设备标高略高于设计标高 1~2mm；第二步是将永久垫铁放入预先安排的位置，其

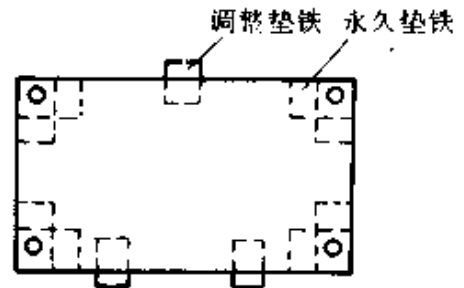


图 6-25 三点调整法

松紧程度以用手锤轻轻敲入为准，要使全部垫铁都达到这种要求；第二步是将调整垫铁放松，将机座落在永久垫铁上，并拧紧地脚螺栓，在拧紧地脚螺栓的同时，要检查设备的标高、水平度、中心线和垫铁的松紧度，检查合格后，将调整垫铁拆除。再用水平仪复查水平度，达到标准要求后，即调整完毕。

四、地脚螺栓孔灌浆

设备初平以后，即可进行地脚螺栓孔灌浆，灌浆一般采用细石混凝土或水泥砂浆，其标号至少比基础混凝土标号高一级，但不低于 C15。石子可根据缝隙大小选用 5~15mm 的粒径，水泥用 325 号或 425 号。通过灌浆把地脚螺栓固定起来，并使它和整个基础形成一个整体。灌浆前，应把地脚螺栓孔内油污、泥土等杂物清理掉，同时还要用水冲洗干净，以保证新浇混凝土（或砂浆）与原基础混凝土结合牢固。每个孔的

灌浆工作要连续进行，不能中断，要一次灌完。混凝土或砂浆要分层捣实，并要在螺栓周围均匀捣实，不要集中在一处捣，这样会使螺栓发生倾斜现象。捣固时，要保持螺栓的垂直无倾斜，若螺栓倾斜过大，会使其位置变动，造成安装困难，甚至无法安装，同时由于螺栓不垂直，降低了负载能力。灌浆操作时不能碰撞设备，灌完后要洒水养护，养护期不少于7d，洒水次数以能保持混凝土具有足够的润湿状态为适宜。待混凝土养护达到其强度的70%以上时，才允许拧紧地脚螺栓。混凝土达到其强度的70%所需的时间与气温有关，一般可参照表6-6。

表 6-6 混凝土达到 70% 强度所需天数

气温/℃	5	10	15	20	25
需要天数	21	14	11	9	8

第四节 设备清洗

在安装现场，为了清除机械设备零部件加工面上的防锈剂和残存在内部的铁屑、锈斑，以及运输保管过程中落入的灰尘和杂质，安装前要对设备的各部件进行清洗。

一、清洗前的准备工作

(1) 熟悉施工图和有关技术资料，弄清设备的性能、结构和清洗技术要求。

(2) 一般不需要清洗的部分有：密封的设备部件、铅封的有过盈的部件以及技术文件中规定的不要拆卸的零部件。

(3) 要仔细检查设备外部是否完整、有无损伤，然后才可拆卸和清洗。如在清洗过程中发现内部有损伤时，应作出记录，并报告有关部门。

(4) 准备好清洗现场和所需要的工具和清洗用料。清洗现场要干燥、清洁，并应具备水、电、压缩空气等设施。

二、清洗的步骤和方法

1. 清洗的步骤

清洗的步骤分初洗、细洗和精洗三种。初洗主要是去掉设备旧油、污泥、漆片和锈层。旧防锈油可用软金属片、竹片刮掉，对加工面的漆

层用溶解剂清洗除掉。初洗后的机件，再用清洗剂将机件表面的油渍、渣子等脏物冲洗干净，必要时还可用热油除去干涸变质的油脂，这是细洗阶段。精洗是用洁净的清洗剂作最后清洗，也可用压缩空气吹扫清洗表面，再用清洗剂冲洗。

清洗后的零件不能立即装配时，应涂上油脂，并用清洁的纸或布包好，防止灰尘落入。经过清洗的整台设备要用清洁的套子将设备全部盖住。

2. 清洗的方法

清洗的方法较多，常见的有：擦洗、浸洗、喷洗、电解清洗和超声波清洗等五种。

(1) 擦洗 用棉布、棉纱浸上清洗剂对零件进行清洗，这种方法多用于对零部件进行初洗。擦洗简单易行，是常用的方法，但效率低，劳动强度大。

(2) 浸洗 浸洗是将零部件放入有清洗剂的容器内浸泡一段时间的清洗方法。它适用于清洗形状复杂的零件或油脂干涸、变质的零部件。这种方法操作较简单，只需用一些简单的容器。浸洗时间一般为 2~20min，浸洗后要对零部件进行干燥。

(3) 喷洗 这是一种利用清洗机对严重污垢和干涸油污进行清洗的方法。

(4) 电解清洗 它是将被清洗的零部件放入装有碱液的电解槽中，然后通电利用化学反应清除零件上的矿物油、防锈油等。这种清洗方法效果好，效率高，但要有较多设备和特殊的电源（低电压、大电流），因此，适于批量清洗，现场应用较少。

(5) 超声波清洗 这是一种比较先进的清洗方法。选择好适宜的清洗剂，用超声波清洗装置产生的超声波作用，将零部件上粘附的泥尘油污除掉。经超声波清洗的零部件，清洗效果好，效率高，但设备成本高，安装工地使用较少。

三、中小型设备的清洗

对于整体安装的中小型机械设备，如金属切削机床等，都是在初平以后才清洗。在清洗过程中，不需拆卸零部件。清洗时将能清洗到的地方，全部清洗干净。清洗时，要保护好加工面，如需铲刮，要用软质工具。

对可移动的零部件，在清洗前不要移动。如普通车床，在床身导轨

未清洗以前不要移动尾顶架，在丝杠未清洗前，不要移动溜板箱，以免灰尘、泥砂擦伤精加工面。对床头箱可用加热的煤油或柴油倒在里面清洗，洗净后从放油孔放出。清洗时要用细布擦拭，不要用棉纱，以防棉纱碎絮掉在床头箱里。

四、大型设备的清洗

对解体安装的大型设备，清洗的部位要多一些，各组件、零部件，润滑油管都要清洗，有相对运动的面，如滑动导轨、滚动轴承等，更是清洗的重点。

对油管、油孔、机件上的油路，要用铁丝绑上浸有煤油的布条、反复拉几次，直到干净为止，再用清洁布条通一下，最好用压缩空气吹一遍。还有的油管要求进行酸洗。酸洗一般用盐酸或硫酸。盐酸效果好些。酸洗时先将水注入酸洗槽内，再将酸缓慢的注入水中（切不可先放酸后加水，这样会因气体急剧挥发而引起爆炸），并且不停的搅拌，使其均匀。酸的加入量一般是水重的5%。浸泡的时间与温度有关，用盐酸时，当温度为 $18^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 时，约需浸泡 $15 \sim 50\text{min}$ ，用硫酸时，在同样的温度下约需浸泡 $45 \sim 135\text{min}$ 。温度越高，时间越短。

酸洗时的操作温度，盐酸溶液不应高于 40°C ，硫酸溶液不应高于 80°C 。因为操作温度过高时，将使金属溶蚀量增加，同时容易发生氢脆，从而降低钢铁材料的机械性能。为了消除这种不利影响，在进行酸洗时，一般要加入酸洗缓蚀剂，它的作用是在金属基体表面形成一层薄膜，减缓金属基体与酸的作用，使金属表面得到保护，同时不影响锈层的溶解。

缓蚀剂品种较多、食盐就是常用的一种。用硫酸除锈液时，当酸液浓度为 180g/L ，温度为 55°C 时，食盐加入量为 50g/L 。

酸洗后，要用氢氧化钠或碳酸钠稀溶液中和，然后用热水洗涤，使其保持中性，最后擦干，以免生锈。酸洗时，要带橡皮手套、橡皮围裙，皮肤不要接触酸液。

对滚动轴承之类的重点清洗零部件，清洗时更要仔细，在未洗到一定程度之前，最好不要转动或不要很快转动滚动体，以防杂质划伤滚道或滚动体（滚珠或滚杠）。清洗时要检查是否有锈蚀、斑痕，如有可用研磨粉擦掉，擦时要从多方向交叉进行，以免产生擦痕。洗完后，如不立即装配，应涂油包装好。

第五节 设备精平及灌浆抹面

一、设备精平

设备精平是在初平的基础上，对设备的平面度、垂直度、平行度等方面进行一次全面的检测和调整，使设备安装达到完全符合技术文件和规范的要求。精平是设备安装一道十分重要的工序。精平的好坏，直接会影响到设备安装质量。下面介绍几种设备的精平方法。

1. 设备的平面度检测

设备的平面度检测，是以精加工的平面为基准平面，用水平仪直接测量设备的平面度；也可将水平仪放在平尺上，在平尺下面放置等高块规的方法，测量设备的平面度。如普通车床精平时，可将水平仪按纵横方向放在溜板上，见图 6-26。在车床两端测量纵横方向的平面度，当测出哪面低就调整其垫铁，由低向高调要方便一些，要反复测量，反复调整，直到合格为止。平面度找好后，均匀地拧紧地脚螺栓，然后再次复查床面的平面度。

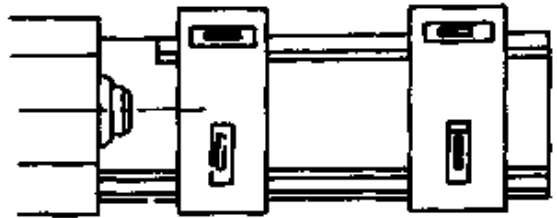


图 6-26 普通车床测平面度

又如牛头刨床的精平，可将水平仪放在图 6-27 所示的位置上；进行纵横向平面度的测量。在横导轨的两端测量横向平面度，在床身垂直导轨上检查纵向平面度，如平面度不符合要求可进行调整，方法与普通车床相同。当设备平面度要求较高时，可用光学自动准直仪进行测量。

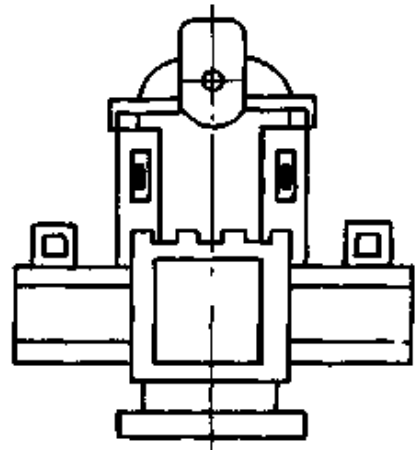


图 6-27 牛头刨床平面度测量

再如大型水压机底座，它不是一个整体，而分为两部分，见图 6-28。找平时，应该左右两部分分别进行，当调到一定程度后，在两部分的上部放上精密大平尺，在平尺上放水平仪，找底座合起来的纵向平面度，并校对每部分的纵横向平面度，直到全部合格为止。在使用平尺当支点距离较大时，因平尺本身自重会产生挠度，所以水平仪最好

放在平尺中间。

2. 设备的整体垂直度检测

对于比较高大的设备，用经纬仪测量设备的垂直度是比较方便的，只要在设备上下两端预先画好的基准点，用经纬仪观测上下两端是否垂直，垂直度一般要测量互为 90° 两个方向的两处。

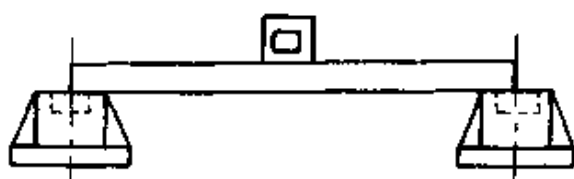


图 6-28 水压机底座的测量

3. 设备部件垂直度的检测

设备部件垂直度的检测，是测量设备某一部件对工作台面（基准面）的垂直度，其测量方法有：

(1) 用角尺检测 当检测的两面较近，如检测龙门铣床水平铣头垂直移动对工作台面的垂直度，见图 6-29。在工作台上按图示方向放置角尺，百分表固定在水平铣头上，使测针顶在角尺检验面上，垂直移动水平铣头，其允许偏差在 500mm 测量长度上不得大于 0.03mm，在平行工作台移动方向放置角尺，水平铣头不动，移动工作台，其垂直度允许偏差在 500mm 内不大于 0.02mm。

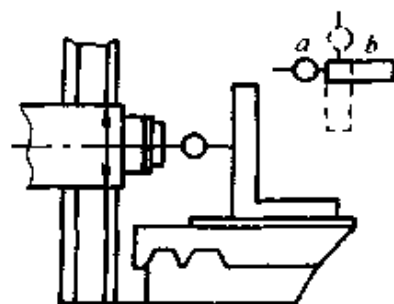


图 6-29 用角尺检测
不垂直度

(2) 用水平仪检测 在机床上检测某些零部件对床身是否垂直时，一般都采用这种方法，见图 6-30，将水平仪分别靠贴在横梁导轨 a 面上及床身导轨 b 面上进行测量，其垂直度允许偏差在 500mm 内不大于 0.05mm。

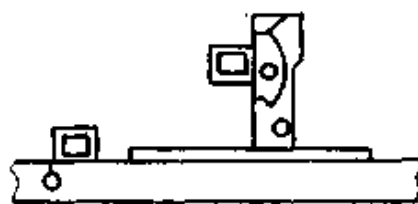


图 6-30 用水平仪测
不垂直度

(3) 用百分表检测 如检测摇臂钻床主轴中心线对底座工作面的垂直度，在底座工作面上按纵横放置平尺，百分表固定在主轴上，使其测针顶在平尺上，旋转主轴 180° ，分别在平尺两端 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 位置上进行检测，见图 6-31。要求摇臂钻在立柱下端和 $2/3$ 行程的地方，以及主轴箱在靠近处和 $2/3$ 的地方，分别检测四次，检测时要夹紧摇臂钻和主轴箱。

(4) 拉对角线检测 如锅炉炉排，要求 $ABCD$ 成一矩形。炉排对面两块墙板是相等的，即 $AD = CB$ ，安装时两墙板间距允许偏差不大

于 $\pm 3\text{mm}$ ，并使 AC 、 BD 垂直于 AD 、 CB ，为达到上述要求，必须控制对角线 AB 和 CD 的长度，标准规定对角线允许偏差不超过 10mm ，见图 6-32。

4. 设备平行度检测

设备平行度检测，是测量设备主轴中心线对工作台面的平行度，或是测量设备平行轴间的允许偏差。

(1) 用内径千分尺测量平行轴间的允许偏差，见图 6-33。

(2) 用拉垂直钢丝检测平行轴上组装件对钢丝间距离的允许偏差，见图 6-34。其方法是使钢丝 (1) 与轴 (2) 垂直，使 $a_1 = a_2$ 。然后检查钢丝与轴 3 的指针在 180° 两处位置的距离 b_1 是否等于 b_2 。

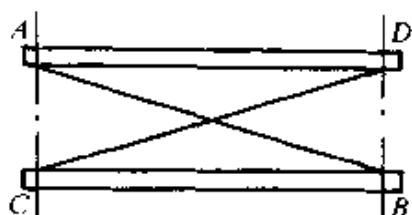


图 6-32 拉对角线测垂直度

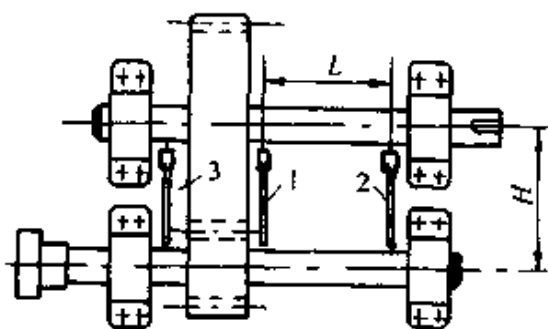


图 6-33 用内径千分尺检测平行度

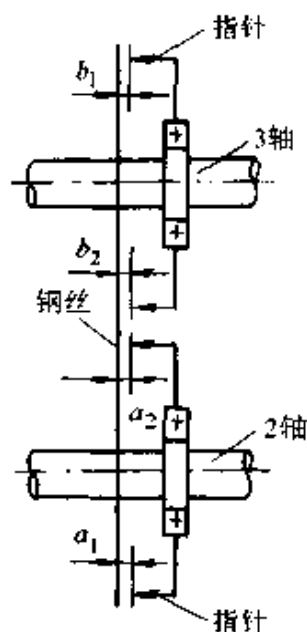


图 6-34 拉钢丝测平行度

(3) 百分表检测 如测量龙门铣床水平铣头主轴中心线对工作台面的平行度，见图 6-35。在主轴锥孔中插入一根检验棒，将百分表座放在工作台面上，使其测针顶在检验棒的母线上，移动百分表进行测量。其平行度允许偏差每 300mm 为 0.02mm ，检测数值以检验棒旋转 180° 两次测得结果的平均值为准。

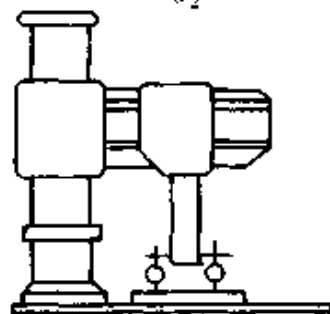
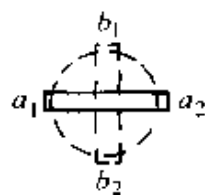


图 6-31 百分表测摇臂钻的垂直度

二、灌浆抹面

设备精平以后，要将设备底座与基础表面间的空隙，用混凝土填满，并将垫铁埋在里面。它的作用，一方面可以固定垫铁（对可调垫铁的活动部分不能浇固），另一方面，可以传递一部分设备负荷到基础。

灌浆时，应放一圈外模板，模板的边缘距设备底座边缘一般不小于60mm。如设备底座下的整个面积不需全部灌浆时，应根据具体情况增设内模板。当灌浆层要承受设备负荷时，一定要设内模板，以保证灌浆层的质量。内模板到设备底座外缘的距离应不小于100mm，同时也不能小于底座底筋面宽。

灌浆层的高度，在底座外面应高于底座的底面，灌浆层的上表面应略有坡度，坡度应向外，以防油、水流入设备底座。在混凝土凝固以前，用水泥砂浆加适量的水玻璃抹面。

抹面时，砂浆应压密实，要有棱角，表面应光滑美观。

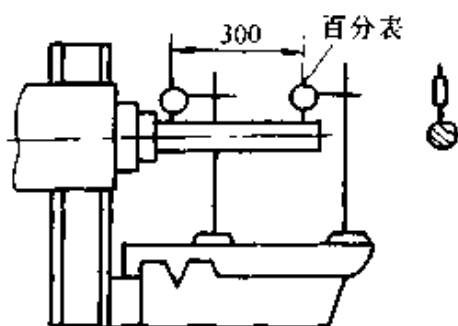


图 6-35 百分表测平行度

第六节 设备的试压和试运转

设备的试压和试运转是设备安装的最后一道工序，它的目的是鉴定设备是否符合设计和使用的要求，是否能正常顺利的投入生产。在设备试压和试运转的过程中，无论是安装上的、制造上的、设计上存在的问题，都会显示出来。因此，设备的试压与试运转是一项既复杂又很重要的工作。由于机械设备和其他专业设备的种类和型号繁多，试压和试运转涉及的知识面较广泛，往往有许多新设备、新技术和新工艺需要学习和掌握。所以对于安装施工人员来说，在试压与试运转前，首先要熟悉设备有关技术资料、规范、标准的要求以及操作使用说明书等，然后才能进行正确的试压和试运转。

一、试压

现场施工安装的各种高压、中压、低压容器和管路系统；现场组装、焊接的各种储罐、储槽；承受各种气压和液压的受压容器；与各种动力机械配套供应的各种换热器等，均需在安装完工后进行压力试验。

有些设备虽经制造厂进行过压力试验，为了消除设备在运输、保管、起重过程中所引起的不良因素，因而在安装现场还要进行压力试验。

试压的目的是检查设备、容器、管道的强度和连接部位是否有泄漏现象。试压可分为水压试验、气压试验、密封性和煤油试验等。

1. 水压试验

水压试验是设备试压最普遍、最重要的方法。它主要是检查容器的强度和泄漏情况。

水压试验装置，见图 6-36。在被检验的容器上，装有进水管（7）排气管（8）和压力表（9），开始试压时将阀门（5）、（6）、（7）和排气管（8）打开，水从水管（11）通过阀门（5）、（6）、（7）灌满水槽和容器，当容器内部的空气全部被水排除后，水从排气管（8）中溢出。这时将阀门（5）、（6）、（8）关闭，打开阀门（4），操作水泵（1），对容器加压。水泵的出口压力由压力表（2）显示出来，而容器内部的压力则由压力表（9）显示。如在加压过程中，压力表上的读数平稳上升，说明试压情况正常；如压力表指针不动甚至反转，则说明压力系统或容器有泄漏现象；如压力表指针出现跳动，表示容器内有空气没有排除干净，等排净后，方可继续升压。

在加压过程中，如发现容器上某些焊缝有出汗或微量渗水现象，可继续缓缓加压，如无变化，可加压到试验压力。然后关闭阀门（4），保持 5min，观察各焊接处有无泄漏，如压力表指针没有明显变化，可打开阀（3）、（4），使压力慢慢降至工作压力后进行检查，检查时可用 0.5~1kg 的圆头小锤沿焊缝两侧轻轻敲击，如无泄漏和变形，且压力表的数值在 30min 也保持不变，则表示水压试验合格。试验完毕，打开排水阀门（10）和排气阀门（8），将设备中的水排净。

水压试验时，环境温度不应低于 5℃，否则要采取防冻措施。当水

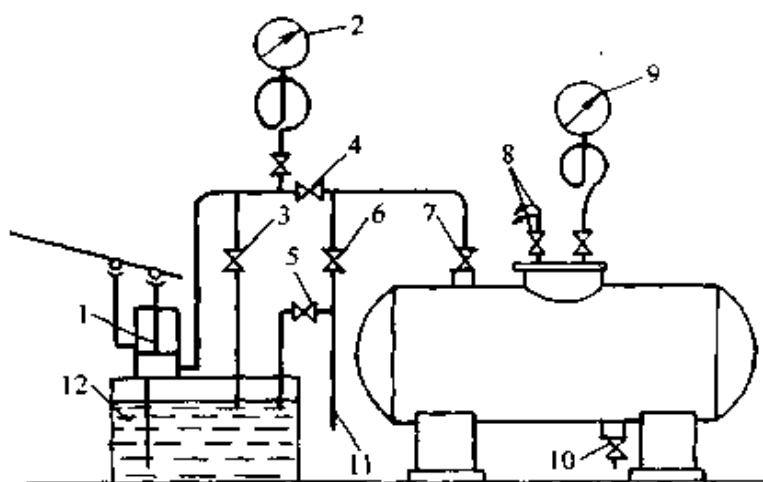


图 6-36 水压试验装置示意图

1—水泵 2、9—压力表 3、4、5、6、7—阀门
8—排气管 10—排污阀 11—水管 12—水箱

的温度低于周围气温露点时，设备外壁上可能出现水汽凝结的水珠，这时应把水珠擦掉后观察是否又有水珠冒出来，同时要检查压力表有无下降以及测量设备壁温是否高于露点等方法，判断水汽凝结与渗漏的区别，正确处理试压中出现的问题。

2. 气压试验

气压试验就是将被试验的容器和管道密封。然后通入压缩空气，使压力升到工作压力的50%以后，逐步以每级10%的压力增至试验压力，再降至工作压力保持一定时间，进行检查。

气压试验适用于超高压或体积特大的容器，基础设计不能承受水压试验的设备和容器以及生产工艺要求内部不允许有水分的设备。

气压试验要考虑采取十分严格的安全措施。试压前要仔细检查试验容器和现场设施，对焊缝要进行100%的探伤检查，试验时严禁用小锤敲击焊缝，只能用涂肥皂水的方法进行检验。

3. 密封性试验

密封性试验常用于大型容器，如工作压力不高的储槽，用气体作密封性试验的比较多。又如试验搭接焊缝时，可在容器的焊缝附近钻一小孔，将压缩空气通入焊缝搭接的间隙内，并在焊缝处涂肥皂水，观察有否气泡出现，从而判断焊缝是否紧密不漏气。对某些对接或搭接缝的容器，还可通入一定压力的氨气，并在各焊缝处涂以酚酞试液，如出现红色现象，则说明焊缝不严密。用酚酞溶液检查时应将焊缝上的碱液或碱性熔渣清除干净，确保试验准确。

4. 煤油试验

煤油试验常用于工作介质有压力的设备，如受压容器、真空容器和敞口容器等；也可用于动力设备的曲轴箱、减速箱和机体等。它主要检查容器焊接缝的密封性和翻砂箱体的渗漏。

煤油的试验方法，是将焊缝较易检查的面清理干净，涂以白垩粉，晾干后在焊缝另一面涂上煤油。因煤油的渗透性能强，能透过细微缝隙，所以可以检查出金属的微小裂纹。根据煤油渗透后白垩粉受湿变色的面积、位置和数量，判断焊缝的缺陷和特征。

二、试运转

1. 试运转前的检查

试运转前，设备要安装齐备，同时要处于随时可投入运转的良好状

态。对于一些可后安装的零件、附件、仪表等，要进行一次全面的检查，看是否齐全可靠。对螺栓类的紧固件，应逐个检查，看有无松动现象。对减速机、齿轮箱、齿形联轴器、滑动面以及所有的润滑点，都要按设备技术文件上的规定，注入润滑油。对水冷、液压、风动等系统的管路、阀门等也要进行仔细的检查，该开的是否已开启，该关的是否已关闭。对自动润滑系统，在设备运转前，应先开动润滑油泵，将润滑油循环一次，以确定润滑系统是否良好。全部检查完毕后，确定设备完好无疑，才允许进行试运转。

2. 试运转的步骤

试运转的步骤应符合先单机后联动、先空载后负荷、先附属系统后主机的原则。

试运转时，电动机应单独试验起动（有特殊要求的除外），以判断电力拖动部分是否良好，并确定其正确的回转方向。其它如电磁制动器，电磁阀限位开关等各种电气设备，都要提前作好试验调整工作。运转时，能用手动的零部件要先手动后机动。速度可变换的机械设备，应先低速后高速。对于大型设备可用盘车器或利用吊车转动，没有卡阻和异常现象时，才可通电运转。试运转先由部件开始，由部件到组件，由组件到单机，由单机到联动。逐台运转后，才能进行联合运转。前一工序运转合格后，才能进行下一工序的运转。

3. 试运转中应注意的问题

设备在试运转中，首先应注意的是运转的声音。运转正常声音是均匀的、平稳的、有节奏的。如有毛病，就会发出各种杂音。如齿轮变速箱如运转正常，应发出平稳的呼呼声；如有故障，就会出现齿轮的轻微敲击声，嘶哑的摩擦声，金属撞击的铿锵声。这时应停车查明原因，消除故障。如杂音不太明显，可继续观察，查明部位后，也要停车检查，消除杂音。

当设备发出铿锵的金属声，可能是齿轮间夹有坚硬的东西，或某一齿已损坏；当齿轮发出噪声，可能是由于装配不当，也可能是齿形不正确或齿形损坏。滚动轴承有时会出现嘶哑的摩擦声或敲击声，但声音比较轻微，不仔细听，不易分辨，前者说明滚道受伤，后者是某个滚动体已经划伤或碎裂。

试运转中还应注意的是温度，需要测量的温度一般是摩擦部位以及

油温、水温，空气压缩机还要测量出口温度。对重要部位还设有温度计供经常观察之用。

在试运转中，一般滚动轴承的最高温度不应超过 80℃；滑动轴承的最高温度不要超过 70℃。轴承发热的原因有四种情况：第一种情况是滚动轴承内润滑油过多或过少；第二种情况是润滑油不干净；第三种情况是轴承间隙没有调到规定的标准，过紧或过松；第四种情况是轴承装配不当。轴发热的原因主要是轴上档油的油毡垫或密封皮圈太紧，或者是轴承盖与轴的四周间隙不均，盖与轴有摩擦处。其他润滑部位发热，多半是由于润滑油不足或不清洁等原因造成的。

试运转中，有时还发生漏油现象，其原因是：油过多，油毡垫密封不良，减速机无通气孔，转动时产生热量使压力增加油被挤出，或者油毡太薄，压盖压不住。

试运转中，有时遇到设备发生共振现象，这主要是由于设备零件未固定好，或者是联轴器过大以及电磁制动器（抱闸）太紧等原因引起的。

4. 试运转中安全工作

在试运转过程中，人和设备的安全是非常重要的。往往由于忽视运转中的安全工作，以致造成人身或设备事故，因此要认真执行试运转中有关安全工作的规定和注意事项是十分必要的。

(1) 参加试运转的操作和指挥人员，要熟悉设备的性能、运转规程和安全规定，并按要求穿好防护用品。

(2) 试运转过程中，如发现有异常情况应立即停车，认真做好检查处理工作。

(3) 大型设备起动及检查过程中，送电人员要密切配合，不得疏忽大意冒然起动。

(4) 试运转过程中，要有专人指挥，开、关要有信号。试运转人员不要接触设备的转动部位。同时设备转动部位要有安全防护装置。

(5) 参加试运转人员，要坚守岗位，随时观察设备运转情况，及时发现问题，妥善进行处理。

第七章 零、部件的拆卸与装配

第一节 拆卸与装配的一般要求

一、拆卸

(1) 拆卸零、部件前，要仔细了解设备构造图和技术文件的有关规定，要掌握设备的构造、性能以及配合情况、原装配程序等。要周密地确定拆卸方法和顺序。对特殊、复杂、技术要求高的零、部件拆卸时，要制定专门的拆卸方案，并经批准后施行。

(2) 拆卸前，要检查测量出被拆零、部件的装配间隙和必要的相对位置，并作出记录和标记。

(3) 加热装配的零、部件，一般不要拆卸，如必须进行拆卸时，应将按照加热操作的要求，将其加热到规定的温度后，在进行拆卸。

(4) 滚动轴承不宜拆卸，如要拆卸时，要选用正确的工具和拆卸方法。对加热装配到轴颈上的滚动轴承，严禁用火焰直接加热的方法进行拆卸。一般可用热机油浇注并轻敲内套的方法进行拆卸。

(5) 拆卸后的零、部件，要按先后顺序排列放置。拆下的螺栓、螺母、垫圈和销等，应联在一起，防止丢失和错乱。

二、装配

(1) 装配工作的优劣，对产品质量起着决定性的作用，装配不符合要求的设备，要加速零、部件的磨损和早期破损，严重时可能造成事故。所以装配工作是一项十分重要的工作，必须认真对待。

(2) 装配分为部件装配和总装配。前者是将零件结合在一起组成部件，后者是将部件装配成一个整体。

(3) 装配零、部件前，要认真熟悉设备技术文件，了解其性能、结构和装配数据，要全面考虑装配方法和装配程序。

(4) 装配时，先按图纸核对零、部件的规格和数量，并仔细检查与装配有关的外表形状和尺寸精度，符合要求后，方可进行装配。

(5) 装配前, 要将零、部件的结合面清洗干净, 除掉毛刺, 并涂以适量的润滑油脂, 然后按装配顺序进行装配。要防止错装或漏装。每一零、部件在装配过程中作到边装配、边检查, 并及时作好装配记录。

(6) 装配零、部件时, 要选择合适的工具, 不得用铁锤敲打装配件, 如要敲击时, 应垫以衬垫或采用铜锤。当使用千斤顶装配时, 也要垫以衬垫后进行, 防止损坏零、部件及其表面。

(7) 在装配工艺和吊装工艺允许的情况下, 要尽量将零件装配成较大部件, 以利于整体吊装, 减少高空作业。对有特殊要求的设备, 装配过程中, 还要按设计、设备说明书的要求, 检查其防漏、防腐、防爆等, 是否符合规定。

(8) 对装配后不易拆下检查的零、部件, 应在装配前作渗漏和压力试验检查。

第二节 一般拆卸方法

一、击卸

用锤击的方法, 使装配的零件产生位移。这种方法比较简单, 它主要适用于不重要零件的部位, 击卸前, 为减少摩擦, 在连接处加润滑油润滑。但这种方法使用不当, 还可能造成零件的损坏, 因此, 操作时要慎重。

1. 击卸用工具

(1) 锤子 重量 0.5~1 kg, 也有用铜锤、木锤或大锤的。

(2) 冲子 它用钢料作成, 顶部经热处理, 与工件接触的顶部一般用铜、铝等作衬垫, 以保护工件表面不损坏。锤击顶部要作成球形, 使锤击力集中在冲子的中心。接触工件的一端可作成平的。

(3) 垫块 通常用铜、铝或木块作成, 用以保护工件外表面。

2. 轴上零件的拆卸。

拆卸装配在轴上的带轮、齿轮、联轴器和滚动轴承等配件时, 需要支持好套装的配件把轴从配件孔中打出来, 或是将轴固定把套装的配件表面垫上木垫块轻轻打下, 两种方法均可。图 7-1 表示从轴上卸下滚动轴承的方法。具体作法是:

(1) 拆卸时，在轴承内衬套圈面上加力，不得在外套圈施力，否则会损坏轴承。

(2) 用力不宜过大，并且打击的部位应沿着圆周频频移动，使内衬套圈均匀受力。

当拆卸齿轮、联轴器、带轮时，由于这些配件的侧平面的受力面积大，拆卸操作比较方便。但拆卸时，用力也要保持均匀，以防止轴产生变形或被配件卡住。

3. 孔中轴承衬套的拆卸

滚动轴承外套与滑动轴承衬套，都是紧配合。在拆卸时，锤子的打击力落在衬套上，在衬套上必须加垫块，见图 7-2。还可以采用另一种方法，即用圆管冲子，见图 7-3。圆管冲子内径与轴承衬套内径一致，外径比衬套外径约小 0.5 mm。拆卸时，在圆管冲子上也可加放木垫块，避免损坏衬套表面。

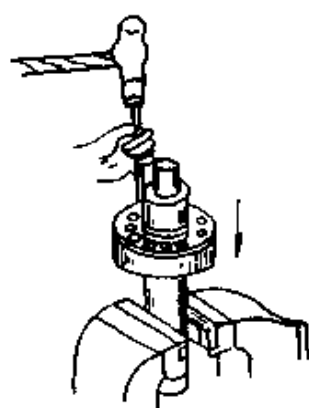


图 7-1 用台虎钳和锤子拆卸轴承（将轴从轴承内孔中打出来）

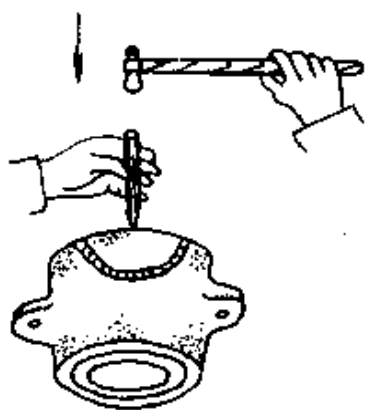


图 7-2 拆卸轴承

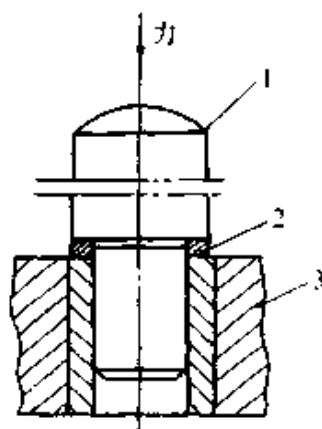


图 7-3 使用圆管形冲子击拆滑动轴承衬套

1—圆管冲子 2—木垫块
3—轴承座

4. 轴瓦盖的拆卸

对于小型瓦盖，拆卸时，可对称、均匀地打入特制的楔铁将其撬开，见图 7-4。较大而重的轴瓦盖，可用链式起重机构挂边棱轻轻拉起，掀拉动作要缓慢，并随时观察操作情况，防止卡阻及掀翻现象的发生。

二、压卸与拉卸

这种拆卸方法优点较多：如加力均匀、用力方向可控制，因而损坏零件的可能性很小。它主要用于拆卸尺寸较大、配合过紧的零件。缺点是要有必要的机械设备，如压床、拉模等。

1. 压卸设备和工具

压卸用的压床种类较多。常用的有：螺旋压床、齿条压床、风动压床和液压压床等。拆卸量小，且零件轻便时，多采用压条式压床，见图 7-5。

压卸小零件，可在平行台虎钳上进行，较大的零件不易用压床时，可利用顶拔器进行，见图 7-6。

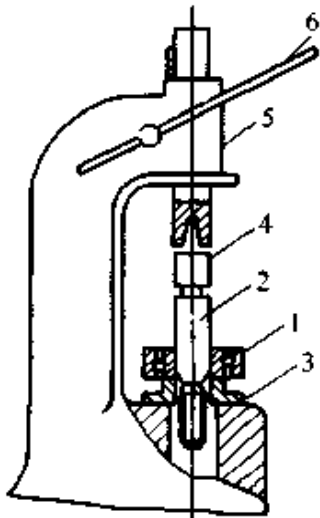


图 7-5 拆卸滚珠轴承用的齿条式压床

1—滚珠轴承 2—轴 3—垫法兰
4—压头 5—压床 6—操作手柄

2. 在部件孔中的压卸

用这种方法进行拆卸，首先要选择好用力的方向和着力点的部位，同时还要加以必要的润滑。但是对于形体受到限制的部位压卸就比较困难。

用螺母和螺杆压卸梢轴的方法，见图 7-7。

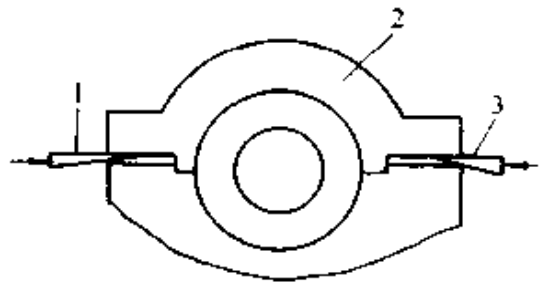


图 7-4 小型轴瓦盖的撬升方法

1—斜铁 2—轴瓦盖 3—楔铁

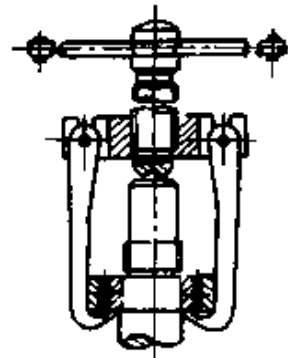


图 7-6 用顶拔器进行零件拆卸

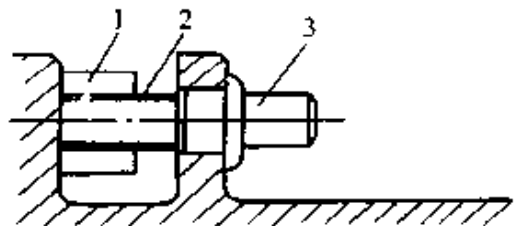


图 7-7 梢轴的压卸

1—螺母 2—螺杆 3—梢轴

三、热、冷拆卸

用加热的方法使配件的孔径增大，用冷却方法使轴径缩小，这样装配件间产生了间隙，不但使拆卸便捷，而且不会产生装配件间产生卡住或零件损伤的现象。这种方法适用于紧配合和尺寸较大的零件。

在实际操作中，加热零件温度不应超过 $100^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ；超过时，由于零件金属组织产生变化并发生变形，精度降低。因而有时采用轴向加力和零件加热的综合方法进行拆卸。图 7-8 表示拆卸轴承就是采用上述方法。它用顶拔器向外拉，同时用热机油（ $90^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ）浇在轴承内圈上。为了不加热轴，将其包上石棉或用硬纸板隔热，这样很容易将轴承拆下。

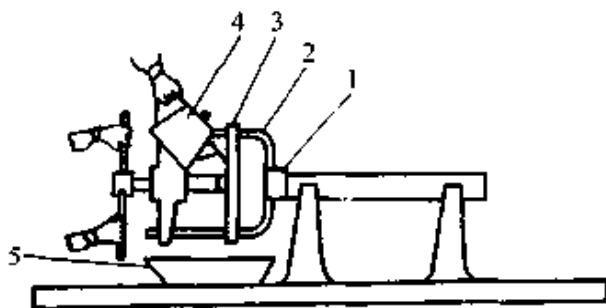


图 7-8 采用加热法拆卸轴承
1—石棉 2—轴承 3—顶拔器
4—油壶 5—油盆

四、键与销钉的拆卸

1. 平键联接的拆卸

轴与轮的配合一般采用过渡配合和动配合，拆下的轮、键如果整体完好可不必更换。如键已损坏，可用油槽铲把键取出来。对于滑键有专供拆卸用的螺纹孔，用合适的螺钉拧入孔中，就可将键取出来。当要拆除配合紧且又要保持完好的键时，可在无螺纹孔的键上钻孔、套螺纹，再用螺钉提取出来。

此外，还可用一些简单工具进行拆卸，如拆卸锥齿轮的联接直键，可制作一个挂勾工具，挂在直键上，这样拆卸就比较容易。见图 7-9。

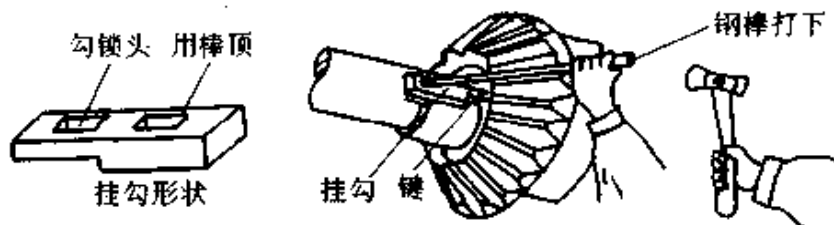


图 7-9 使用拆卸工具卸直键

2. 斜键联接的拆卸

拆卸斜键时，首先要选准打出的方向。打斜键时，冲子要从键较薄的一头向外冲出，如轮子出来应使它向相反的方向移动。在狭窄处拆卸钩头斜键时，可用杠杆或钩子（图 7-10）或螺杆拉卸工具拉出来；如

无钩头时，只能在键的端面开螺纹孔，拧上螺杆拉出来。

3. 销钉的拆卸

拆卸时，可用冲子将销钉冲出（锥度销钉要冲在小头），冲子的直径应比销钉直径小一些，操作时要冲击有力。如销钉弯曲，冲不出时，可用钻头去掉销钉，钻头直径要比销钉直径小一些，防止损伤孔壁。

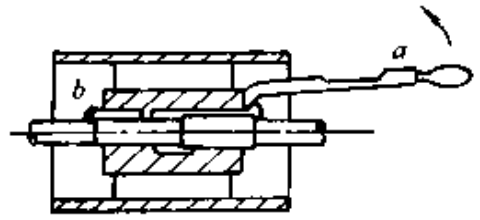


图 7-10 钩头键的拆卸

圆柱形定位销拆除时，可用尖嘴钳将其拔出。

五、螺纹连接的拆卸

一般螺纹的拆卸比较容易，只要用扳手拧松就可拆卸掉。但对生锈腐蚀的螺纹连接的拆卸则比较麻烦。下面介绍几种拆卸方法：

(1) 用煤油浸润 将联接件放在煤油中或用布头浸上煤油包在零件的螺钉头或螺母上，使煤油渗入连接处，一方面可松软铁锈，另一方面起润滑作用，这样便于拆卸。

(2) 用锤子敲击螺钉头或螺母，使其受振动而松懈，以便于卸下螺钉。

(3) 把螺扣反复地拧松紧，达到逐步压挤锈层缓慢拆下的目的。

(4) 拆卸扭断螺钉的方法：

1) 如螺钉有一部分在孔外，可在其顶面锯出槽口，用一字（或十字）旋具拧动；或将螺钉的两侧锉平，用扳手转动。对于淬火的螺钉，可在上面焊一根粗电焊条，弯曲后进行拧动，见图 7-11a)，或焊一螺母，见图 7-11b)。

2) 断在孔中的螺钉，可在螺钉上钻孔，并插入取钉器，见图 7-11c)、d)，取出来。取钉器可以是个淬过火的圆锥形钢

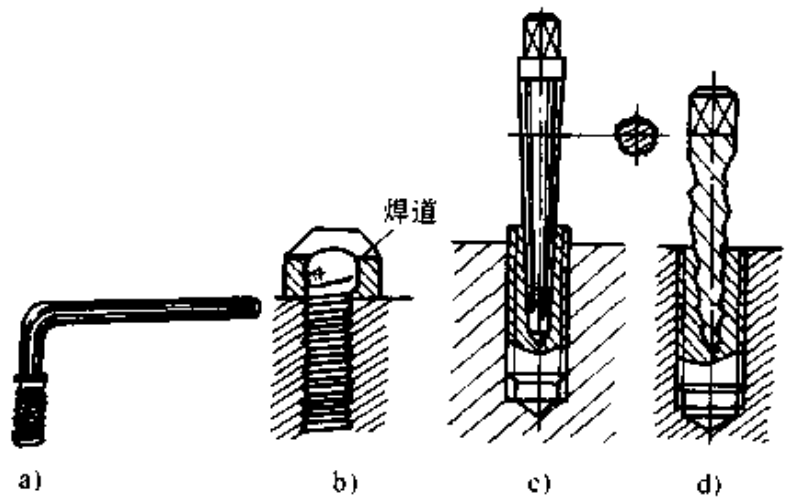


图 7-11 断螺钉的拆卸

a) 焊上焊条弯曲后拧动 b) 焊上螺母后拧动
c)、d) 使用取钉器

杆，上面开有直齿的槽或开有螺旋槽，它的齿锋插入孔内，使螺钉旋转而取出。

3) 对于一些过盈配合的联接螺纹的拆卸，可将带有内螺纹的零件加热，使其直径扩大而取出。

六、可调整的轴承拆卸

锥体轴承和对开轴承，见图 7-12。除了一些是螺纹联接和销钉定位外，都属活动联接，拆卸是比较方便的。但拆卸前要认真考虑拆卸的次序和程度。如拆卸是为检查轴承表面情况，并加以清洗和处理，这时可不拆轴承外壳和内衬，减少装配时校准中心这道工序，使装配工作顺利进行。

七、拆卸注意点

(1) 拆卸前，应对部件结构情况了解清楚，给拆卸后的装配创造便利条件。

(2) 一般拆卸应按装配的相反顺序进行。

(3) 拆卸时使用的工具要符合要求，对零件不会造成损伤。

(4) 拆卸时，要弄清楚零件的回松方向、厚薄端及大小头的情况，防止误操作。

(5) 拆下的零部件，应按次序、有规则的放好；对精密零件应妥善保管。

(6) 拆卸过程中，要注意安全，使用的拆卸工具应牢固可靠，操作要正确，对较大部件要有防护措施，防止倾覆，以免发生事故。

(7) 可不卸或拆后会降低装配质量的零、部件，尽量不拆。对于有标记不准拆的部位，要严格执行技术文件的规定。

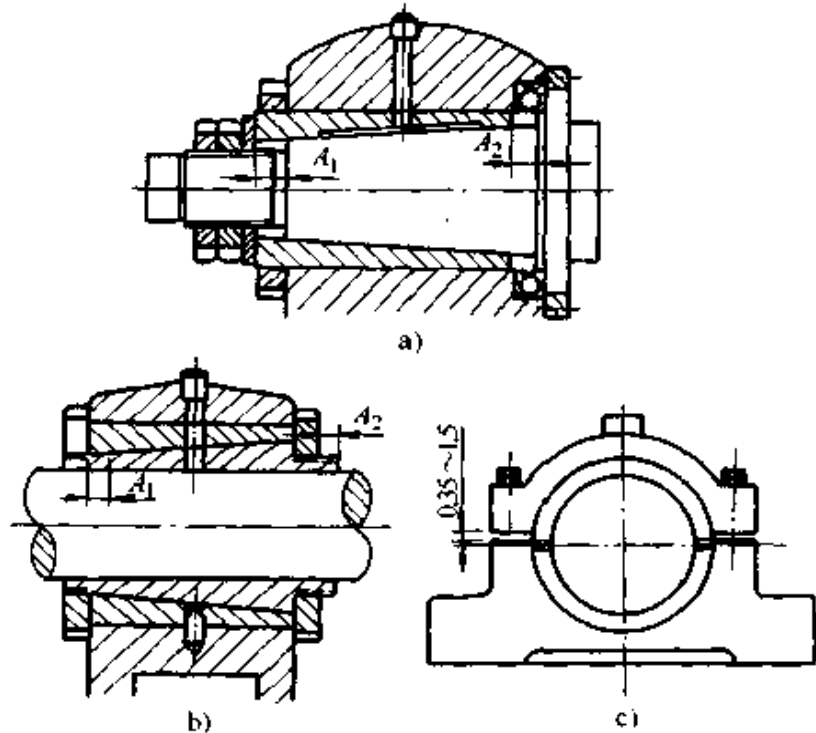


图 7-12 可以调整的轴承

a) 锥体滚动轴承 b) 锥体滑动轴承

c) 对开轴承

第三节 轴承装配

一、滑动轴承

轴承是支承轴用的零件，对于轴承的选择、安装及维护的好坏直接关系到机械设备的性能、寿命的长短。

轴承体多为铸铁制成，轴套和轴瓦用青铜、黄铜或浇有轴承合金的衬套制成。这几种材料各有优缺点，但从油润滑来看，轴承合金比青铜好些，青铜又比黄铜好些。此外，还有含油轴承，它是一种多孔性自动润滑轴承，轴承材料可以是木质、塑料和金属合金。由于轴承材质为多孔性，故承载能力低，仅在轻负荷下使用。

滑动轴承的优点是结构简单，制造简便，工作中准确度较高，并能承受重载、冲击和振动的荷载，而且便于检修。它的缺点是摩擦阻力较大，效率较低，润滑油耗量也大。当转速和荷载变化过大时，很难形成最好的承载油膜，以致工作状态不良。但由于这种轴承优点比较多，所以应用还很广泛。

滑动轴承按润滑情况可分为不完全润滑轴承、液体静压轴承和液体动压轴承三种。前一种的轴颈与轴承工作表面间的润滑油不能把两表面完全隔开，轴颈与轴承表面仍有直接接触之处。这种轴承结构简单，精度要求不高，摩擦系数大，磨损严重，多用于铸、锻和起重运输机械上。后两种都是液体润滑轴承，它们的轴颈与轴承工作表面被一层油膜完全隔开，这时两摩擦表面的相对运动阻力完全由润滑油的内摩擦力来决定。这种轴承摩擦系数较小，磨损较轻，精度要求高。液体静压轴承是在轴颈和轴承的接触面上加上若干个有一定压力的油垫（膜），并采取一定的平衡措施，从而使轴颈绕轴心转动，这时轴颈和轴承的相对运动完全处于液体摩擦状态。液体动压轴承是利用液体动压力原理来实现液体摩擦的。

1. 滑动轴承工作原理

液体动压轴承的工作原理可用下面事实来说明：设有两块板，板Ⅱ固定不动，板Ⅰ以滑动速度 V 相对于板Ⅱ移动。两板之间充满润滑油。见图 7-13。

板Ⅰ运动时，将润滑油从楔形间隙的大口带向小口，相对于滑动速

度的方向而言，间隙构成收敛楔形，即沿着运动方向，间隙逐渐变窄。此时，油层与板 II 接触部分的速度和板 II 相等，即 $V_{II} = 0$ ；油层与板 I 接触部分的速度和板 I 相等，即 $V_I = V$ 。设两板之间的油层速度按三角形变化，

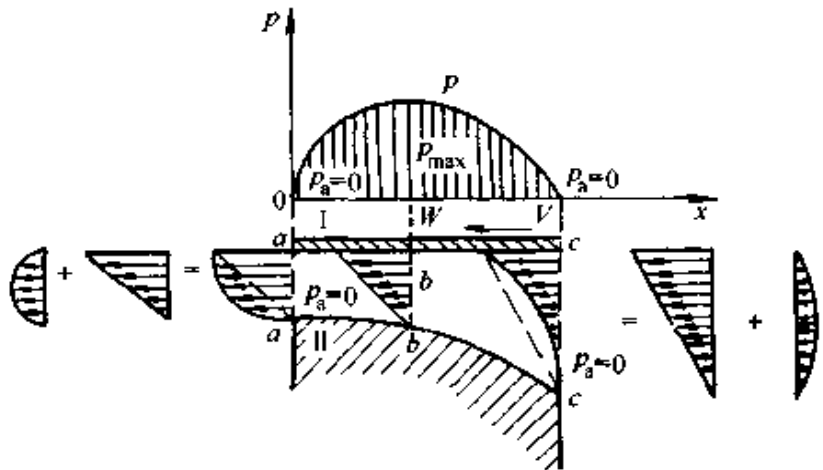


图 7-13 油膜承载原理

由于截面 $a-a$ 和 $b-b$ 的三角形不等，势必造成通过截面 $b-b$ 的流入流量将大于通过截面 $a-a$ 的流出流量，从而破坏流量守恒原则。这样，被挤入楔形间隙内的润滑油越积越多，就使油膜中间建立起压力。由于有了这个压力，产生了压力流动来调整各截面上的流速，以保持各截面上流量守恒原则，正是由于这个压力的存在，使油膜具有承受荷载的能力。

由此可见，当轴颈和轴承工作表面之间具有适当的间隙，轴颈有足够的转速和供油量，而润滑油又具有一定的粘度，那么当轴颈转动时，轴颈带着润滑油向楔形间隙挤入，充填在楔形间隙内的润滑油将产生足够的压力，形成油垫（油膜）使轴颈和轴承的工作表面隔开，形成液体摩擦，从而起到减摩和缓和冲击的作用。

轴颈在轴承中转动，润滑油在轴颈和轴承的楔形间隙中形成油膜。油膜上的压力是随着油楔的厚度减小而增加，它的分布情况，见图 7-14。

在安装轴承时，所以要刮瓦、调整间隙，就是为了在运转中能够获得一个完整而不被破坏的油楔。

2. 轴承座的安装

轴瓦与轴套安在轴承座内，轴承座有的是用螺栓固定在机体上，有的和机体连成整体。后一种情况，当机体安好后，轴承座也一同安装好了。如轴承座不正确，就要进行调整，对固定在机体上的轴

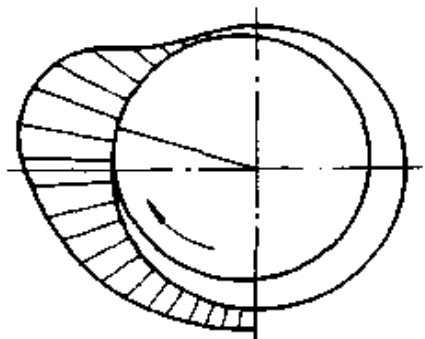


图 7-14 油楔压力分布情况

承座，要进行安装找正。

安装轴承座时，要把轴瓦和轴套装在轴承座上，并按衬套或轴瓦的中心进行找正。同一传动轴的所有轴承的中心要在一条直线上，即使各传动轴间是以联轴器相连并非一整根轴，但仍属于同一传动中心。

轴承座在安装时，可用平尺或挂线的方法来找正它们的位置。

用平尺找正时，见图 7-15，将平尺放在轴承座上，与轴瓦口对齐，然后用塞尺检查平尺与轴承座之间是否有间隙，根据间隙就可判断它们的中心是否在一条直线上，如有不正，则把它们调整到一条中心线上。

如轴颈是相等的，那就不论平尺是靠在瓦口上，或是放在轴承座上，只要轴承在一条中心线上，它们之间不应有间隙，如其中有个轴颈大一点的轴承，那它与平尺之间就有间隙。但是只要它的中心与其他的轴承中心在一条线上，这时不论平尺放在什么位置，它与平尺间的间隙是一个不变的常数。

用挂线法找正时，见图 7-16，先拉上一根直径为 0.25~0.5 mm 的钢丝，并使钢丝与两端的两个轴承座的中心完全重合，再以钢丝为准，移动中间的其他轴承座，直至把它们调到一条中心线上为止。测量时，应考虑钢丝的下垂度。

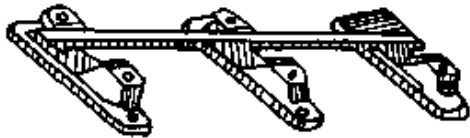


图 7-15 平尺找正轴承座



图 7-16 挂线法找正轴承座

找正时，可用内径千分尺或内卡钳测量。只要各轴承在一条中心线上，对其中的任何一个轴承来说，轴瓦内圆表面上的任何一点到钢丝的垂直距离都是相等的（锥形轴颈除外）。如有哪一个轴承测量出来的距离不等，那就说明该轴承还不同心，应将它向减少距离的那个方向移动，直到距离相等为止。

3. 轴套

装配前要注意轴承和轴承体的配合过盈量是否符合图纸规定的要求。并将配合面的毛刺或锈垢用刮刀或油石打磨光。装配前先将轴套表面涂一层薄薄的润滑油，以减少摩擦阻力，使易于装入轴承体内。轴套在装配时的压入速度不宜过快，以便于导正，不致压扁。如装配时无压

力机时，可使用大锤敲打，但必须使用导向心轴，见图 7-17。导向心轴与轴套及轴承体的孔眼均为间隙配合。装配时在轴套的端部垫以软质金属板，既可保证装配质量，又不会打坏轴套。对某些厚度很薄而又较长的轴套，如用冷装配法，轴套往往因受不了装配的压力，会造成变形或压坏，因此，要采用加热轴承体或冷却轴套的方法。一般轴承体较大，加热困难，所以大都采用冷却轴承的方法。

轴套装配完后，为了防止轴套发生滑动，还需加上螺钉（止动螺钉），螺钉的两旁用冲子打出两个小眼，以防其在运转时松脱，见图 7-18。

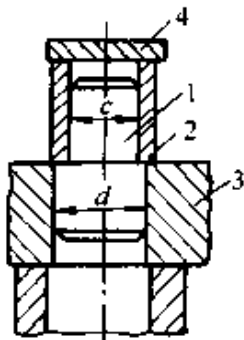


图 7-17 导向心轴

1—导向心轴 2—轴套 3—轴承体
4—垫板（铜板或铅板）

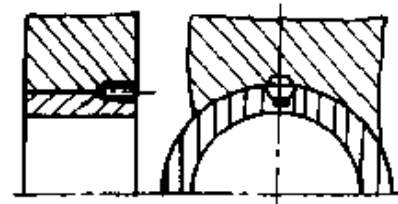


图 7-18 止动螺丝

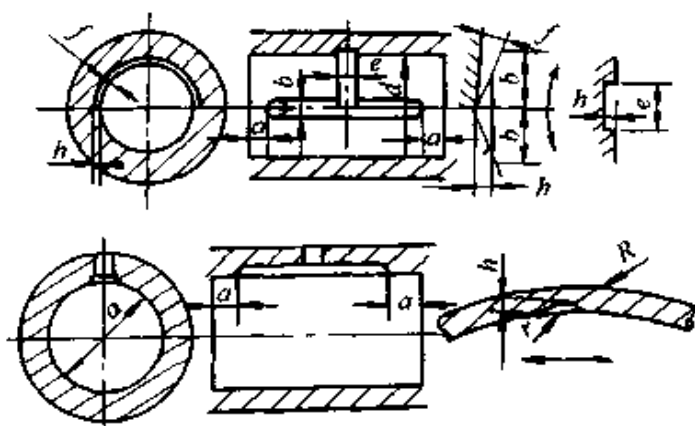
轴套装配完毕最后进行研刮，使轴套与轴颈之间的间隙，以及接触弧面和单位面积内的接触点数符合设备技术文件的规定，如无规定，可参照表 7-1 和表 7-2。

表 7-1 尼龙轴承与轴的间隙值

(mm)

轴承公称内径	轴套外径 过盈量	装合前套与 轴的间隙	装合后套与 轴的间隙	备 注
<30	0.08~0.12	0.4~0.48	0.30~0.33	轴承制造要求： 1. 壁厚为轴颈的 10% 左右 2. 长度为轴颈的 1~1.5 倍 3. 表面精度为 $\sqrt{3}$ ~ $\sqrt{4}$
30~50	0.10~0.18	0.4~0.70	0.30~0.35	
50~80	0.15~0.24	0.65~1.00	0.48~0.75	
80~100	0.20~0.25	0.92~1.15	0.72~0.90	
100~150	0.20~0.30	1.00~1.5	0.80~1.20	
150~200	0.27~0.36	1.35~1.85	1.10~1.50	
200~300	0.30~0.40	1.65~2.25	1.30~1.90	
>300	0.33~0.5	1.82~2.50	1.50~2.00	

表 7-2 润滑油槽的尺寸



轴套直径 d/mm	油 槽 尺 寸						
	h	b	r	R	e	f	a
至 60	1.5	7	3	9	6	1.5	5
60~80	2.0	8	4	12	8	2.0	6
80~90	2.5	10	5	15	10	2.0	8
90~110	3.0	13	6	18	12	2.5	8
110~140	3.5	16	7	21	14	2.5	10
140~180	4.0	20	8	24	16	3.0	12
180~260	5.0	30	10	30	20	3.0	15
260~380	6.0	40	12	36	24	4.0	20
380~500	8.0	50	16	48	32	4.0	25

含油轴套装入轴承座时，轴承端部应均受力，并不得敲打轴套，轴套与轴颈的间隙一般应为轴直径的 0.7‰~2‰。装配尼龙轴承应先调整或研配好间隙，一般采用经加工后的铸铁棒，同金刚砂、玻璃粉与机油混合的研磨剂进行研磨。尼龙轴承与轴的间隙可参照表 7-1。

4. 轴瓦与轴承座的装配

把上下两轴瓦合并以后，两端接触面应严密，而且在轴瓦的接合面上应该有稳钉，用以防止上下两瓦合并后错位。

轴瓦与轴承座的配合应恰当，轴瓦的直径不要过大，如将直径过大的轴瓦，勉强压入轴承座内，会使轴瓦产生变形。轴瓦相差过大时，要加工修整。轴瓦的直径也不能过小，过小时在设备运转中会在轴承座内

发生颤动，对设备危害很大，这种情况要进行处理，通常可用补焊法或更换新瓦，但不允许加垫片。

轴瓦的翻边或直口与轴承座之间要配合好，不应有轴向间隙，这样可避免轴瓦在轴承座内产生轴向窜动。轴瓦与轴承座接触面不要有翘角，接触要均匀。

乌金瓦的浇铸层应与轴瓦紧密结合在一起。装配时，可轻轻敲打瓦面，从声音判断是否结合得严密。

装配油圈式（油环式）轴承时，要注意装配的顺序。如轴端有联轴器，而油圈又是整体的钢环（或铜环），这时要先装油环，后装联轴器。装配的油圈应圆而光滑，不能有毛刺，其重量应均衡。油圈在轴瓦缝内要有 2~4 mm 的间隙，以保证自由活动。油圈装配后要检查一下在 25° 的摆动范围内，不要与轴承座内的其他零件相接触。油圈式轴承所注入的润滑油量不能过多或过少，一般油圈浸入油内深度以油圈直径的 1/4~1/6 为宜。

5. 开油槽的要点

(1) 下轴瓦受力部分不能开油槽，并尽量避免开轴向油槽，以免使油膜受到破坏，或因轴向油槽促使轴颈与轴衬发生金属摩擦。

(2) 轴瓦内的油槽不能直通轴瓦外边，否则润滑油就会沿油槽外流，因而减少了润滑的油量，降低了润滑效果，见图 7-19。

(3) 在上下轴瓦的接合处要开出一凹槽，称为垃圾槽，见图 7-20，以供清除油垢。

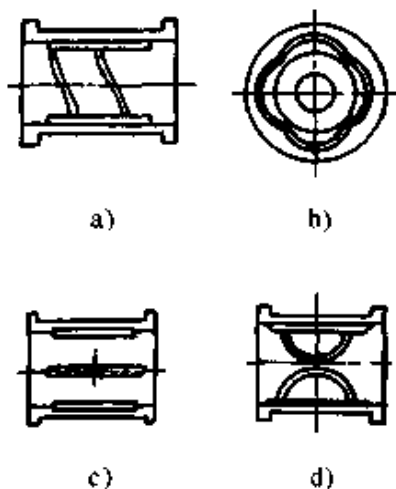


图 7-19 轴瓦内的油槽

a) 螺纹形 b) 曲线形 c) 直线形 d) “8”字形

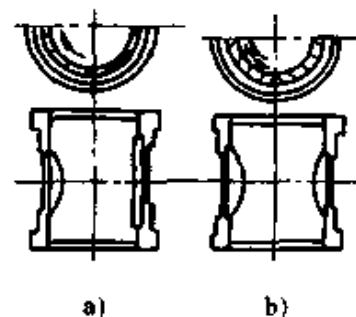


图 7-20 轴瓦侧的垃圾槽

a) 用于一个转向

b) 用于两个转向

(4) 轴承的进油孔，一般应开在轴颈转动方向的前方，见图 7-21。

(5) 轴长的轴套，润滑油供给较困难，可开成螺旋式（或 S 形）的油槽，见图 7-22。

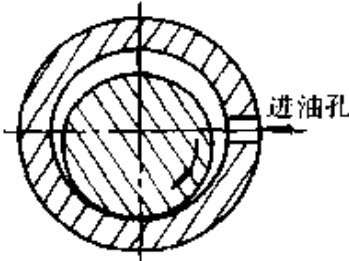


图 7-21 进油孔的位置

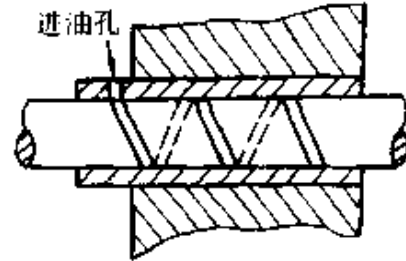


图 7-22 轴套的螺旋形油槽

(6) 油槽尺寸如开得太宽，就会影响轴承的承压面积，如开得太窄，就会影响供油量。

6. 轴瓦的刮研

轴瓦是直接支承轴的。当轴在轴瓦内转动时，由于摩擦力的原因，必然产生热量。如轴与瓦接触面不好，接触集中在某几个小点或某一小块面积上，这样就会破坏了油膜，该处受压所产生的摩擦力要比接触均匀的地方大得多，因而运转时，发出的热量就大，轴承温度必然升高。相反，如轴与轴瓦接触面良好，各处受力均匀，摩擦面油膜完整，运转时，虽产生热量，但热量较小，而且均布在整个轴承上，也容易散发，因此，轴承不会产生高热。为了保证轴与轴瓦接触良好，对轴瓦要作细致的刮研。

轴瓦刮研前，应先检查瓦背与轴承体的接触面积。对轴瓦与轴承体的接触面虽要求不高，但接触也要均匀。一般下轴瓦与轴承座的接触面积不得小于整个面积的 50%，上轴瓦与轴承盖的接触面积不得小于整个面积的 40%，必要时还需进行刮研。因为接触面过小，将使轴瓦所受单位面积压力增加，从而加速轴瓦的磨损，甚至导致整个轴瓦破坏。

刮研轴瓦，一般应先刮下瓦（因下瓦是受压的），后刮上瓦。刮瓦要在设备精平以后进行。刮瓦时，应将轴上齿轮、皮带轮等所有的部件装上。首先在轴颈上涂一层薄薄的红铅油，然后盘动轴，使轴在轴瓦内正、反各转一周，使瓦与轴颈摩擦后，将轴吊起，结果在瓦面上较高的地方就会出现色斑，然后就用刮刀刮去较高的地方。在刮削时，每刮一遍应改变一次方向，使刮痕之间成 $60^\circ \sim 90^\circ$ 交角。这样继续数次，接触

点逐渐增加，最后色斑均匀分布，达到规定的标准为止。一般下瓦与轴成 $60^\circ \sim 90^\circ$ 的接触角，见图 7-23。

在此范围内，接触点应该中间密，两面逐渐变疏，不应使接触面与非接触面间有明显的界限。接触角还不能过大或过小，当角度过



图 7-23 轴瓦接触角

大时，会影响润滑油膜的形成，因而得不到良好的润滑，轴瓦会很快磨损，若角度过小，则增加轴瓦的压强，这样也会加快轴瓦的磨损。一般高速轻载轴承的接触角取 60° ，低速重载轴承的接触角取 90° 为宜。在刮研下瓦的同时，还要找正轴的水平度。轴瓦上的接触点数见表 7-3。

表 7-3 轴瓦上的接触点数

轴承的转速 / (r/min)	接触点数 / 平方英寸或 25mm × 25mm 面积上的点数
< 100	3 ~ 5
100 ~ 500	10 ~ 15
500 ~ 1000	15 ~ 20
1000 ~ 2000	20 ~ 25
> 2000	25 以上

注：I、II 级精度的机械（如高速透平鼓风机、等）可按表中数值采用；

III 级精度的机械（如轧钢机等）则按表内数字减半。

上瓦的刮研法与下瓦相同，在瓦上着色时，一定要装上轴，将轴承盖用螺丝紧固好，并撤掉瓦口上的垫片，保证上瓦能够很好的与轴颈接触。

刮研轴瓦时应注意点：

- (1) 在下瓦口接触角之外，应刮出相当间隙，以便形成楔形油膜。
- (2) 不许用砂布擦瓦面，砂布的砂子容易脱落，并且易附在瓦面上，在运转中将对轴和瓦造成损伤。
- (3) 同一传动轴的轴瓦由几个人来刮研时，要互相紧密配合，以免刮得轻重不一，产生误差。

(4) 从瓦座上吊起传动轴时，注意不要碰伤瓦口。

7. 间隙的检查

滑动轴承的间隙有两种，一种是径向间隙（顶间隙和侧间隙），另

一种是轴向间隙，见图 7-24。

径向间隙主要作用是积聚和冷却润滑油，以利形成油膜，保持液体摩擦。轴向间隙的作用是为了在运转中，当轴受温度变化而发生膨胀时，轴有自由伸长的余地。

径向间隙：在一般情况下，顶间隙为 $0.001 \sim 0.002d$ (d 为轴径)，侧间隙为顶间隙的一半，在水平面上越往下越小。轴向间隙：在固定端 $\delta_1 + \delta_2 \leq 0.2 \text{ mm}$ ，见图 7-24，在自由端不小于轴受热膨胀时的伸长量。

间隙的检查有两种方法，一是压铅检查法，一是塞尺检查法。

压铅法：这种方法比塞尺检查法准确，但比较费时间。测量时，先打开承轴盖，用直径为 $1.5 \sim 2$ 倍顶间隙而长度为 $10 \sim 40 \text{ mm}$ 的软铅丝或软铅条（一般加热到 140°C 后放入水中淬火即可变得更软），分别放在轴颈和轴瓦的接触面上，因轴颈表面光滑，铅丝易滑落，可用干油粘上它。然后放上轴承盖，对称而均匀地拧紧螺钉，再用塞尺检查轴瓦结合面间的间隙是否均匀相等。最后打开轴承盖，用千分尺量出已被压扁的软铅丝的厚度，就可用下面的公式计算出轴承顶间隙的平均值，见图 7-25。

$$\delta = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} - \frac{a_1 + a_2 + a_3 + c_1 + c_2 + c_3}{6}$$

式中 δ ——轴承平均顶间隙 (mm)；

b_1, b_2, b_3 ——轴颈铅丝压扁后的厚度 (mm)；

$a_1, a_2, a_3, c_1, c_2, c_3$ ——轴瓦结合面各段铅丝压扁后的厚度 (mm)。

铅丝的数量可根据轴承的大小来决定。如实际测得的顶间隙小于规

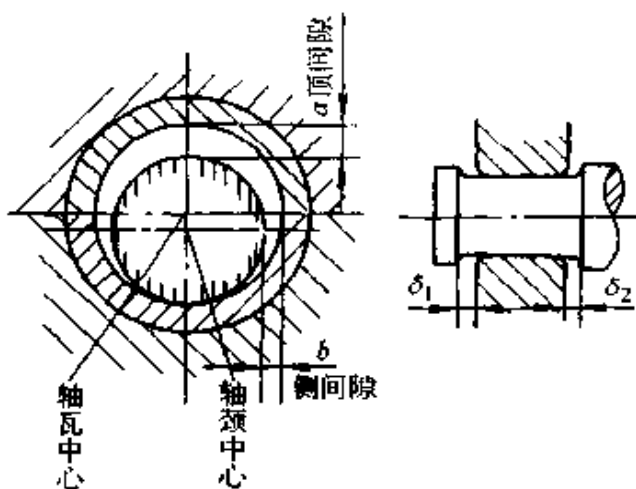


图 7-24 滑动轴承间隙

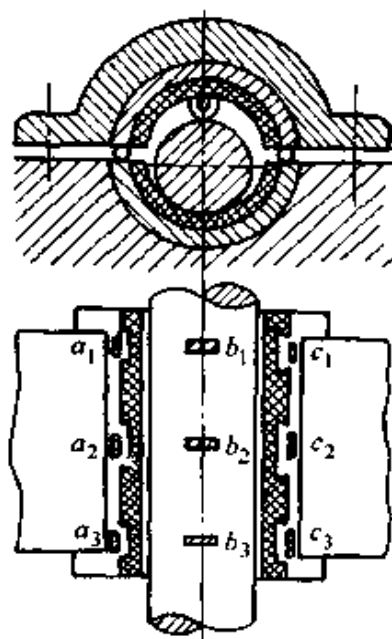


图 7-25 压铅法

定数值时，应在上下瓦接触面间加垫片。若实际间隙大于规定的数值时，则应减去垫片或刮削接触面来进行调整。

塞尺检查法：用于检查轴颈较大的间隙，用宽度较窄的塞尺直接塞入间隙里，可以测量出轴承间隙数值。对于直径小的轴承，因间隙小测出的误差大，所以最好不用。轴承直径不论大或小，用塞尺测出的间隙，总是小于实际间隙。

检查轴向间隙时，将轴推移到轴承一端的极限位置，然后用千分表或塞尺测量。一般在装配时，要保证轴向间隙在 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 的范围内，当达不到标准时，可以修刮轴瓦端面或调整止推螺钉。

8. 轴承合金的浇铸

轴承合金是专门制造轴瓦的一种合金，它是由锡 (Sn)、锑 (Sb)、铅 (Pb)、铜 (Cu) 等成分组成的合金。由于它具有低的熔点、低的硬度和高的减磨性，因此，广泛用于浇铸滑动轴承的轴瓦。轴承合金浇铸方法和步骤如下：

(1) 清理轴瓦

轴瓦表面是否清洁，对合金与轴瓦的粘合质量有很大影响，因此，在浇铸前，应做好轴瓦的清理工作。轴瓦上的氧化皮、污垢可用砂纸、钢丝刷或用喷砂方法除去，轴瓦上有油污时，可把轴瓦放到锅内加热至 $300 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，用麻刷蘸氯化锌溶液擦洗，或把轴瓦放入 $80 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的苛性钠（或苛性钾）溶液中冲洗 $5 \text{ min} \sim 10 \text{ min}$ ，然后再放到 $10\% \sim 15\%$ 稀硫酸或稀盐酸溶液中进行 $5 \text{ min} \sim 10 \text{ min}$ 酸洗，经酸洗后再放入热水中冲洗，再用冷水冲洗后烘干。

(2) 镀锡

经清洗后的轴瓦，镀上一层锡以便在浇铸轴承合金时轴瓦能与合金粘合牢固。

1) 镀锡前的准备工作 镀锡前先将轴瓦的非浇铸面涂上一层保护膜，即涂以 40% 的白垩粉、 40% 水玻璃、 20% 水的混合物，并予以烘干。然后在轴瓦上镀锡表面涂上一层助熔剂，以使锡和轴瓦得到更好的结合。常用的助熔剂为 50% 氧化锌和 50% 氯化铵所制成的饱和溶液。

2) 锡锅加热 将锡锅加热到 $420 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并每隔 1 h 左右在锡熔液面上撒一层氯化铵来脱氧，以保证锡溶液的纯净，同时要保证锡的含量在 99.5% 以上，一般用 2 号或 3 号锡。

3) 镀锡法 镀锡操作因时间长, 容易氧化, 影响镀锡质量。镀锡方法常用有两种。一种叫涂擦法, 对于大型轴瓦, 先将轴瓦预热至 $260\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, 用电热炉或喷灯加热, 然后在镀锡表面涂一层助溶剂, 再用锡条在轴瓦上擦拭或撒一层锡粉, 接着用麻刷或木片将锡布匀。第二种叫浸锡法; 对于小型轴瓦, 先将轴瓦预热至 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, 浸入助溶剂槽里, 取出烘干后再浸入一次, 然后取出再预热至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 再浸入锡锅里镀锡, 在锡锅内约 $0.5 \sim 2\text{ min}$ (如较大的轴瓦, 时间可略长一点), 等轴瓦热匀, 镀好锡再取出来。

轴瓦经镀锡后, 应检查所有镀锡层是否薄而均匀。

(3) 浇铸

轴瓦镀锡以后, 应立即浇铸轴承合金。浇铸有离心机械浇铸和手工浇铸。

手工浇铸主要用于轴瓦直径大、生产批量小的场合。浇铸前先把胎具放到平台上, 再经预热至 $250\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。为了取芯方便, 可在芯棒表面涂一层石墨粉或镀一层铬, 然后把芯棒放入胎具内, 并安放镀过锡的轴瓦。为了防止轴承合金在浇铸时漏出, 可用含粘土 65%、食盐 17%、水 18% 的涂料来密封。当准备工作完成以后, 立即将已熔化的轴承合金 (温度保持在 $470\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 510\text{ }^{\circ}\text{C}$) 倒入已预热至 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的铁勺内进行浇铸。此时合金熔液先流入芯棒的凹槽内, 待凹槽充满合金熔液后, 就沿芯棒的外表面均匀地注入胎内, 再徐徐平稳上升, 使空气排出, 非金属杂物浮出液面。这种方法, 既简单又能保证质量, 因此广为采用。

二、滚动轴承

滚动轴承是各种传动设备普遍使用的支承装置。它是由内外圈、滚动体和隔离罩等元件组成。工作时滚动体在内外圈的滚道上滚动, 形成滚动摩擦。滚动轴承具有摩擦小、效率高、轴向尺寸小、拆装方便等优点, 是机械传动装置或动力设备不可缺少的重要部件。

1. 滚动轴承的结构和类型

按照滚动轴承滚动体的形状不同, 可分为滚珠轴承、滚子轴承和滚针轴承等; 按承受载荷的方向可分为深沟球轴承、角接触球轴承、推力球轴承等。深沟球轴承主要用于承受径向载荷; 角接触球轴承主要用于同时承受径向和轴向载荷; 推力球轴承主要用于承受轴向载荷, 见图

7-26。

2. 滚动轴承的清洗和检查

滚动轴承属比较精密的零件，因此，要细致地进行清洗、检查、拆卸、安装和间隙调整等操作。

清洗前，先将轴承中润滑油或防锈油除掉，涂有防锈油脂的轴承可用机油加热后冲洗，油温不应超过 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，然后再用煤油或汽油清洗干净，经擦拭后用白布包好。

在清洗过程中，要检查滚动轴承内外圈、滚动体、隔离罩等，是否生锈、碰伤或损坏，轴承转动是否灵活，有无卡住现象。轴承间隙是否合适，轴承内外圈与轴肩是否紧密相切等。再用千分尺检查轴承各部尺寸是否符合要求，同时还要检查轴肩和轴承座的端面跳动量。

3. 滚动轴承的配合

滚动轴承的内圈与轴的配合为基孔制，轴承外圈与轴承座孔的配合为基轴制。配合的松紧程度，由轴承座孔和轴的尺寸公差来调整。

滚动轴承配合种类的选择，应考虑载荷大小、方向和性质、转速高低、轴承的工作温度和拆卸是否方便等因素。滚动轴承内外圈的配合，当荷载方向不变，转动的内圈应比固定的外圈紧些，一般情况下，内圈随轴一起转动，而外圈不动，所以内圈用较紧的过渡配合，而外圈用较松的过渡配合；考虑荷载性质，荷载越大，转速越高，并有振动和冲击时，应采用较紧的过渡配合；当轴承转动精度要求较高时，也应采用较紧的过渡配合，以借助于过盈量来减少轴承的原始游隙；当轴承作游动支承时，外圈与轴承座孔应取较松的过渡配合；轴承与空心轴的配合应采用较紧的过渡配合，以免轴的收缩使轴承松动，对于经常装拆或因使用寿命常更换的轴承，可采用较松的过渡配合，以利拆装和更换。

4. 滚动轴承的装配

装配前，应检查与轴承相配合的零件，是否有凹陷、毛刺、锈蚀、污垢等缺陷。轴承经清洗后，擦净并涂一层薄油后，方可进行装配。它的装配方法是根据轴承的结构、尺寸大小和配合性质而确定的。装配时

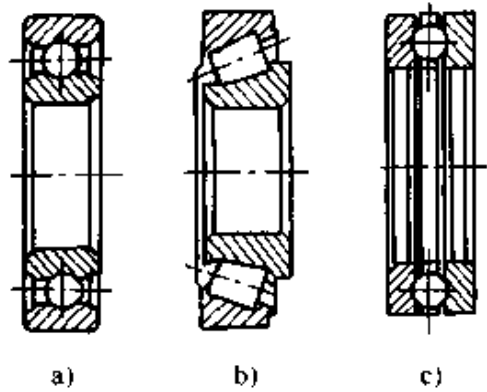


图 7-26 滚动轴承

a) 深沟球轴承 b) 角接触球轴承

c) 推力球轴承

的压力应加在待配合的内外圈端面上，不能通过滚动体传递压力。

(1) 深沟球轴承的装配 当轴承内圈与轴颈配合较紧，外圈与轴承座孔配合较松时，在装配时先将轴承装在轴上，压装时在轴承内圈端部垫上铜环或低碳钢的装配套，见图 7-27a)，然后把轴承与轴一起装入轴

座孔内。当轴承外圈与轴承座孔配合较紧，内圈与轴颈配合较松时，可将轴承先压入轴承座孔内，这时装配套筒的外径应略小于轴承座孔

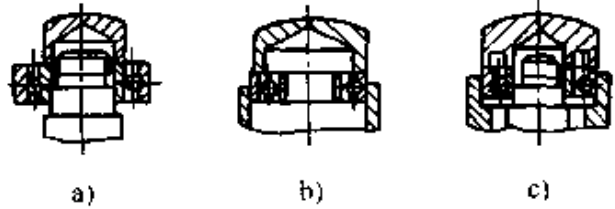


图 7-27 用压力方法安装深沟球轴承

的直径，见图 7-27b)。当轴承内圈与轴颈、轴承外圈与轴承座孔都是较紧配合时，装配套的端面应作成同时压紧轴承内外圈端面的圆环形，其内径应略大于轴颈的尺寸，见图 7-27c)，并使压力同时传到内外圈上，把轴承压入轴颈和轴承开孔之中。

滚动轴承装配时应注意滚动轴承上标有代号的端面应装在可见部位，以便于更换时辨认。轴颈或轴承座孔台肩处的圆弧半径应小于轴承内圈的圆弧半径。轴承装配在轴上和轴承座孔中后，应没有歪斜或卡住现象。为了保证滚动轴承工作时有一定的热胀余地，在同轴的两个轴承中，要有一个轴承的外圈或内圈可以在热胀时产生轴向移动，装配后轴承运转灵活、无噪声、工作温升不超过 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 角接触球轴承的装配。对于角接触球轴承，因内外圈可以分离，可分别把内圈装在轴颈上，外圈装在轴承座孔中，当过盈量较小时，可用锤子敲击；当过盈量较大时，可用机械压入，过盈量过大时，用温差法装配，即将轴承放入油液中加热 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后进行装配。

(3) 推力球轴承的装配。推力球轴承装配时，应区分紧环与松环，松环的内孔尺寸比紧环内孔尺寸大，装配时一定要使紧环靠在转动零件的平面上，松环靠在静止零件的平面上，见图 7-28。否则会使滚动体丧失作用，同时也会加速配合零件的磨损。

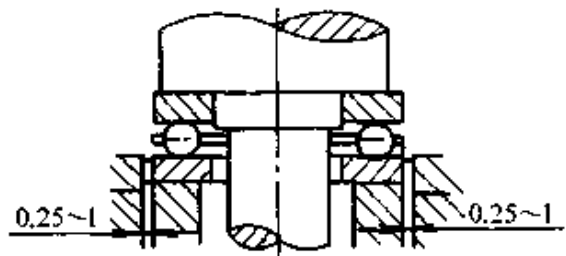


图 7-28 止推球轴承活套与机座间的装配间隙

5. 滚动轴承的间隙

滚动轴承的间隙也分径向和轴向

两种，见图 7-29。间隙的作用是保证滚动体的正常运转、润滑以及热膨胀的补偿量。滚动轴承间隙的正确与否，直接影响轴承的工作和寿命，也会影响到设备的运转。因此，间隙的调整是非常必要的。

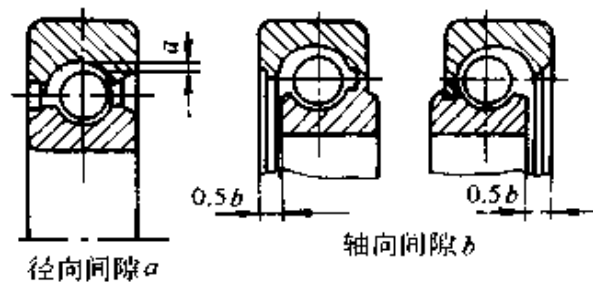


图 7-29 滚动轴承间隙

在安装中需要进行调整的是径向推力滚锥轴承，它的调整是通过轴承外套来进行。根据轴承部件的不同，主要有三种调整方法：

(1) 垫调整 先用螺钉将卡盖把紧到轴承中没有任何间隙时为止，见图 7-30。同时转动轴，用塞尺量出卡盖与机体间的间隙再加上所要求的轴向间隙，即等于要加垫的厚度。垫要平整光洁，在垫的边缘或穿眼（螺钉穿过的孔洞）处不能有卷边和不平的现象。为了精确地调整轴向间隙，要准备好不同厚度的垫片。一般用软金属垫片为好，纸片也可以。如用几层垫片叠起使用时，总厚度应以螺钉把紧后，再卸下量出的尺寸为准，不能以几层垫片相加的厚度来计算，这样会出现误差。特别是多层垫片叠在一起未经压紧前，弹性较大，量出的数值总是偏大。

(2) 螺钉调整 见图 7-31。先把调整螺钉上的锁帽松开，然后拧紧调整螺钉，这时螺钉压在止推盘上，止推盘挤向外座圈，直到轴转动时发紧为止。最后根据轴向间隙的要求，将调整螺钉倒转一定的角度，并把锁帽拧紧，以防调整螺钉在设备运转中产生松动。

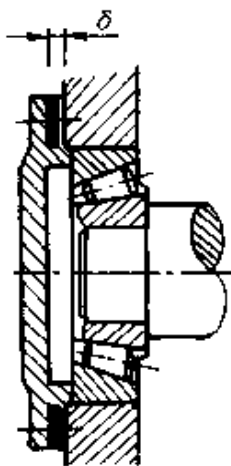


图 7-30 垫调整法

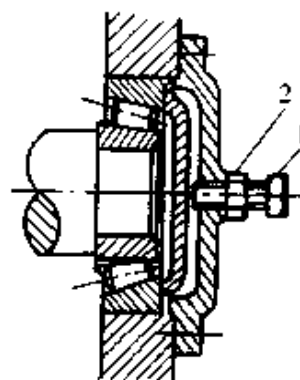


图 7-31 螺钉调整

1—调整螺钉

2—锁母

(3) 止推环调整 见图 7-32, 先把具有外螺纹的止推环拧紧, 到轴转动时发紧为止, 然后根据轴向间隙的要求, 将止推环拧到一定角度, 最后用止动片予以固定。

以上三种方法, 以垫片调整用得普遍, 后两种用时虽方便, 但制造麻烦, 故较少用。

轴承间隙调整后, 应进一步检查调整的是否正确。检查方法可用百分表或塞尺测量轴向间隙。百分表法用于剖分式的滚动轴承箱。检查时, 应先将上盖掀起, 用力将轴推向一方, 在其反方向的轴肩或轴上用物体固定, 垂直于轴的端面上安装百分表, 然后再用力将轴向反方向推紧, 这样便可以在百分表上直接读出轴向间隙的数值来。塞尺检查法仅适用于圆锥滚子轴承上, 见图 7-33。检查时, 先将轴向一端推紧, 直到轴承没有任何间隙为止, 然后用塞尺量出另一端轴承斜面的间隙尺寸, 就可用下式计算轴承的轴向间隙 (见图 7-33)。

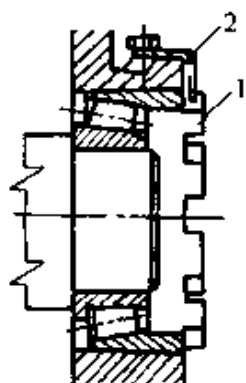


图 7-32 止动环调整
1—止动环 2—止动片

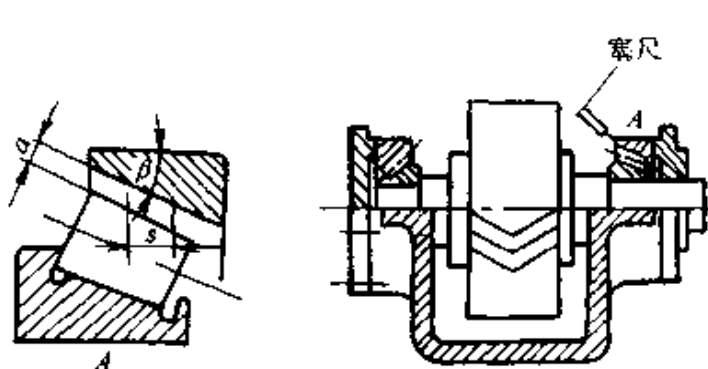


图 7-33 用塞尺检查圆锥滚子轴承间隙

$$s = \frac{a}{2\sin\beta}$$

式中 s ——轴承的轴向间隙 (mm);

a ——轴承的斜面间隙 (mm);

β ——轴承外套斜面与轴中心线所成的角度 (随型号不同而改变)。

轴向间隙的大小, 要根据轴长以及轴在工作时的温度来决定。又因为滚动轴承轴向间隙与径向间隙的关系是一定的, 所以轴向间隙也要根据径向间隙的需要来决定。

第四节 齿轮与蜗轮装配

齿轮传动在机械设备中占有重要地位，它可以用来传递运动的扭矩、改变转速的大小和方向，还可以将转动变为移动。齿轮传动机构具有传动准确、结构紧凑、体积小、效率高等特点，因此，应用比较广泛。

齿轮的传动精度是由齿轮的加工精度和安装精度所决定的。齿轮在加工过程中，由于机床、刀具和装夹方式等原因，使齿轮加工存在着齿形误差，从而影响了齿轮的传动精度。齿轮加工精度是由齿轮的运动精度、工作平稳精度、接触精度和齿侧间隙组成。齿轮的运动精度是指齿轮在转动一周范围内转角的误差，齿轮运动精度则要求齿轮传动有一个准确的传动比；工作平稳精度是指齿轮转动一周内转角误差值中多次重复出现的次数，这是造成冲击、振动、噪声和使齿轮在不平稳状态下工作的原因；接触精度是指齿轮在工作时相互啮合的齿面接触的均匀程度和齿面与接触斑点大小的比例，它直接影响到齿轮的承载能力和工作寿命，接触不均匀将使齿面过早磨损和产生过大的接触应力；齿侧间隙是指相啮合的一对齿轮，在非工作面间留有的间隙，它可以用来贮油润滑、减少齿面磨损，补偿齿轮加工误差、温度变形、安装误差以及防止齿轮传动相互卡住或咬死的现象发生。齿侧间隙是选用适当的齿厚极限偏差和中心距极限偏差来获得的。

相互啮合的一对齿轮的两轴，可以是平行的或相交的，也可以既不平行也不相交。齿轮的形状有圆柱形、圆锥形和扇形。

圆柱齿轮按其齿与圆柱母线间夹角的不同，可分为直齿轮、斜齿轮、人字齿轮等数种。

直齿轮的构造比斜齿轮简单，使用较普遍，但它在使用中性能不如斜齿轮好。斜齿轮的优点是：它在传动过程中，互相啮合的两个齿，不是沿全长同时接触，而是每对齿的接触逐渐地从一端移到另一端的，因此传动平稳、响声很小，冲击振动也小，同时因接触的齿多，因而小齿轮的齿可以少，且能获得大的传动比。当两轴间有几对齿轮时，它可以用改变螺旋角的方法，使两齿轮的节圆相切，齿数都为整数，给设计带来很多方便。斜齿轮的缺点是有一定的轴向推力。

人字齿轮具有斜齿轮的一切优点，而没有斜齿轮的缺点。可它的制造加工比斜齿轮还要困难，所以应用不广泛。

直齿轮、斜齿轮、人字齿轮用于两轴平行时的传动。两轴相交时常圆锥齿轮传动。圆锥齿轮也有直齿和斜齿，其优缺点对比，与直斜圆柱齿轮的对比相同，但斜齿圆锥齿轮的制造加工更加困难。

齿轮根据齿的外形轮廓，可分为渐开线的、摆线的以及其他曲线的，其中以渐开线齿轮用途最广，在机械设备传动中，几乎所有的齿都是渐开线的。

渐开线可通过一个简单的例子说明它。见图 7-34，设有一个直径为 d 的圆柱体，垂直于纸面放着，紧靠纸面的圆柱面边缘上，绕了一圈很细的线，线的一端固定在圆柱面的边缘上，线的另一端是 A 。假如拉紧 A 点，这时线段 AP 与圆不接触， P 以后的线段是绕在圆柱面边缘上的，线上的 P 点就可认为是圆的切点。假定紧贴纸面拉紧 A 端使 A 点绕着圆柱顺时针方向旋转时， A 点渐渐地移到 A' 点， P 点渐渐地移到 P' 点。 A 、 P 点移动的轨迹就是渐开线。弧线 PP' 靠近 P 点的那段，就是理论上基圆直径 d 时的轮廓。

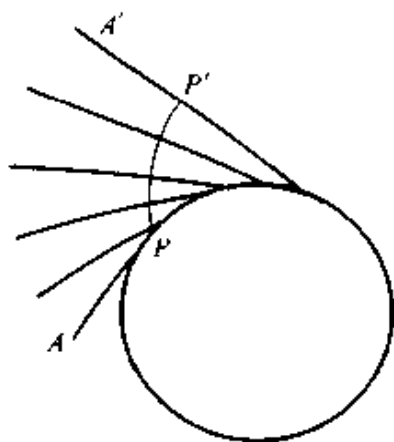


图 7-34 渐开线

渐开线齿廓比其他齿廓有许多优点，其一就是两啮合的齿轮间的中心距离可以允许有少量的“移动”，这个“移动”可使压力角略有改变，并不破坏正确的啮合，传动比也保持不变。

渐开线的这个特性，在实用上是很重要的，它可以在不破坏正确啮合的前提下允许轴向距离有若干安装误差。

一、圆柱齿轮传动机构的安装

1. 圆柱齿轮与轴的安装

安装前应按图样技术要求检查齿轮孔与轴配合的表面粗糙度、尺寸公差、几何形状偏差、孔与轴的配合间隙或微小的过盈量。

齿轮安装到轴上，可以是空转、滑动或与轴固定连接，其孔中心线应与轴中心线重合，齿轮端面与轴中心线垂直，并测量齿轮轮缘的径向跳动和端面跳动，见图 7-35。

在轴上空转或滑动的齿轮与轴为动配合，装配后精度主要取决于零

件本身加工的精确度，这类齿轮装配比较方便，装配后齿轮在轴上不得有晃动现象，在轴上固定的齿轮，通常与轴有少量过盈的过渡配合，装配时需一定的外力，压装时要避免齿轮歪斜或变形，若配合的过盈量不大时，可用手工工具敲击压装，过盈量较大时，可用压力机安装。齿轮装在轴上常见的误差有：齿轮偏心、歪斜和端面未贴紧轴肩。见图 7-36。

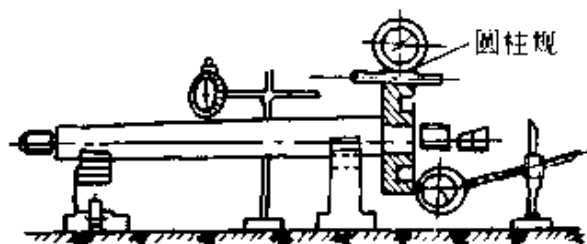


图 7-35 齿轮跳动检查

图 7-36a) 是齿轮中心线与轴中心不重合（有偏心距），这时齿轮运转就会产生径向跳动，使啮合的两齿轮中心距时大时小，每转一周变动一次，因而在运转中就有冲击声发生。当偏心距过大时，也会出现咬住情况。图中 b) 表示齿轮在轴上歪斜（有偏斜角），在此情况下，齿轮运转时就会发生端面跳动，当齿轮啮合时，作用力集中在齿面的局部，使该处齿面磨损加快。图中 c) 表示齿轮安装没有紧靠轴肩，当齿轮在啮合时，齿面有一部分外露没有承受荷载，两个啮合的齿轮在轴向的相对位置不正。

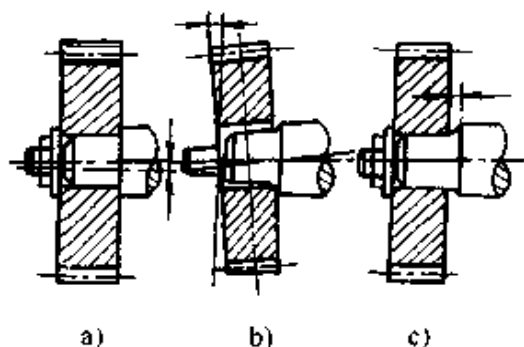


图 7-36 齿轮在轴上安装误差
a) 径向跳动 b) 端面跳动
c) 未靠紧轴肩

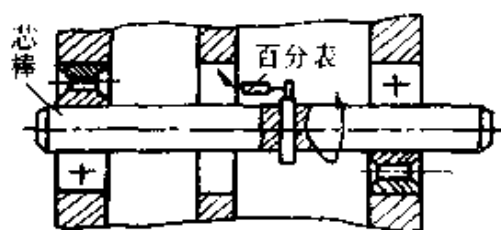


图 7-37 用心棒和百分表
检查两轴心径向位移

2. 圆柱齿轮、轴及其部件与箱体的安装

(1) 将齿轮、轴及其部件装入箱体，是一个很重要的工序，装配的方式应根据轴在箱体中的结构特点而定。装配前，应检验箱体的主要部位尺寸和表面粗糙度是否达到图样的规定要求。一般检验的主要部位有：孔的平面尺寸精度及几何形状精度；孔和平面的表面粗糙度及外观

质量等。

(2) 箱体上同心孔的两轴心径向位移检查, 可用检验心棒及百分表来检查, 其检验方法见图 7-37。在两孔中装入专用套, 将心棒插入套中, 再将百分表固定在心棒上, 转动心棒即可测出两轴心径向位移的偏差值。

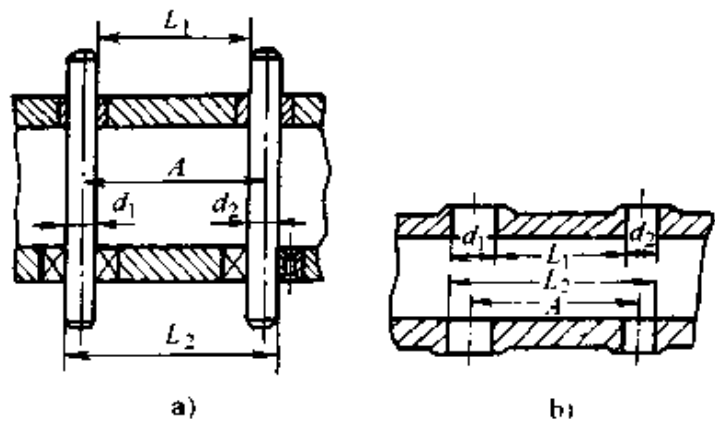


图 7-38 孔距精度检查

a) 用心棒和游标尺测量孔距

b) 用游标卡尺测量孔距

(3) 孔距精度检查常用游标卡尺直接检验, 见图 7-38a), 孔距可按下式计算:

$$A = L_1 + \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \right)$$

或

$$A = L_2 - \left(\frac{d}{2} + \frac{d_2}{2} \right)$$

也可按图 7-38b) 的方法检验。

则

$$A = \frac{L_1 + L_2}{2} - \frac{d_1 + d_2}{2}$$

(4) 两轴线垂直度误差检验 在同一平面内垂直相交的两孔, 可按图 7-39a) 的方法进行, 将百分表装在心棒上, 为防止心棒轴向窜动, 心棒上应加定位套, 转动心棒 1, 在 180° 两个位置上百分表的读数差即为两孔在 L 长度内的垂直度误差。图 7-39b) 为两孔轴线相交误差的检查。将心棒 1 的测量端作成凹槽形, 将心棒 2 的测量端按相交允许误差作成两个梯形, 即过端与止端。检查时要过端通过凹槽而止端不能通过

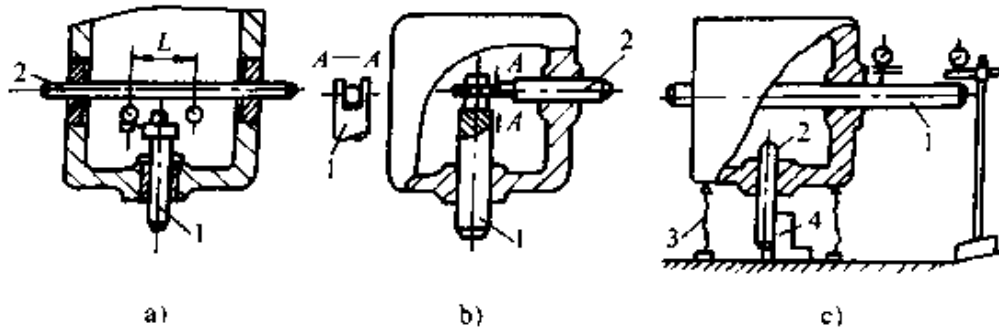


图 7-39 两相交孔中心线垂直度检查

则为合格，反之超差则为不合格。

图 7-39c) 表示箱体用顶尖 3 支承在平板上，用 90°角尺 4 将心棒找正，使其与平台垂直。用百分表测量心棒 1 对平板的平行度误差，即为两孔轴线的垂直度误差。

(5) 孔中心线与基面平行度误差和尺寸检验见图 7-40。将箱体基面用等高块支承在平板上，在孔中插入心棒，用游标卡尺或量块和百分表测出心棒两端距平板的距离 h_1 和 h_2 ， $h_1 - h_2$ 即为平行度误差，其孔中心线到基面的距离 h 为：

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{d}{2} - a$$

(6) 孔中心线与孔端面垂直度误差的检验 将带有检验圆盘的心棒插入孔内，用涂色法或塞尺检验孔中心线与孔端面的垂直度，见图 7-41a)，还可用图 7-41b) 的方法检验，转动心棒一周，百分表指示的最大值与最小值之差，即为端面对轴线的垂直度误差。

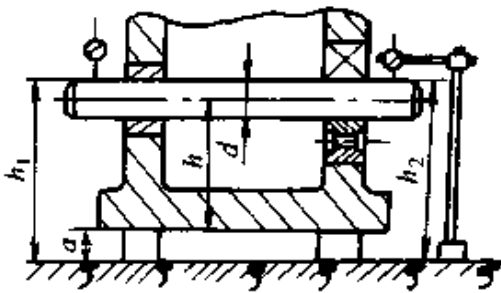


图 7-40 轴线与基面的
平行度检验

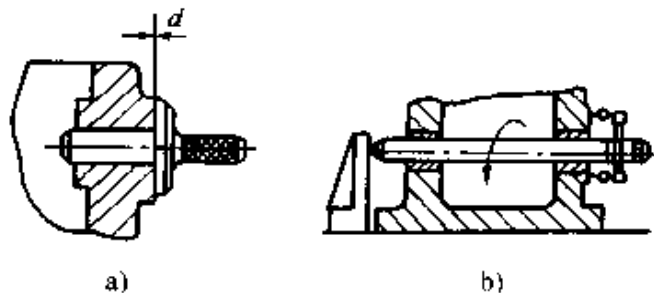


图 7-41 轴线与孔端面
垂直度检验

3. 圆柱齿轮啮合间隙检查

将轴、齿轮及其部件装入箱体轴承之后，齿轮要有良好的啮合质量。齿轮啮合质量包括有适当的齿侧间隙和一定的接触面积。齿侧间隙大小与齿轮模数和精度有关，其数值见表 7-4。

表 7-4 圆柱齿轮的齿侧间隙 (mm)

模数	2	3	4	5	6	8	10
1~2 级精度	0.12~ 0.20	0.18~ 0.30	0.24~ 0.35	0.30~ 0.40	0.35~ 0.50	0.40~ 0.60	0.50~ 0.70
3~4 级精度	0.12~ 0.25	0.18~ 0.35	0.24~ 0.35	0.30~ 0.50	0.35~ 0.60	0.40~ 0.70	0.50~ 0.80

测量方法有以下几种：

(1) 塞尺测量法 用塞尺直接测量出齿轮啮合时的侧间隙。

(2) 铅丝测量法 在啮合齿轮的齿向压铅丝的方法检查齿侧间隙，见图 7-42。在齿面沿齿宽两端平行放置两条铅丝，其直径不要超过最小间隙的 4 倍，转动齿轮，测量铅丝挤压后最薄处尺寸，即为侧间隙。

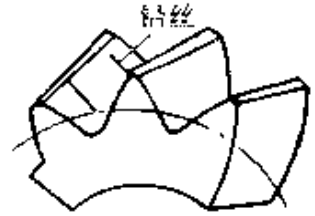


图 7-42 用铅丝
检查侧隙

(3) 百分表测量法 这是一种较精确的测量啮合齿轮侧间隙的方法，见图 7-43。将一只齿轮固定，在另一只齿轮上装夹紧杆，由于侧间隙的存在，装有夹紧杆的齿轮，便可摆动一定角度，从而推动百分表的测头，得表针摆动的读数为 C 。根据分度圆半径 R ，指针长度 L ，可按下式计算齿侧间隙 C_n 的值为：

$$C_n = C \frac{R}{L}$$

(4) 接触精度的检验 啮合两齿轮的接触斑点是齿轮接触精度的主要指标。一般可用涂色法检查，检查时两啮合齿面间涂的红丹粉，而后转动主动轮，从动轮应轻微制动。对双向工作的齿轮，正、反向都要进行检查。由于安装上的原因，齿面上接触印痕的分布有四种情况，见图 7-44。

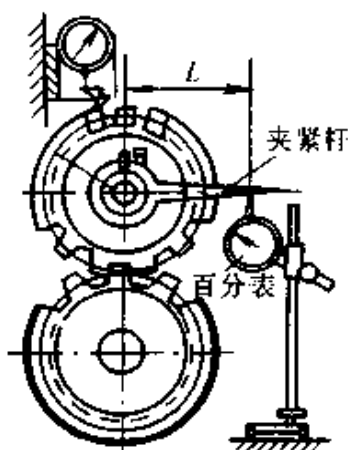


图 7-43 用百分表检查
齿轮啮合的侧隙

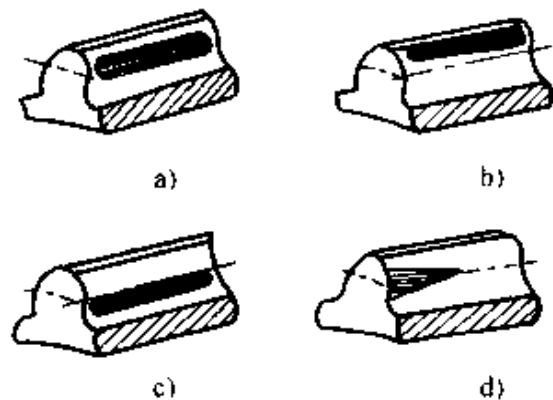


图 7-44 圆柱齿轮齿面
接触印痕的位置

a) 正确 b) 中心距太大
c) 中心距偏小 d) 两轴中心线歪斜

图中 a) 表示两齿啮合齿面接触正确，图中 b) 表示两齿轮中心距

过大，啮合时接触面位置偏向齿顶（也可能是齿厚不够），这样，齿轮在转动中将会发生冲击现象，并使齿很快磨损。图中 c) 表示两轮中心距过小，啮合时接触斑点的位置偏向齿根（也可能是齿偏厚），这时在齿轮运转中，将会发生卡阻和润滑不良的现象，齿根也会很快损坏。图中 d) 表示两齿中心偏斜，这时齿啮合的接触斑点偏向齿的端部，这种情况也会出现卡阻和润滑不良，齿也会很快磨损，甚至于折断。为了调整后三种偏差，通常用改变齿轮的中心位置和移动轴承等办法加以解决。

另外一种情况，就是当两齿接触印痕的位置正确，而接触面积较少时，即齿高上少于 30% ~ 50%，齿宽上少于 40% ~ 70%。这时需进行齿面跑合。齿面跑合一般是在传动机构安装完成之后，在齿的啮合面上加研磨剂，进行长时间的跑合，以达到增大接触面积，提高接触精度、降低噪声和改善啮合质量的目的。

二、蜗杆传动机构的安装

蜗杆传动常用于速比变化较大的场合，它具有较大的传动比，且传动平稳、噪声小、结构紧凑、有自锁性等优点。缺点是传动效率低，工作时易产生摩擦和发热量较大。因此，传动时应有良好的润滑。

蜗杆蜗轮传动的安装规范或称传动精度是指蜗杆与蜗轮安装的相互位置和齿轮侧面间接触的偏差。齿侧隙不按蜗杆蜗轮传动精度等级的规定，而是按保证侧隙大小的不同分成四个结合形式，即零保证侧隙，用 D 表示，较小保证侧隙，用 D_b 表示，标准保证侧隙，用 D_c 表示，较大保证侧隙，用 D_e 表示。一般开式蜗杆传动，采用较大保证侧隙，闭式采用标准保证侧隙。

蜗杆蜗轮的传动精度，可近似的按传动的圆周速度来选择，见表 7-5。蜗杆蜗轮传动的接触点，按不同精度等级检查，见表 7-6。

表 7-5 蜗杆蜗轮的传动精度

传动精度等级	7	8	9
圆周速度 / (m/s)	7.5 以下	3 以下	1.5 以上

1. 安装要求

为了确保蜗杆传动机构的可靠运转，在安装时要控制和保证以下方面的误差：

表 7-6 蜗杆蜗轮传动接触斑点与精度的关系

精度等级	7	8	9
沿齿宽不少于 (%)	65	50	35
沿齿高不少于 (%)	60	50	39

- (1) 保证蜗杆和蜗轮轴心线垂直误差；
- (2) 保证蜗杆与蜗轮啮合中心距误差；
- (3) 保证蜗杆轴心线与蜗轮中间平面之间的偏移误差；
- (4) 保证蜗杆与蜗轮啮合侧隙和接触斑点面积的误差等。

安装误差见图 7-45。安装时，将蜗轮安装到轴上的过程检查方法与安装圆柱齿轮相同。安装前，应先检查箱体同心孔的两轴心径向位移，两孔中心距以及两孔轴线垂直度等误差。

2. 安装顺序

在箱体经过检查后，一般情况下，装配工作是从蜗轮开始的。将蜗轮的齿圈 (1) 压装在轮毂 (2) 上，并用螺钉紧固，见图 7-46。再将蜗轮装在轴上，安装方法与圆柱齿轮相同，然后将蜗轮轴装入箱体，最后装蜗杆。一般蜗杆轴心线的位置是由箱体安装孔所确定的，因此，蜗轮的轴向位置可通过改变调整垫圈厚度的方法进行调节。

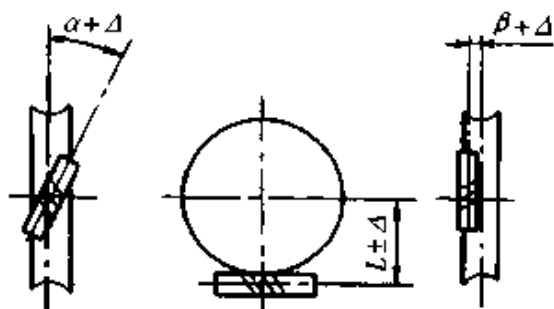
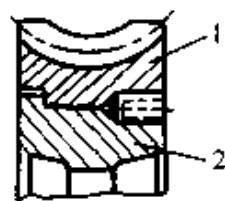


图 7-45 蜗轮传动机构安装误差

图 7-46 组合式蜗轮
1—蜗轮齿圈 2—蜗轮轮毂

3. 安装后的检查

将蜗轮、蜗杆装入箱体后，首先要用涂色法检查蜗轮与蜗杆的相互位置，以及啮合的接触斑点。将红丹粉涂在蜗杆的螺旋面上，转动蜗杆，再根据蜗轮齿面上的色斑判断啮合质量，见图 7-47。正确的接触斑点位置应在中部稍偏蜗杆旋出方向的齿面上。

由于蜗杆传动的特点，齿侧间隙，通常，用塞尺或压铅条的方法测

量是很困难的。对要求不高的蜗杆传动，是用手来转动蜗杆，根据蜗杆空程量来判断侧隙的大小；对要求较高的蜗杆传动机构，是用百分表进行测量的，其侧间隙的测量方法，见图 7-48。

见图 7-48a) 在蜗杆轴上固定一带量角器的刻度盘，百分表测量头顶在蜗轮齿面上，用手转动蜗杆，在百分表指针不动的条件下，用刻度盘相对于固定指针的最大转角来判断间隙的大小。如百分表直接与蜗轮齿面接触有困难时，可在蜗轮轴上装一测量摇杆，见图 7-48b)，由侧隙而使蜗杆转动的角度 φ ，来计算轴向间隙 C_s ，再用轴向间隙计算侧隙。

(1) 轴向间隙

$$C_s = \frac{\pi m_s Z_1 \varphi}{360}$$

式中 C_s ——轴向间隙 (mm)；

m_s ——蜗轮的端面模数或指蜗杆轴向模数；

Z_1 ——蜗杆线 (头) 数；

φ ——由侧隙而使蜗杆传动的角度， $\varphi = \frac{360a}{2\pi R}^\circ$ 。

因 a 为百分表读数， R 为摇杆旋转中心到百分表测量头间的距离，所以 C_s (mm) 为：

$$C_s = \frac{m_s Z_1 a}{360}$$

(2) 啮合齿侧隙

$$C_a = C_s \cos \lambda \cos \alpha = \frac{m_s Z_1 a}{2R} \cos \lambda \cdot \cos \alpha$$

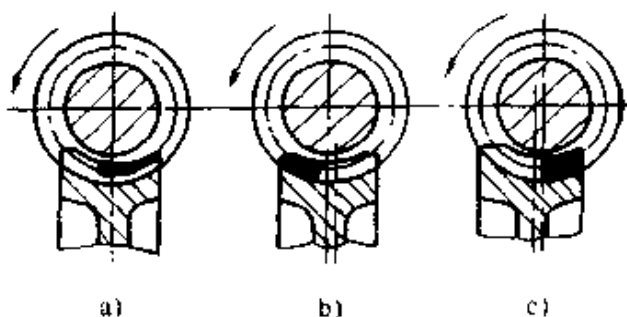


图 7-47 蜗轮齿面上的接触斑点
a) 正确 b) 蜗轮偏右 c) 蜗轮偏左

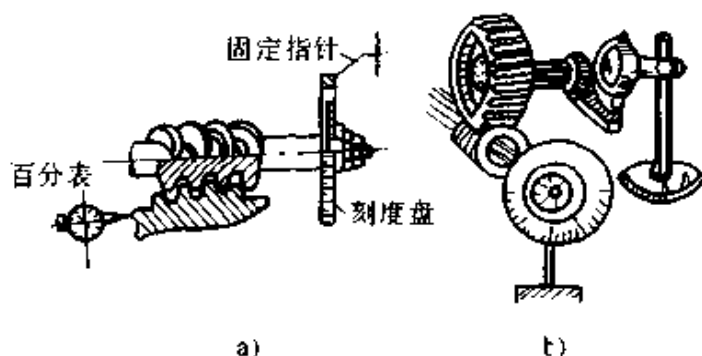


图 7-48 蜗杆蜗轮的齿侧检查
a) 直接测量法 b) 用测量杆测量法

式中 C_s ——啮合齿侧隙 (mm);
 λ ——蜗杆螺旋升角 ($^\circ$);
 α ——蜗轮蜗杆法向压力角 ($^\circ$)。

安装后出现的偏差, 可通过移动蜗轮中间平面的位置从而改变啮合接触位置的方法来修正, 也可用刮削蜗轮轴瓦来找正中心线偏差。安装后还应检查是否转动灵活, 旋转蜗杆所用的力矩始终相等。

第五节 键、销与螺纹联接

一、键

键是用来联接轴和轴上的零件, 使其周向紧固用以传递扭矩。键联接的特点是结构简单、工作可靠、拆卸方便。键的种类较多, 根据键结构的特点和用途, 常用的有平键、楔键、切向键、半圆键和花键。键在工作中是承受挤压, 所以它要求要有适当的强度, 键常用 40、45 号钢制成。

1. 平键联接

平键联接是最广泛的一种键联接的方法。它又分普通平键和导向平键两种, 见图 7-49。平键依据断面形状又有正方形和长方形的, 正方形键用于实心轴与厚轮毂的联接, 长方形键用于空心轴与薄轮毂的联接。

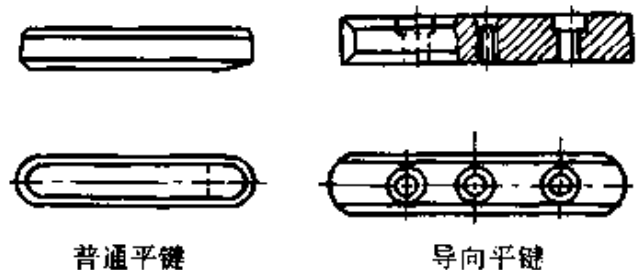


图 7-49 平键

普通平键使轴与轮毂相连后, 能较好的对准中心, 是一种静联接, 它是靠两侧面工作的。它与键槽两侧面配合时, 要带有一定的过盈, 这样在工作中如有顺逆旋转时, 键不会产生松动现象, 以免降低轴和键槽的使用寿命和工作的平稳性, 而键的顶面与轮毂槽底之间要有一定的径向间隙。安装时, 应将键压入或打入, 配合太松是不符合标准的。

导向平键不仅要带动轮毂旋转, 还要使轮毂沿轴线方向来回移动, 为此键与轮毂键槽 (或轮轴键座) 的配合必须是间隙配合。键槽 (键座) 的侧面要光滑, 以便轮毂移动时减少阻力和磨损。而键和轮轴键座

(或轮毂键槽) 两侧面要紧密配合, 没有松动现象。对较长的导向平键还要用埋头螺钉把键固定, 这样才能保证滑动件正常工作。导向平键的安装方法与普通平键相同, 所不同的只是要保持轴与轮的间隙配合, 以保证轮毂在轴上能自由移动。

2. 楔键联接

常见的钩头楔键, 见图 7-50。另外还有一种普通楔键, 它与钩头楔键的区别仅仅是没有钩头。

楔键用于同心度要求不高的联接件。楔键上下两面是不平行的, 有 1:100 的斜度, 是靠打入时造成轮与轮毂间的压力而产生的摩擦来传递扭矩的。为此, 它的斜度一定要与轮毂上键槽的斜度吻合, 它的上下两面应很好的与轴及轮毂上键槽的上下两面贴合, 它的两侧面应与键槽间有一定间隙。一般在研磨键槽时, 以手能很轻松的将键推过键槽为合适。如键的上下两面与槽不贴合, 两侧面太紧等情况时, 应进行修刮。

钩头楔键装配后, 其键头与轮毂端面间应留出约等于键高的一段间隙, 见图 7-51, 以便拆卸。

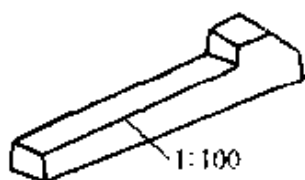


图 7-50 钩头楔键

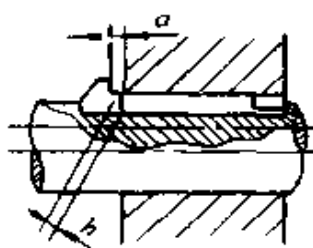


图 7-51 楔键留出的间隙

由于楔键带斜度, 因而会引致轴与零件偏心和零件较短时在轴上的倾斜, 高速运转时将引起振动; 又因楔键是靠摩擦力楔紧的, 在冲击负荷下易松脱, 所以此键应用较少。

3. 切向键联接

切向键是由两个楔键所组成, 主要用于直径较大的轴上 (直径大于 100mm), 传递很大而且是变化的扭矩。见图 7-52。只有顺时针方向旋转, 力矩才能由轮传给轴, 如反时针方向旋转, 力矩只能由轴传

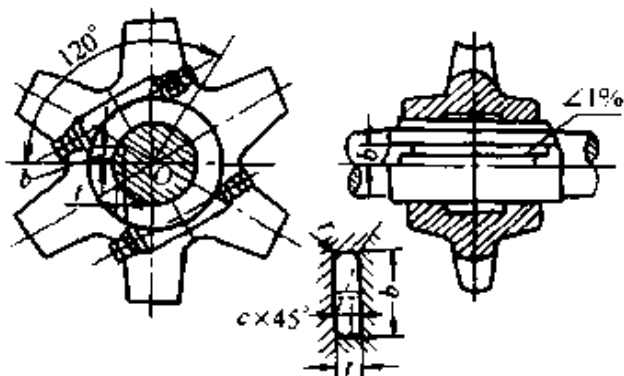


图 7-52 切向键

给轮，所以切向键多成对使用，这样旋转的方向就不受限制了。

切向键两斜面应吻合。装配时，打入方向要正确，松紧程度要适宜，工作面要贴合紧密，不能松动。

4. 半圆键联接

半圆键在工作条件方面与平键相似，见图 7-53。它由键和键槽侧面来传递扭矩。这种键适用于轻负荷的联接，它不能沿轴向固定零件，只适用于直径 4 mm~100 mm 的轴上。其优点是能自动适应轮毂上键槽的斜度，装配方便，轴上键槽易于铣制。其缺点是轴上键槽较深，削弱了轴的强度。它的装配与平键相似。

5. 花键联接

花键联接可看成是平键联接在数量上的发展。花键种类较多，按轮廓的不同可分为：矩形花键、渐开线花键、三角形花键等，见图 7-54。

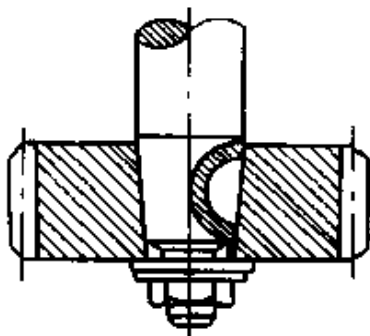


图 7-53 半圆键

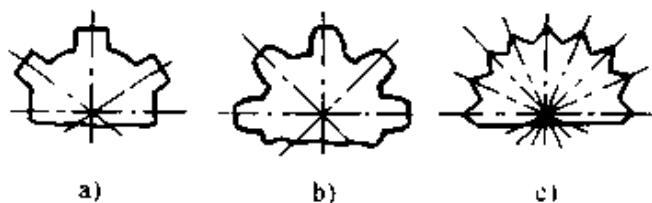


图 7-54 花键

a) 矩形花键 b) 渐开线花键
c) 三角形花键

花键联接与其他键联接相对比有很多优点，其中最突出的是轮毂孔的同心度和导向精度很高。由于键与轴为一整体，轴和轮毂孔上荷载的分布比其他键均匀，且接触面积大，因而能传递较大的扭矩，连接的紧固性与可靠性也比较好，同时轴的强度减弱很小。

花键轴与花键孔多为间隙配合，属导向平键形式。装配时要先清理花键轴和孔上的凸起处的毛刺和锐边，以防装配时产生拉毛、咬住现象，然后把孔套在轴上，并根据涂色情况来修正它们间的配合，直到花键孔在轴上能自由滑动为止。

上面几种形式的花键中，矩形花键应用比较广泛，其键数通常为偶数（即 4、6、8、12、16 等）；按传递扭矩的大小可分为轻型、中型和重型三种。轻型齿数少，键齿高度小；重型键齿多，键齿又高又大。在

金属切削机床中主要采用轻型。

渐开线花键可以用制造齿轮的方法来加工，因此，它的工艺性好。又由于渐开线齿的齿根较厚以及应力集中较小，所以键的强度高，齿上负荷分布均匀，能传递较大的扭矩，配合部分能更好对准中心，并且连接较稳固。因此，在机械制造中广泛应用渐开线花键。

三角形花键能承受的负荷和传递的扭矩不大，一般多用于传递小扭矩操作机构和调整机构中，最适宜用于某些可拆卸的轻负荷连接处。

三角形花键的特点是内花键齿形为直线，而外花键齿形为压力角等于 45° 的渐开线。

二、销联接

销子按照它的用途，可分为紧固销和定位销。在轴上安装小型的齿轮、手柄等时，可用销作为独立的紧固零件。但用得较广泛的还是作为定位，就是用销子使零件彼此间装配精确，如变速箱与床身的联接。通常定位销不仅能固定零件的相互位置，并且还可以减轻螺钉的侧向力。

由于销的联接结构简单，联接可靠，拆卸方便，因而在机械设备中应用广泛。销子一般多用 45、35 钢制造。

1. 开口销联接的装配

开口销用偏圆的钢条对合而成，属圆柱销的一种，它的两腿长短不同，这样劈开比较容易，见图 7-55。当螺母拧紧后须进行止动，即可将开口销插进螺栓顶上预开好的孔内，将两腿扳开即可。如螺母、螺栓均有孔或槽时，则要旋正对准后方可进行。



图 7-55 开口销的装配

2. 肘销联接的装配

肘销也叫羊角销子，用作活动关节的枢轴，见图 7-56a)。装配时，肘销与孔要为动配合状态，往往需要在孔内进行铰削。当肘销插入后，装上垫圈，为防止销产生脱落现象，在肘销上还装有开口销，以固定其位置。

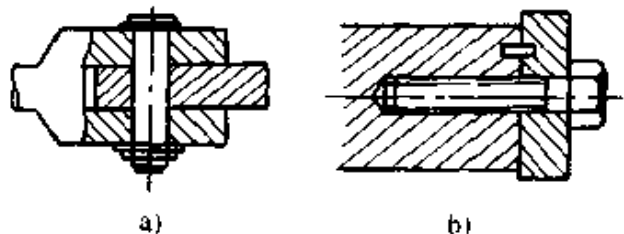


图 7-56 肘销与圆柱销连接

a) 肘销连接 b) 圆柱销连接

3. 圆柱销联连的装配

圆柱销与孔多为过渡配合，并有少量过盈，依靠过盈固定在孔中，用以固定零件、传递动力或作定位元件，见图 7-56b)。圆柱销不宜多次拆装，否则就会降低配合精度。用圆柱销定位时，要有少量过盈，为了保证连接质量，通常两孔是同时钻铰的。圆柱销装配时，先涂上润滑油，用铜棒垫在销子的端面上，把销子打入孔中。对某些不能打入的定位销，可用夹头把销子压入孔内，见图 7-57。采用压入法，销子不会打弯，工作时也不会移动。

4. 圆锥销连接的装配

圆锥销大部分是定位销。它具有 1:50 的锥度，定位准确，拆装方便，可在一个孔内装拆数次，不会影响装配质量。装配后，销子的大端应稍露出零件的表面，或与零件表面取平；小头应与零件表面取平或缩进一些。装配时，将两工件相互定位后进行钻孔，再以铰刀铰削。孔铰好后，如能以手指将圆锥销塞入孔内 80%~85%，则得到正常的过盈，而销子装入孔内的深度一般也较适当，见图 7-58。

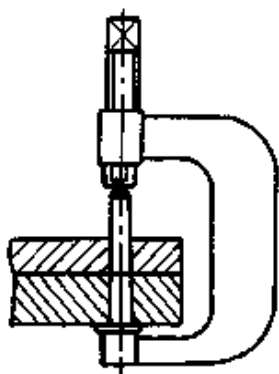


图 7-57 用夹头将销子
压入工件孔中

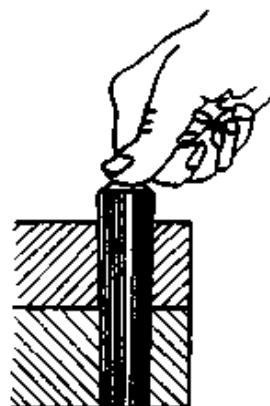


图 7-58 圆锥销的正确配合

有时为了便于取出销子，可采用带螺纹的圆锥销，见图 7-59a)。拧紧图 a) 上的螺母，即可将带外螺纹的销子拔出。对带内螺纹的圆锥销（图 7-59b) 要用拔销器（见图 7-60) 取出。

三、螺纹联接

机械设备的装配和使用对螺纹的联接的要求，就是要具有适当的强度，可

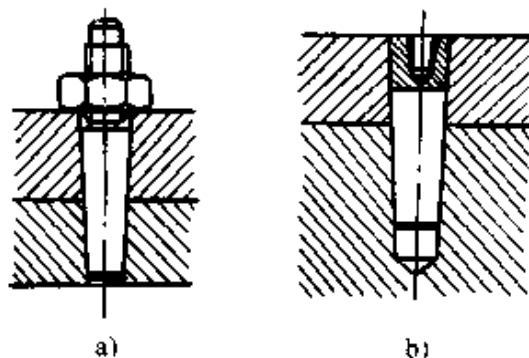


图 7-59 带螺纹的圆锥销
a) 带外螺纹 b) 带内螺纹

以互换，装配后稳固以及工作可靠和经久耐用。螺纹联接的装配，要保证相联接的零件不会移动，以避免发生强烈的撞击。要求配合表面十分密合，以防止吸入或漏出气体和液体等。



图 7-60 拔销器

1. 双头螺柱联接

安装双头螺柱要用润滑油，防止螺柱拧入时卡死，并易拆卸和重复安装。为了保证双头螺柱的紧固端与设备机体螺纹的配合紧固性，不致于在装拆螺母的过程中，双头螺柱有任何松动现象，为此，双头螺柱的紧固端应采用过渡配合，经配合后中径有一定的过盈量，可采用有台肩的结构形式或最后几圈螺纹深度较浅的配合紧固方法，见图 7-61。当双头螺柱装入软材料螺纹机体时，过盈可略大些。

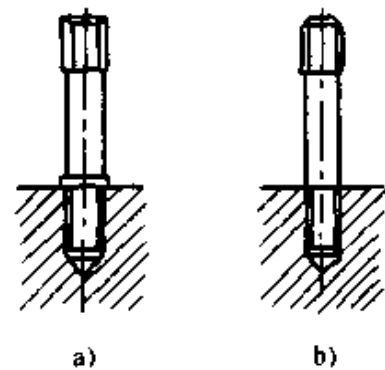


图 7-61 双头螺柱的紧固形式

a) 带有台肩

b) 螺纹深度变浅

双头螺柱轴心线应与机体表面垂直，打底孔、攻丝时要注意这一点。安装时用角尺检查，当轴心线与机体表面有少量倾斜时，可用丝锥校正螺孔，或用安装的双头螺柱校正。倾斜较大时不得用强力校正，防止螺柱受到破坏。

2. 螺钉和螺母联接

螺钉或螺母与零件贴合的表面，应是光洁、平整、或经过加工的表面，否则在安装过程中，容易引起松动或使螺钉弯曲变形。螺钉与螺母接触的表面应在机油中清洗干净，方可使用。在工作中承受振动的设备，安装时要有防松装置。拧紧成组螺母时，要按合理顺序进行，逐次分别拧紧，不然螺栓和机体受力不均而产生变形。拧紧长方形布置的成组螺母时，应从中间开始，逐次向两侧扩展；在拧紧圆形或方形布置的成组螺母时，要对称拧紧，见图 7-62。

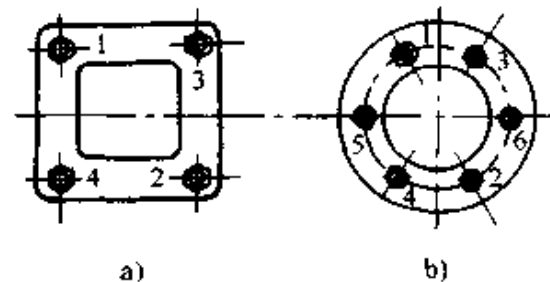


图 7-62 成组螺母拧紧顺序

a) 方形 b) 圆形

要严格控制拧紧力矩，过大的拧紧力矩会使螺栓或螺钉拉长，甚至拉断，或引起机体变形造成破坏性事故。拧紧力矩不足则易松动，不能保证机

械设备正常工作。因此，扭紧力要适宜。

3. 螺纹联接的质量检查

(1) 螺孔必须垂直于表面，任何歪斜都会削弱螺纹的拉力，如不能垂直时，可采用斜垫圈来找正。

(2) 被联接零件应具有平行的光滑表面，要清除不平处，以达到贴合紧密。

(3) 对密封要求严格的联接件，要用着色法检查接触紧密程度，以达到不漏气或不漏油的要求。

(4) 螺母拧紧后，螺栓末端应露出螺母外，露出长度应符合规定，沉头螺栓不要凸出于连接件表面。

(5) 热装的螺栓，加热温度一般不超过 400℃，温度过高会影响材质的金相组织。加热拧紧螺栓应对角进行。

(6) 成组螺纹联接会产生松紧不一，通常是拧紧后再重拧一次，以达到全部紧固。同时通过敲击检查，可发现是否有松动现象，以便进行紧固。使用这种方法检查时，要防止螺钉松动。

第六节 联轴器装配

联轴器的主要用途是把两根轴沿轴向连接为一体，使它们一同回转。除此之外，还可用作安全装置或调整装置等。

联轴器可分为联轴器和离合器两大类。联轴器主要用来牢固地把轴连结在一起，它是传递扭矩的部件，只有当机械停止时，通过拆卸才能把它分开。离合器主要用来接通或断开两传动轴之间的运动，以实现两传动轴之间的开动、停止、换向和变速等工作，同时离合器又可作安全装置，起安全保险作用。以下着重介绍联轴器和离合器的类型和安装找正方法。

一、联轴器

联轴器可分为固定式联轴器和可移式联轴器两类。

固定式联轴器有：夹壳式联轴器和凸缘式联轴器。安装固定式联轴器时，要严格地对主动轴和从动轴轴心线找正对中，使两轴心线保持严格的同轴度要求，否则将使轴、轴承及轴上其他零件承受额外负荷，影响正常运转，甚至造成破坏性事故。

可移式联轴器有齿轮式、弹性柱销式、尼龙柱销式等。这类联轴器允许两轴轴心线有一定的偏移量，因此，在机械设备安装中调整比较方便。

1. 夹壳形联轴器

夹壳形联轴器由两半个组成，用螺栓连接。在两半个之间的分割面上，留下不大的间隙，当螺栓拧紧时，轴的表面和联轴内表面之间产生压力，因而就依靠压力来传递扭矩，见图 7-63。为了更加可靠，轴和联轴之间再用平键来联接。这种联轴器在装配前要先调好轴的同心度，其偏差不超过 0.02 mm。联轴器联接螺栓的螺母下应垫以弹簧垫圈，同一侧连接螺栓的螺栓头宜交错放置，相对侧者也应互相交错位置。

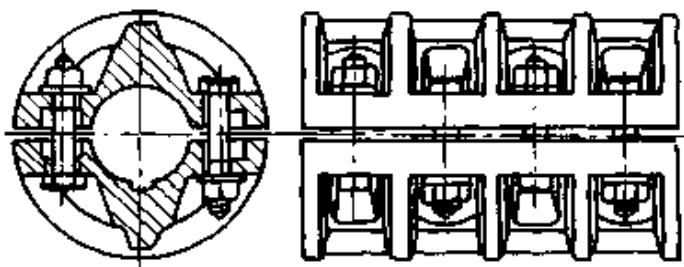


图 7-63 夹壳形联轴

这种联轴器的优点是拆卸方便，不需做轴向移动。缺点是不适用于有冲击的情况。多用于连接低速传动的轴。

2. 刚性凸缘联轴

它是由两个圆盘组成的，这两个圆盘分别装的需要联接的两根轴的端部，然后用螺栓把它们联接起来，见图 7-64。圆盘和轴端的配合，可用压配合或热配合，这样的配合，轴和孔的同心度好。为了能可靠的传递扭矩，使用平键来联接圆盘和转轴。又为了使圆盘中心更好的对准，其中一个圆盘的端面有凸出部分，另一个圆盘车出同样直径的凹孔，装配时，凸出部分可以准确地进入凹孔中，见图 7-64a)。但使用这种对准中心的结构，装拆时要使被联接的轴段沿轴移动，不太方便。另一种对准中心的结构，是使用对中环，见图 7-64b)，在这种联轴中，是把沿直径剖成两半的钢环嵌在两圆盘之间，然后用螺栓拧紧，这时如要把相邻两联轴节之间的一段轴取下，就比较方便。联接螺栓与螺

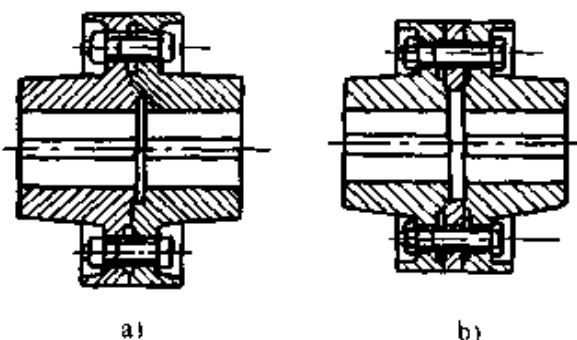


图 7-64 凸缘联轴器

栓孔之间可以有间隙，用粗制螺栓连接；也可以没有间隙，用与孔精确配合的精制螺栓连接。

凸缘联轴器装配时，应先将两个半联轴器分别装在两轴上，并用百分表测量每个半联轴器与轴的装配精度，其边缘处端面跳动不超过 0.04 mm，径向跳动不超过 0.03 mm。两半联轴器连接时，其端面间（包括半圆配合图）应紧密结合，两轴的不同轴度的径向位移允许偏差为 0.03 mm。

这种联轴器的优点是构造简单、成本低、能传递较大的扭矩，但是这种联轴器不能消除冲击，要求同心度较高，故通常用于振动不大的条件下连接低速传动的轴。

3. 齿轮联轴器

齿轮联轴器是由两半带有齿的套筒和两半带有内齿的联轴节组成的，见图 7-65。套筒装在轴端部并用键来连接。套筒的齿和联轴节内的齿啮合，空隙内注入润滑油。

这种联轴节能传递大的扭矩，并可容许轴向、径向位移以及轴向倾斜。它的缺点是减振和缓冲能力小。齿轮联轴器装配时应采用压入法或热装法，如有中间轴的，应先将两端轴的位置调整好再装中间轴。装配后，两轴的不同轴度和两外齿轴套间的端面间隙应仔细检查，并按表 7-7 的规定调整好。装配后还要复查定位线或定位孔是否对准，并在联轴器内加入定量的润滑油。

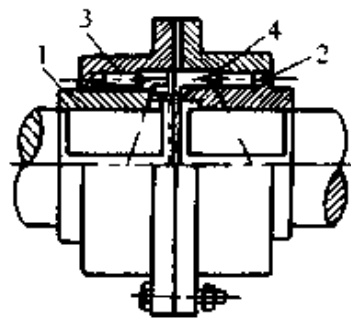


图 7-65 齿形联轴器

- 1—套筒 2—齿
3—带有内齿的联轴节
4—空隙

表 7-7 齿轮联轴器两轴的同轴度和外齿轴套端面处的间隙

联轴器外形最大 直径/mm	两轴的同轴度，不应超过		端面间隙不应 小于/mm
	径向位移/mm	倾 斜	
170~185	0.30	0.5/1000	2.5
220~250	0.45		2.5
290~430	0.65	1/1000	5.0
490~590	0.90	1.5/1000	5.0
680~780	1.20		7.5
900~1100	1.50	2/1000	10
1250	1.50		15

4. 弹性圈柱销联轴器

弹性圈柱销联轴器的构造，见图 7-66。联轴器的两半分别装紧在轴端上，沿其圆周用具有锥形尾端的螺栓来连接，螺栓从一半联轴器的圆形孔插入，穿过另一半联轴器，再用螺母拧紧，螺栓和圆柱形孔通过橡皮环或皮革环来接触，在它的柱销上套有弹性垫圈。这种联轴器在安装上仍然要求较高的同心度，不能因有弹性垫圈而有所忽视。弹性垫圈与柱销间应有过盈的配合。弹性垫圈与半联轴器上的柱销孔间应有间隙。弹性垫圈的内外径应大小一致。装在同一柱销上的弹性垫圈，其外径之差不要大于规范规定。柱销螺母下应垫以弹簧垫圈。端面间的间隙要符合规定，并略大于轴向窜动量。

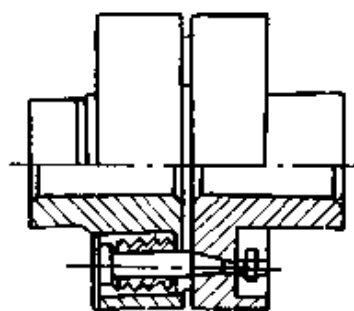


图 7-66 弹性圈柱销联轴器

弹性圈柱销联轴器的装配质量标准，见表 7-8 和表 7-9。

表 7-8 弹性圈柱销联轴器两轴的同轴度

联轴器外形最大直径/mm	两轴的同轴度不应超过	
	径向位移/mm	倾 斜
105~260	0.05	0.2/1000
290~500	0.10	

表 7-9 弹性圈柱销联轴器间的端面间隙

轴孔直径/mm	标 准 型			轻 型		
	型 号	外形最大直径/mm	间隙/mm	型 号	外形最大直径/mm	间隙/mm
26~28	B ₁	120	1~5	Q ₁	105	1~4
30~38	B ₂	140	1~5	Q ₂	120	1~4
35~45	B ₃	170	2~6	Q ₃	145	1~4
40~55	B ₄	190	2~6	Q ₄	170	1~5
45~65	B ₅	220	2~6	Q ₅	200	1~5
50~75	B ₆	260	2~8	Q ₆	240	2~6
70~95	B ₇	330	2~10	Q ₇	290	2~6
80~120	B ₈	410	2~12	Q ₈	350	2~8
100~150	B ₉	500	2~15	Q ₉	440	2~9

这种联轴器主要用来联接电动机和被带动的设备的轴，可允许所连接的轴线间略有偏差，并能在传动时减轻振动和冲击。其缺点是由于弹性垫圈易损坏，柱销易磨损，寿命短。

5. 木销联轴器和尼龙柱销联轴器

木销联轴器是一种新型联轴器，它与弹性圈柱销联轴器、齿轮联轴器相比，具有制造、装配和维修都简便的优点，而且寿命长，安全可靠。木销材料种类多、来源广，可因地制宜选用，在生产中已逐步推广。

木销联轴器的构造见图 7-67。两个半联轴器的结构完全与弹性圈柱销联轴器相同，而用木销装在同一尺寸的圆柱形孔内，并用两个挡板将木销固定住，挡板是用螺丝固定在半联轴器上的。

尼龙柱销联轴器是用尼龙销代替木销。尼龙柱销联轴器除了具有木销联轴器的优点外，还有缓冲、减振的性能，它适用于在起动频繁的高、低速传动中工作。尼龙柱销联轴器的构造。见图 7-68。这种联轴器的端面间隙应符合标准的规定，并应略大于实测的轴向窜动量；两轴的同轴度可按弹性圈柱销联轴器两轴的同轴度规定。

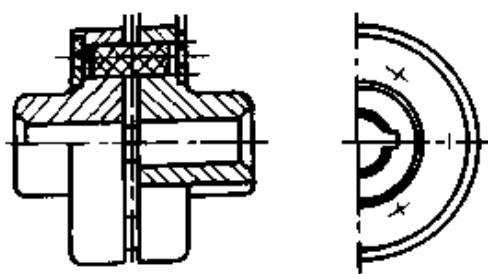


图 7-67 木销联轴

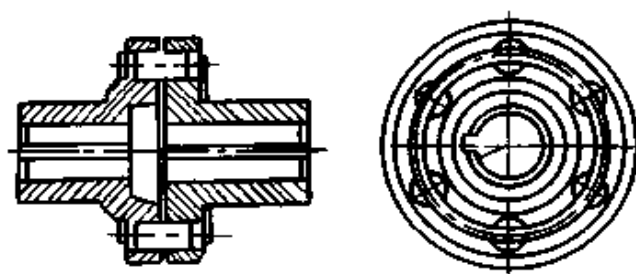


图 7-68 尼龙柱销联轴器

木销联轴器的装配质量标准可按尼龙柱销联轴器的规定。

二、联轴器的找正

联轴器的安装主要是精确地找正对中，保证两轴的同轴度，否则将会在轴和联轴器中引起很大的应力，严重时会影响轴、轴承和其他零件的正常运转，因此，联轴器的调整也是安装工程中一个重要的环节。以凸缘联轴器为例，在安装中可能出现图 7-69 中的几种情况。

第一种情况，见图 a)，即两轴中心线完全重合，这是正常情况；第二种情况，见图 b)，两轴中心线不重合，有径向位移，但两轴中心线是平行的；第三种情况，见图 c)，两轴中心线在联轴器处共点，但

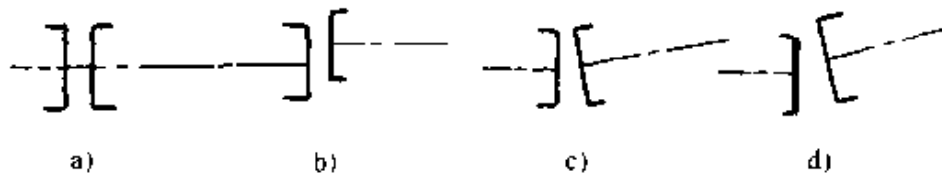


图 7-69 联轴器可能出现的情况

不是一条线，相互之间有角位移；第四种情况，见图 d)，它既有径向位移，又有角位移，实际上常常会遇到这种情况。

安装时，应先将两半联轴器分别安在所要连接的两轴上，然后将主机找正，并在主机联轴器处将主轴中心线找平，以主机为基准，移动连接轴，向主机轴对中，进行联轴器找正。

1. 联轴器的初步找正

在初找时两轴不必转动，以角尺的一边紧靠在联轴器外圆表面上，按上、下、左、右的次序进行检查，直至两外圆表面齐平为止。

联轴器外圆表面齐平，只表示联轴器外圆轴线同心，并不说明所连的两轴同心。

见图 7-70，当联轴器的外圆与轴不同心时，尽管两外圆表面同心，

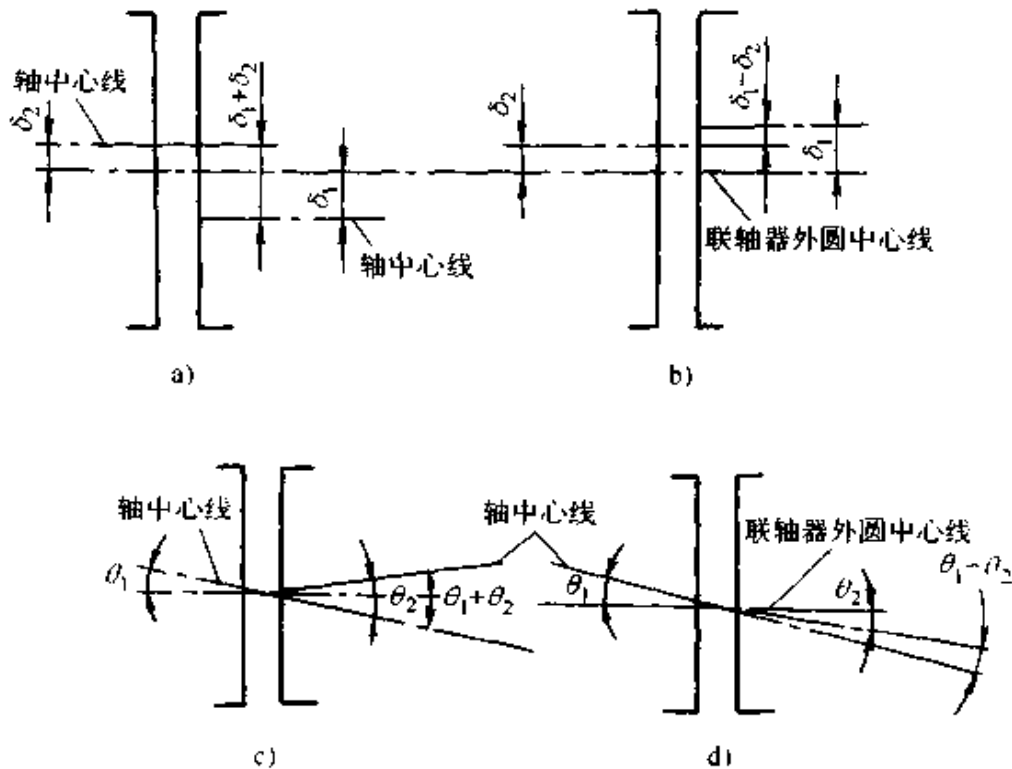


图 7-70 联轴器找正时可能出现的情况

但两轴并不同心，其最大偏心为两半联轴器外圆与轴偏心之和，见图 7-70a)；最小偏心为两半联轴器外圆与轴偏心之差，见图 7-70b)，实际上所产生的偏心常在两者之间。

当外圆中心线与轴的中心线不平行而有一交角时，两轴的中心线也有交角，其最大交角为两半联轴器外圆中心线与轴中心线交角之和，其最小交角为两半联轴器外圆中心线与轴中心线交角之差，见图 7-70c) 和 d)，实际上交角也常在两者之间。

由于有上述误差的存在，所以联轴器在初找后还要进行精找。精找的方法与初找不同，它可排除由于制造误差所引起的偏心。

2. 无轴向窜动时联轴器的精确找正

见图 7-71，在两半联轴器相对应的两点 P 、 Q 上，分别固定如图示的找正工具，然后以 P 点对正 Q 点，使两轴同时转动（即 P 点与 Q 点之间不许产生相对的角位移），每转 90° 测量一次 a 和 b 的数值。对应的测出 a_1 、 a_4 、 a_2 、 a_3 、 b_1 、 b_4 、 b_2 、 b_3 以后进行比较，并调整要联接的那根轴的位置，直至 $a_1 = a_2 = a_3 = a_4$ ；

$b_1 = b_2 = b_3 = b_4$ 时为止，在此情况下可认为两轴完全同心了。

测间隙时要精确，以免发生错误。所以产生错误常常是由下列原因造成的：

- (1) 找正的工具在测量过程中位置发生变动；
- (2) 测量时塞尺片插入各处时的力量不够均匀；
- (3) 在某次测量计算塞尺片厚度时产生错误。

测量数值是否正确，可用 $a_1 + a_2 = a_3 + a_4$ ； $b_1 + b_2 = b_3 + b_4$ 的两恒等式加以判断。如实际测量数值代入恒等式不等，而有较大的偏差（大于 0.02 mm），可以确定所进行的测量中，必然有一次或几次是错误的。

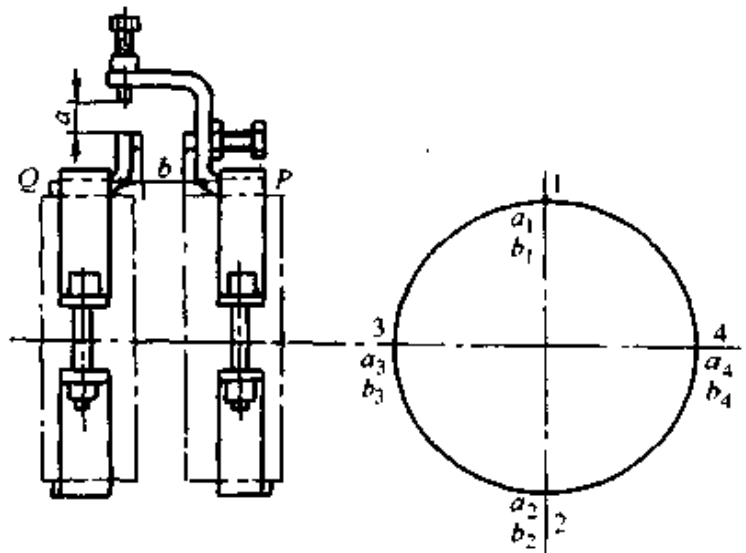


图 7-71 联轴器的精确找正

在判断测量无误后，再调整所要连接的那根轴的位置。调整的方法是升高、降低或相应的偏斜连接轴的中心线，使它向主机轴对中。

3. 两轴同时旋转 180° 时，旋转前、后所测得的轴向间隙和径向间隙和不变的原因

用两轴同时旋转方法找正时，联轴器外圆中心线与轴中心线的偏心、倾斜，轴中心线与联轴器端面不垂直等影响都与所测间隙无关，只有两轴中心线偏心，两轴中心线偏斜与所测间隙有关。见图7-72，左右两半联轴器上的径向测点 S_1 、 S_2 至轴中心线的距离是定值，左右两半联轴器的轴向测点旋转时的轨迹分别各在一个平面上，而且两个包含轨迹的平面都分别垂直于轴的中线，因此，只要两轴在一条线上，不论转在什么位置，所测得的轴向间隙、径向间隙都是相等的。假如两中心线不是一条直线，有径向位移和偏移时，所测轴向间隙、径向间隙随着空间测量位置的不同而变化，但在相差 180° 的位置上所测的两间隙之和是不变的，正如上面所述的 $a_1 + a_2 = a_3 + a_4$ ； $b_1 + b_2 = b_3 + b_4$ 是两个恒等式。

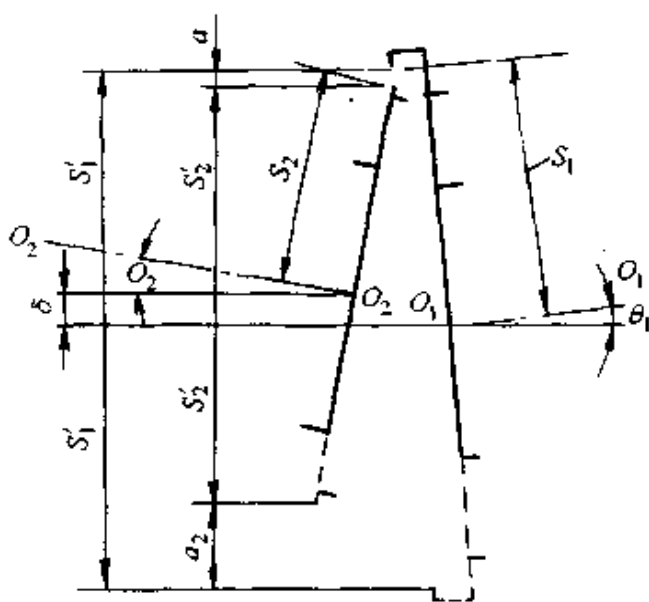


图 7-72 两轴线相交测量
联轴器径向间隙

现在来分析一下 $a_1 + a_2 = a_3 + a_4$ 的原因，见图7-72中，左右两轴的中心线分别为 $O_1O'_1$ 、 $O_2O'_2$ ；两轴中心线与水平线的夹角分别为 θ_1 、 θ_2 ；径向测点与轴中心线的距离分别为 S_1 、 S_2 ；两轴中心线的径向偏移为 δ ，由图示可知：

$$a_1 = S'_1 - \delta - S'_2$$

回转 180° 后， $a_2 = S'_1 + \delta - S'_2$

$$a_1 + a_2 = 2S'_1 - 2S'_2 = 2(S_1 \cos\theta_1 - S_2 \cos\theta_2)$$

S_1 、 S_2 分别是左右两半联轴器上的测点至轴中心线的垂直距离，在测量工具固定好后，不会因旋转而变动； θ_1 、 θ_2 是轴中心线与水平

线间的夹角，也不会因轴旋转而变动，所以不论任何位置为起点，只要相差 180° 所测量的两个径向间隙的和总是相等的。

图 7-73 的情况与图 7-72 相同，由图可知：

$$b_1 = O_1 O_2 \cos \alpha - O_2 P \sin \theta_2 - O_1 Q \sin \theta_1$$

$$b_2 = O_1 O_2 \cos \alpha + O_2 P' \sin \theta_2 + O_1 Q' \sin \theta_1$$

$$= O_1 O_2 \cos \alpha + O_2 P \sin \theta_2 + O_1 Q \sin \theta_1$$

(因 $O_2 P' = O_2 P$, $O_1 Q' = O_1 Q$)

$$b_1 + b_2 = 2 O_1 O_2 \cos \alpha$$

$O_1 O_2$ 是 PQ 两点在旋转时轨迹所形成的平面与两轴线的交点的连线； α 是交点 $O_1 O_2$ 的连线与水平线形成的夹角，它们的数值都与旋转无关；所以在相差 180° 的位置所测的轴向间隙和总是相等的。

4. 有轴向窜动时联轴器的找正

两轴有轴向窜动时，前面的找正方法不适用了，尽管两轴中心线是一条直线，由于轴窜动的原因，用前面所述的方法在空间 1、2、3、4 的位置上所测得的间隙 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 是不相等的，因此，

对窜动的轴，测轴向间隙时就得用另一种方法。

见图 7-74，将测量工具固定在两半联轴器外圆表面选定的两点 P 、 Q (Q 即为 1 点) 上，将要连接的那个轴上的联轴器外侧表面分为 4 等分，并标出 1、2、3、4 的记号。先以 1 点对正 P 点，测出轴向间隙 b_1 ，然后两轴共同旋转，每转 90° 测一次轴向间隙 b 值，顺序测出 b_4 、 b_2 、 b_3 ，并作出记录；再分别以右端面上标好的 3、2、4 点顺序分别对正

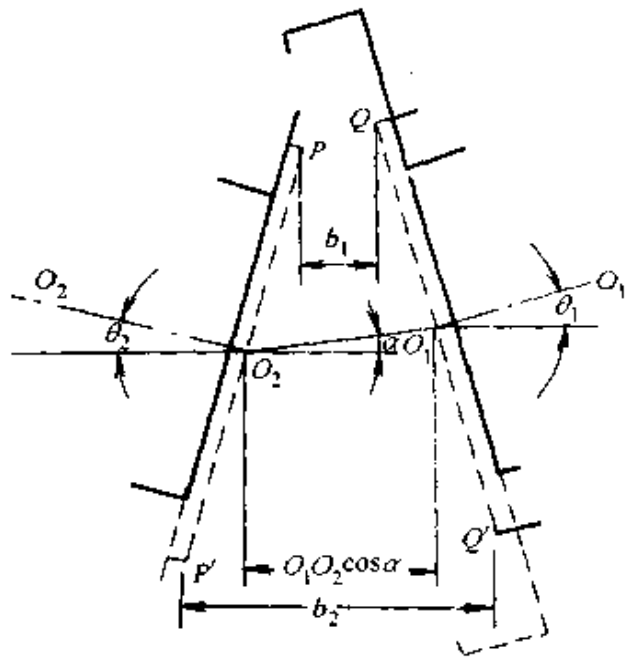


图 7-73 两轴相交时测量联轴器轴向间隙

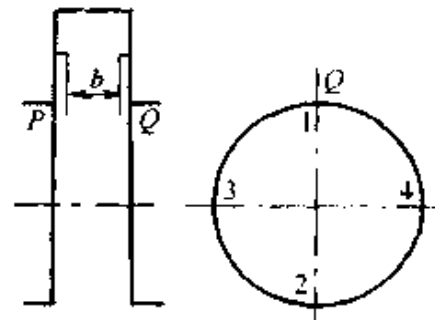


图 7-74 有轴向窜动的联轴器找正间隙

P 点，按照上述方法，共同旋转，每转 90° 测一次 b 值，并作出记录，见图 7-75。

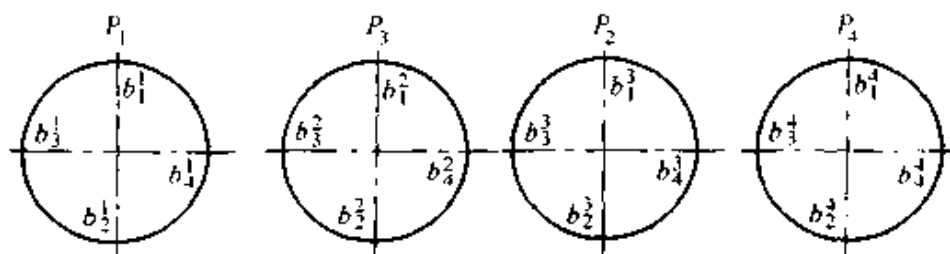


图 7-75 两轴有窜动时测量垂直及水平倾斜偏差值的测点分布

若
$$\frac{(b_1^1 - b_2^1) + (b_1^3 - b_2^3)}{2} = b_B = 0$$

或
$$\frac{(b_1^2 - b_2^2) + (b_1^4 - b_2^4)}{2} = b_B = 0$$
 时

则两轴在垂直方向上没有倾斜偏差，否则说明在垂直方向上有倾斜偏差。

其偏差角

$$\lambda_B = \arctg \frac{b_B}{D}$$

式中 λ_B ——垂直面内两轴心线的夹角；

b_B ——垂直面内上下两个轴向间隙差；

D ——轴向测点旋转时轨迹圆的直径。

若
$$\frac{(b_3^1 - b_4^1) + (b_3^3 - b_4^3)}{2} = b_r = 0$$

或
$$\frac{(b_3^2 - b_4^2) + (b_3^4 - b_4^4)}{2} = b_r = 0$$

则说明左右两轴在水平方向没有倾斜偏差，否则说明在水平方向上有倾斜偏差。

其偏差角

$$\lambda_r = \arctg \frac{b_r}{D}$$

式中 λ_r ——水平面内两轴心线的夹角；

b_r ——水平面内左右两个轴向间隙差。

对 b_B 值来说，“+”号表示联轴器在垂直方向朝上开口，“-”号表示朝下开口。对 b_r 值来说，“+”表示联轴节在水平方向朝左开口，“-”表示朝右开口。

5. 窜动量抵销

有轴向窜动时，用下列方法测量可使窜动量互相抵销。

见图 7-76，设两轴中心线互有倾斜，其夹角为 θ ；右半联轴器上所固定的轴向测点，在轴不窜动时旋转 180° 后，在水平轴线上的位移为 λ ；左半联轴器选定的 P 点上，固定有测量工具，1 及 2 点为右联轴器外侧端面按前述方法作好的标记。如果假设只是右边的轴有轴向窜动，最大窜动为 μ ，图中实线表示未窜动前右半联轴器的位置，虚线表示窜动后的位置。以 1 点对正 P 点测得轴向间隙为 b_1^1 ，两轴共同旋转 180° 后测得的轴向间隙为 b_2^1 ，由图可知 $(b_1^1 - b_2^1) = -(\mu + \lambda)$ ； μ 为轴向窜动量。然后以 2 点对正 P 点，测得的轴向间隙为 b_1^3 ，2 点与 P 点共同旋转 180° 后测得轴向间隙 b_2^3 ；由图可知：

$$b_1^3 - b_2^3 = \mu - \lambda$$

所以
$$b_B = \frac{(b_1^1 - b_2^1) + (b_1^3 - b_2^3)}{2} = -\lambda$$

λ 仅与测量工具上的测点与轴中心线的距离以及轴的倾斜程度有关，与窜动无关。当然所谓的无关只适用于轴的窜动，由零逐渐到最大值，再由最大值逐渐的减至零，每转一周，循环一次，否则就不行了。

6. 找正实例

见图 7-77，连接轴的支点 1 和 2 的距离为 $L = 3000$ mm，支脚 1 到联轴器测量平面之间距离为 500 mm，联轴器直径 $D = 400$ mm。找正时所测得的径向间隙和轴向间隙如图中所示。要计算出支脚 1 和 2 底部应加或减的垫片厚度。

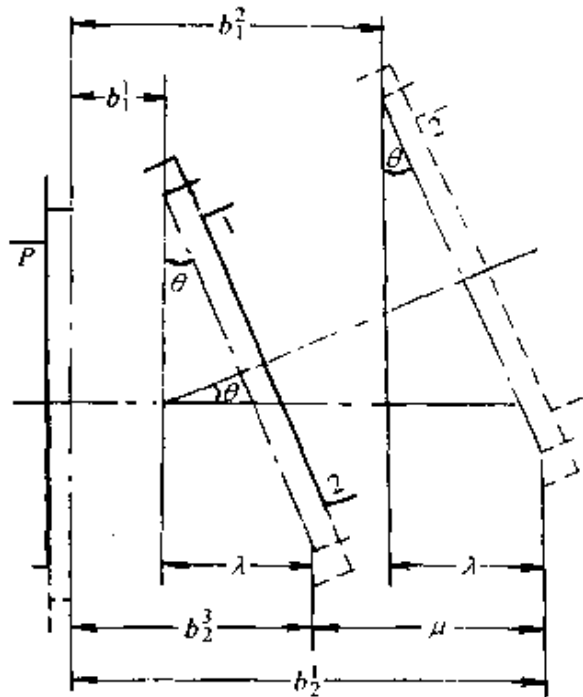


图 7-76 一轴有窜动时测量垂直方向倾斜偏差

从图中可看出，联轴器在 180° 、 0° 两个位置上的轴向间隙 $b_1 < b_2$ ，径向间隙 $a_1 < a_2$ ，由此可说明两半联轴器既不平行，也不同心，它的实际偏差，见图 7-78。

(1) 调整两联轴器平行

由于 $b_1 < b_2$ ，故 $\lambda_1 = b_2 - b_1 = 0.42 \text{ mm} - 0.1 \text{ mm} = 0.32 \text{ mm}$ 。

所以为了要使两半联轴器平行，要从主动机的支脚 2 下减去厚度为 x (mm) 的垫片。 x 值按图中阴影部分两三角形相似的原理，用下式计算：

$$x = \frac{\lambda_1}{D} L = \frac{0.32}{400} \times 3000 \text{ mm} = 2.4 \text{ mm}$$

但是主动机轴上的半联轴器中心却被抬高了 y (mm)， y 值可按下式求出：

$$y = \frac{l}{L} x = \frac{500}{3000} \times 2.4 \text{ mm} = 0.4 \text{ mm}$$

(2) 调整两联轴器同心：由于 $a_1 < a_2$ ，故原有的径向位移为：

$$e = \frac{a_2 - a_1}{2} = \frac{0.44 - 0.04}{2} = 0.2 \text{ mm}$$

所以要使两联轴器同心，必须使支脚 1 和 2 同时减去厚度为 $(y + e) = 0.4 + 0.2 = 0.6 \text{ mm}$ 的垫片。

由此可见，为了使两联轴器既平行又同心，则要在支脚 1 底下减去厚度为 $y + e = 0.6 \text{ mm}$ 垫片，在支脚 2 底下减去厚度为 $(x + y + e) = 2.4 + 0.4 + 0.2 = 3 \text{ mm}$ 的垫片。

垂直方向调整完后，以同样方法来调整水平方向的偏移。

三、离合器

常用的离合器可分为啮合式、摩擦式、电磁式三种。

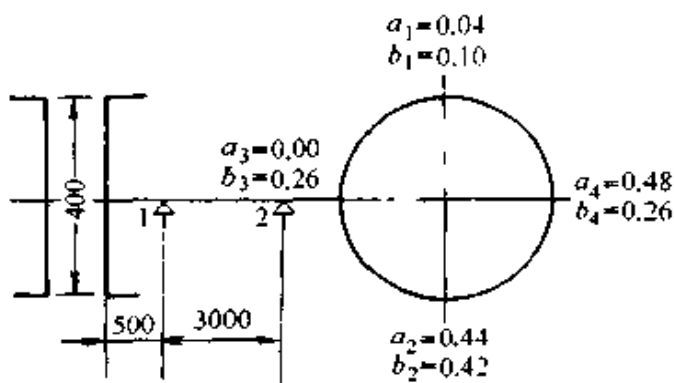


图 7-77 两轴倾斜相交找正测点分布

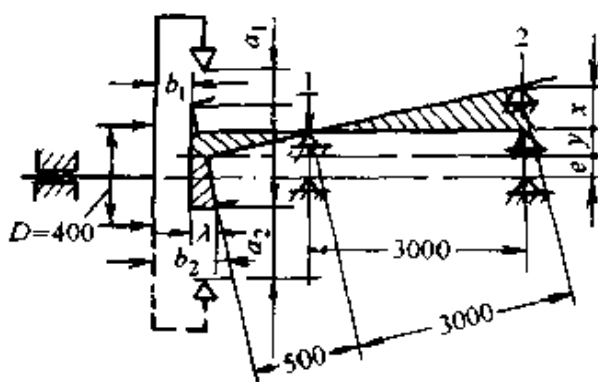


图 7-78 两轴倾斜相交找正测点数值分析

(1) 爪形离合器是常见的一种啮合式离合器，见图 7-79。这种离合器多用于转速很低的传动中，它与摩擦离合器相比较，具有外形尺寸小，结构简单，两个半体无相对滑动等优点；其缺点是结合时产生撞击。爪形离合器由两个离合器半体组成，扭矩是通过啮合的爪齿来传递的。装配时，固定离合器半体应用锤击或压入法装在主轴上，活动离合器半体装在从动轴上。沿轴向将活动离合器半体移动时，可使离合器爪齿离开或啮合，所以当主动轴不停的转动时，能使从动轴停止或转动。

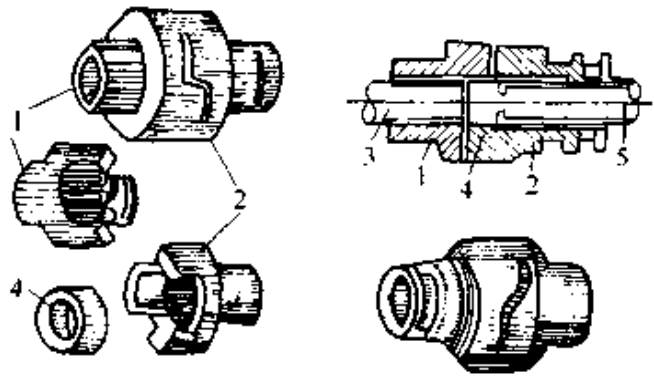


图 7-79 爪形离合器

1—固定离合器半体 2—活动离合器半体
3—轴 4—对中环 5—轴

(2) 摩擦离合器是用两个工作结合面（平面或曲面）产生的摩擦阻力来实现分离或结合的机构。摩擦离合器与啮合式离合器相比有以下优点：能适用在不同的转速上进行结合与分离工作；改变摩擦面上的压力，就可以调节从动轴的加速时间，具有保险作用；当从动轴突然过载时，离合器打滑，从而避免零件过载破坏。

(3) 圆锥离合器是常见的一种摩擦离合器，见图 7-80。它是由内锥面离合器半体（固定在主动轴上）和外锥面离合器半体（可在从动轴上移动）所组成。在弹簧压力的作用下，两锥面之间产生压力，因而产生了传递扭矩的摩擦力。离合器的结合或分离是靠绕支点转动的杠杆来实现的。

圆锥离合器的装配特点，是使锥体相互配合和对接合装置进行校正。可用着色法检查锥面的接合情况，要求色斑均匀分布，接触斑点不少于 70%。如色斑分布靠近锥体两端面，则表明锥体角度不正确，应按标准孔来研制锥体。接合装置要调整得使一个锥体能紧紧地插入另一个锥体，并在接触面上产生传递扭矩所必须的摩擦

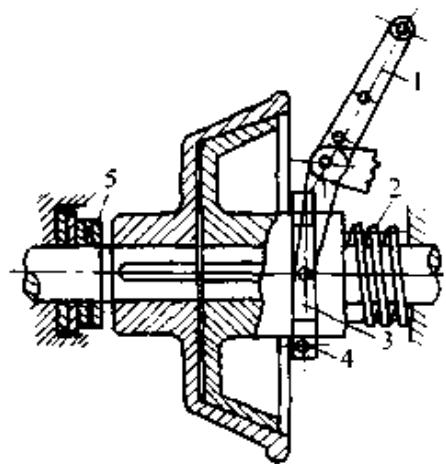


图 7-80 圆锥离合器

1—杠杆 2—弹簧 3—环
4—螺栓 5—轴承

力。

(4) 电磁式离合器的工作原理，是利用电流通过电磁线圈时所产生的磁力作用，使离合器的主动部分与从动部分结合而传递扭矩。它与机械离合器相比，具有操作方便、结构简单、工作可靠，可在极短时间内准确地执行结合、分离和换向工作。因此，广泛地用于机床工业自动化和数字程序控制方面。

四、活节式联轴器的装配

见图 7-81，装配时，先对轭叉 2 选配十字接头 1，十字接头应按照尺寸 d 来选择，使得它能顺利地进入轭叉的叉口，但其间隙不得大于 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm}$ ，随后把十字接头 1 插入其中的一个轭叉中，并把销子 3 插进（利用压力机）孔中。当插好以后，应该用专用的阶梯形量规检验销子 3 上的孔和十字接头上的孔的轴线重合情况。然后，把十字接头插入另一个轭叉的叉口，并把套筒 4 从两边压入孔内。把带头的铆钉 5 推入套筒孔内，用铆合法把铆钉的另一端铆住，当活动联轴器装配得正确的时候，轭叉 2 应该能顺利地向两边倾斜 45° 。在此同时，其中的一个轭叉不应该对另一个轭叉作相对的自由摆动，把装好的联轴器装配到转动轴上。这时，钻锥形销 6 的孔，并把轭叉 2 压装到转轴端上以后，进行扩孔。

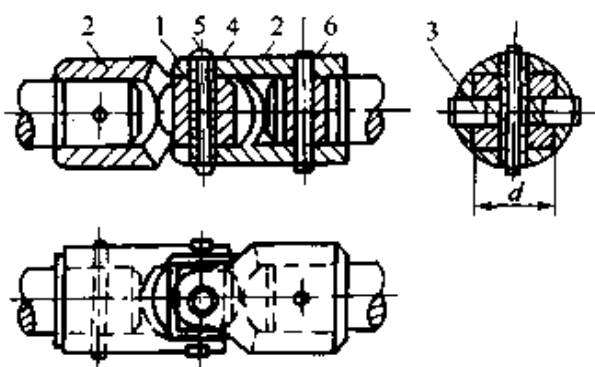


图 7-81 活节式联轴器的装配

- 1—十字接头 2—轭叉 3—销
4—套筒 5—铆钉 6—锥形销

五、挠性轴

当两根转轴的交叉角度不大时，活动联轴器能很好的传递扭矩。如主动轴和从动轴不在一个平面内，或者互相是平行的，但它们之间的距离较大时，可以采用挠性轴来传递旋转运动。

挠性轴的形状，见图 7-82。装配挠性轴的程序是利用联轴器（4）把接头（2）和传动装置的相应零件接合起来，并用螺母（5）把轴固定住。要注意使轴的弯曲半径尽可能的大一些，因当弯曲半径很小时，轴心（1）旋转得不均匀，因而跟包在外面的铠皮相磨，从而过早的磨坏。

允许的最小弯曲半径取决于轴心的直径，但即使对于直径最小的轴心，其弯曲半径也应小于 $120 \sim 150 \text{ mm}$ 。

在装配挠性轴时，首先连接它的一端，然后使轴心旋转，并在尚未连接

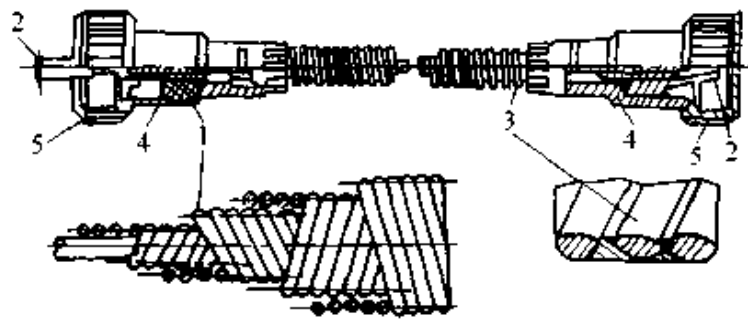


图 7-82 挠性轴

另一端的情况，判断轴心旋转的均匀性程度。然后，把挠性轴的第二端连接起来。装配好的挠性轴不应拉紧。为了保证正常的工作，挠性轴反面应稍微有点弛垂，使轴心能够有不大的纵向位移。

第七节 带传动与链传动

带传动与链传动主要用在中心距较大的两平行轴间传递力矩。带传动结构简单，制造较容易，但不能严格保持传动比不变。因此，当两轴中心距较大时，不宜用齿轮传动时，就可采用链传动。此外，带传动和链传动还可用来作连续运输装置，如带式输送机等。

一、带传动

带传动的基本要求是：两根传动轴必须要严格平行；两只带轮的中间平面应该重合。

带轮根据工作性质分成工作带轮和空转带轮两种。工作带轮装在过盈配合的轴上，并用键固定，以防止产生相对运动。空转带轮是可自由地在轴上转动，为此，在它的轮毂中通常装有轴衬或滚动轴承。

带轮的装配方法：

(1) 整体带轮的装配 在轴上装整体带轮时，由于是过盈配合，故要沿轴线加压力。安装时，为防止产生相对运动，故要加装键。在装配时，先在轴与轮毂上修好键槽，装好键。然后用键槽装配方法在轴上固定带轮。安装时，在轴面与带轮孔内添加润滑油，防止中途产生卡住现象。轮从轴端压进时，一般用专用工具操作，用力不要过大，同时要装正，防止出现倾斜。

(2) 对开式带轮的装配 对开式带轮是沿轴心线方向分成两半的。

开式带轮装配时，将两半个轮放在轴上应处的位置拼装后，用螺栓紧固即可。装时的公盈依靠拼合面留出的间隙确定。对开式带轮如需要的传动效率较大时，应在轴与轮毂间装好键，而在一般情况下是不装键的。

(3) 空转带轮的装配 它多数为整体式，轮毂上都装有轴衬或滚动轴承。整体装配时，先将轴衬或滚动轴承安装在轮毂中，然后再往轴上装，此外，有的也用轴套固定在轴上，带就装在轴套上。这种结构使轴免受磨损。为使带在轴上位置固定，在轴上或轴套上车有凸肩，并在另一面加装挡圈。

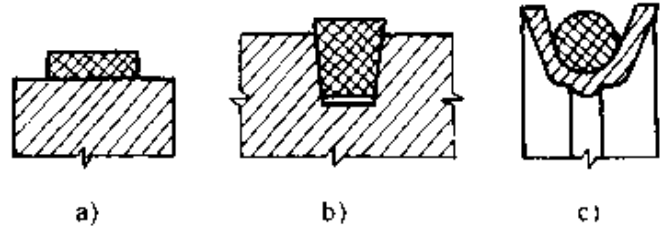


图 7-83 带传动

常用的带传动有：平带传动、V带传动、圆带传动三种，见图7-83。

a) 平带传动 b) V带传动 c) 圆带传动

平带传动适用于两轴中心距较大的传动（两轴中心距可达15 m），还可用于两垂直轴向传递力矩。其特点是结构紧凑，传动比较大。

V带传动的优点是结构简单、成本较低、传动平稳，无噪声、磨损部分易拆换，且具有保险作用。当从动轮突然过载时，皮带打滑，从而避免零件过载破坏。其缺点是传动速比不准确，传动效率较低。

圆带传动主要用于小功率、高转速的不重要机件上。

近年来，我国一些工厂已经应用并生产齿形同步带传动，它是带传动和齿轮传动相结合的一种传动形式。齿形同步带可一面带齿形，也可两面带齿形，见图7-84。齿形同步带传动的传递线速度最高可达80 m/min（平带传动为25 m/min，V带传动为30 m/min），传动比最大可达20（平带为6；V带为10），传递功率

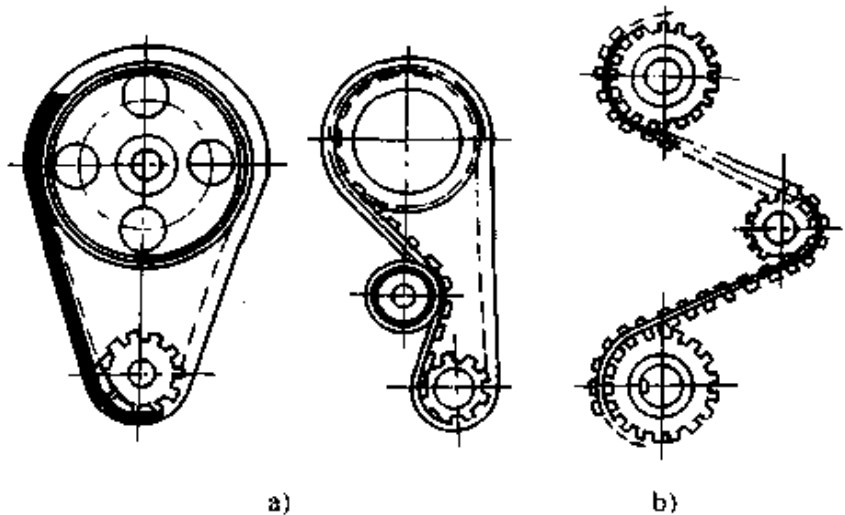


图 7-84 齿形同步带传动

a) 一面带齿形 b) 两面带齿形

可达 100 kW。

齿形同步带的中性层是由钢丝绳或纤维绳组成，外层材料是橡胶或聚氨酯等。带传动主要是由钢丝绳来传递力矩。齿形同步带传动的特点是无相对滑动，因而传动速比准确，带的初拉力较小，因而轴和轴承上所受的压力比一般带传动小；带轮的外形尺寸也较小，质量又较轻。

带传动是依靠带和带轮之间的摩擦力来进行工作的，摩擦力的大小要看带在轮上的箍紧力和接触面积而定。装配带传动时，除两轴平行外，还要使两轴中心距在一定的范围内，同时带轮的轴向位置要正确。用直尺或拉线来检查两带轮的位置是否正确来控制两轴的平行度，见图 7-85。两轴平行度 θ 不应超过 $0.5/1000$ ；两轮轴向位置偏移量 a 的允许偏差：平带不应超过 1.5 mm，V 带不应超过 1 mm。

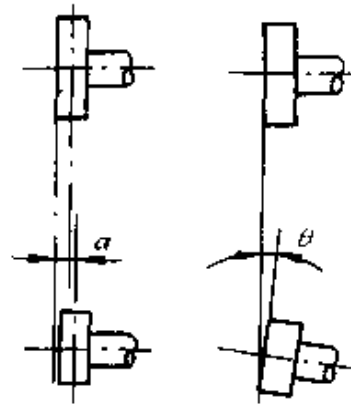


图 7-85 带轮的位置偏差

带轮的中心距要正确，如中心距偏小，摩擦力也小，原因是带的张紧力小。这样结果可导致带打滑，而不能正常传递力矩。若中心距偏大，则带的张紧力大，摩擦力也大，带传递的动力也大，但摩擦力过大将加速带的磨损，并使轴承所受压力也增加，导致运转时发热而迅速磨损。为判断中心距是否正确，一般可检查带的松紧程度，以手用力滑入为合适。

为了使平带传动优良，对无张紧轮装置的平带传动，一般将小带轮的轮缘制成凸缘弧形面状，见图 7-86，这样能使带稳定地套在带轮上而不致滑脱，而且带的宽度比带轮宽度小一号。

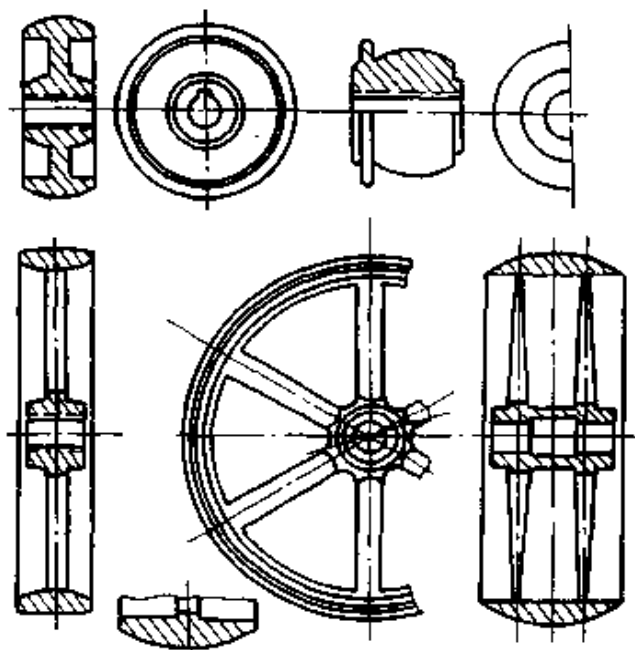


图 7-86 平带轮的轮缘

V 带传动在结构上与平带传动不同，带轮大多是整体的，轮缘上面有梯形槽，V 带的型号应与轮上槽型相符合。传动时，V 带的梯

形边的两侧面紧紧贴着带轮上的梯形槽壁，而底部留有空隙，这时带在轮槽中产生楔紧作用，见图 7-87，故传动效率比平带高。

带接头的连接方法有胶合、缝合及金属扣连接三种。由于胶合连接具有较高的粘接强度，工作平稳，适用于较高速度和各种功率的传动，故应用较为广泛。

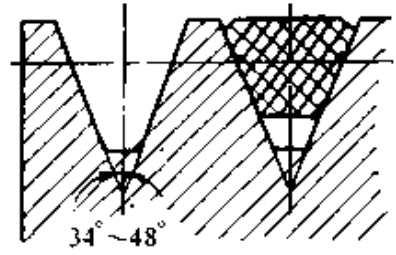


图 7-87 V 带轮的轮缘

皮革带胶合时，应先将要胶合的皮带进行预拉，以减少在工作时的伸长。然后按需要长度，将两端削成斜面，斜面长度为 100~150 mm，见图 7-88。削过的表面要用木锉或钢丝刷刷毛，以增加粘接强度。一般用鱼膘胶来进行胶接，用时先将鱼膘加水溶化，然后将胶水涂满皮革带两端斜面，对齐后加压，经过 5~10 h 的自然干燥即可使用。接缝胶合的方向应顺带运动的方向，见图 7-89。

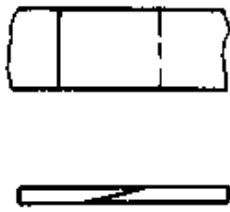


图 7-88 皮革带
胶合接头

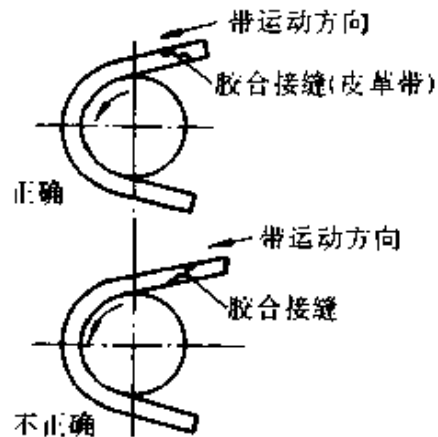


图 7-89 带的接缝方向

橡胶传动带胶合时，应按帆布层切成阶梯状，阶梯的数目应和带的帆布层数目相同，接头长度一般应为带的宽度的 1~2 倍，见图 7-90。再用手提砂轮机，装上毛砂轮片将带的接头打平、打毛，以增加接触面积。表面连接用生橡胶粘合，加压后加以硫化，硫化温度和时间应符合胶合剂的要求。如用 104 号生胶水时，可在连接表面均匀涂满胶水，每次不宜过厚，共涂 2~3 次，涂下一次胶水前，应将胶水吹干。胶水涂完后，吹干对齐加压加温。加热可采用 7 根 800W 电炉丝并联作热源。升温时间分三次



图 7-90 橡胶传
动带的胶合接头

进行，第一次升温到 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，然后降温到 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；第二次升温到 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，然后降温到 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；第三次升温到 $135\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，然后停止加热，自然冷却，保持压力 24 h 即可使用。使用时，应注意传动带在轮上的运动方向，必须顺着接合缝，不能倒着接合缝，见图 7-91。带式输送机上的橡胶传送带的连接，主要采用胶合法，也可用生橡胶加 100 号航空汽油化开作胶合剂。

二、链传动

链传动是由两个链轮和联接链所组成。

链轮具有特殊形状的齿，工作时，链轮的齿和链的环节相啮合。

链传动在机械制造中应用很广，其特点是传动比固定不变、结构比带传动紧凑，不需要太大的张紧力，因而不会给轴承增加额外的荷载，并且能由一个主动轴同时带动几个从动轴，它与齿轮传动相比可在两轴距离较远时传递动力。它的传动效率比带传动高，约为 0.98 ，传动比可达 15 ，传递的动力可达 5000 马力。链条速度可达 20 m/min 。它的缺点是只能用在两轴平行的场合，装配时要求精确，还要经常细心维护，传动时磨损较快，造成链条环节长度增加，而使传动工作不正常。链传动适用于金属切削机床、起重运输机械和农业机械中。

常用的传动链有套筒滚子链和无声链两种，见图 7-92。套筒滚子链多用于低速传动，而无声链多用于高速传动。

对链传动装置主要应保证链条和链轮有最大的耐磨性，并在工作时噪声要小。装配的主要工序是把

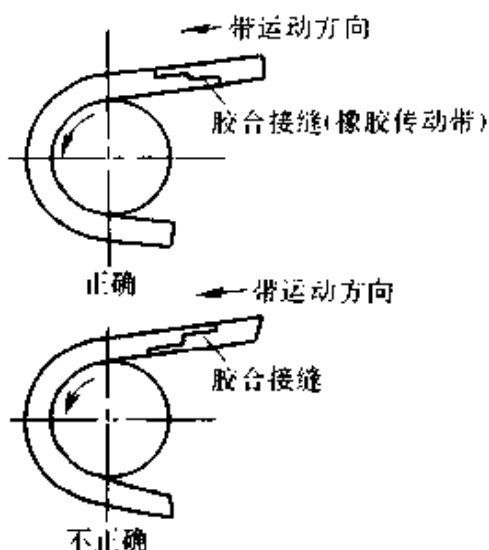


图 7-91 橡胶传动带
接缝方向

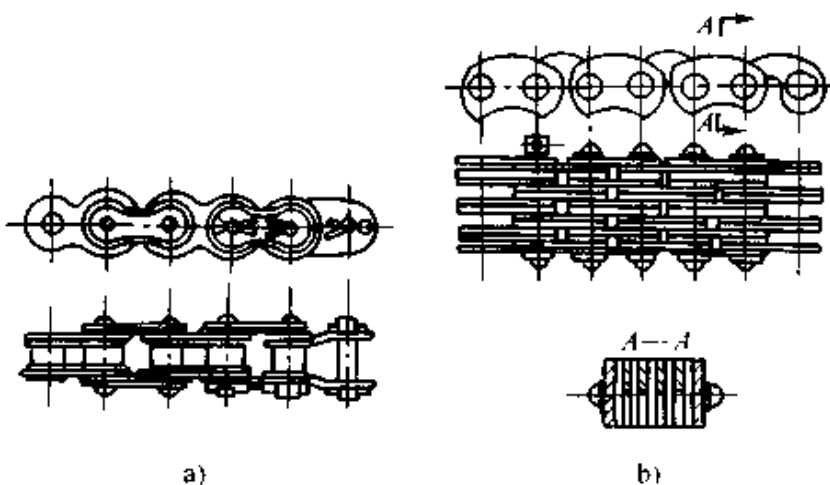


图 7-92 传动链

a) 套筒滚子链 b) 无声链

链轮固定在转轴上，然后套装链条，并进行校正。用键来固定装配链轮时，在轴上的安装方法与安齿轮相同。当链轮装在轴上后，应检查它的径向摆动和端面摆动，见图 7-93。径向和端面摆动的允许值，见表 7-10。

为了使链条匀称准确地在链齿上爬动，链轮的轴线应互相平行。可用检查链轮轴的轴线平行度的方法，来校对链轮的位置。

链轮间的相对位置可用细钢丝测定，当链轮中心之间的距离在 100 mm 以下时，可把金属直尺的棱边贴靠在大链轮的端面上以检查链轮的位置，见图 7-94。为了避免误差，应在链轮处于不同位置时，多次进行测量。其偏差值见表 7-11。

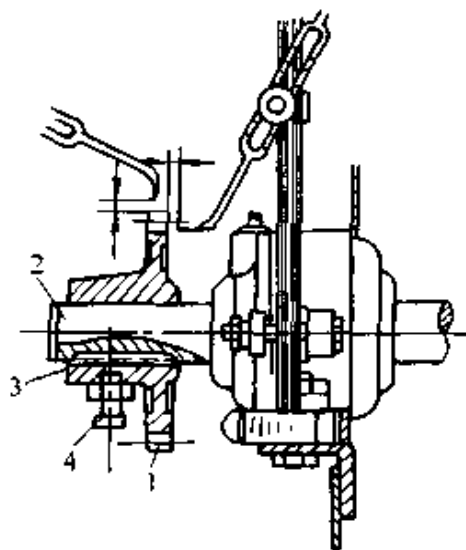


图 7-93 检查链轮径向
和端面摆动
1—链轮 2—轴 3—链
4—止动螺钉

表 7-10 链轮的径向摆动和端面摆动的允许值

链轮的直径 /mm	套筒滚子链的链轮 摆动量/mm		钩环链的链轮 摆动量/mm	
	径 向	端 面	径 向	端 面
< 100	0.25	0.3	0.75	0.5
100 ~ 200	0.5	0.5	1.0	1.0
200 ~ 300	0.75	0.8	1.5	1.5
300 ~ 400	1.0	1.0	2.0	2.0
> 400	1.2	1.5	2.5	3.0

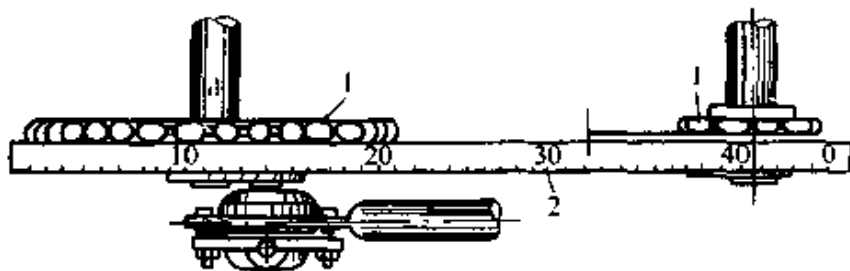


图 7-94 用直尺检查链轮位置
1—链轮 2—直尺

表 7-11 链轮的允许偏移量

链轮的型式	在下列中心间距时的容许偏移量/mm		
	<500	500~1000	>1000 (每1000 mm长)
套筒滚子链的链轮	1.0	2.0	2.0
钩环链的链轮	2.0	3.0	3.0

为了消除链轮的偏移，在结构上常使其中一个链轮的位置是可调整的，调整好位置后即可用螺钉将其固定。图 7-93 即是这种结构之一。

链条装在链轮上后，从动边的弛垂度 f 应符合规范要求，见图 7-95。当链条与水平线夹角 α 不大于 45° 时，弛垂度 f 约为两链轮中心距 A 的 2%，当 α 大于 45° 时， f 应为 A 的 1%~1.5%。

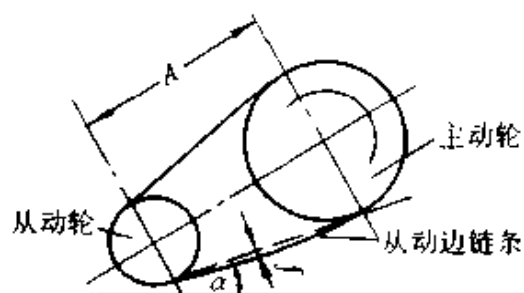


图 7-95 链条的弛垂度

第八节 运动变换机构

一、螺旋机构的装配

螺旋机构可将旋转运动变为直线运动，或将直线运动变为转动。螺旋机构的特点是传动精度高、工作平稳、无噪声、易于自锁，能传递较大的动力，在机床及压力机等设备中应用很广。

螺旋机构在安装前要用外径千分尺或百分表检验螺杆（丝杠）和螺母孔的锥度、椭圆度以及直线度。如不符合要求，在使用中就会造成传动紧松不一。较精确的螺旋传动还要用螺纹测规检查螺距，如螺距超差会造成传动困难。

安装时，螺母中心线与螺杆（丝杠）的中心线一定要重合；螺杆（丝杠）如只有转动，它的轴向位置应保持不变；如是机床上的丝杠，它的轴承中心线应与相应导轨保持平行。

在机床中，螺旋传动的螺母松紧是可以调整的，见图 7-96。车床横刀架丝杠上调整间隙的螺母机构。因螺母分成两部分，调整时，松开螺钉（1）旋紧螺钉（2），使楔块（3）上挤，将左半螺母挤开，消除了丝杠与螺母的间隙，然后再紧固好螺钉（1）。

二、棘轮机构的装配

棘轮机构是由一个或几个传递摆动的止逆爪和一个棘轮组成的传动装置。它可使摆动变为回转运动，还可进行周期性位移。当需要在有限时间过程中完成位移时，特别适用。它在机床的进给机构中应用很广，如刨床、插床、磨床等。

由于棘轮机构在运行阶段的开始和终了时发生冲击，因而不适合于高速机械设备。

棘轮机构在装配时注意以下几点：

(1) 棘轮与轴或丝杠的装置，采用键联接，要装紧固，防止产生松动现象。

(2) 止逆爪摆动的大小，可通过调整曲柄的长短来实现，但棘轮接触点的法线要通过止逆爪轴和棘轮轴的中间，而不能在它的外边，否则止逆爪就会被棘轮推开，调整也只能在此范围内。

(3) 止逆爪在每次摆动时，促使棘轮运动的齿数应相等，因此，止逆爪与轴的间隙配合的间隙值要适当。图 7-97 的棘轮机构，必须注意弹簧的张力，如张力不足会产生间断与跳动；如张力过大，止逆爪不能在棘轮上滑动，将会使棘轮带回，保证不了每次驱动的齿数相等。

三、凸轮机构的装配

凸轮是一个具有曲线轮廓或曲线凹槽的构件。凸轮与从动杆、从动座或从动滑块等从动构件组成凸轮机构。

凸轮机构的作用，能使主动构件的某种运动形式，转变为从动构件的另一种运动形式，以满足不同运动的需要。

除了移动式凸轮外，绝大多数凸轮是绕凸轮轴作回转运动的。有些凸轮和凸轮轴制成一体，有些是分开的。凸轮装配是指分开制造的凸轮、

凸轮装在凸轮轴上时，要保证正确的相对位置，否则会引起机构的相位变更，工作循环受到破坏，受力增加，磨损加剧或使零件折断。

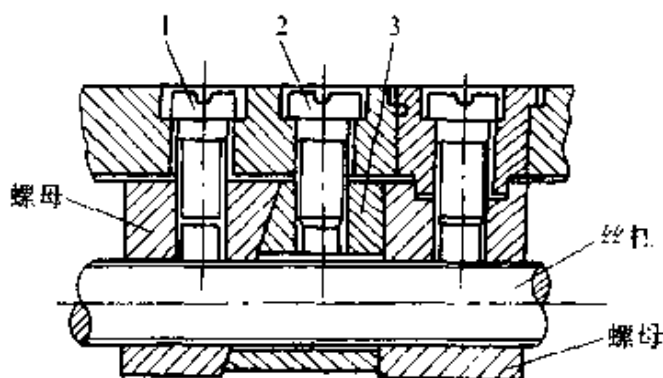


图 7-96 螺旋机构间隙调整

1—螺钉 2—旋紧螺钉 3—楔块

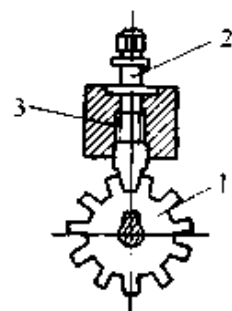


图 7-97 棘轮机构

1—棘轮
2—弹簧
3—螺纹

装配装置角度不可调整的凸轮时，一般用销钉、键、花键、螺钉等来固定。用销钉固紧凸轮，应检查凸轮与轴上的锥孔是否重合，如不重合，须用铰刀对凸轮轴承孔和凸轮销孔进行铰削。如两孔同心，即可将带锥度的销钉插入锥孔中，用力大小要合适。

用圆锥销钉固装的凸轮，由于承受交变负荷时，销钉可能脱出。因此，只能用于凸轮承受的负荷低、转数不高的场合。转速高的机械多采用自锁式销钉，见图 7-98。这种销钉的重心不在旋转轴线上，而偏细的一端。旋转时所产生的离心力，可使销钉不至脱出。

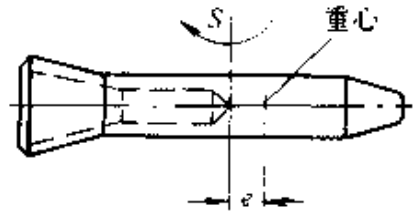


图 7-98 自锁式销钉

用键来固定的凸轮，需要用固定螺钉防止凸轮轴向窜动，而依靠键承受交变负荷。为了便于维修，同时又考虑到使用的要求，轴与凸轮的装配一般选用过渡配合，轴槽与键为过盈配合，凸轮键为过渡配合。

凸轮与轴在装配前，应做好配合件的选配测量工作，以选出最佳配偶件。否则不是因过松影响质量，就是因过紧而浪费装配工时，甚至造成装配质量事故。同时，为避免在装配时出现拉伤，装配前应将装配件清洗，修除毛刺，然后在轴上、凸轮孔及键表面涂上一层白铅油或其他保护剂，采用压力机或液体加温措施来完成装配工作。最后，利用平台或专用设备，检验凸轮与轴的相对安装位置是否合适。

装配角度可调整的凸轮，装配的方法随结构不同而各异。凸轮受力不大的，可用螺钉夹紧法固装，见图 7-99。锥形套固装凸轮，是用摩擦力把凸轮固装在轴上，见图 7-100，将开缝的锥形衬套 (3) 装在轴 (2) 上，它的外面套装凸缘 (4)，凸轮 (1) 用螺钉 (5) 同凸缘相连，在旋紧螺母 (6) 时，零件之间产生摩擦力互相固紧。

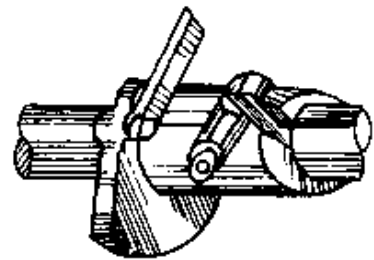


图 7-99 夹紧法
固装凸轮

内燃机配气机构中的凸轮，是靠摩擦力固装在轴上。装到轴上后，两面用带槽的螺母压紧，由于两接触面的摩擦作用使凸轮固装到轴上，见图 7-101。

图 7-102 是通过凸轮 (1) 的端面牙齿和衬套 (2) 的端面牙齿啮合将凸轮固装到轴上，调

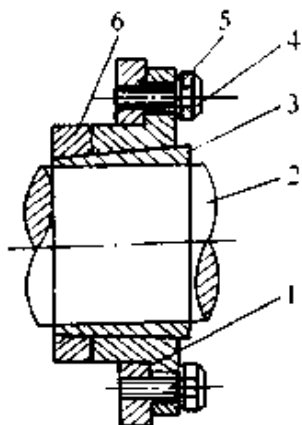
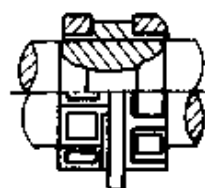


图 7-100 锥形套固装凸轮

1—凸轮 2—轴 3—锥形衬套 4—凸缘
5—螺钉 6—旋紧螺母

图 7-101 利用摩擦力
固装凸轮

整牙齿的相对位置，就可达到改变凸轮角度的目的。这种凸轮结构安全可靠并且易于调整，多用于低速大功率柴油机的燃料油定时机构上。

安装时，一般衬套与轴采用过渡配合，凸轮与衬套是动配合。衬套与轴的装配多采用液体加温法和压力机压装法。其调整方法是将螺钉（4）首先松开，并将压紧螺母（3）松开，然后将凸轮（1）按要求的位置转动，最后将螺母与螺钉拧紧。

在装配从动构件时，要注意从动构件与凸轮是否接触良好。如滚子的从动杆，如滚子的轴线不与凸轮轴线平行，或是滚子偏向一边，见图 7-103，则接触长度就缩短，接触面的单位压力就增加很多，而加速零件的磨损。如带有复位弹簧，还要检查弹簧的张力，借以保证被驱动零件回到原位，使机构能正常运转。如张力不足，接触可能中断；如张力过大，会加速工作表面的磨损。

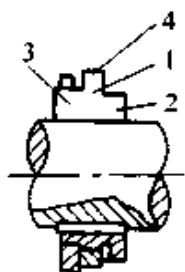
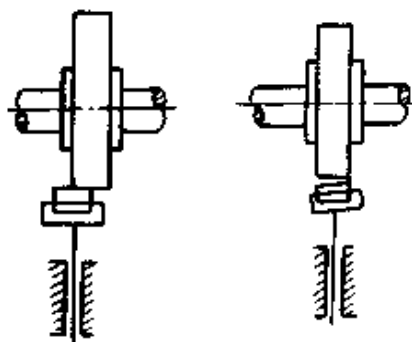


图 7-102 利用端面牙齿固装凸轮

1—凸轮 2—衬套 3—压紧螺母
4—螺钉

图 7-103 从动件装配位置
不正的两种情况

第九节 加热装配

在机械设备的零、部件中，有一部分是采用过盈配合的，如轴和套的配合，也有加热锁紧联接的，如联接螺栓等。通常过盈件的装配方法有：压入装配、低温冷装配和热套装配等。在安装工地上，一般多采用加热装配方法。

加热装配主要是利用物体热胀冷缩的特性，把两个要装配的零、部件，一个加热到一定温度，使其膨胀到一定程度后，立刻装到另一个相配合的零、部件上，经冷却收缩，两者紧密的结合在一起，构成一个整体，这就是热装配要达到的目的。

在大型锻压设备中，如机械压力机、液压机等，这些设备在工作过程中，本身产生很大的工作压力，这种工作压力要靠机体本身的部件来平衡。如水压机、曲轴压力机，它的整个机体主要是通过连接上横梁、活动横梁、底座的四根立柱来实现的。为了平衡由于工作时产生的很大胀力，就要把整个机身部分连成一个整体。因此在机身部件安装后要进行加热装配，其目的是使每个立柱截面产生拉应力，这个拉应力应大于平衡工作压力时产生的拉应力，使立柱不会被拉伸，从而保证整个机体不会松动。实际上加热装配是一种产生预应力的物理方法。

一、热装配部件加热温度

热装时，加热温度可按下列公式计算：

$$t = \frac{\delta + \delta_0}{\alpha l} + t_0$$

式中 t ——加热温度（℃）；

δ ——轴与套装配时，为轴与套最大公盈（mm）；联接螺栓装配时，为所选定的螺栓装入并冷却后的伸长量（mm）；

δ_0 ——装配时的余隙，即便于装配面加热胀大或伸长的量（mm），一般应根据装配零件的重量和尺寸、操作人员的熟练程度及准备工作的情况来决定，通常可取 $\delta_0 = (1 \sim 2) \delta$ ，最小装配间隙值可参照表 7-12；

l ——轴与套装配时，为孔的直径（mm）；联接螺栓装配时，为螺栓加热段长度（mm）；

t' ——室温 ($^{\circ}\text{C}$)；

α ——加热工件线膨胀系数，见表 7-13

表 7-12 最小装配间隙

(μm)

连接机件直径/mm 机件质量/kg	连接机件直径/mm				
	80~120	>120~180	>180~260	>260~360	>360~500
<16	40~50	50~60	60~70		
>16~50	60~70	80~90	90~100	100~120	
>50~100	100~120	130~150	180~200	220~240	220~240
>100~500	150~170	180~200	240~250	260~280	300~320
>500~1000		210~230	250~270	290~310	340~360
>1000			280~300	330~360	380~400

表 7-13 金属材料线膨胀系数 α 值

($10^{-6} \cdot 1/^{\circ}\text{C}$)

材 料	加热温度范围					冷却
	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	
工程用钢	16.6~17.1	17.1~17.2	17.6	18~18.1	18.6	-14
黄 铜	17.8	18.8	20.8			-16
锡 青 铜	17.6	17.9	18.2			-15
铝 青 铜	17.6	17.9	19.2			
碳 钢	10.6~12.2	11.3~13	12.1~13.5	12.9~13.9	13.5~14.3	-8.5
铬 钢	11.2	11.8	12.4	13	13.6	
40CrSi	11.7					
30CrMnSiA	11					
3Cr13	10.2	11.1	11.6	11.9	12.3	
1Cr18Ni9Ti	16.6	17	17.2	17.5	17.9	
铸 铁	8.7~11.1	8.5~11.5	10.1~12.2	11.5~12.7	12.9~13.2	-8
镍铬合金	14.5					
铝 合 金	23					-18
镁 合 金	26					-21

二、加热方法

热装配的加热方法较多，常用的有下面几种：

1. 木柴（或焦炭）加热法

这种方法优点是，设备比较简单、成本低。但温度不易控制，受热不均匀，加热过程中要经常进行翻转，而且灰尘较多。一般用在不太重要的加热零部件上。

2. 氧乙炔加热法

所用的设备也较简单、无灰尘。这种加热方法适用于小型零部件，大件加热往往要采用几套工具同时进行操作，加热温度一般不易掌握。

3. 热油加热法

把需要热装配的零部件，放入已加热好的机油内，使其受热膨胀后进行装配。此法设备少，易移动，温度均匀，加热过程简单方便，因此，热油加热法多用于过盈较小，加热温度不太高的小零部件上，如滚动轴承的装卸等。

4. 蒸汽加热法

这种方法只限于靠近有蒸汽供应的地方可以采用。它的缺点是加热温度不能过高。

5. 电阻丝加热法

用镍铬合金的电阻丝绕在耐热瓷管上，放入被加热的孔内，接通电源进行加热。为了避免热损失，可采用石棉板外罩保温。这种方法成本低、加热速度快。

6. 电感应加热法

将电线绕在被加热的零部件外面，把零部件当作铁心，并通以交流电，利用电感应的作用使铁心产生涡流电与磁滞现象而发热。此法加热温度均匀，操作方便，温度容易控制。

三、几种部件的热装配

1. 热装配前的准备工作

在加热装配开始前，应将热装配的零、部件放在合适的位置上，排除工作周围的障碍物，必要时应进行一次预装配。

加热前要准确测出零、部件的实际尺寸，并检查是否符合设计要求。从准确测量的数值中，计算胀大和伸长量以及合适的加热温度。在此基础上选择合理的加热方法，并准备好加热用的设备和工具。准备工

作就绪后，即可进行热装配。

2. 轴和孔的热装配

图 7-104 为一传动轴，用内、外径千分尺准备测量 a 、 b 、 c 三个位置的尺寸。最大轴径为 250.21 mm，最小孔径为 249.87 mm，故最大公盈为：250.21 mm - 249.87 mm = 0.34 mm。

(1) 加热温度的计算

根据已知条件得： $\delta = 0.34$ mm； $\delta_0 = 1.56 = 1.5 \times 0.34$ mm = 0.51 mm； $\alpha = 11 \times 10^{-6}$ mm； $l = 249.87$ mm； $t_0 = 20^\circ\text{C}$

代入下列公式得加热温度为

$$t = \frac{\delta + \delta_0}{\alpha l} + t_0 = \frac{0.34 + 0.51}{11 \times 10^{-6} \times 249.87} + 20^\circ\text{C} \approx 335^\circ\text{C}$$

(2) 准备样板和测温剂 为了正确地掌握加热过程中孔径胀大程度和加热温度，在加热前要制作最大孔径和最小孔径两个样板，其形状可用梅花形，见图 7-105。样板厚度为 3 mm ~ 5 mm，可用钢板制成。测量时要避免样板受热膨胀。

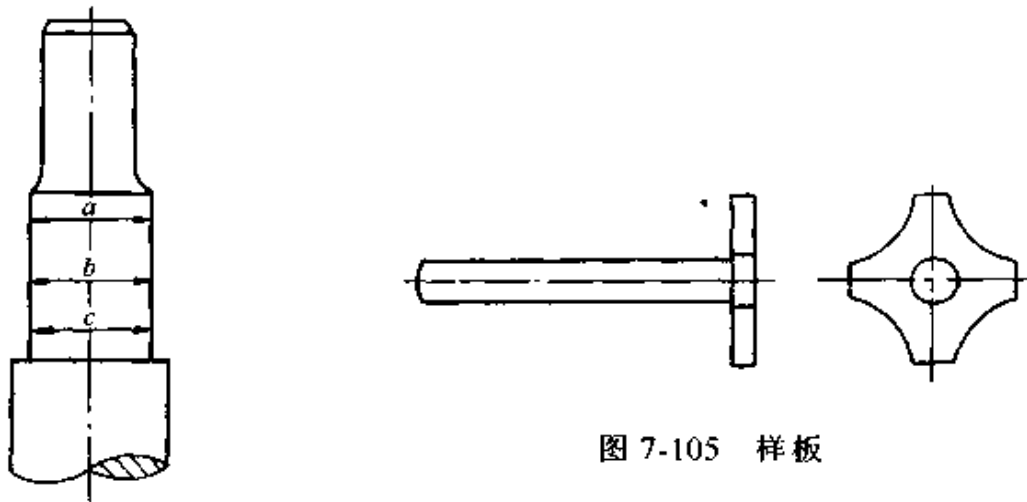


图 7-104 轴

图 7-105 样板

测温剂可用铅，因铅熔点低，先用铅测温，然后用样板测量孔径的胀大程度。

加热在加热炉内进行，并准备好吊运工具。

(3) 热装操作 先划线，有键槽者先划好键槽线，以便装配时两槽相对；无键槽者不进行划线。

见图 7-106，将主轴放入坑内，坑深和大小以热装方便为准，坑内

垫以道木或厚钢板，装入坑内后用方水平（水平仪）略加找直。

将加热好的轮用图 7-107 的吊运工具，运至主轴前，并快速的用钢丝刷将轮孔径中灰尘清理干净，找好轮的方向和位置，用锉刀将轴头棱刮去，将主轴径涂上一层油，然后开始装配。装配时要对准线，轮装配完时，用塞尺检查轮与轴肩间缝隙，达到要求后，拆卸工具，待缓慢冷却。在冬季施工时，应采取相应的保温措施。

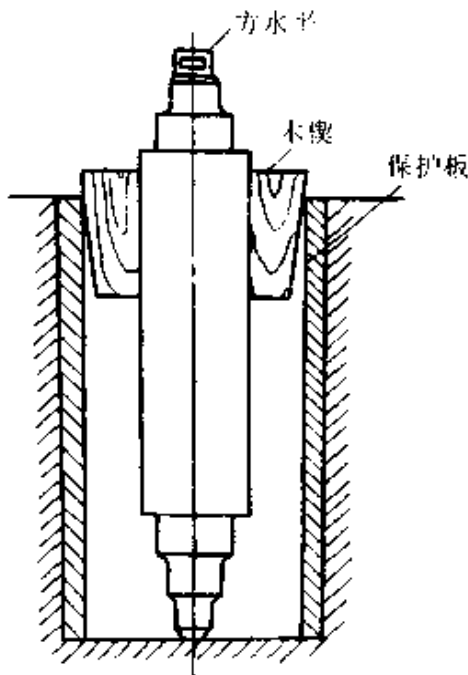


图 7-106 轴找正示意图

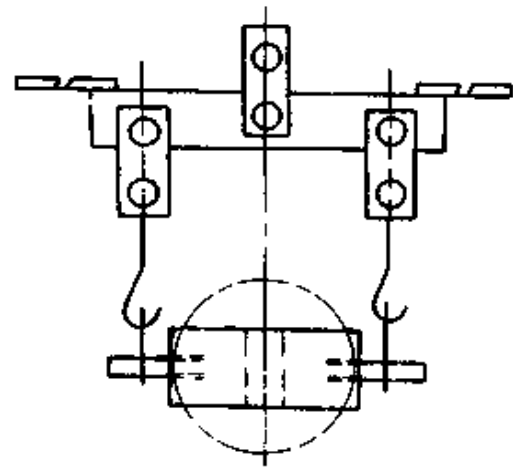


图 7-107 吊运工具

3. 螺栓的热装配

图 7-108 所示为轧钢机轴承座机架，其联接螺栓为加热装配，螺栓各部尺寸，见图 7-109。

(1) 加热温度计算

计算公式为：

$$T = \frac{L_2 - L_1}{\alpha L_1}$$

式中 T ——加热温度 (°C)；

L_1 ——加热前，加热部分长度 (mm)；

L_2 ——加热后，加热部分长度 (mm)；

α ——材料的线膨胀系数。

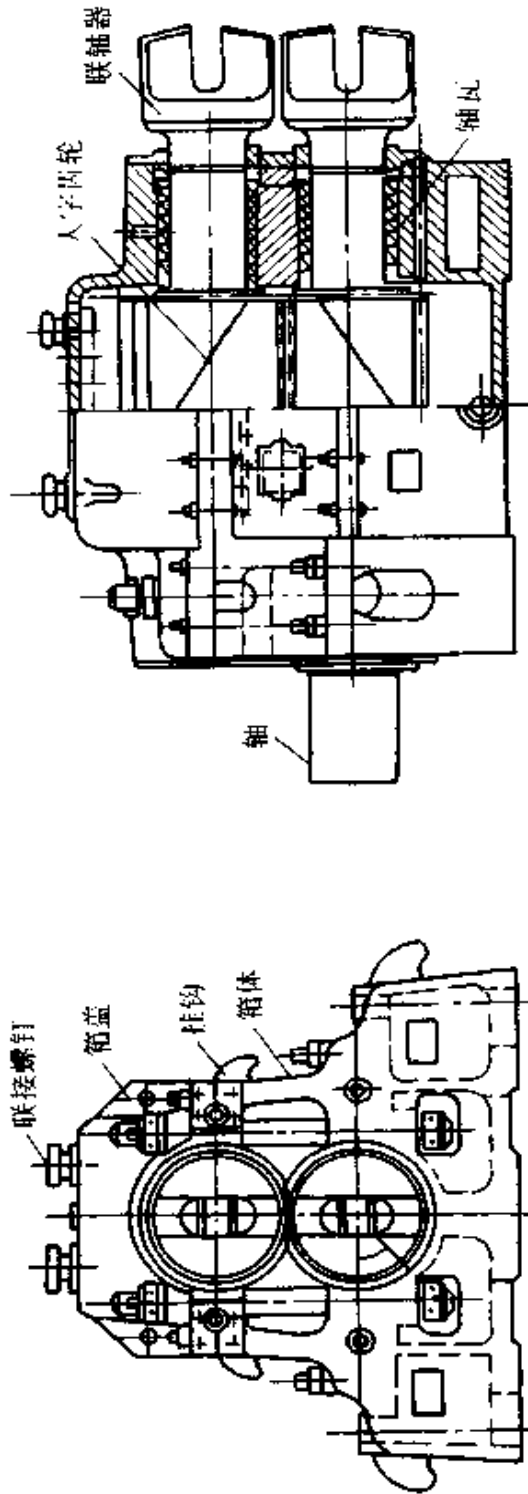


图 7-108 轧钢机轴承座机架

图 7-109 中, 螺栓全长为 4500 mm, 工作部分长 3420 mm, 加热部分长 2500 mm, 直径 175 mm, 螺距 6 mm。

根据设计要求, 螺母旋转角度为 105° , 螺母行程为 $(105/360) \times 6 \text{ mm} = 1.75 \text{ mm}$ 。

将上列数字代入公式中得:

$$T = \frac{L_2 - L_1}{\alpha L_1} = \frac{1.75}{11 \times 10^{-6} \times 2500} \text{ } ^\circ\text{C} = 64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

考虑到热损失和安装时间延长, 因此, 热膨胀值可增大到 6 mm, 此时加热温度为:

$$T = \frac{6}{11 \times 10^{-6} \times 2500} \text{ } ^\circ\text{C} = 219 \text{ } ^\circ\text{C}$$

故确定加热温度为 $200 \sim 250 \text{ } ^\circ\text{C}$, 但在实际操作中热胀值 6 mm 过大, 只需 4 mm 即可。

(2) 工具与加热设备 长度样板是用来测量螺栓在加热伸长后, 使用的工具, 见图 7-110。图 7-111 是检查安装后的间隙样板。

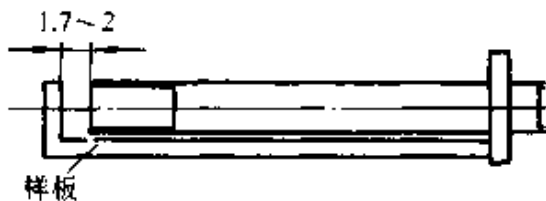


图 7-110 长度样板

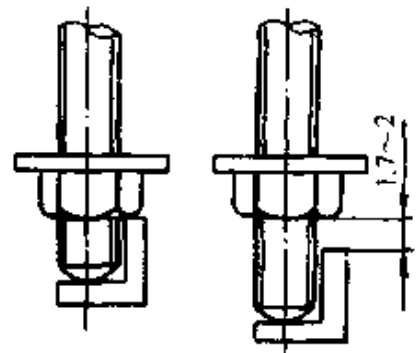


图 7-111 间隙样板

加热用木炭。炉子为砖砌长方形加热炉。试温材料用机油（燃点为 $200 \sim 250 \text{ } ^\circ\text{C}$ ），还要准备好扳手、划线工具、起吊设备等。

(3) 热装螺栓操作 先找正和划线, 主要是为了热装时能快速而准确地将连接螺栓紧固在齿轮箱上。找正和划线的方法是: 将连接螺栓按打印号装入齿轮箱螺孔内, 找正时先把箱盖放上, 从而确定螺栓的正确

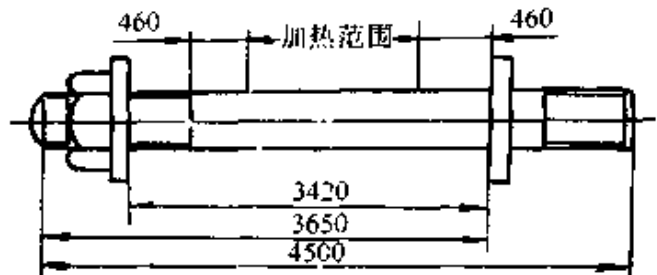


图 7-109 加热螺栓

位置，然后把准备热装的螺母拧紧。为了检查在掀箱盖时连接螺栓可能移动，在掀盖前将各螺栓间的相对距离量出（可量相邻边距离及对角线距离的关系尺寸）。掀盖后按此尺寸检查一次，如有不符，要重新定位，直到正确为止，最后在螺栓肩与机箱面接触处，用划针划圆作标记，见图 7-112。

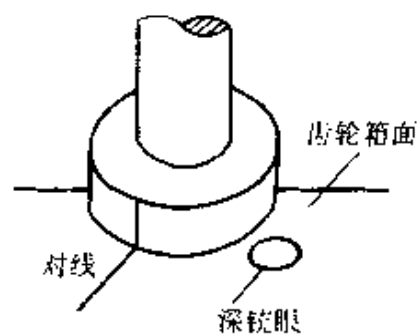


图 7-112 找正划线

待螺栓卸下后，再在所划线上打深铣眼，作为螺栓热装时正确位置的标记。热装时，螺母的拧紧方法有两种：一种为螺母多旋角度法，即在螺栓未加热前当螺母拧紧后，先在齿轮箱底面与热装螺母做对号标志，然后在退扣方向距对号标志 105° 处的螺母上做一记号，此处即作为热装时螺母转进 105° 后的对号标志，见图 7-113。另一种为垫圈加进法，即在加热前，把螺母拧到一定的紧度，在螺母上钻一销子孔，见图 7-114，钻至螺栓杆内，但不钻透，用以插入销子，作为热装时，拧紧螺母的标志。热装时在螺母上加一厚度相当于螺母旋转 105° 时所前进的距离的垫圈即可。

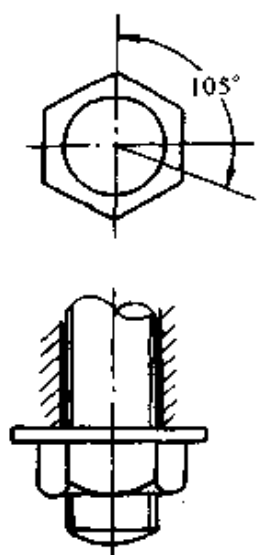


图 7-113 螺母多旋角度法

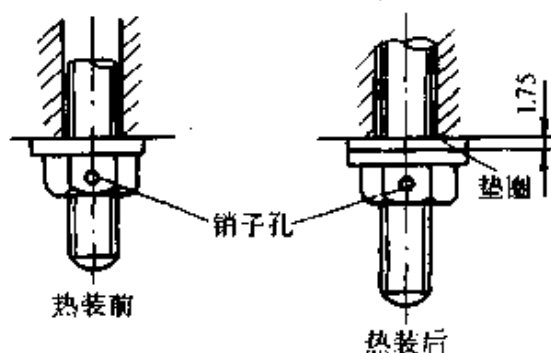


图 7-114 垫圈加进法

加热：当炉内燃烧正常后，将连接螺栓放入，加热第一根螺栓时，其余几根可进行预热，并陆续加热。为了使加热部分温度均匀，防止螺栓杆变形，每 10 min 要翻转一次。不需加热部分用布包扎，随时浇水冷却，特别是螺纹部分，更要特别注意，以免受热膨胀，装不进螺母。

当加热到一定时间后，则以用选定的机油试温，方法是：把油滴在螺栓杆加热部分上，看其是否着火。如着火，则表明温度符合要求，否则要继续加热到合格为止。同时用样板测量其伸长度是否达到要求，如符合要求，则加热完毕。

安装：当连接螺栓加热达到要求伸长度时，应迅速吊起，清除灰尘，然后装入箱体螺孔内，对准位置，拧好螺母角度，并用间隙样板进行检查。安装时间愈短愈好，一般要在回缩到最小热胀值前完毕。冷却后用手锤检查，不应松动。

四、液压锁紧

液压锁紧是在冷态下进行紧配合的一种工艺操作。它的原理是利用物体的塑性，在允许的范围內，通过液压油的压力，使其内孔胀大，当压力消除后，物体恢复原状，从而达到紧配合的目的。下面介绍一个液压锁紧的实例：

图 7-115 是一个装在曲轴压力机传动轴上的小人字齿轮，它是通过液压锁紧工艺，将其固定在轴上。

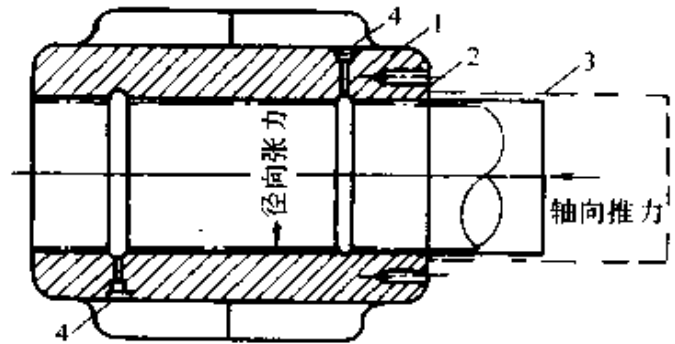


图 7-115 人字齿轮

1—轴 2—小人字齿轮 3—液压螺母 4—油孔

具体操作方法：将小人字齿轮放在专用托架上，见图 7-116，

在小人字齿轮后面放上液压螺母，它是拧在轴端螺纹上的（此螺母相当于一个油缸）。将小人字齿轮一端套在轴头上，准备好手动高压油泵，并将高压油管分别接到小人字齿轮和液压螺母上，并固定好。然后装上压力表，开动油泵，使油压缓慢上升，当径向油压达到 150~200 MPa 时，液压螺母内圈产生轴向移动，并以 50 MPa 的压力将小人字齿轮沿图 7-115 中箭头所指方向推入，一直达到设计要求为止。此时，先撤除径向油带，则内圈恢复原状并抱紧轴，然后再撤除轴向油带，至此液压锁紧工艺全部完成。

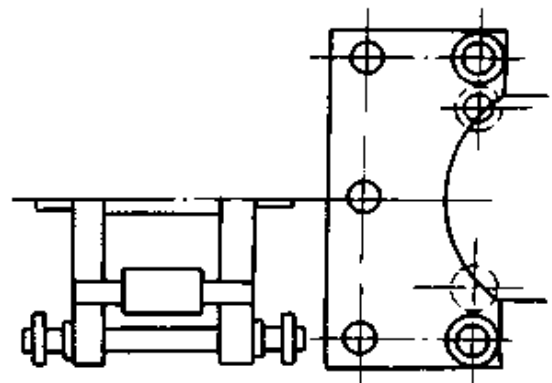


图 7-116 专用托架

第八章 起重作业基本知识

第一节 力学基础知识

杠杆、滑轮、轮轴、斜面、螺旋等是最简单、最基本的机械。在吊装作业中，经常使用这些简单机械，完成不同类型的吊装任务。掌握使用简单机械知识，对于设备安装工作者，也是十分必要的。

一、杠杆

起重工人为了将重物撬起，常用铁棍或木杠，一端放在重物底下，而用力压另一端，铁棍或木杠就绕着垫在它下面的物体转动，将重物撬起。这种在力的作用下，能绕某一个固定点转动的铁棍或木杠，就叫作杠杆。

杠杆有力点（杠杆用力处）、重点（杠杆上和重物接触处）、交点（杠杆绕其转动的固定支撑点）、力臂（从力点到支点的距离）、重臂（从重点到支点距离）。按照力点、支点和重点的相互位置不同，杠杆可分为三类：一类是支点在中间；二类是重点在中间；三类是力点在中间。只有满足下面条件，杠杆才能平衡：

$$\text{力} \times \text{力臂} = \text{重力} \times \text{重臂}$$

从上式可以看出，要使杠杆平衡，作用在杠杆上两个力的大小，要与它们的力臂成反比。力臂是重臂的几倍，力就是重力的几分之一。由此可见使用杠杆时，力臂大于重臂就能省力。二类杠杆，重点在中间，力臂总大于重臂，因而应用时能省力。三类杠杆，力点在中间，力臂总小于重臂，因而使用时要费力，但用力距离缩短。无论哪一类情况，力和力臂的乘积都等于重力和重臂的乘积，所以，作功是相等的。但要注意的一点是力臂和重臂的长度是指支点到力和重量作用方向的垂直距离，与臂的曲直无关。

二、滑轮和轮轴

1. 滑轮

滑轮是一个可绕轴转动的轮子，它的轮边上有防止绳子滑脱的沟槽。轴固定不动的滑轮叫定滑轮，如起重机吊杆顶端的滑轮；轴与重物能同时移动的滑轮叫动滑轮，如起重机吊钩上的滑轮。见图 8-1。

滑轮实际上是杠杆的进一步发展和变形，定轮的轴相当于杠杆的支点 O ， OA 是力臂， OB 是重臂，当定滑轮平衡时：

$$N \times OA = Q \times OB$$

因为 $OA = OB = \text{滑轮半径}$

所以 $N = Q$

可是使用定滑轮不能省力，但能改变作用力的方向，用起来方便。

当动滑轮平衡时：

$$N' \times AB = Q \times OB$$

因为 $AB = 2OB$

所以 $N' = \frac{1}{2}Q$

上式说明力是重力的一半，即绕过动滑轮的每股绳子只承担物体重量的一半。因此，使用动滑轮省一半力。

上面的例子表明，定滑轮虽能改变作用力的方向，但不能省力，动滑轮能省力，但不能改变作用力的方向。

从滑轮受力分析中，可以忽略不计滑轮与它的轴和绕过它的钢丝绳间的摩擦力，也不考虑动滑轮的自重。如将摩擦力和滑轮自重等因素加进去，所用的力要更大些。

图 8-1c) 是三个动滑轮和三个定滑轮组成的一个滑轮组。在滑轮组中，重物和动滑轮的总重量是由 6 股绳子承担的，每股绳子只承担总重量的 $1/6$ ，所以，用这种滑轮组提起重物，所用的力只有总重量的 $1/6$ ，而且还能改变力的方向。

2. 轮轴

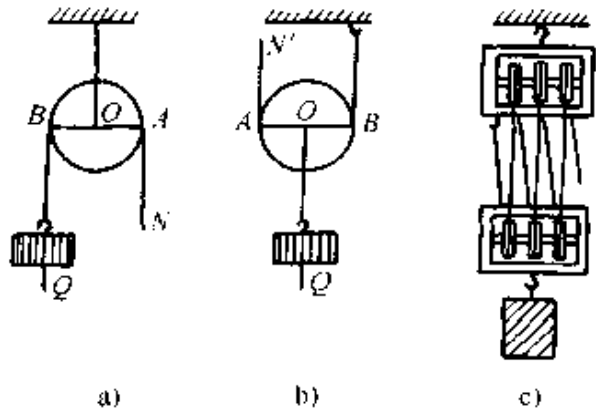


图 8-1 定、动滑轮和滑轮组

a) 定滑轮 b) 动滑轮 c) 滑轮组

轮轴也是一种杠杆，见图 8-2。外面的圆表示轮，里面的圆表示轴， O 是轴心， OA 是轮的半径， OB 是轴的半径， N 是转动轮的力， Q 是轴上悬吊物体重量。通过 A 、 O 、 B 三点连一条直线，就成为一一个杠杆，它的支点是 O ，力臂是 OA ，重臂是 OB ，根据平衡条件得：

$$N \times OA = Q \times OB$$

或
$$\frac{Q}{N} = \frac{OA}{OB}$$

从上式可看出，轮半径 OA 是轴半径 OB 的几倍，力 N 为重量 Q 的几分之一，所以，轮轴可省力。

三、斜面和螺旋

1. 斜面

与水平面成一个角度的面称斜面。当把重物搬上运输车辆时，往往是先在车上搭一块倾斜的木板，沿此木板将重物推上去，这样作比直接把重物垂直搬上车省力。搭在车上的木板就是一个斜面，它是常用的简单机械。

用三角形表示斜面，见图 8-3， L 表示斜面长， h 表示斜面高， Q 表示重物的重量， N 表示推动重物的力。根据做功原理，使用任何机械都不能省功。把重物沿斜面推上车所作的功，等于直接把重物举上车所作的功。即：

$$N \times L = Q \times h$$

上式可写成

$$\frac{N}{Q} = \frac{h}{L}$$

由上面公式可看出，斜面高度是长度的几分之一，所用的推力就是物体重量的几分之一。由于斜面长度总是大于它的高度，所以，把重物沿斜面推上车能够省力。

2. 螺旋

它也是一种省力的简单机械。以螺旋千斤顶为例，用作功的原理来说明螺旋省力的道理。螺旋千斤顶是由螺杆和螺母装配而成的起重机械。在螺杆上装有手柄，转动手柄，螺杆上升，就可把重物顶起。

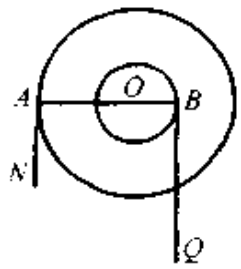


图 8-2 轮轴

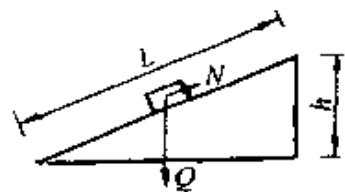


图 8-3 斜面

用一张直角三角形的纸片卷在圆柱体上, 见图 8-4。它的斜边在圆柱上就绕成了螺旋线, 可见螺旋是斜面的变形, 因此, 使用螺旋也省力。

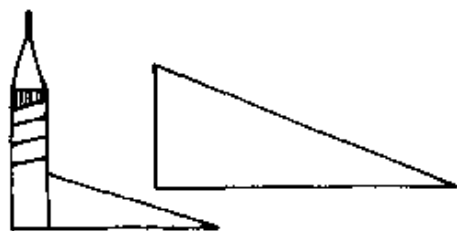


图 8-4 斜面和螺旋的关系

图 8-5 中, 当螺旋千斤顶工作的时候, N 是作用在手柄上的力, N 的作用点到螺旋轴线的距离为 L , 当螺旋每转一周, 动力 N 所作的功是 $N \cdot 2\pi L$ 。这时螺旋上升一个螺距 t , 克服重力 Q 作的功是 $Q \cdot t$ 。根据做功原理, 动力对机械所作的功, 等于机械克服阻力所作的功。因此, 得:

$$N \times 2\pi L = Q \times t$$

可写成
$$\frac{N}{Q} = \frac{t}{2\pi L}$$

用螺距 t 比手柄转一圈的周长 $2\pi L$ 要小得多, 所以, 用较小的力作用在手柄上, 就能将重物举起。

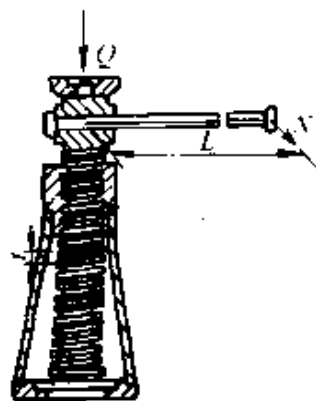


图 8-5 手动螺旋千斤顶

第二节 索具与吊具

一、白棕绳

(1) 白棕绳是由植物纤维搓成线, 并绕成股, 再拧成绳。在施工中它主要用于受力不大的缆风、溜绳等, 也有用白棕绳吊装轻型物体。

(2) 白棕绳有三股、四股和九股等几种。它还有浸油和不浸油之分。白棕绳的各项指标, 见表 8-1。

(3) 白棕绳的安全系数: 穿滑轮组起吊物体时为 5, 作缆风绳时为 6, 作吊索时为 6~10。

(4) 白棕绳的打结方法, 见图 8-6。

(5) 使用白棕绳应注意下面几点:

- 1) 穿滑轮时, 其直径应大于绳直径的 10 倍。
- 2) 白棕绳切断后, 断口要用细铁丝或麻绳扎紧, 以防断头松散。
- 3) 当绳某段出现扭结时, 要及时加以调直。
- 4) 存放白棕绳处, 要通风干燥, 防止发生腐烂变质。

5) 捆扎边缘锐利的物体时, 应衬垫麻布、木片等物, 以防止损坏白棕绳。

表 8-1 旗鱼牌白棕绳指标

直径/mm	圆周/mm	每卷重量/kg (200m)	破断拉力/kN
6	19	6.5	2.0
8	25	10.5	3.2
11	32	17	5.7
13	38	23.5	8.0
14	44	32	9.5
16	51	41	11.5
19	57	52.5	13
20	63	60	15
22	70	70	18.5
25	76	90	24
29	83	120	26
33	101	165	29
38	114	200	35
41	127	250	37.5
44	140	290	45
51	152	330	60
57	178	450	65
63	190	500	70

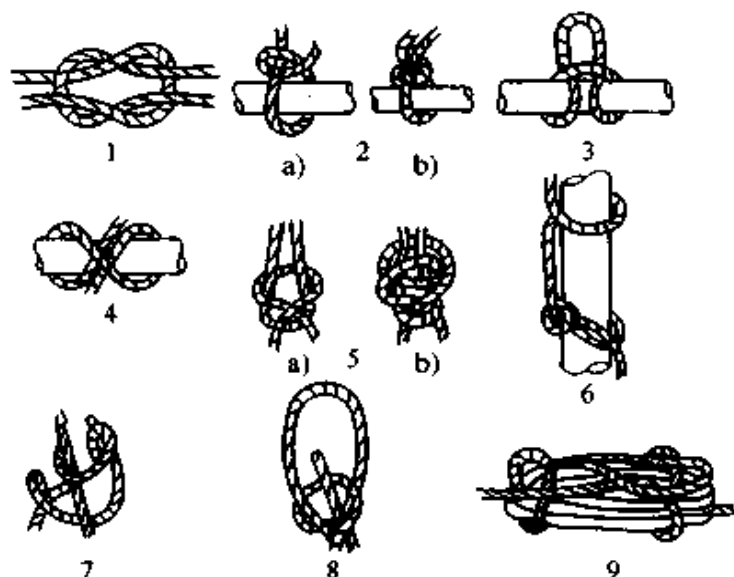


图 8-6 白棕绳的打结方法

- 1—平结 2 (a) —单滑套结 2 (b) —双滑套结 3—死套或单圈 4—交叉结
 5 (a) —单圈展帆结 5 (b) —双圈展帆结 6—系木结 7—单圈缠钩结
 8—救生结 9—缩绳结

二、钢丝绳

1. 钢丝绳的选用

钢丝绳在起重工作中应用十分广泛，它可作为起重、牵引、捆扎之用。钢丝绳由高强度碳素钢丝捻制而成。其特点是强度高、有挠性、工作可靠、耐磨、无噪声、运转平稳等。钢丝绳的结构和规格，通常使用的钢丝绳由大股钢丝束和一根麻绳心捻成，每股中钢丝分别有 19 根、37 根、61 根等。每根钢丝直径为 0.4mm~3mm，一般以丝细、丝多、柔软为好。如标记为 6（股）×19（根）的钢丝绳多用于缆风绳，6（股）×37（根）及 6（股）×61（根）钢丝绳多用作起重和捆扎重物。6 股钢丝绳的破断力见表 8-2、表 8-3、表 8-4。

表 8-2 6×19 钢丝绳的破断拉力

直 径		钢丝绳的抗拉强度 /MPa				
钢丝绳	钢 丝	1400	1550	1700	1850	2000
/mm		钢丝绳的破断拉力总和 /kN				
6.2	0.4	20.00	22.10	24.30	26.40	28.60
7.7	0.5	31.30	34.60	38.00	41.30	44.70
9.3	0.6	45.10	49.60	54.70	59.60	64.40
11.0	0.7	61.30	67.90	74.50	81.10	87.70
12.5	0.8	80.10	88.70	97.30	105.50	114.50
14.0	0.9	101.00	112.00	123.00	134.00	144.50
15.5	1.0	125.00	138.50	152.00	165.50	178.50
17.0	1.1	151.50	167.50	184.00	200.00	216.50
18.5	1.2	180.00	199.50	219.00	238.00	257.50
20.0	1.3	211.50	234.00	257.00	279.50	302.00
21.5	1.4	245.50	271.50	298.00	324.00	350.50
23.0	1.5	281.50	312.00	342.00	372.00	402.50
24.5	1.6	320.50	355.00	389.00	423.50	458.00
26.0	1.7	362.00	400.50	439.50	478.00	517.00
28.0	1.8	405.50	499.00	492.50	536.00	579.50
31.0	2.0	501.00	554.50	608.50	662.00	715.50
34.0	2.2	606.00	671.00	736.00	801.00	—
37.0	2.4	721.50	798.50	876.00	953.50	—
40.0	2.6	846.50	937.50	1025.00	1115.00	—

表 8-3 6×37 钢丝绳的破断拉力

直 径		钢丝绳的抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢 丝	1400	1550	1700	1850	2000
/mm		钢丝绳的破断拉力/kN				
8.7	0.4	39.00	43.20	47.30	51.50	55.70
11.0	0.5	60.00	67.50	74.00	80.60	87.10
13.0	0.6	87.80	97.20	106.50	116.00	125.00
15.0	0.7	119.50	132.00	145.00	157.50	170.50
17.5	0.8	156.00	172.50	189.50	206.00	223.00
19.5	0.9	197.50	218.50	239.50	261.00	282.00
21.5	1.0	243.50	270.00	296.00	322.00	348.50
24.0	1.1	295.00	326.50	358.00	390.00	421.50
26.0	1.2	351.00	388.50	426.50	464.00	501.50
28.0	1.3	412.00	456.50	500.50	544.50	589.00
30.0	1.4	478.00	529.00	580.50	631.50	683.00
32.5	1.5	548.50	607.50	666.50	725.00	784.00
34.5	1.6	624.50	691.50	758.00	825.00	892.00
36.5	1.7	705.00	780.50	856.00	931.50	1005.00
39.0	1.8	790.00	875.00	959.50	1040.00	1125.00
43.0	2.0	975.50	1080.00	1185.00	1285.00	1390.00
47.5	2.2	1180.00	1305.00	1430.00	1560.00	—
52.0	2.4	1405.00	1555.00	1705.00	1855.00	—
56.0	2.6	1645.00	1825.00	2000.00	2175.00	—

表 8-4 6×61 钢丝绳的破断拉力

直 径		钢丝绳的抗拉强度/MPa				
钢丝绳	钢 丝	1400	1550	1700	1850	2000
/mm		钢丝绳的破断拉力/kN				
11.0	0.4	64.30	71.20	78.10	85.00	91.90
14.0	0.5	100.50	111.00	122.00	132.50	143.50
16.5	0.6	144.50	160.00	175.50	191.00	206.50
19.5	0.7	197.00	218.00	239.00	260.00	281.50
22.0	0.8	257.00	285.00	312.50	340.00	367.50
25.0	0.9	325.00	360.00	395.50	430.50	465.00
27.5	1.0	402.00	445.00	488.00	531.50	574.50
30.5	1.1	486.50	538.00	591.00	643.00	695.00
33.0	1.2	579.00	641.00	703.00	765.00	827.00
36.0	1.3	679.00	752.50	825.00	898.00	971.00
38.5	1.4	788.00	872.50	957.00	1040.00	1125.00
41.5	1.5	905.00	1000.00	1095.00	1195.00	1290.00
44.0	1.6	1025.00	1140.00	1250.00	1360.00	1470.00
47.0	1.7	1160.00	1285.00	1410.00	1535.00	1660.00
50.0	1.8	1300.00	1400.00	1580.00	1720.00	1860.00
55.5	2.0	1605.00	1780.00	1950.00	2125.00	2295.00
61.0	2.2	1945.00	2155.00	2360.00	2570.00	—
66.5	2.4	2315.00	2565.00	2810.00	3060.00	—
72.0	2.6	2715.00	3010.00	3300.00	3590.00	—

钢丝绳的最大许用拉力计算：

$$S \leq \frac{P}{K}$$

式中 S——钢丝绳的许用拉力 (kN)；

P——钢丝绳的破断力 (kN)；

K——钢丝绳的安全系数，见表 8-5。

2. 钢丝绳报废标准

表 8-5 钢丝绳的安全系数

用 途	安全系数	用 途	安全系数
作缆风	3.5	作吊索无弯曲时	6~7
用于手动起重	4.5	作捆绑吊索	8~10
用于机械起重	5~6	用于载人升降机	14

(1) 直径减小 钢丝绳直径磨损不超过 30%，允许降低拉力使用，如超过 30%，按报废处理。

(2) 表面腐蚀 钢丝绳经长期使用后，受自然和化学腐蚀是不可避免的。当整个钢丝绳外表面受腐蚀的麻面凭观察显得明显时，该钢丝绳则不能使用。

(3) 结构破坏 当整根钢丝绳纤维心被挤出。

(4) 钢丝绳断丝后的报废标准，见表 8-6。

表 8-6 钢丝绳报废标准

钢丝绳的 最初安全 系 数	钢 丝 绳 结 构					
	6×19+1		6×37+1		6×61+1	
	在一扣距全长中拉断钢丝根数					
	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻
<6	12	6	22	11	36	18
6~7	14	7	36	13	38	19
>7	16	8	40	15	40	20

3. 吊索

在起重作业中，常用钢丝绳制成一种吊具，即称为吊索，也叫千斤绳、带子绳、绳套、拴绳和吊带的。

(1) 吊索的用法 它常用在把设备连接在吊钩、吊环上或用来固定滑轮、卷扬机等吊装机具。吊索有封闭式和开口式两种。见图 8-7。

吊索的用法较多，常用的有：

1) 兜：见图 8-8。这是最常用、最简单的一种吊装方法，它适用于起吊包装物体和块状设备等。

2) 套捆：见图 8-9。套捆适用于一次起吊几个包装块体，可避免在起吊过程中散落。在作业中，千斤会收紧，不易一次作到平衡，把块体吊平。因此，应试吊一次，如不平衡，再调整吊索使其平衡。

3) 八字拴法：见图 8-10，适用于平吊长形设备。为防止打滑，可加绕“空道”一圈。

4) 吊索与卸扣配合使用：见图 8-11，使用开口吊索时，常用卸扣将端头与吊绳套接。

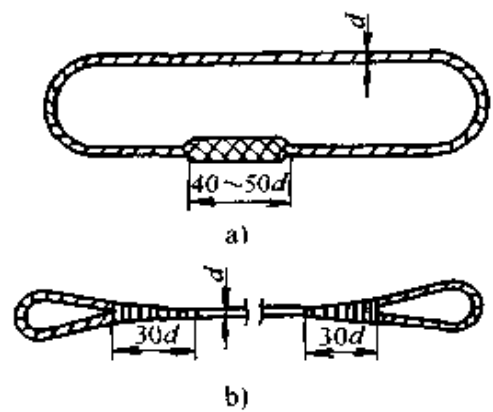


图 8-7 吊索
a) 封闭式 b) 开口式



图 8-8
兜的用法



图 8-9 套捆的用法

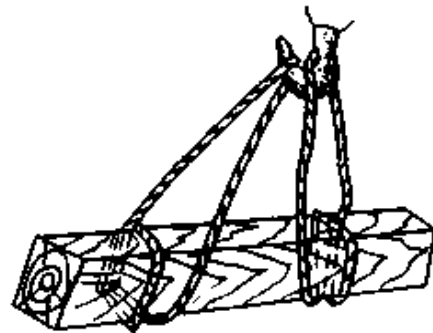


图 8-10 八字拴法

(2) 捆绑吊索的结绳法，见表 8-7。

4. 绳扣

制作绳扣在起重作业中是一项经常性的操作。制成的绳扣要符合下面几点要求：

牢固：当绳子受力后不松动、不脱扣。

快：结绳扣时快，解绳扣时也快。

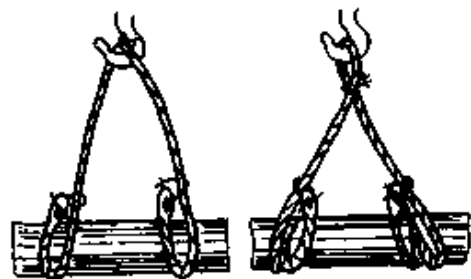









图 8-11 吊索与卸扣配合使用

表 8-7 捆绑吊索的结绳法

结绳法	绳结名称	绳结用途
	直结 (平结)	临时将麻绳与钢丝绳两端结在一起用此法
	活结	当该绳结必须迅速解开时用此结
	节结	临时将绳索的两端结在一起时用此法
	索环结	将钢丝绳端与索环或套环结在一起时用此法
	展帆结	将钢丝绳端与套环结在一起时用此法
	水平结	需要在钢丝绳端结一套环时用此法
	双套结	需要在钢丝绳端结一套环时用此法

对绳的损伤小：一般的绳扣对绳是有损伤的，特别是钢丝绳。因此，绳扣结法要简单，绕的圈要尽量少，弯转缓和。有时还在绳扣中加一根短木棒，以减少绳的损伤。

常用的绳扣有：

(1) 果子扣 它是最普通的一种绳扣，其优点是使用方便，不会因受力而变形，甚至发生滑脱现象。这种绳扣多用在绳子的连接，不能用在一头捆紧东西，一头用力的地方，因为那样容易发生变形或松动。果子扣的缺点是两端用力过大时，解扣较困难。为克服此缺点，可在绳扣中加入一大小适宜的短木棒。见图 8-12。

果子扣结法有两种，见图 8-13。

(2) 三角扣 三角扣用途有两种：一种与果子扣相似，比果子扣易结也易解。如在中间加一短木棒，解扣更较方便，钢丝绳连接也多用此法，见图 8-14。它的另一种用途是用在一头拴紧设备，另一头拴在用力处，见图 8-15。

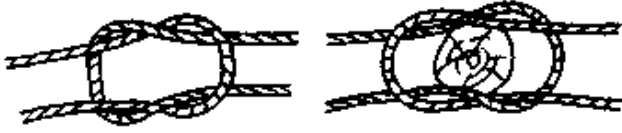


图 8-12 果子绳扣

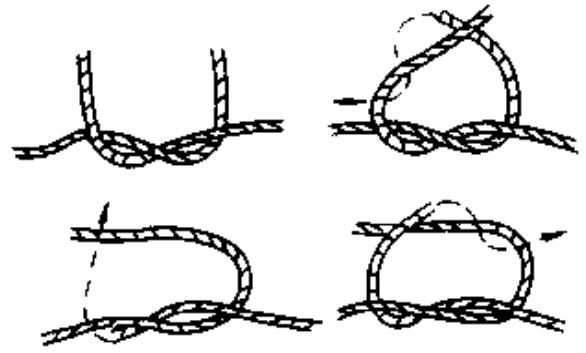


图 8-13 果子绳扣的结法

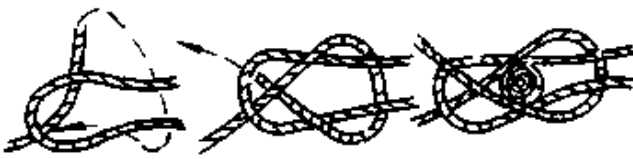


图 8-14 三角扣第一种结法

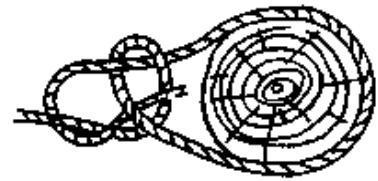


图 8-15 三角扣第二种结法

(3) 环扣 它又叫猪蹄扣，常用来抬吊设备。它的优点是拴得紧又容易解。绳子较长时，用此法最为便利。悬吊表面圆滑设备也多采用这种结绳的方法，见图 8-16。

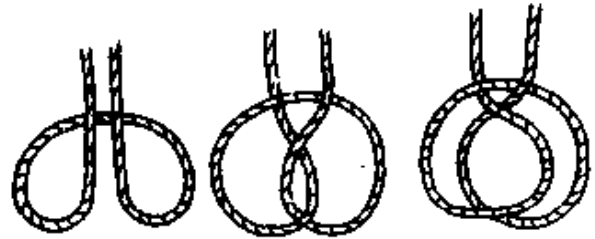


图 8-16 环扣的结法

(4) 缆风扣 用在绑扎各种桅杆的缆风绳，绑好后在绳尾用小麻绳捆扎或用绳卡固定好，见图 8-17。

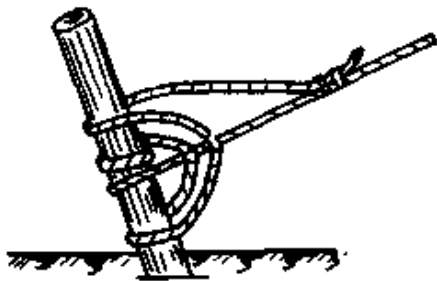


图 8-17 缆风扣的结法



图 8-18 卡环扣的结法

(5) 卡环扣 卡环扣又叫卸扣，也是常用的一种吊具。它的结法，见图 8-18。

5. 钢丝绳使用注意点

(1) 使用钢丝绳时，不能使它发生锐角曲折、挑圈，或由于被夹、被砸而被压成扁平。

(2) 为防止钢丝绳生锈，应经常保持清洁并定期涂抹特制无水分的防锈油（其成分的质量分数为：煤焦油 68%，三号沥青 10%，松香 10%，工业凡士林 7%，石墨 3%，石蜡 2%）。也可使用其他的浓矿物（如汽缸油、钢丝绳油等）。钢丝绳在使用时，每隔一定时期涂一次油，在保存时最少每六个月涂一次。

(3) 穿钢丝绳的滑轮边缘不许有破裂现象，以避免损坏钢丝绳。

(4) 钢丝绳与设备构件及建筑物的尖角如直接接触，应垫木块。

(5) 在起重作业中，应防止钢丝绳与电焊线或其他电线接触，以免触电及电弧打坏钢丝绳。

(6) 钢丝绳应成卷放在干燥库房内的木板上，存放前要涂好防锈油。

三、绳夹

绳夹主要用来夹紧钢丝绳末端或将两根钢丝绳固定在一起。常用的有骑马式绳夹、“U”形绳夹，L形绳夹等。其中骑马式绳夹是一种联接力最强的标准钢丝绳绳夹，故应用广泛。

1. 绳夹的规格

骑马式绳夹的规格，见表 8-8 及图 8-19。

表 8-8 骑马式绳夹型号规格表 (mm)

型 号	常用钢丝绳直径	A	B	C	d	H
Y1-6	6.5	14	28	21	M6	35
Y3-10	11	22	43	33	M10	55
Y4-12	13	28	53	40	M12	69
Y5-15	15, 17.5	33	61	48	M14	83
Y6-20	20	39	71	55.5	M16	96
Y7-22	21.5, 23.5	44	80	63	M18	108
Y8-25	26	49	87	70.5	M20	122
Y9-28	28.5, 31	55	97	78.5	M22	137
Y10-32	32.5, 34.5	60	105	85.5	M24	149
Y11-40	37, 39.5	67	112	94	M24	164
Y12-45	43.5, 47.5	78	128	107	M27	188
Y13-50	52	88	143	119	M30	210

“U”形绳夹的主要尺寸，见表 8-9 及图 8-20。

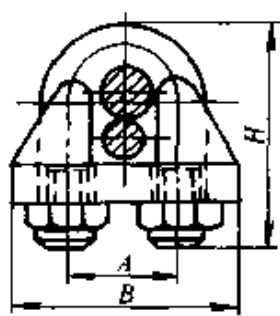


图 8-19 骑马式绳夹

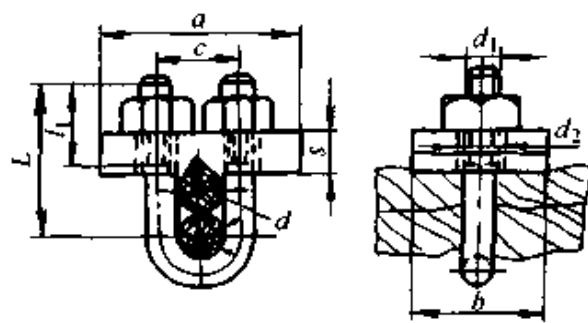


图 8-20 “U”形绳夹

表 8-9 “U”形绳夹规格 (mm)

钢丝绳直径 d	a	b	c	s	d_1	d_2	l	l_1	r
8.8	45	30	21	12	10	14	45	25	10.5
11.0	55	30	26	12	12	14	45	28	13.0
13.0	70	40	33	14	16	18	55	32	16.5
17.5	90	50	40	16	20	22	75	40	20.0
19.5	95	50	44	16	20	22	75	40	22.0
24.0	110	60	50	18	22	24	90	45	25.0
28.0	120	60	58	18	24	26	90	45	29.0
32.5	135	80	65	20	28	30	110	55	32.5

“L”形绳夹的规格，见表 8-10 及图 8-21。

表 8-10 “L”形绳夹的规格 (mm)

钢丝绳直径	尺寸								总长
	d	d_1	d_2	c	L	l_1	s	r	
8.7~9.2	12	14	26	23	65	35	12	5	125
11~12.5	12	14	26	27	75	35	12	6.5	135
13~15.5	14	16	32	32	80	40	14	8	155
17~18.5	20	22	42	42	110	55	20	10	220
19.5~22	20	22	45	45	110	55	20	12	220
23~26	22	24	50	51	130	55	22	14	250
28~31	24	26	55	58	150	65	24	16	280
21.5~33.5	28	30	70	65	170	80	28	18	362

2. 绳夹的使用标准

为了将钢丝绳的末端与其本身固结,常使用多支绳夹进行卡紧。卡紧时,所用绳夹的数量及间距,与钢丝绳直径成正比。见表 8-11。一般绳夹的间距最少为钢丝绳直径的 6 倍。绳夹的数量,最少不得少于 3 个。

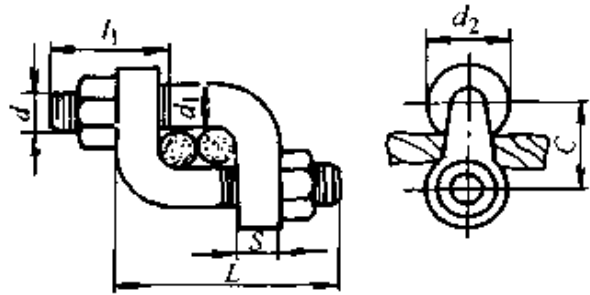


图 8-21 “L”形绳夹

表 8-11 绳夹使用标准表

钢丝绳直径/mm	11	12	16	19	22	25	28	32	34	38	50
绳夹的个数	3	4	4	5	5	5	5	6	7	8	8
绳夹间的距离/mm	80	100	100	120	140	160	180	200	230	250	250

3. 使用绳夹的注意点

绳夹在使用时,可在一个方向排列,也可正反两个方向排列。为了确保使用安全,每个绳夹应拧紧至卡子内的钢丝绳压扁 1/3 为止。在钢丝绳受力后,应检查绳夹是否移动。由于钢丝受力后产生变形,因此,对绳夹要进行再次拧紧。重要设备起吊时,为便于检查,可在绳头的尾部加一个保险绳夹,见图 8-22,以此便于检查绳夹在起吊设备过程中是否有移动现象。

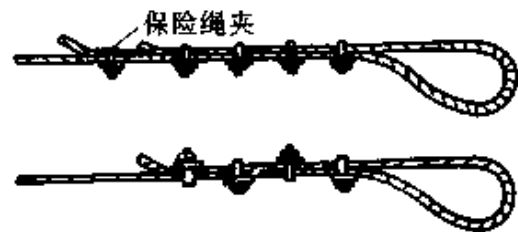


图 8-22 绳夹的排列

四、卸扣

卸扣又称卡环,它是起重作业中用得最广而又较灵便的栓连工具。卸扣用来联接起重滑轮与固定吊索等。卸扣有销子式和螺旋式两种,其中螺旋式卸扣比较常用,见图 8-23。

卸扣的构造与规格:它构造简单,使用方便,由卸体(大环圈)和横轴组成。横轴有螺丝销和光直销两种。在螺丝销中有销子直接拧在有螺纹的弯环销孔中,也有销孔中无螺纹而在销端另加一个螺母固

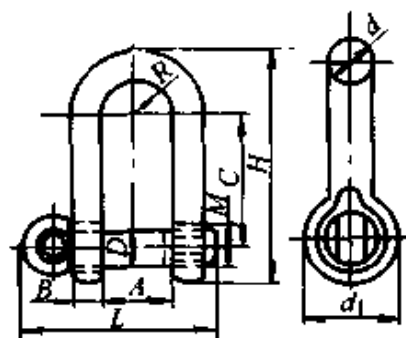


图 8-23 螺旋式卸扣

定，而光直销则用开口销来固定。

卸扣是用 Q235、20、25 钢锻制而成，横轴一般采用 40 或 45 钢。卸扣的技术规格见表 8-12。

表 8-12 圆形卸扣技术规格

(mm)

起重量/t	A	B	C	D	d	d ₁	M	R	H	L
1	28	14	68	20	14	40	18	14	102	79
2	36	18	90	25	20	48	22	18	132	103
3	44	24	107	33	24	65	30	22	164	128
4	56	28	118	37	28	72	33	25	182	145
5	64	32	138	40	32	80	36	25	210	150
8	72	36	149	43	36	80	38	25	225	154
10	50	38	148	45	38	84	42	25	228	174
15	60	46	178	54	46	100	52	30	274	214
20	70	52	205	62	52	114	60	35	314	246
25	80	60	230	70	60	130	68	40	355	245
30	90	65	258	78	65	144	76	45	395	270
35	100	70	280	85	70	156	80	50	428	295
40	110	76	300	90	76	168	85	55	459	320
45	120	82	320	96	82	178	95	60	491	346
50	130	88	343	104	88	192	100	65	527	371

注：产品出厂前均按本表额定能力 1.5 倍进行抗拉试验。

五、吊钩与吊环

吊钩与吊环是起重机械中应用较广的取物装置。它的优点是取物方便，工作安全可靠。

1. 吊钩与吊环的型式

它有单钩、双钩、吊环等三种，见图 8-24。

单钩是最常用的一种吊钩，构造简单，使用方便。但在起重量大时，宜采用双钩和吊环，因为它受力对称，其材质能充分利用。另外叠片式吊钩是由切割成形的多片钢板铆接而成，并在吊

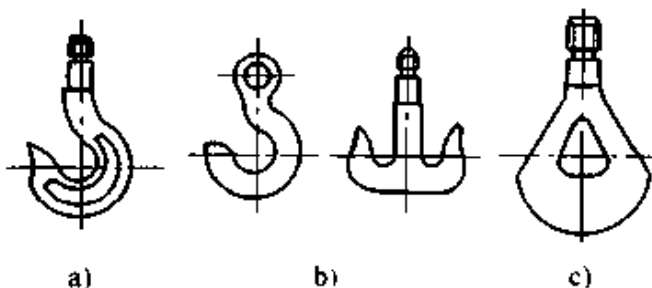


图 8-24 吊钩与吊环

a) 单钩 b) 双钩 c) 吊环

钩上装有护垫，这样可减小钢丝绳磨损，使载荷能均匀的传到每片钢板上。它还有制造方便的优点，由于钩板不会同时断裂，故工作可靠性比整体锻造吊钩好。缺点是自重与尺寸大。

吊环的受力情况要比吊钩有利得多，因此，当起重量相同时，吊环的自重总比吊钩小；但是，当利用吊环起吊设备时，吊起设备的索具只能依靠穿入方式系于吊环上。这样在使用上吊环不如吊钩方便。

2. 使用吊钩与吊环的注意事项

吊钩、吊环表面应该是光滑的，不能有剥裂、刻痕、锐角、接缝和裂纹等现象。使用一段时间后要进行一次检查，如发现危险截面上的磨损深度超过10%时，应降低荷载使用。

六、滑轮与滑轮组

在安装作业中，广泛使用滑轮与滑轮组和索具、吊具、卷扬机等相组合进行设备的运输与吊装工作。滑轮与滑轮组是吊装工作中不可缺少的工具。

1. 滑轮的分类

滑轮按制作材质分，有木滑轮、钢滑轮两种；按使用方法分，有定滑轮、动滑轮和定、动滑轮组合的滑轮组；按滑轮数多少分，有单滑轮、双滑轮、多个滑轮等；按不同用途分，有导向滑轮、平衡滑轮等。

动滑轮能减少牵引力，不能改变拉力方向；定滑轮能改变力的方向，但不能减少牵引力，滑轮组既能减少牵引力，又能改变拉力的方向。因而在吊装作业中，多使用各式滑轮组，以使用较少的牵引力起吊重量较大的设备。

2. 滑轮组选配的原则

(1) 设备的重量和提升（下降）高度，这是选配滑轮和卷扬机的依据。

(2) 如卷扬机牵引力一定时，滑轮的轮数越多，速比越大，起吊能力也越大。

(3) 提升设备时，卷扬机要克服全部滑轮的阻力才能工作；下降时则相反，因滑轮的阻力帮助卷扬机工作。因此，下降时牵引力比提升时牵引力小得多。

(4) 双跑头牵引的主要优点是：能增加提升（下降）高度的一倍，同时能提高起吊重量或减少牵引力。

第三节 起重机具

一、电动卷扬机

1. 电动卷扬机的构造

电动卷扬机由于起重能力大，速度可调，操作方便安全，因而它是起重作业中经常使用的牵引设备。

电动卷扬机主要由卷筒、减速器、电动机和电磁抱闸（制动器）等部件组成。见图 8-25。

电动卷扬机分单筒和双筒两种。在起重作业中常用的是慢速卷扬机。

2. 电动卷扬机的安装

在起重作业中，卷扬机安装的好坏将直接影响到设备安全、可靠的起重与搬运。在安装时，安装位置应选在视野宽广、便于操作和指挥人员观察的部位。若使用桅杆时，其位置距离不得小于桅杆的高度。卷扬机的固定方法也是很重要的。为了防止起吊或搬运设备时，卷扬机产生倾覆与滑动，常采用的固定方法有：

(1) 固定基础 将卷扬机安放在混凝土基础上，用地脚螺栓将卷扬机底座固定。这种方法适用于长期使用的地方。

(2) 平衡重法 将卷扬机固定在本垫上，前面设置木桩以防滑动，后面加重块 Q ，见图 8-26。

(3) 地锚法 它又称作地龙，这种方法应用较普遍，见图 8-27 和图 8-28。

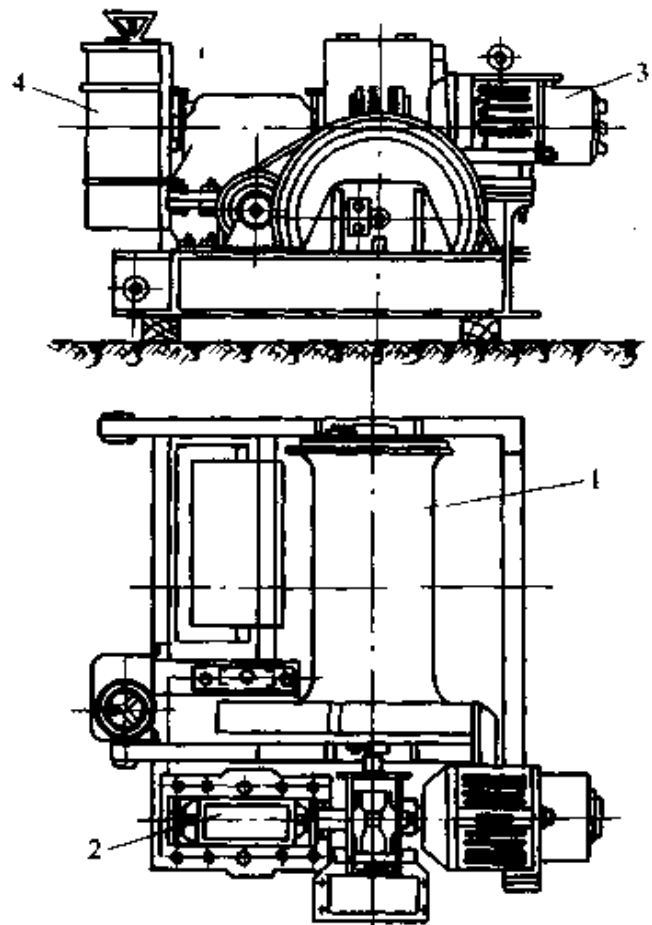


图 8-25 电动卷扬机

1—卷筒 2—减速器
3—电动机 4—鼓形控制器

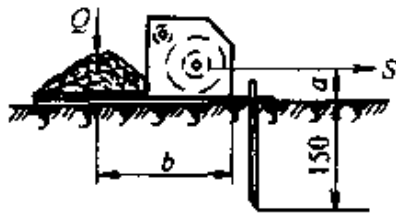


图 8-26 平衡重法



图 8-27 卧式地锚

3. 电动卷扬机的技术规格

见表 8-13。

4. 使用卷扬机的注意点

(1) 使用前，应检查减速箱油量，油的纯度及各轴承部位是否有油，减速箱一般可用 30 号机油。



图 8-28 立式地锚

表 8-13 电动卷扬机的技术规格

类型	卷 扬 机						电动机 功率 /kW	总质量 /t
	起重 能力 /t	卷筒 直径 /mm	卷筒 长度 /mm	平均绳 速/(m /min)	容绳量/m 钢丝绳 直径/mm	外形尺寸/mm 长×宽×高		
单卷筒	1	200	350	36	200 φ12.5	1390×1375×800	7	1
单卷筒	3	340	500	7	110 φ12.5	1570×1460×1020	7.5	1.1
单卷筒	5	400	840	8.7	190 φ21	2033×1800×1037	11	1.9
双卷筒	3	350	500	27.5	300 φ16	1880×2795×1258	28	4.5
双卷筒	5	220	600	32	500 φ22	2497×3096×1389.5	40	5.4
单卷筒	7	800	1050	6	600 φ31	3190×2553×1690	20	6.0
单卷筒	10	750	1312	6.5	1000 φ31	3839×2305×1793	22	9.5
单卷筒	20	850	1321	10	600 φ42	3820×3360×2085	55	11

(2) 开车前，先用手扳动齿轮空转一圈，检查各部零件是否转动灵活，特别要检查制动闸是否好用。

(3) 为防止电动机受潮淋雨，烧毁电气装置，一般用道木将底座垫高，并设置雨棚。

(4) 操作人员要熟悉卷扬机的性能和指挥信号，工作时，机身周围不要站人。

(5) 起吊设备时，卷扬机卷筒上钢丝绳余留圈数应不少于 3 圈。

(6) 卷扬机停止使用后，要切断电源，将控制器放到零位，用保险闸制动刹紧，并将跑绳放松。

(7) 严禁超载使用卷扬机。

(8) 用多台电动卷扬机起吊设备时，要统一指挥，统一动作，使其同步操作。

二、千斤顶

1. 千斤顶的用途和种类

千斤顶是一种用较小力量就能把重物顶高、降低或移动的结构简单而使用方便的起重设备。其承载能力从 10kN 到 2000~5000kN 不等。顶升速度可达 10~30cm/min。

千斤顶按构造划分，有三种类型，即螺旋千斤顶，液压千斤顶和齿条式千斤顶，前两种应用比较广泛。

2. 螺旋千斤顶的型式、规格及使用注意点

(1) 固定式螺旋千斤顶 见图 8-29，这种千斤顶在举起重物后，未卸载前不能作平面位移。其主要规格，见表 8-14。

(2) 固定式 LQ 型螺旋千斤顶

这种千斤顶结构紧凑轻巧，使用方便，见图 8-30。当往复振动手柄时，撑牙推动棘轮间歇回转，小伞齿轮推动大伞齿轮，使锯齿形螺杆转动，从而使升降套筒（螺旋顶杆）顶升或降落。由于特制推动轴承转动灵活、摩擦小，因而操作方便，效率高。其技术规格，见表 8-15。

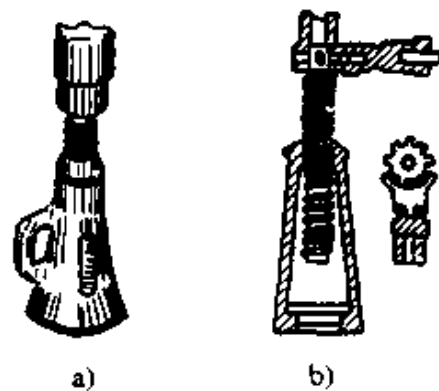


图 8-29 固定式螺旋千斤顶
a) 有螺旋头的 b) 带棘轮的

表 8-14 固定式螺旋千斤顶的技术规格

起重量 /t	顶升高度 /mm	螺杆落下 最小高度/mm	底座直径 /mm	千斤顶总质量/kg	
				有螺旋头的	带棘轮的
5	240	410	148	21	21
8	240	410	—	24	28
10	290	560	180	27	32
12	310	560	—	31	36
15	330	610	226	35	40
18	355	610	—	39	52
20	370	660	—	44	60

表 8-15 LQ型螺旋千斤顶的技术规格

型 号	起重量 /t	最低高度 H/mm	起重高度 h/mm	手柄长 /mm	操作人数 /人	操作力 /N	质量 /kg
LQ5	5	250	130	600	1	2600	7.5
LQ10	10	280	150	600	1	2700	11
LQ15	15	320	180	700	1	3200	15
LQ30	30	395	200	1000	1	6000	27
LQ30D	30	326	180	1000	1	6000	20
LQ50	50	700	400	1385	3	12600	109
HLQ50	50	765	350	1900	3	9200	184

(3) 移动式螺旋千斤顶 它在顶升过程中, 可进行水平位移, 这主要是靠千斤顶底部的水平螺杆转动, 使顶起的重物与千斤顶一起作水平位移。因此, 在安装中移动设备就位很为适用。其结构见图 8-31, 技术规格见表 8-16 和表 8-17。

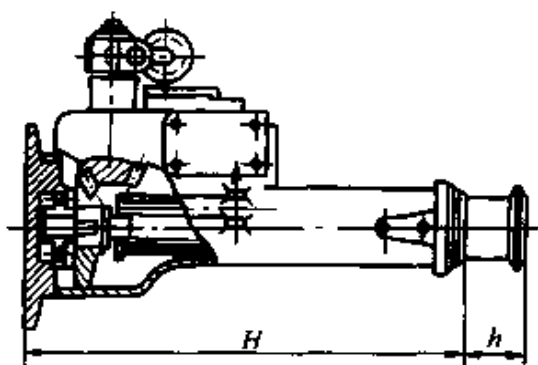


图 8-30 LQ 型螺旋千斤顶

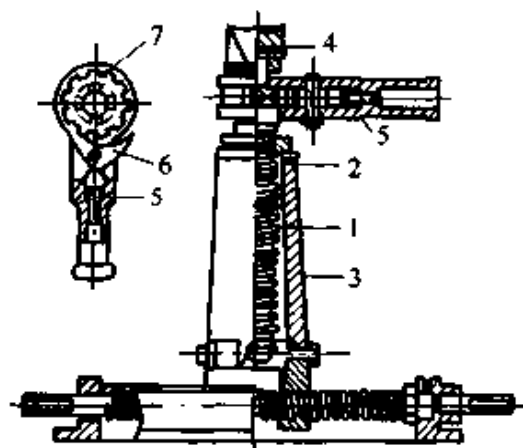


图 8-31 移动式螺旋千斤顶

- 1—螺杆 2—轴套 3—壳体
4—千斤顶头部 5—棘轮手柄
6—制动爪 7—棘轮

表 8-16 移动式螺旋千斤顶的技术规格 (1)

起重量 /t	顶升高度 /mm	螺杆落下 最小高度/mm	在底座上水平 移动距离/mm	千斤顶总质量 /kg
8.0	250	510	175	40
10.0	280	540	300	80
12.5	300	660	300	85
15.0	345	660	300	100
17.5	350	660	360	120
20.0	360	680	360	145
25.0	360	690	370	165
30.0	360	730	370	225

表 8-17 移动式螺旋千斤顶的技术规格 (2)

起重量 /t	起重螺杆 直径/mm	螺杆落下的 最小高度/mm	顶升高度 /mm	水平移动 距离/mm	千斤顶质量	
					lb	kg
6	54	508	190	203	86	39
8	57	508	229	254	93	42
10	60	610	229	305	110	50
12	62	610	305	381	119	54
15	63.5	610	305	457	150	68
20	76	686	305	457	207	94
25	83	699	305	457	297	135
30	89	749	305	457	350	158
35	95	749	305	457	408	185

(4) 使用螺旋千斤顶的注意点 使用时, 不要超过容许的最大顶重能力, 防止超负荷引起事故。

使用和保管期间, 要用黄油润滑, 以免磨损过快, 降低使用寿命。

顶升重物前, 应放正千斤顶位置, 使其保持垂直, 以防止螺杆偏斜弯曲及由此出现事故。

顶重时, 应均匀用力摇动手柄, 避免上下冲击。

放松千斤顶使重物降落前, 要检查重物是否支靠牢固, 然后缓慢下落, 以保证安全。

3. 液压千斤顶的型式、技术规格及使用注意点

液压千斤顶的工作部分为活塞及顶杆，工作时利用千斤顶的手柄驱动液压泵，将工作液体压入液压缸内，推动活塞上升，顶起重物。

安装工程常用的是 YQ 型液压千斤顶，它是手动的，重量轻，效率高，使用搬运方便，其外形见图 8-32，技术规格，见表 8-18。

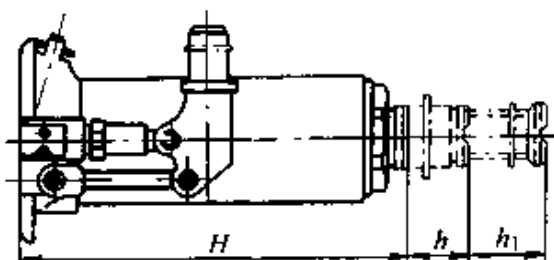


图 8-32 YQ 型液压千斤顶

表 8-18 YQ 型手动液压千斤顶的技术规格

型号	起重量 /t	起重高度 h/mm	最低高度 H/mm	工作压力 /Pa	手柄长度 /mm	手柄操作 力/N	底座尺寸/mm 长×宽(或直径)	质量 /kg	备注		
YQ-5AD	5	160	235	5200	620	320	140×90	5.5	(1)		
YQ-5A							130×90		(2)		
SS-5A							130×115	5.8	(3)		
YQ-8	8		240	5780		850	400	140×110	7	(3)	
							360		6.9	(4)	
							350	7	(1)		
YQ-10	10		245	6370	850	300	160×130	10	(3)		
YQ-12.5	12.5							9	(4)		
YQ-15	15						250	6740	850	310	170×140
YQ-16	16		(2)								
YQ-20	20	180	285	7070	1000	280					170×130
						310	172×192	(3)			
						340	200×160	29	(1)		
YQ-30	30		290	7240	1000	310	230×188	43	(1)		
YQ-32	32								(2)		
YQ-50	50						305	7860	1000	340	231×188
			300	(4)							
			305	(3)							
60-180H	100		330	6630	1000	420	428×255	74	(5)		
100-180H							360	6990		450	481×308
YQ-100		6500						420×2		φ222	123
YQ-200	200	200	400	7060	1000	φ314	227				
YQ-320	300		450	7070	φ394	435					

备注内：(1) 上海千斤顶厂；(2) 广州千斤顶厂；(3) 沈阳液压机械厂；(4) 太原东风机械厂；(5) 广州重型机械厂产品。

使用液压千斤顶的注意事项：

(1) 液压千斤顶要安放在稳固、平整、结实的基础上，以承受重压，并保证不使顶升时发生千斤顶下陷、歪斜、甚至卡住活塞。

(2) 液压千斤顶的贮液器（或油箱）和液体要经常保持清洁，如产生渣滓或液体混浊，都会使活塞顶升受到阻碍，致使顶杆伸出速度缓慢，甚至发生故障。

(3) 顶升重物时，不能超过其容许顶高度，以避免发生事故。

(4) 不得在千斤顶高压输油管路有折裂、破损或联接不良的情况下升举重物。

(5) 活塞顶伸至退缩过程中，随时要用棉纱擦净。

(6) 为防止长时间顶举或突然下降，必要时应在顶升部分加临时垫承，既能避免和减少密封圈损伤，又有利于安全操作。

4. 齿条千斤顶的技术规格及使用注意要点

齿条千斤顶由齿条和齿轮组成，可用 1~2 人用手转动千斤顶上的手柄顶起重物。在千斤顶手柄上备有制动时所需的自动齿轮。

利用齿条的顶端，即可顶起位于高处的重物，也可用齿条的下脚，顶起位于低处的重物。表 8-19 是齿条千斤顶的技术规格。

表 8-19 Y、TY 型齿条千斤顶的技术规格

型 号		Y63-01	TY63-02
起重量	静负荷/t	15	15
	动负荷/t	10	10
最大起重高度/mm		280	330
每次顶升高度/mm		2.7	15
钩面最低高度/mm		55	55
机座尺寸/mm		166×260	166×260
外形尺寸/mm		370×166×525	414×166×550
总质量/kg		260	250

使用齿条千斤顶的注意事项：

(1) 顶重时，要将千斤顶垂直放置，不准超负荷使用，以保证安全。

(2) 使用前，应检查制动齿轮及制动装置的可靠性，有问题应及时

处理。

(3) 齿条和齿轮不能有裂纹或断齿, 手柄及所有配件应齐全, 联接应正确可靠。

(4) 齿条和齿轮要经常保持清洁, 防止泥砂杂物阻滞齿条和齿轮部分, 增加阻力, 并减少使用寿命。同时还要定期清洗和加油。

三、链式起重机 (手拉葫芦)

1. 0.5~20t SH 型链式起重机

(1) SH 型链式起重机的型式, 基本参数及尺寸, 见图 8-33 及表 8-20。

(2) 链式起重机起重高度不超过 12m, 1/2t~2t 间隔 0.5m 选用, 3t~20t 间隔 1m 选用。起重高度是指吊钩最低与最高工作位置间的距离。

(3) 标记示例: 起重量为 2t 的链式起重机为: SH2JB560-64。

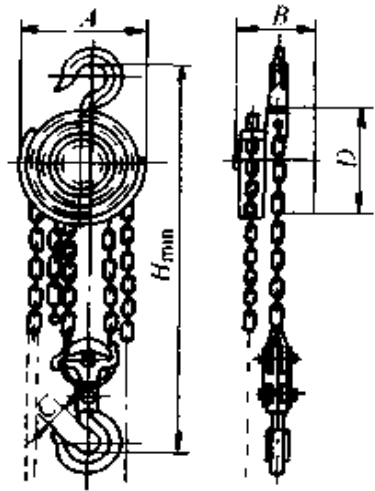


图 8-33 SH 型
手拉葫芦

表 8-20 SH 型手拉葫芦的基本参数与尺寸系列

参 数 型 号	起重 量/t	起重 高度 /m	手拉 力/N	起重 链 行 数	起重链条		手拉链条		两钩间最 小距离 H/mm	主要尺寸/mm				净质量 /kg	起重高度每 增加 1m 应 增加的 质量/kg
					圆钢 直径	节距	圆钢 直径	节距		A	B	C	D		
SH1/2	1/2	2.5	19.5	1	7	21	5	25	235	180	126	18	155	11.5	2
SH1	1	2.5	21	2					430	180	126	25	155	16	3.1
SH2	2	3	32.5	2	9	27	5	25	550	234	152	33	200	31	4.68
SH3	3	3	34.5		11	31			610	267	167	40	235	46	6.7
SH5	5	3	37.5	4	14	39	5	25	840	326	197	50	295	75	9.8
SH10	10	5	40						1000	880	245	65	295	214	19.6
SH20	20	5	43.5						1200	925	372	85	295	389	37.2

2. WA 型 1~20t 链式起重机

WA 型链式起重机是在 SH 型基础上改进的新系列产品, 它采用高强度链条及四齿短轴等结构, 具有体积小、自重轻、转动灵活、手拉力小等优点。WA 型链式起重机, 见图 8-34, 基本参数与尺寸, 见表

8-21。

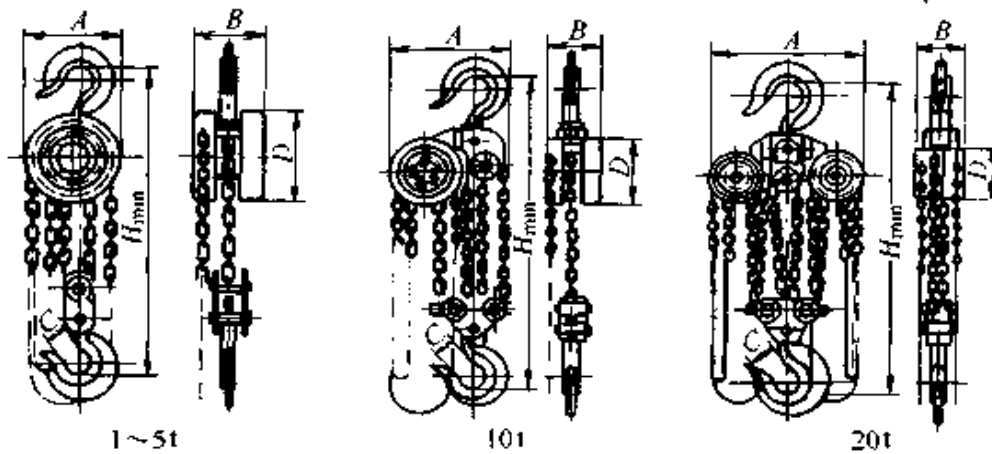


图 8-34 WA 型手拉葫芦

表 8-21 WA 型手拉葫芦的基本参数与尺寸系列

型 号		WA1	WA2	WA2.5	WA3	WA5	WA10	WA20
起重量/t		1	2	2.5	3	5	10	20
起升高度/m		2.5	2.5	2.5	3	3	3	3
试验载荷/t		1.25	2.5	2.5	3.75	6.25	12.5	25
两钩间最小距离/mm		270	380	370	470	600	700	1000
手拉力/N		310	320	330	350	380	390	390
型 号		WA1	WA2	WA2.5	WA3	WA5	WA10	WA20
起重链条	直径×节距/mm	φ6	φ6	φ10	φ8	φ10	φ10	φ10
	行 数	1	2	1	2	2	4	8
主要尺寸/mm	A	142	142	210	178	210	558	580
	B	120	120	160	136	160	160	186
	C	128	34	36	38	48	64	82
	D	142	142	210	178	210	210	210
质量/kg		10	14		24	36~38	68	150
起升高度增加 1m 应增加的重量/kg		1.7	2.5	3.1	3.7	5.3	9.7	19.4

四、起重杆

起重杆又称为抱杆或桅杆，是一种常用的起重工具。它配合卷扬机、滑轮组、绳索等用以起吊重物。起重桅杆系一立柱，用拉索（拖拉

绳)拉紧立于地面。拉索一端系在起重杆顶部,另一端固定在地面锚桩上,拉索一般不少于3根,通常用4根~6根。每根拉索预先要拉紧,初拉力约为10kN~20kN,拉索与地面成 30° ~ 45° 夹角,各拉索在水平面的夹角不得大于 120° 。

起重杆可垂直立于地面,也可倾斜立于地面(一般不大于 10°),起重杆底部垫以枕木。起重杆上端装有悬梁或特殊支撑所支持的滑轮组,用来起吊重物。滑轮组绳索从上滑轮导出,经固定在起重杆下部的导向滑轮引导至卷扬机上。

起重杆按材质的不同,可分为木起重杆和金属起重杆。木起重杆起重高度一般在15m以内,起重量在20t以下。木起重杆又分为独脚、人字和三脚起重杆。金属起重杆有钢管和桁架结构两种。钢管起重杆起重高度一般在25m以内,起重量在20t以下;桁架结构式起重杆起重高度可达70m,起重量在100t以上。几种起重杆的形式见图8-35。

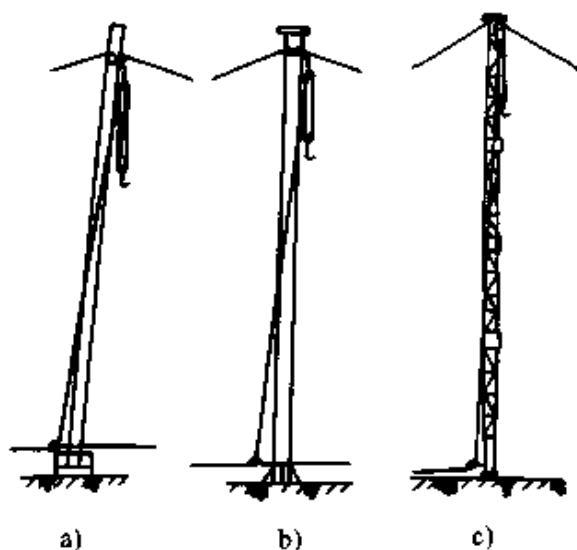


图8-35 起重杆

1. 木起重杆

木起重杆采用圆木,材质有落叶松、枞木、橡木、枫木等。木起重杆起重能力,见表8-22。

表8-22 木起重杆的起重能力

起重量 /t	起重杆高/m			
	8.5	11	13	15
木起重杆梢头直径/cm				
3	20	22	22	24
5	24	26	26	27
10	30	30	30	—

2. 管式起重杆

它由无缝钢管制成,如用有缝钢管时,要经过详细的强度核算,并考虑外壁加固。管式起重杆的结构,见图8-36。起重杆顶部捆扎有拉

索，并焊有管状支撑，用来固定滑轮。起重杆底部作成活动铰链支承型式，以适应起吊时起重杆能有微小的倾斜角度。起重杆下端底部是用钢板制成的底座。

管式起重杆由于起重高度的原因，常用两根无缝钢管联接起来。联接时，可在管接口内加插管并用法兰联接，也可用管接口外壁焊角钢的方法进行加固，见图 8-37。

管式起重杆的规格，见表 8-23。

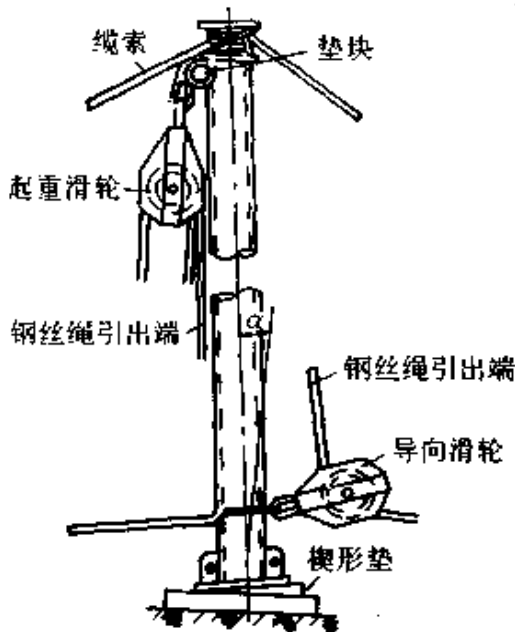


图 8-36 钢管单桅杆结构示意图

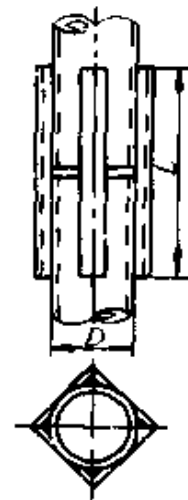


图 8-37 管式起重杆的角钢连接

表 8-23 管式起重杆的规格

(mm)

起重量/t	起重杆高度/m					
	8	10	15	20	25	30
30	φ325×8	φ325×10	φ325×10	φ325×12	φ377×12	φ426×14
20	φ273×8	φ273×10	φ325×10	φ325×10	φ377×10	φ426×12
15	φ219×8	φ219×10	φ273×8	φ325×9	φ377×10	φ426×12
10	φ219×7	φ219×8	φ273×8	φ325×9	φ377×10	φ426×11
5	φ168×7	φ168×10	φ273×7	φ325×9	φ377×9	φ426×10
3	φ168×6	φ168×6	φ219×8	φ305×8	φ377×9	φ426×10

3. 金属桁架结构式起重杆

金属桁架结构式起重杆是起重量最大的一种起重杆。起重高度可达

70m, 起重量 100~350t。其桁架结构多采用角钢焊成正方形截面结构, 见图 8-38。为便于搬运, 起重杆多制成可拆式连接件。为了增加起重杆的稳定性, 起重杆中间截面作的较大些, 而两端截面逐渐缩小, 起重杆顶部焊有横梁, 用来固定起重滑轮组, 起重杆底部制成可转动的铰链支座, 其底板作成撬板式。顶部和底部结构, 见图 8-39 和图 8-40。

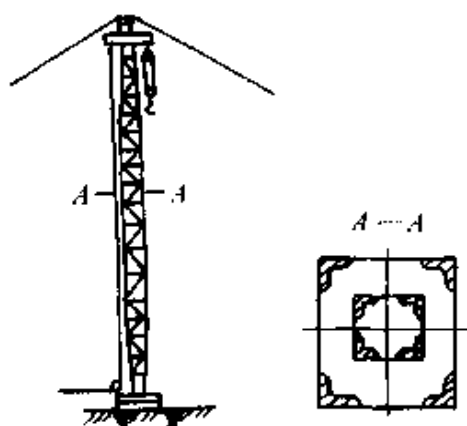


图 8-38 桁架式起重杆

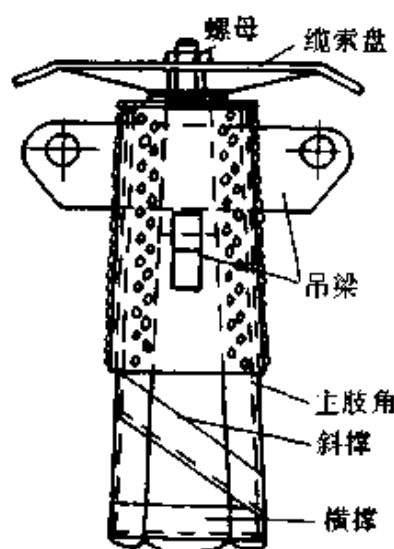


图 8-39 桁架起重杆顶部结构

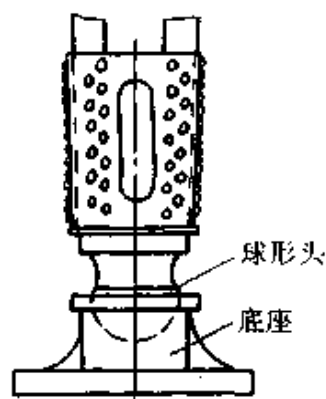


图 8-40 桁架起重杆底部结构

第九章 通用设备安装工艺

第一节 泵与风机

一、泵

泵在工业生产与民用生活中应用比较广泛。因此，它运行的正常与否，直接关系到生产效率和安全生产。

泵的种类较多，按工作原理可分为：叶片式泵、容积式泵及其他类型泵；按工作压力可分为：低压、中压和高压三种类型。

在泵类当中，离心泵应用比较广泛，它的优点是：构造简单，效率高，流量和扬程范围较广，体积小，重量较轻。

(一) 离心泵的构造

见图 9-1，它是由泵体、泵轴、叶轮、轴承托架、轴封装置及平衡装置等几部分组成。离心泵的工作原理是：用泵体内的工作叶轮，带动液体高速转动产生离心力作用，从而吸入或压出液体的工作循环。

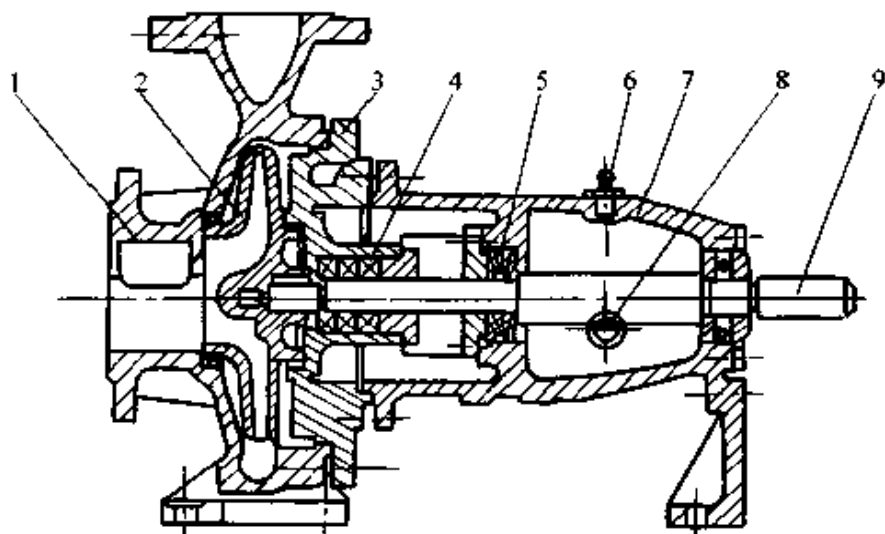


图 9-1 单级单吸卧式离心泵

1—泵体 2—叶轮 3—泵盖 4—轴封装置 5—轴承
6—加油装置 7—托架 8—润滑油观察孔 9—泵轴

(二) 离心泵的安装

1. 安装的技术要求

- (1) 安装前检查基础尺寸、位置、标高是否达到标准要求。
- (2) 设备是否完好，有无缺件现象。
- (3) 泵轴的轴线应水平，其位置、标高要符合设计要求。测量轴线水平，可在水平中分面、轴的外伸部分及底座加工面上进行。
- (4) 泵轴的轴线与电动机轴的轴线，两轴心径向位移应达到规范标准。
- (5) 泵与电动机联接时，应先检查电动机转向正确后才能进行。
- (6) 泵的各联接部分要严密，不能有泄漏现象。
- (7) 泵与机座、机座与基础间要联接牢固，不准松动。
- (8) 对于小型的整体泵，安装时不能有明显的倾斜。
- (9) 叶轮与泵外壳的间隙要符合设备技术文件的规定。不得有卡阻或异常响声。
- (10) 填料函装配时，每层应切成 45° 斜口，相邻两层填料的接口应错开 $90^\circ \sim 120^\circ$ ，填料环应对准水封管，填料压盖与泵的轴间间隙要均匀，不要相互摩擦。

2. 安装的程序

(1) 机座安装 安装前，先在基础上划好线，铲麻面后，按要求放好垫铁，一般垫铁不超过五块，然后对机座进行找正、找平、找标高。符合要求后，紧固地脚螺栓。

(2) 泵体安装 泵体吊装时，不得捆绑轴与轴承部位等易受损伤部位。泵体上位后，进行找正、找平、找标高。

泵的调整可分为初平和精平两阶段进行，初平时，用水平仪放在底座加工面上，进行初步找平后，对地脚螺栓进行灌浆。待混凝土养护合格后，再次紧固螺栓，进行精平。

泵的找标高，是以泵轴的轴线为准，用水准仪进行测量。具体方法，见图 9-2。测量时将标杆放在标高的基准点上，用水准仪测出其镜心到标高基准点的相对标高尺寸 a ，然后将标杆移到泵轴颈上，测出轴圆柱面到镜心的距离 b 。按下式计算相对标高 H ：

$$H = a - b - \frac{1}{2} \text{泵轴直径}$$

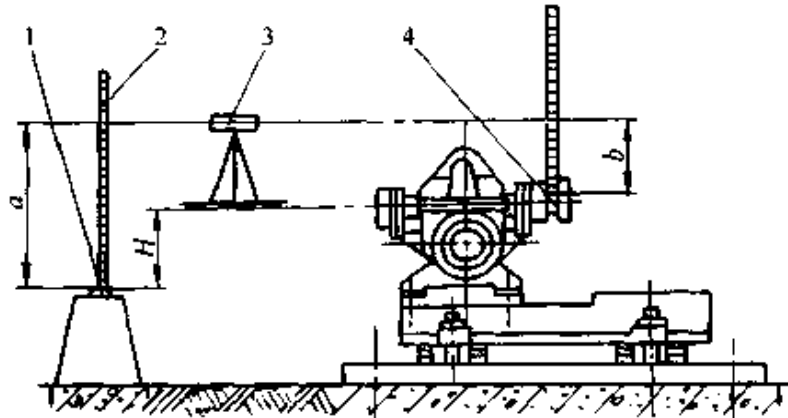


图 9-2 用水准仪测量泵轴中心的标高

1—基准点 2—标杆 3—水准仪 4—泵轴

精平工作是在泵体清洗完成后进行。对于清洗过程中设备技术文件规定的不准拆洗部分不能拆卸清洗。

(3) 电动机安装 电动机与泵是通过联轴器联在一起的，为此电动机的调整要根据定位后的泵体来进行。调整主要是两者的两轴心径向位移是否符合要求。调整可用直尺、卡尺或专用工具进行测量，具体方法，可参照第七章第六节联轴器装配中的方法。

对于底座和泵体在一起的设备，前两步可合为一步进行。

(4) 二次灌浆 电动机与泵体找好后，就可进行二次灌浆。灌浆前，还要检查地脚螺栓和垫铁是否有松动和固定不牢固的地方，并将基础表面清理干净。二次灌浆养护好，再次校正联轴器，并作好记录。

(三) 离心泵的试运转

1. 运转前的检查

- (1) 各联接部位是否紧固，有无松动现象，发现时，应立即排除。
- (2) 润滑油质量、数量是否符合规定。
- (3) 手动盘车，检查泵内叶轮有无碰撞。
- (4) 轴向密封填料是否压紧，冷却水系统是否畅通。
- (5) 安全防护装置是否灵敏可靠。
- (6) 泵运转前，入口阀门开启，出口阀门关闭。
- (7) 高水位的泵运转前，应将吸入管灌满水。
- (8) 与供电和供水、管路系统等部门联系好，做到相互配合，顺利完成运转工作。

2. 试运转步骤

(1) 用水灌入泵内。小型泵经漏斗灌入，大型泵，通过抽除泵内空气，使液体吸入泵内。

(2) 起动电动机，转速正常后，开出口阀门，开始输送液体。

(3) 运前时间不少于 8h，并要达到下面要求：

1) 电动机电流不能过载，要在电动机铭牌所示规定值的范围内。

2) 轴承温度：滚动轴承最高不超过 80°C ；滑动轴承最高不超过 70°C 。

3) 运转中振动不大，无异常响声。联接部分紧密。

4) 填料函运转时松紧适宜，温度正常，无大的渗漏，滴水在允许范围内。

(4) 运转检查合格后，当水泵停车时，先关闭出口阀门，电动机停止运转，最后关闭底阀，防止高压液体倒流冲击叶轮造成事故。

(5) 在冬季运转停车后，要将泵及管路内液体排净，防止冻坏水泵及管路。

(6) 在试运转中经常出现的故障原因及防治措施可参见第十章、第十二节中的内容。

二、风机

风机在工业生产和民用生活中是不可缺少的一种动力设备。其工作原理是利用叶轮叶片高速转动产生离心力来吸入或压出气体，构成一个吸、排气工作系统。

风机种类较多，通常按工作原理可分为：叶片式风机和容积式风机。叶片式风机包括离心式风机和轴流式风机。这两种风机应用比较广泛。其原因是：离心式风机结构简单，效率较高，流量也大，输出能量比较均匀，噪声也小，操作较简便。轴流式风机比离心式风机体积小，工作范围较广。轴流式风机主要用在低压头、大容量的工作系统中。

(一) 离心式风机的构造

这种风机构造简单，主要由集流器、叶轮、机壳等几部分组成。见图 9-3。

从图中看出，在离心力的作用下，气体沿着轴向进入风机，在叶轮内沿着

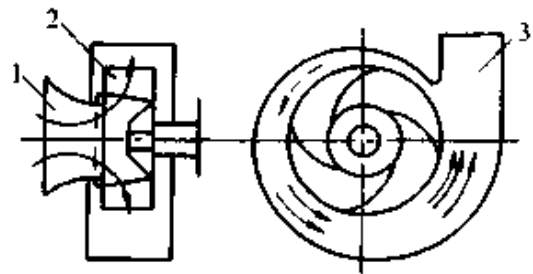


图 9-3 离心式风机
1—集流器 2—叶轮 3—机壳

径向流出，同时在叶轮的吸气口形成真空，外面气体在大气压力的作用下被吸入叶轮内，以补充排出的气体，由叶轮流出的气体进入机壳后被压向风道，如此源源不断地将气体输送到工作地点。

(二) 离心式风机的安装

离心式风机安装的工序如下：

(1) 检查基础的平面位置、外形尺寸及标高是否符合设计规定。

(2) 开箱验收 对所有零件按装箱单进行清点，并核查主要部件的尺寸、位置等。检视叶轮的转向是否符合设备技术文件的规定。如有零件发生变形、锈蚀及破损等情况，要妥善进行处理，必要时，进行更换，以确保工程产品质量。

(3) 风机的搬运和吊装要按施工程序进行，捆绑机体、部件时，采取必要的垫承垫防护措施，不得损坏其表面。

(4) 风机的进、出风管，要有独立的支架，不允许将其荷载施加在机壳上，以防止其变形。

(5) 对非直联的风机，可将机壳和轴承箱拆开，并将叶轮卸下清洗，同时要检查调节机构看其转动是否灵活。

(6) 风机安装允许偏差，见表 9-1。

表 9-1 通风机安装的允许偏差

中心线的平面位移/mm	标高/mm	带轮轮宽中央平面位移/mm	传动轴/水平度	联轴器同心度	
				径向位移/mm	轴向倾斜
10	±10	1	0.2/1000	0.05	0.2/1000

(7) 风机安装程序

1) 基础放线，并核对基础实际尺寸：地脚螺栓孔距、中心线、标高、螺栓孔深度及倾斜度等是否符合设计或规范的规定。基础放线是在基础上弹出纵、横中心线，并互相垂直，然后根据此两条线弹出其他相关线的位置。

2) 安设地脚螺栓和垫铁，地脚螺栓中心要正确，螺栓要垂直。垫铁位置和组数要合理，放置时要平稳，接触要紧密，每组垫铁不超过五块。垫块表面要水平，高度应一致。

3) 安底座，安装前划好纵、横中心线，对于整体式风机一次完成，而对大型的解体风机，通过地脚螺栓直接固定在基础上。在放底座时，

先调整的垫铁，并使底座纵、横中心线与基础上的两中心线相重合。然后将地脚螺栓拧紧，再次复查底座位置和标高，如有误，需进一步调整，直到符合要求为止。底座初平后，即可对地脚螺栓孔进行灌浆。

4) 安装轴承座：底座找好后，开始安装轴承座，先在轴承上划好中心线，然后与底座上的中心线对应，将底座就位。当轴承座在风机叶轮两侧时，要用拉钢丝测量法，使两轴承座中心线保持一致。再用水平仪在轴承座中分面上测量纵、横向水平度，其误差不大于 $0.2/1000$ 。

5) 安装机壳：转子和轴承座组合安装的，应先将下半部风机外壳初步就位，然后再放转子和轴承座。转子和轴承座不同时安装的，要先将轴承座找正并固定，再将下部外壳初步就位，同时要按基础中心线初步找正，并使外壳垂直，达时可初步拧紧地脚螺栓。

6) 安装叶轮：先检查叶轮轴的水平度、标高和中心位置，符合要求后，将装配好的叶轮，安装在轴承座上。这时检查轴颈和轴瓦间隙，机壳中心线与转子中心线是否符合规定。

7) 找正机壳：要依据转子的位置来找正外壳，使叶轮和外壳配合间隙达到要求。找正机壳时，先将上半部外壳安装在初步找好的下半部外壳上，再用螺栓固定，然后调整好：外壳与叶轮后盖的轴向间隙、风机外壳内壁与叶轮间隙、集流器与叶轮的装配间隙等，使其达到标准要求，再拧紧地脚螺栓，固定好外壳。

8) 安装挡板：调节挡板应顺气流方向安装，挡板的开度与角度应安装得一致，开关要灵活，挡板间要有 $2\sim 3\text{mm}$ 间隙。风机出入口的方形调节挡板在轴头上应刻有与挡板位置相一致的标志。

9) 安装联轴器：风机联轴器调整固定后，以此为基准来找正电动机。两者主要是调整两轴心的径向位移，风机联轴器允许误差，见表9-2。

表 9-2 风机联轴器找正允许误差

转速 / (r/min)	刚性联轴器 / mm	弹性联轴器 / mm
< 3000	≤ 0.04	≤ 0.06
< 1500	≤ 0.06	≤ 0.08
< 750	≤ 0.08	≤ 0.10
< 500	≤ 0.10	≤ 0.15

10) 进行二次灌浆, 联轴器两轴心径向位移调整好, 可进行二次灌浆。灌浆前对设备进行检查, 包括机组位置、水平度、垫铁放置、联轴器对中等, 无误后对基础表面进行清理。

(8) 风机的试运转

运转前应进行一次全面检查, 包括各联接部分有无松动、润滑系统是否正常、手动风机和电动机转子是否转动灵活, 有无障碍、安全装置是否准确无误。一切正常后, 可开始试运转。

试运转时, 先转动电动机, 方向正确后, 连续运转不少于 2h。

试运转的合格标准是: 运转平稳, 转子与机壳无摩擦声响; 轴承振动不超过表 9-3 的规定, 轴承温度, 滑动轴承最高不超过 70°C , 滚动轴承最高不超过 80°C ; 油、水系统不能有渗漏; 风机挡板操作灵活可靠。

表 9-3 风机轴承允许的振动值

风机转速 / (r/min)	500	600	750	1000	1450	3000
最大振动值/mm	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06

(三) 轴流风机的安装

1. 检查和清洗

(1) 对直接联接的风机, 只作外观检查, 不需拆卸。用手转动叶轮, 以动作灵活、无阻碍和摩擦声为合格。

(2) 对立式风机, 要清洗变速箱、齿轮或蜗杆等, 冷却管路应进行清洗和试验, 使其达到标准要求。

(3) 如装有调速器, 应对其进行检查, 看其是否灵活可靠。

2. 找正风机

(1) 安装整体风机时, 先检查好基础各部尺寸, 放线后将机组吊放在基础上, 用成对斜垫铁进行找平、找正。

(2) 大型解体机组安装时, 先将机组下部和轴承座、底座吊放在已检查过的基础上, 进行组装, 同样用成对斜垫铁对其找平、找正。

(3) 机组外壳是从中间垂直分开组成的, 在安装时, 应先安装进气室, 再安装轴承座并与底座平面均匀接触, 两轴承孔与公共轴线的两轴心径向位移不应超过 0.05mm 。轴瓦刮好后, 将立轴平放在轴瓦上, 以进气室密封圈为基准找正主轴与进气室的两轴心径向位移, 误差应符合

标准要求。上述工序完成后，开始安装叶轮、机壳静子和扩大器。

3. 风机安装时的技术要求

(1) 机壳是由水平和垂直部分组成时，找正风机轴与电动机轴的两轴心径向位移时，其径向位移不超过 0.05mm，倾斜度不超过 0.2/1000，纵向水平度不超过 0.2/1000，横向水平不应超过 0.3/1000。在找平时，应将水平仪摆放在主轴和轴承座的水平中分面上。

(2) 立式机组的水平度不应超过 0.2/1000，用水平仪在轮毂上测量。在找正风机与电动机的两轴心径向位移时，其径向位移不应超过 0.05mm，倾斜度不应超过 0.2/1000。

(3) 风机叶轮与壳体之间对应两侧半径差，应达到表 9-4 的要求。

表 9-4 叶轮与机壳体间对应两侧半径间隙差 (mm)

叶轮直径	≤600	>600 ~1200	>1200 ~2000	>2000 ~3000	>3000 ~5000	>5000 ~8000	>8000
对应两侧半径 差不超过	±0.5	±1	±1.5	±2	±3.5	±5	±6.5

第二节 金属切削机床

一、机床的分类与编号

金属切削机床是根据其自身的特点和使用的刀具进行分类的。即车床、镗床、铣床、插床、钻床、磨床、刨床、螺纹加工机床、齿轮加工机床、拉床、超声波及电加工机床、切断机床等 12 大类。

它采用了统一的编号制。机床型号的代号由汉语拼音字母及阿拉伯数字组成。

1. 普通机床的型号

(1) 表示方法 见图 9-4，带有“()”的代号或在无内容时不表示，如有内容时应不带括号，有“□”代号者为大写的汉语拼音字母，有“△”代号者为阿拉伯数字。

(2) 类别代号 机床类别代号用汉语拼音字母表示在型号的首位，各类机床代号，见表 9-5。

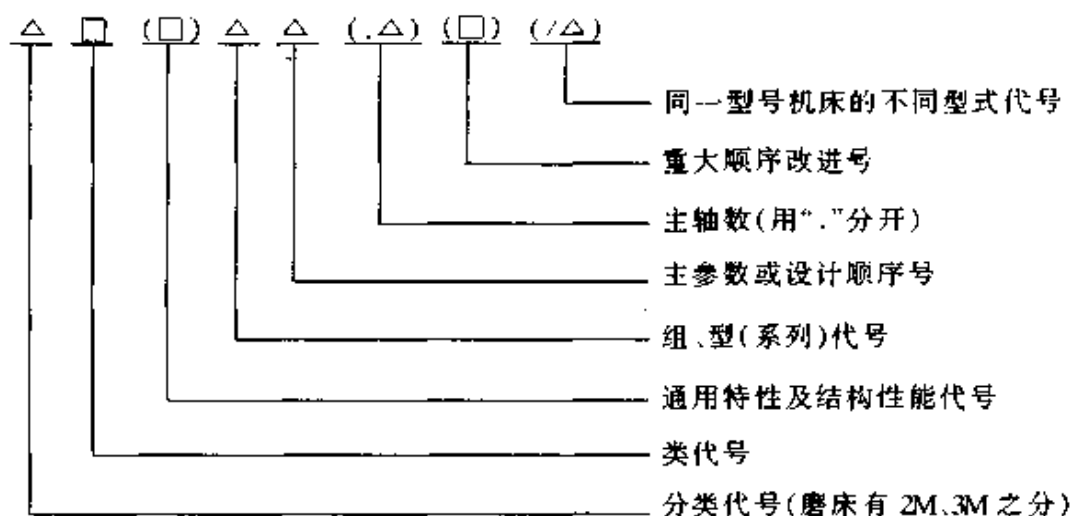


图 9-4 机床型号表示法

表 9-5 机床类别代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	电加工机床	切断机床	其他
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	D	G	Q

(3) 通用特性代号 它代表机床具有的特性，用汉语拼音字母表示，特性代号在类别代号之后，见表 9-6。

表 9-6 机床通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	程序控制	轻型	万能	筒式	自动换刀
代号	C	M	Z	B	K	Q	W	J	H

(4) 组别代号 每类机床按用途、性能、结构相近或有连带关系分为许多组，它是用阿拉伯数字表示的。

(5) 机床类型代号 按用途性能、结构不同分为 10 个类型，用阿拉伯数字 0~9 表示。

(6) 主要参数代号 型号中的第三、四位数字是表示主参数，它也是用阿拉伯数字表示。

(7) 重大改进序号 这个序号在型号的末端，表示结构、性能有重大改进，用汉语拼音字母 A、B、C、D…来表示。

2. 组合机床及自动线型号

(1) 组合机床及自动线 用汉语拼音字母表示，设计单位代号在型号首位。

(2) 分类代号 用汉语拼音字母组成, 见表 9-7。它在设计单位代号之后, 并用一字线分开。

表 9-7 组合机床及自动线分类代号

分类	大型组合机床	小型组合机床	组合机床自动线	一般机床自动线
代号	U	H	UX	ZX

(3) 设计顺序号 由设计单位的设计顺序进行编排, 在型号中排在分类代号之后。

二、机床的运动及传动系统


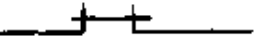



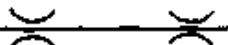
按照机床动作的特征, 可分为主运动、送进运动和旋转运动。在多数情况下, 机床的主运动为旋转运动。在少数机床中, 主运动是工件和刀具的相对运动, 也有是直线往复运动的。

送进运动, 是切削过程中沿被加工表面全长上进行的运动, 它可以是连续的, 也可以是断续或周期的, 送进运动有纵向和横向两种。


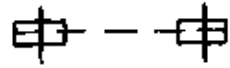
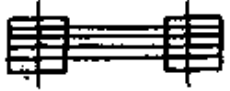


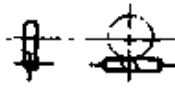
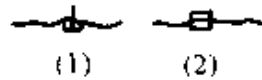
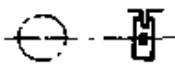
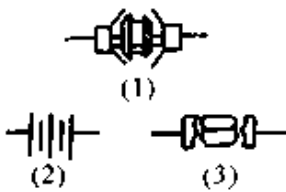
凡不直接进行切削过程的运动, 称为辅助运动, 如夹紧装置和速度调配等。

为了便于了解机床零、部件的运动, 规定以代用符号表示, 见表 9-8。

表 9-8 机床传动系统的主要代用符号

序号	名称	代用符号
1	轴: 整体的	
	带有安全销的	
	带有弹性联轴器的	
	带有万向接头连接的	
	伸缩轴	
2	轴承 (一般代用符号)	

(续)

序号	名称	代用符号
3	平带传动	
4	链轮传动	
5	V带传动	
6	圆柱齿轮传动: (1) 空套的; (2) 用键固定的; (3) 在滑键上的; (4) 在花键上的; (5) 带拉键的	
7	锥齿轮传动	
8	涡轮蜗杆传动	
9	丝杠螺母传动: (1) 整体螺母; (2) 开合螺母	
10	棘轮机构	
11	离合器: (1) 摩擦锥式 (2) 摩擦片式 (3) 齿爪式	

三、金属切削机床安装施工步骤

1. 基础施工

按设计要求基础应达到抗压强度标准,对大型机床有预压要求的应进行预压处理,符合要求后,方可进行安装。

2. 基础检查

对基础的平面位置、标高、外形尺寸及预埋件进行核对,不符合要

求的应进行处理。

3. 定位放线

根据施工图的要求，以基准点为准，施放纵、横中心线、标高等，为机床安装找好基准线。

4. 安装垫铁

对于大、中型机床的垫铁位置、组数，要经过核算后确定。

5. 组装上位

对大型、精密机床部件的组装，应制定组装顺序和方法，以保证组装的精度和施工的顺利进行。

6. 机床初平

初平是对机床的中心线、标高、水平、垂直度初步找正，它是精平的基础，必须认真对待。

7. 地脚螺栓灌浆

灌浆用混凝土的配合比，要按规定比例进行拌合，要保证灌浆后的强度。

8. 精平

它是在初平基础上进行最后阶段的精度调整，这步工作很关键，直接关系到对产品加工的质量。

9. 试运转

它的作用是全面考核设计、设备、安装的质量。试运转应制定切合实际的实施方案，正确指导整个试运转阶段的进行。试运转合格后，即办理交工验收手续。

四、金属切削机床安装的一般规定

(1) 机床在现场组装前，安装人员应对机床的规格、性能、主体结构、动作系统、组装顺序及安装精度等，有一个充分的了解，并要熟练掌握各种机具、量具的使用和设备安装方法。质量标准要符合设备技术文件的规定，对于出厂已装配好的零、部件，一般在安装现场尽量不要再行拆装。

(2) 机床在安装定位时，应考虑产品工艺过程，并能满足机床安装、维修、操作安全的要求。

(3) 现场组装机床时，一般先从机身（或底板）开始逐步进行，在安装过程中，逐件对机床进行找平、各零、部件找平均应在机床处于自

由状态下进行，不得用拧紧螺栓或局部加压的方法，使其变形来达到精度要求。如机床由于制造、运输、保管等原因，在安装前已变形，在自由状态下无法达到精度要求时，应会同有关部门研究处理。

(4) 凡是机床的滑动、转动、滚动等零、部件，运动时应灵活、轻便、无阻滞现象。对于需要组装的丝杠。如有变形，要按制造厂标准作校直工作。一般丝杠应保证螺母顺利通过，对于精密丝杠在组装前存放时，要垂直悬吊并要防止变形和损伤。

(5) 对于装在恒温室内的精密机床，其安装工作要在室内具备恒温条件下进行，检验调整的量具，应先放在安装场地，经过一段时间后，再使用。防止由于温差过大，造成测量上的误差。

(6) 金属切削机床在运往安装场地的起吊和运输过程中，不得将其翻转或放倒。在吊装捆扎时，要捆扎在基本零、部件上，并尽可能利用床身上的凸起部分、孔洞和加强肋等处。吊绳不允许直接接触精加工面、磨光面等处，也不得挤压捆扎在脆性大或薄弱的零、部件上（如手轮、光杠、丝杠、冷却液管、润滑油管、油盘等）。捆扎绳与设备接触面之间应垫以木板，或在吊装捆扎绳上套以橡胶软管等。

(7) 金属切削机床，大多为单体运转的设备，因此，对设备基础标高没有较严格的要求。但要按机床基础图复核基础上地脚螺栓预留孔和中心距，在划线时，应整体考虑，如有超差，应作出标记，上报有关部门研究处理。

(8) 机床粗平时，可用临时垫铁来调整，但在敷设临时垫铁时，要离开地脚螺栓预留孔一定的距离，以免妨碍二次灌浆及永久垫铁的放置。临时垫铁的组数一般为永久垫铁的 1/3，并应对称等距离放置。

(9) 机床未配带垫铁或无规定时，可按下面规定进行选用：

1) 振动小的机床，可选用普通垫铁或开口垫铁，振动较大或质（重）量为 5~10t 的中、小型机床，最好采用成对斜垫铁。

2) 水平面内直线度要求较高的机床以及需作水平方向调整的机床，可选用带水平调整的调整垫铁。

3) 机床安装后，在生产过程中因受切削力作用，需要定期进行调整，以恢复原有精度的大、中型机床，宜采用可调垫铁。

(10) 机床就位时，应清除机床底面的泥土、油垢等脏物。并修平与垫铁的接触处，以保证床身底面与垫铁的接触良好。

(11) 机床在粗平时，可将水平仪按纵、横向放在机身导轨两端进行（也可将水平仪放在溜板或工作台上），使水平仪读数均控制在 $0.04/1000 \sim 0.06/1000$ 之间为合格。

(12) 机床在精平时，应将永久垫铁轻轻推进到垫铁放置的正确位置，并使之受力，但不得改变导轨对应点的水平度（可观察水平仪的变化），然后取出临时垫铁；在精平时，应尽量用垫铁来调整其水平度。

(13) 在精平过程中，要控制水平仪读数形成的运动曲线是中间凸出，且所产生的允差值宜偏向下列方向：

- 1) 落地镗床、龙门刨床等床身导轨，允许中间凸起。
- 2) 卧式镗床的床身导轨在安装立柱与主轴箱时一端允许适当凸起。
- 3) 车床床头箱一端的床身允许适当凸起。
- 4) 外圆磨床的砂轮架一端的床身允许适当下凹。
- 5) 龙门式机床的立柱只允许向前倾。

(14) 采用调整垫铁找平时，主要是利用升降块升高的方法进行。如要降低升降块时，应在降低后作升高调整，从而消除调整螺栓的空程，保证升降块受力后不下沉，防止找平后产生变化。

(15) 在精平过程中，地脚螺栓的螺母，要逐步先稍慢带紧，当达到精平检验项目后，由床身中间向两端对称、交叉、均匀地拧紧全部地脚螺栓，然后复测一次。将最后的水平仪读数记录在导轨示意图上，并标明正、负号。必要时，另附运动曲线图。

(16) 床身导轨的精度包括导轨在垂直平面内的直线度、平行度及床身导轨在水平面内的直线度。

1) 床身导轨在垂直平面内的直线度，见图 9-5。在导轨上按导轨平行方向放置平尺（或专用检具）、水平仪。移动检具，在导轨全长上，每隔 500mm（且不应大于检具长度）测量一次，将全长上所测得的水平仪读数依次排列，画出检具的运动曲线，直线度分别以夹住

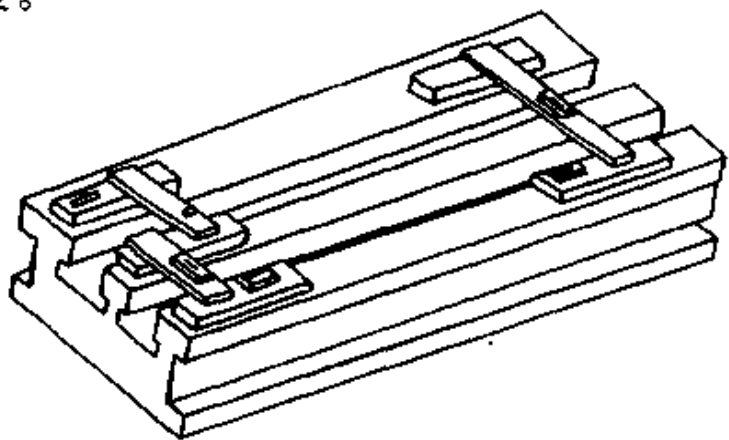


图 9-5 检验床身导轨在垂直平面内的直线度和平行度示意图

每 1m 和全部运动曲线的两条距离为最小的平行线间的坐标值计，运动曲线的画法如下：

以床身导轨长度为 2000mm 为例，当检具处于导轨近主轴端部极限位置时，记录一个读数 a ，然后移动检具每隔 500mm 测量并记录一次读数；当移到 2000mm 时，又记录三个读数 b 、 c 、 d ，将四个读数依次排列在直角坐标上，首尾相接，画出 $OABCD$ 即为运动曲线，然后作 $m_1n_1//OB$ ， $m_2n_2//AC$ ， $m_3n_3//BD$ ，这三组平行线分别为 1m 长度上的包容线，又作 $PQ//OD$ ，此为导轨全长上的包容线，这些平行线间的坐标值 δ_1 ， δ_2 ， δ_3 和 $\delta_{全}$ ，分别为每米长度上直线度和全长上的直线度，见图 9-6。

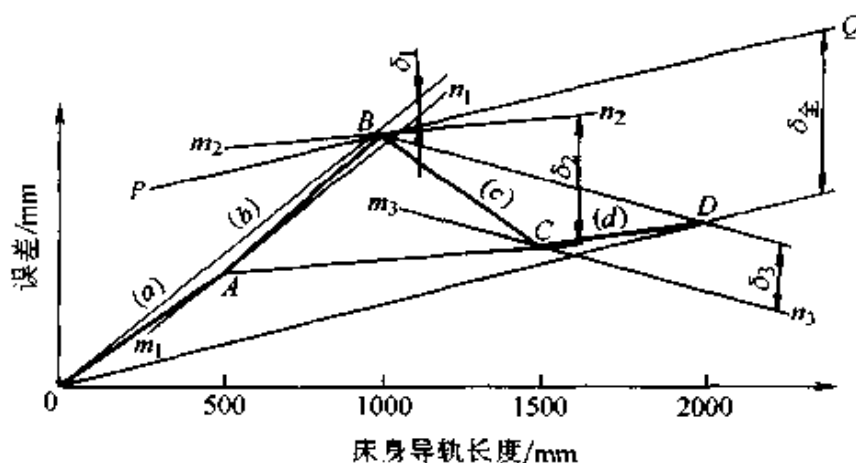


图 9-6 导轨在垂直平面内直线度运动曲线画法

2) 床身导轨的平行度 (见图 9-5)，应在导轨上按与导轨垂直方向放置平尺 (或专用检具)、水平仪，移动检具在导轨全长上每隔 500mm 测量一次，平行度以每米长度上和全长上水平仪读数的最大代数差计，每相邻两条导轨应分别检验。

3) 床身导轨在水平面内的直线度检验时，应在 V 形导轨 (起导向作用的一根导轨) 上两端绷紧一根直径不超过 0.02mm 的钢丝，在 V 形铁上固定读数显微镜，镜头应垂直，见图 9-7，调整钢丝使 V 形导轨两端读数相等，然后移动 V 形铁，在导轨全长上每隔 500mm 测量并记录一次，直线度以显微镜读数的最大代数差值计。或在 V 形铁或专用检具上固定光学准直仪的反射镜，在导轨一端外的测量座上固定光学准直仪的平行光管，见图 9-8。移动 V 形铁，在导轨全长上每隔 500mm 测量并记录一次，直线度以准直仪读数画运动曲线计算 (曲线画法与测

量床身导轨在垂直平面内的直线度相同)。

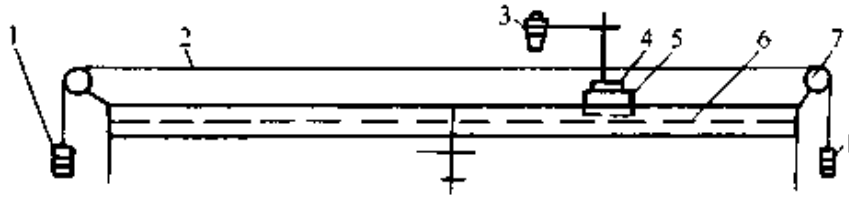


图 9-7 用钢丝、显微镜测量床身导轨在水平面内的直线度
1—重锤 2—钢丝 3—镜头 4—显微镜座 5—V形铁 6—导轨 7—轮架

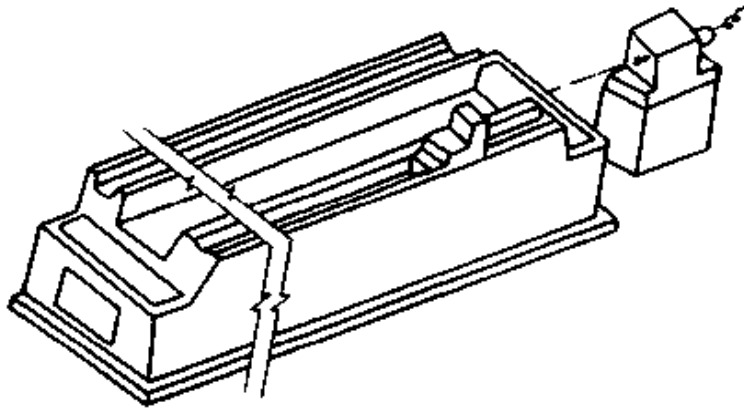


图 9-8 用光学准直仪测量床身
导轨在水平面内直线度

(17) 多段长矩形床身拼装时，应符合下列要求：

1) 先找平中段床身，然后再拼接前、后段，在拼装时，可用垫铁来调整导轨接头，先初步找平，再用百分表检查高、低、左、右错位偏差，不应超过 0.01mm，并用涂色法检查定位销、孔的接触应良好。拧紧床身连接螺栓后，要复测

一次，同时要用 0.04mm 塞尺检查拼接缝不应插入。

2) 为防止在机身拼合面漏油，要在拼合面处防油槽内填以耐油橡胶带或挤灌液态密封胶，见图 9-9。

3) 多段长矩形床身，由于各段拼合面与床身导轨可能不垂直而造成组装后，总的床身导轨在水平面内扭曲

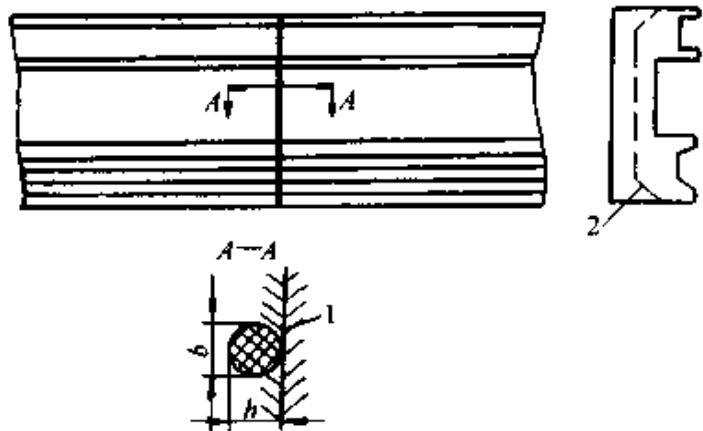
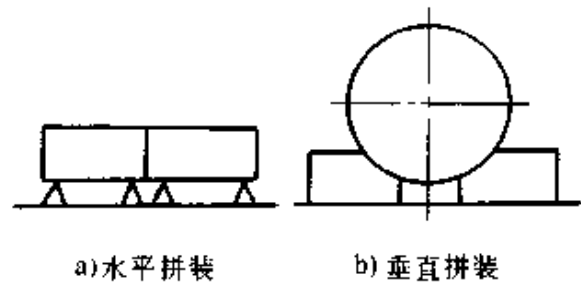


图 9-9 导轨拼接示意图
1—耐油橡胶带 2—防油槽

不直，因此，在组装后，应检验 V 形导轨（起导向作用的一条）在水平面内的直线度。

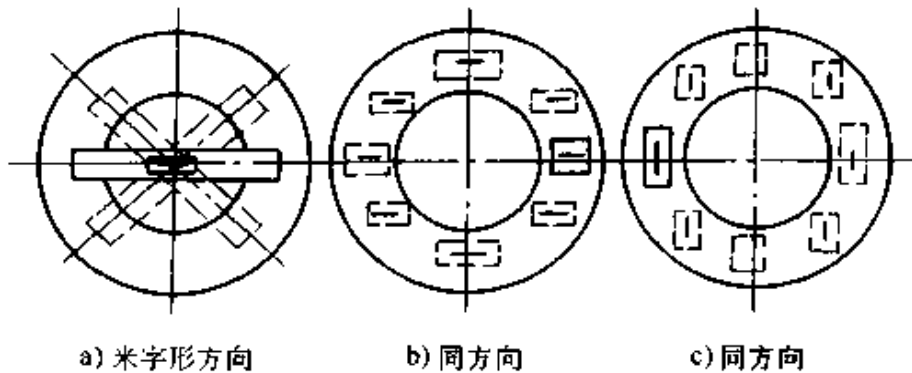
(18) 多块圆形床身或工作台（如立式车床）的拼装，可采用垂直拼装或水平拼装的办法，见图 9-10，对于刚性较差的床身以垂直拼装为宜，且找正灵便。在找正时，既要检查导轨拼合处不准错位，又要检查主轴孔的错位，均不应超过 0.01mm。



a) 水平拼装 b) 垂直拼装

图 9-10 圆形床身或工作台拼装示意图

(19) 检验圆形床身底座的平面度时，见图 9-11，除了按米字形检查之外，同方向水平仪读数的最大代数差不应超过 0.04/1000。



a) 米字形方向 b) 同方向 c) 同方向

图 9-11 底座找平示意图

(20) 在安装平衡锤时，应先在立柱侧面的空洞里穿进一根钢管，将平衡锤上悬吊的钢丝绳装好，且检查其可靠性，然后吊进立柱内腔搁在钢管上。在吊进平衡锤时，将它的钢丝绳拖挂在立柱外面，以便安装调整前，后轮架与移动部件连接，并检查其是否符合移动部件最大行程的要求。

(21) 立柱安装时，要符合下面要求：

1) 将立柱吊至靠近床身，穿上几支联接螺栓，以便对正就位，然后用垫铁调整立柱，使立柱与床身联接的定位销、孔接触良好，并拧紧联接螺栓，用 0.04mm 塞尺检查不应插入。

2) 在床身导轨上，按与立柱正导轨面垂直和平行两个方向，分别放平尺、水平仪，在立柱下部靠近极限 300mm 处的正、侧导轨面上靠贴水平仪测量，立柱的垂直度以立柱与床身导轨上相应两水平仪读数的

代数差计，不得超过允许偏差的规定，见图 9-12。

3) 在安装立柱时，因考虑到横梁、刀架等安装以后对立柱的影响，宜使立柱略向后倾，其数值约为垂直度允许偏差的 50%，以使横梁、刀架等安装后达到立柱前倾的目的。

(22) 横梁安装时，应符合下面要求：

1) 装配横梁时，可利用工作台作支承面，使用吊车或移动工作台，将横梁靠近立柱。为防止倾倒，所垫枕木要牢固，垫的高度要考虑到升降丝杆能方便地穿入横梁丝母，然后穿横梁丝杆，装升降传动机构，并调整横梁的水平度。

2) 调整横梁夹紧压板、固定压板与立柱导轨的间隙，固定压板间隙，大型机床为 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ ，重型机床为 $0.06 \sim 0.08\text{mm}$ 。夹紧、松开时，调整间隙大型机床为 $0.03 \sim 0.06\text{mm}$ ，重型机床为 $0.6 \sim 1.50\text{mm}$ 。在调整时，要与电气人员密切配合。夹紧、松开的动作，应灵敏可靠。

(23) 检验横梁移动倾斜时，应将两垂直刀架（箱）移到立柱处，使横梁保持平衡，在横梁上导轨面的中央按平行于横梁放置水平仪，见图 9-13，移动横梁，每隔 500mm 测量一次（全行程最少测三个位置），倾斜以全行程内水平仪读数的最大代数差计。

(24) 主传动装置在安装时，要检查减速箱与床身拼合面处的贴合是否良好，可用 0.04mm 塞尺检查不应插入为合格，并要调整电动机与减速箱联轴器的同轴度，使其达到标准的要求。

(25) 工作台安装前，导轨的润滑系统要调整好，导轨应清洗干净，进油孔要清洁畅通，齿条传动的工作台应使其啮合齿数不少于 $3 \sim 4$ 个齿。

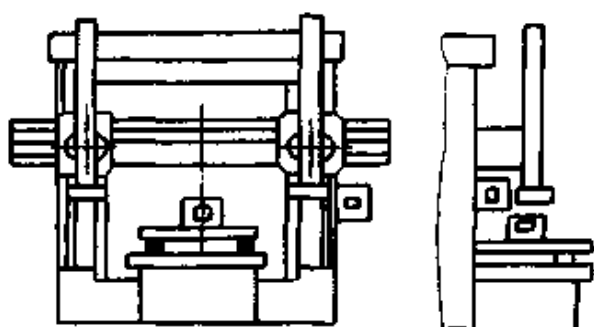


图 9-12 检验立柱导轨对床身导轨的垂直度

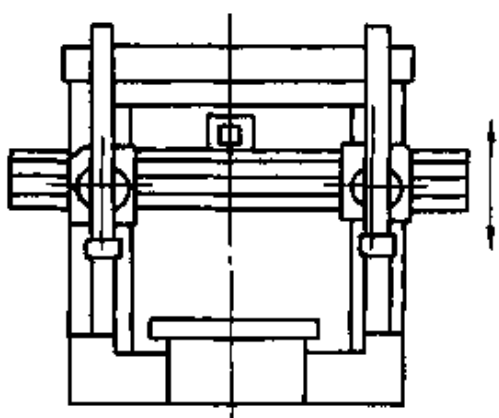


图 9-13 检验横梁移动的倾斜

(26) 特别重要的固定结合面，如立式车床立柱与底座的结合面等，应紧密配合，紧固后用0.04mm塞尺检查，不应插入；而滑动、移置导轨与滑动件的结合面，应在导轨镶条压板端部的滑动面间用0.04mm塞尺检查，插入深度不应超过20mm。对于导轨间的接头应齐平。

(27) 组装大型机床时，应检查定位销孔确实对正后，再放入定位销。销孔与销接触要良好，销装入深度要符合标准规定，并能顺利取出。销装入后，再调整联接件时，不应使销子受到剪力，同时也不准用定位销强制纠正零、部件的位置。

(28) 机床试运转要做到下面几点：

1) 熟悉并掌握有关试运转的技术文件。

2) 试运转前，对机床各部进行一次全面检查，确认无误后方可进行。

3) 对大型、复杂设备，要编制切实可行的试运转方案，经批准后执行。

4) 准备好试运转用的工具、材料以及水、电、气源和现场照明，确保可靠供给。

5) 作好组织和安全保卫工作。

6) 试运转步骤应从无负荷到负荷试车。同时应在单体运转合格后，进行联动运转。对于金属切削机床只作无负荷运转，并应达到下述要求：

a. 各部操作机构动作灵活可靠。

b. 机床主运动机构从低速至高速运转应正常。

c. 各种速度的工作机构，动作应平稳、准确和可靠，无冲击、振动和爬行等不正常情况。

d. 变速、换向、定位、分度、自动循环、夹紧装置快速移动以及数字显示等部位应灵敏、正确和可靠，并无异常情况。

e. 电气、液压、润滑、气动和冷却系统的工作应正常。

f. 使用的介质温度应符合规定。

g. 安全防护和保险机构应灵敏可靠。

h. 轴承温度应符合设计或规范的规定。

i. 试运转过程中，应做好各种原始记录，作为办理验收工程的技术资料。

第三节 活塞式压缩机

压缩机是现代工业应用较广泛的一种通用机械设备，特别是在石油化工、冶金工业中，它是不可缺少的主要设备。压缩机的主要用途是靠消耗机械功压缩、输送气体及提高气体的压力，为各种生产工艺服务。

一、压缩机的分类、结构及工作原理

1. 分类

(1) 按排气压力分有：低压 ($0.2 < P \leq 1\text{MPa}$)，中压 ($1 < P \leq 10\text{MPa}$)，高压 ($10 < P \leq 100\text{MPa}$)，超高压 ($P > 100\text{MPa}$)。

(2) 按排气量分有：微型 ($V \leq 1\text{m}^3/\text{min}$)，小型 ($1 < V \leq 10\text{m}^3/\text{min}$)，中型 ($10 < V \leq 100\text{m}^3/\text{min}$)，大型 ($V > 100\text{m}^3/\text{min}$)。

(3) 按气缸中心线的位置分：有卧式、立式、对称平衡式、对置式及角式。

2. 结构特点

(1) 角式压缩机 气缸中心线有一定夹角，有 W 型、V 型、L 型和扇形。它结构紧凑，平衡性好，一般用作小型移动式装置。

(2) 立式压缩机 这种压缩机机身受力小，外形尺寸不大，占地少，不易变形，但对较大型维修不太方便。

(3) 对称式压缩机 它的惯性力可平衡，能提高转数，主轴颈受力磨损小，安装比较方便。

(4) 对置式压缩机 对置式压缩机在相对列上的气体作用力可以抵消一部分。它主要用作超高压压缩机。

3. 型号中表示方法

活塞式压缩机的型号组成，见图 9-14。

4. 活塞式压缩机的工作原理

活塞式压缩机主要是靠活塞在气缸中往复运动，压缩气体分子所占气

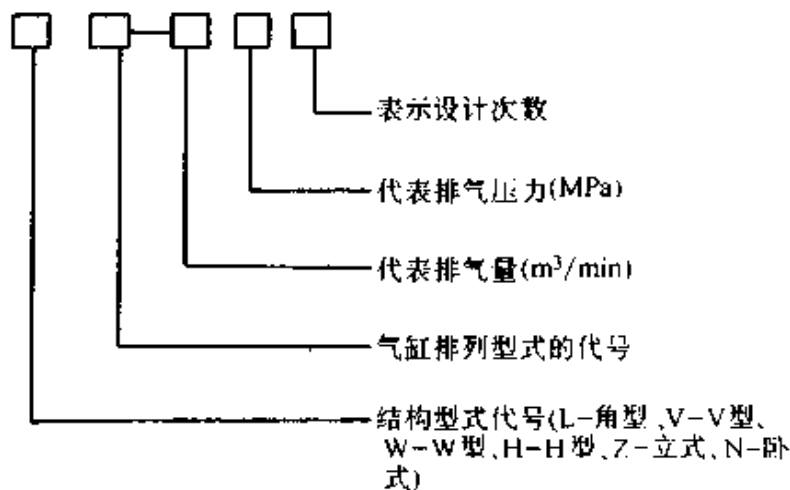


图 9-14 压缩机型号组成图

缸容积，增大气体分子密度，从而达到提高气体压力的目的，见图 9-15。

电动机轴的旋转经大小带轮减速后，驱动曲轴作旋转运动，带动连杆、十字头，活塞杆及活塞作往复直线运动，使活塞完成吸气、压缩、排气过程。

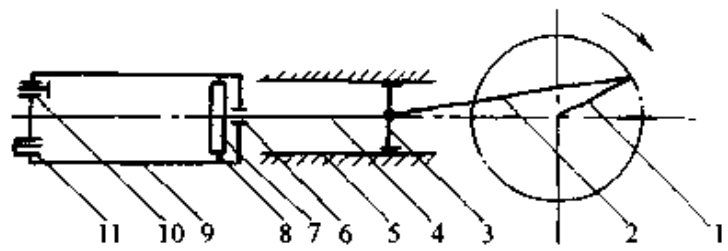


图 9-15 活塞式压缩机工作原理示意图

1—曲柄 2—连杆 3—十字头 4—活塞杆
5—滑道 6—密封装置 7—活塞 8—活塞环
9—气缸 10—吸气阀 11—排气阀

二、活塞压缩机的安装

(一) 安装前的准备工作

1. 技术准备

首先认真熟悉工程图样，如压缩机的设备结构图、安装图、工艺流程图以及有关建筑图等。

在熟悉资料的基础上，提出单项工程施工技术组织措施。内容包括：施工方法、技术要求、质量标准、安装中使用的机具、消耗材料、安装进度以及安全措施等。

2. 基础检查验收

按照设计要求，检查基础质量，根据交验资料复查各部尺寸是否符合要求。对大型基础经过预压后，应做沉降情况的测量，看基础的变化情况是否符合设备安装的要求，符合标准后才能进行安装。

3. 设备开箱

压缩机设备运到安装现场后，安装单位会同建议单位，按照箱号和装箱单开箱。要逐个清点全部零部件，如发现缺少零部件和有损坏的情况时，应做好记录备查，并经双方签字认定。

经验收后的设备，要分别进行保管。如机身、气缸、运动部件及附属设备，有的要放在室内，电动机等电气设备要放在干燥场所。精密细小的零件、备件、密封盘根、管件、油泵等，应装箱保存，并保证不致混乱及压伤。对组合件拆卸以后，要做好标记，以免错装零部件。对全部零部件还要进行外观检查，对有缺陷的零部件，如磨伤，疤痕及锈蚀等，应进行妥善处理。

4. 零部件的初步清洗和检查

在安装现场先划定一个清洁的区域，拆卸压缩机组合件，并清洗机

件上的黄干油与污物，可用蒸汽吹洗机件表面的脏物（气阀和填料不用蒸汽吹洗），对主轴、轴承、气缸部件和机身等用煤油、汽油洗净。然后，在各加工面上涂以机油或气缸保护油。用油封润滑油封存的往复式压缩机，在设备技术文件规定的油封期限内安装时，除气阀外，其他零、部件均可不拆洗。

在清洗的同时，初步检查机身、气缸、长轴、电动机、活塞及杆、十字头、联杆等机件是否有破裂、裂缝、气眼刮伤、沟纹、翘面、加工面粗糙以及由于拆卸出现的疵病；另外由于尺寸配合不当，可能呈现锥形、椭圆情况及轴承损伤等。对上述情况要妥善处理。

对机身内的油箱应作渗漏试验。方法是：往机身内灌注至润滑油的最高油面位置容量的煤油，试验时间为 8h，在此时间内不应有渗漏现象，检查方法是在机身油箱底面涂以白垩粉，如有渗漏即可发现。对渗漏处可用铸铁冷焊法、胶漆填充法、铜板补贴法及填充金属法等进行处理。

油槽的注入试验时间不少于 2h，在此时间内，不应有渗漏现象。

气缸水套的水压试验，应按设备技术文件的规定进行。

（二）机身安装

机身安装的程序和要求如下：

（1）将基础清理干净，基础面上不准有油污。在基础前后起承力部位上放置 4 台小型千斤顶，作为安装压缩机机身时，调节机身水平使用。同时将地脚螺栓放入孔内。

（2）根据设备说明书和安装规范要求，确定机身下垫铁的位置和数量。垫铁要尽量靠近地脚螺栓。为使基础面与机身底座间均匀全面吻合受力，每块垫铁要放置平稳，且垫铁放置处的基础表面应铲平。

（3）用起吊设备将压缩机机身平稳地落位在基础上。对于两个并列的多段压缩机，应先将一侧机身先找平找正固定在基础上，另一侧机身的安装后，应以前者为基准进行找平找正。

（4）机身与管道中心线、基础中心线、三者应一致。地脚螺栓放入机座螺孔中应无挤压现象，并应与机座垂直，其倾斜偏差不应超过 1mm/m。

（5）穿过压缩机机身的十字头滑道中间（如双机身方法相同）架设一根钢丝为中心线，钢丝两端吊以重锤张紧。钢丝固定在线架上的参

数，应符合表 9-9、表 9-10 及图 9-16 的要求。

表 9-9 钢丝张紧与重锤质量关系表

钢丝直径/mm	重锤质量/kg	钢丝直径/mm	重锤质量/kg
0.30	7.5	0.45	15.62
0.35	9.45	0.60	19.26
0.40	12.34		

表 9-10 中心钢丝挠度表

(mm)

钢丝总长/m	距线架一端的距离/m									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
4	4	7	9	10						
5	7	18	19	23	24					
6	10	19	26	33	38	40				
7	12	23	31	40	47	53	55			
8	14	26	36	46	54	62	68	70		
9	15	28	40	51	61	70	77	83	86	
10	16	30	43	55	66	76	85	93	98	100

钢丝与线架应在同一水平面上。钢丝在垂直面上应是一个连续的挠度线，按照表 9-10 内的规定找正中心位置。

(6) 从机身轴承座上测量机身的轴向水平，见图 9-17。方法是在机身的下滑道上放置平尺和水平仪。检查水平时，要测 2~3 处，每处测两次（即将水平仪在同一位置测一次后转 180°再测一次），取其平均值。机身轴向及横向水平测量允许偏差为 0.05mm/m 以内。

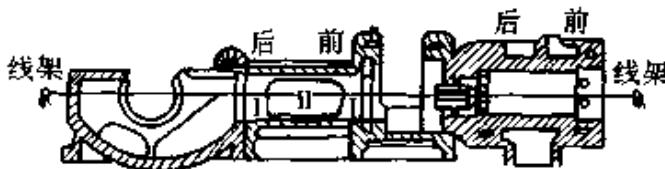


图 9-16 穿过机身架设钢丝中心
线找正机身中心位置

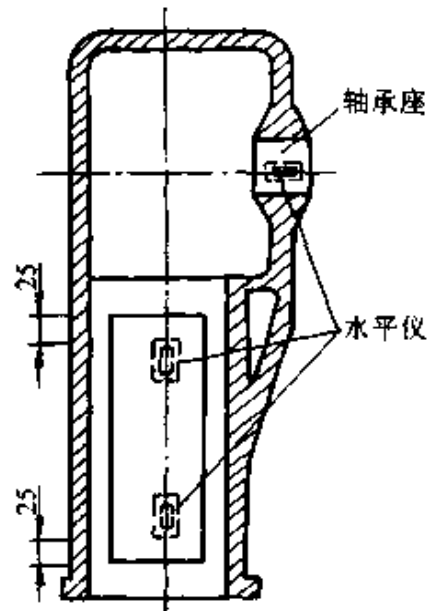


图 9-17 机身滑道与
主轴找水平

(7) 机身找平后，即可找中心，应在滑道的两边缘内 20mm ~ 30mm 处的圆周上进行。找中心时，根据钢丝中心线在机身内的位置，在圆筒形滑道内上下左右四点，用内径千分尺测量。在机身的后部（靠近曲轴箱处）的钢丝线应处于中心位置，前端钢丝线按照找正中心的要求，允许偏差 0.02mm。机身的找正应以水平为准。

机身找正用三点调整法及使用声电法找正工具，见图 9-18。

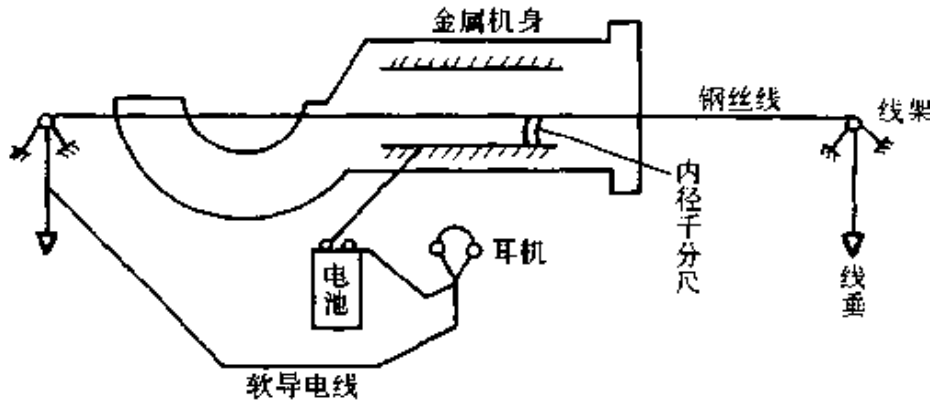


图 9-18 声电法找正原理图

采取两头找正，前后调整量差的方法找正钢丝线的准确位置，即按照滑道及线架钢丝线的长度确定移动钢丝线的比数。

机身找正后，拧紧地脚螺栓，在拧紧螺栓时，要在滑道上放置水平仪复查水平度。拧紧后，用小锤子检查垫铁不能有松动现象，并保持其紧密贴合。

(8) 单列机身的副轴承和双列机身的另一个机身相互前后位置的确定，应根据已找正找平合格的机身主轴承座的主轴中心线，同时通过副轴承或后找正的机身主轴承座检查中心线是否通过其中心，不符合时应进行调整。双列机身压缩机的主轴承孔轴心线的同轴度不应超过 0.05mm。调整合格后把机身主轴承底瓦安在机身瓦座处，再把压缩机主轴（未装转子）吊放到各轴承瓦上（底瓦背面与轴瓦底座必先研过，其接触面积不应小于 70%）。其相互之间的距离要按下述方法进行测量：

1) 用塞尺检查各主轴颈和底瓦间的径向间隙及主轴两端与轴颈肩的轴向间隙，以确定机身或副轴承的位置。

2) 在主轴轴颈上放好水平仪，检查和校正压缩机的横向水平，见图 9-19。

(9) 曲轴轴心线应与机身滑道轴心线垂直，其允许偏差不得超过 $0.1/1000$ 。检查方法是转动曲轴，使曲轴颈在机身前后两点 ($150^\circ \sim 160^\circ$) 与钢丝线的中心线接触，测量曲柄颈向与钢丝线的距离，见图 9-20。

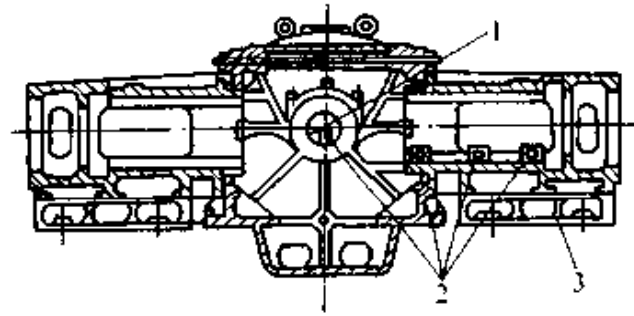


图 9-19 测量机身纵、横向水平度
1—轴承孔 2—水平仪 3—下滑道

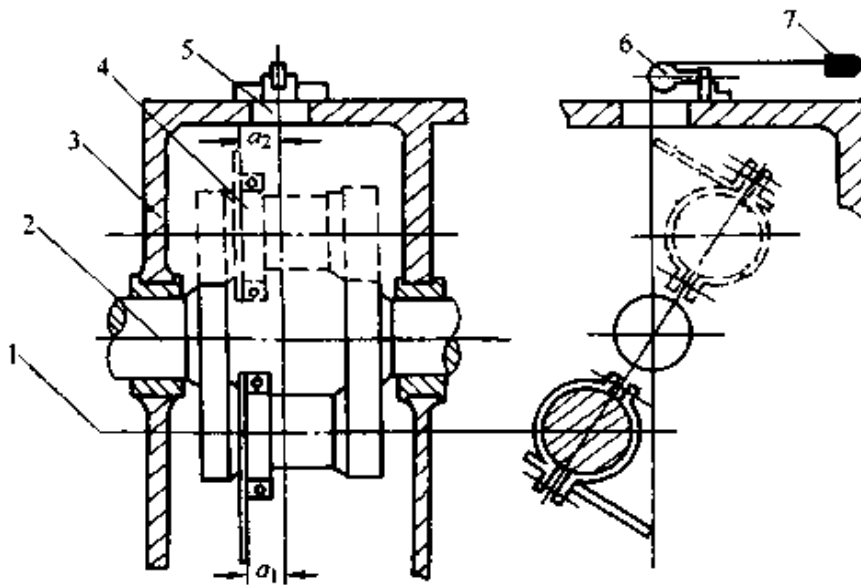


图 9-20 曲轴轴心线与滑道轴心线垂直度示意图

1—曲拐轴心线 2—曲轴轴心线 3—机身
4—测量托架 5—机身滑道轴线 6—钢丝线支架 7—拉紧重锤

然后检查曲柄之间上下左右四个位置的距离，见图 9-21，其变动值应符合设备技术文件的规定；如无规定时，不应大于万分之一行程值。

(10) 机身找平、找正后，进行二次灌浆。灌浆前，应将垫铁点焊牢固，基础应清理干净，灌浆混凝土强度略高于原基础强度。基础的养护时间，应根据气温高低而定。

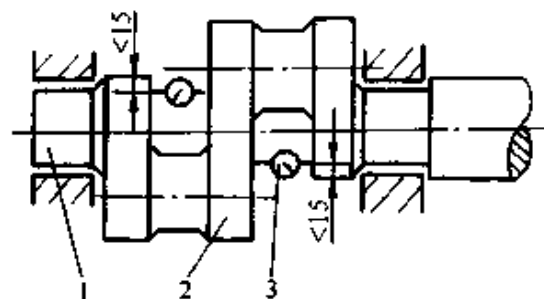


图 9-21 测量曲柄间的距离
1—主轴颈 2—曲柄 3—百分表

(三) 气缸安装

1. 安装前的检查

气缸安装前，应进行清洗，并仔细检查气缸镜面、气缸体、气阀腔孔及与中体连接面等处有无机械损伤和其他缺陷，如有问题应及时处理。用内径千分尺测量气缸的圆度、圆柱度。合格后才能进行安装。

2. 气缸吊装与机身联接

用起吊工具将气缸与机身正确联接。用拉钢丝线法找正气缸与机身滑道的两轴心径向位移。找正时，应以机身滑道为基准找正气缸的轴线，其偏差值应符合设备技术文件的规定；无规定时，可参照表 9-11。要求倾斜方向与滑道一致（宜高向气缸端部）。当偏差值超过规定时，应通过使气缸作平行位移或刮研气缸与中体联接处止口面来调整，不得采用加放垫片或施加外力的办法来强制调整，处理后的止口应保持均匀接触，其接触面积应大于 60%。

表 9-11 气缸与滑道对中偏差要求

气缸直径/mm	径向位移不应超过/mm	轴向倾斜/mm/m
≤100	≤0.05	≤0.02
>100~300	≤0.07	≤0.02
>300~500	≤0.10	≤0.04
>500~1000	≤0.15	≤0.06
>1000	≤0.20	≤0.08

(四) 主轴与轴承安装

(1) 曲轴及各轴承要清洗干净，并检查机件是否短缺及有无影响质量的缺陷。

(2) 主轴承的底瓦在机身瓦座中心要均匀接触，用涂色法检查瓦背与机身（或副轴承）瓦座的承力面贴合情况。瓦座与瓦背的接触面积不得少于 70%，可用锉、刮的方法达到上述要求。

(3) 瓦背的接触面积应分配在瓦的两侧达 70% 为宜。锉、刮瓦背时，瓦的两侧不应刮得过松，可用塞尺经常检查。轴瓦放入瓦座内，应紧密贴合，且应平装于瓦座中。

(4) 主轴承各轴瓦应先放在轴颈上转动，检查后应初步进行刮研。然后将主轴放在各轴承底瓦上。各主轴承轴瓦的刮研，可在找好垂直度

以后进行，以此来调整中心线的垂直度。

(5) 用涂色法检查主轴颈与轴瓦的接触情况，轴颈的接触弧面与下瓦的承力接触面不应小于瓦底圆弧 90° 角的范围，在瓦的长度上接触面积应为 70% 以上。

(6) 主轴就位后，用水平仪在轴颈上测量水平度，并每转动 90° 测一次，取平均值，其偏差不应大于 $0.1/1000$ 。同时要用拉钢丝法测量主轴轴线对滑道中心线的垂直度，不应超过 $0.1/1000$ 。还要用手转动主轴颈，不得有阻碍情况。

(7) 对于主轴承是四开式的轴承瓦，刮研应从下瓦开始，也可将底瓦取出刮研。中型压缩机的侧轴瓦，一种是带调整垫片式的：一种是用楔铁调整的。带有楔铁的侧轴瓦背与楔铁面间也要用涂色法进行检查刮研。楔铁接触面应大于 50%。边瓦乌金接触面应达到 80% 以上。刮研边瓦时，要将各主轴承装配好，轴瓦压紧勿松动。

(8) 立式压缩机二开式轴瓦的下瓦刮削时，不要将轴承瓦自轴承座内取出。

(9) 小型压缩机轴颈轴瓦刮削，应重复几次，最后将轴装在轴承上时不必涂色，可根据转动曲轴在轴瓦上留下的光泽痕迹进行刮削。

刮瓦时，应始终保持主轴呈水平，主轴的水平允许相对偏差在 $0.1\text{mm}/\text{m}$ 以内。研刮侧轴瓦时，主轴中心线允许稍低于气缸中心线（只适用于不带楔铁的轴承侧轴瓦）。

(10) 配置主轴时，要考虑轴的受热膨胀，要保证一定的轴向间隙，该间隙按设备技术文件的要求用塞尺进行测量。如无规定，则要保证固定的支承轴承的轴向间隙的和为 $0.08\sim 0.2\text{mm}$ ；非固定的支承轴承为 $1\sim 3\text{mm}$ 。视主轴的长短而定。立式压缩机通常以中间轴承为固定承力轴承，非固定轴承的轴向间隙应为 $0.2\sim 0.4\text{mm}$ 。

(11) 检查轴瓦与轴承上盖处的配合紧密程度，测量瓦盖与两侧面及瓦背间的间隙。

轴承瓦的两侧和瓦顶间隙要按设备技术文件的要求进行调整。如无规定，可按图 9-22 的要求调整。并应符合表 9-12 和表 9-13 的规定。

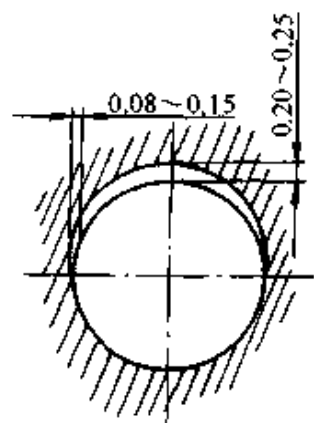


图 9-22 轴承瓦的间隙

表 9-12 厚壁轴瓦顶间隙

轴颈/mm	顶间隙/mm	
	转速/(r/min) ≤ 1000	转速/(r/min) > 1000
>18~30	0.04~0.09	0.06~0.12
>30~50	0.05~0.11	0.08~0.14
>50~80	0.06~0.14	0.10~0.18
>80~120	0.08~0.16	0.12~0.21
>120~180	0.10~0.20	0.15~0.25
>180~260	0.12~0.23	0.18~0.30
>260~360	0.14~0.26	0.21~0.34
>360~500	0.16~0.30	0.25~0.40

注：1. 厚壁轴瓦： $t/d > 0.05$ ； $t_1 = 0.01d + (1 \sim 2)$ mm

2. 侧间隙为顶间隙一半

3. t —轴瓦壁厚 d —轴瓦内径 t_1 —合金层厚

表 9-13 薄壁轴瓦顶间隙

转速/r/min	<1500	1500~3000	>3000
顶间隙/mm	$(0.8 \sim 1.2) d/1000$	$(1.2 \sim 1.5) d/1000$	$(1.5 \sim 2) d/1000$

注：1. d 为轴颈直径 (mm)

2. 侧间隙为顶间隙一半

3. 薄壁轴瓦 $t/d \leq 0.05$ ； $t_1 = 0.32 \sim 1$ mm

4. t —轴瓦厚度 d —轴瓦内径 t_1 —合金层厚

上部轴瓦一般不需刮研，但要检查接触情况和间隙大小。必要时，也可进行研刮。当瓦盖旋紧时，要防止使顶盖倾斜。

轴承研刮完毕以后，应对各轴承零部件进行拆除清洗，再进行最后装配。

(五) 电动机安装

(1) 底座安装 安装前应对底座检查测量，并按要求铺设垫铁。初平后，偏差应小于 $0.1/1000$ ，相对于机身的中心位置偏差要小于 0.5 mm。如电动机轴承座与定子架共用一个底座时，应在轴承座与底座之间加放绝缘垫片（螺栓、定位销等也应采取绝缘措施），以防止感应电流通过轴承破坏油膜。此外，在电动机底座与定子架、轴承座间，还应加厚度为 $2 \sim 4$ mm 的调整垫片组，以备进行调整。

(2) 电动机安装 先把半个转子垫放好后，吊上曲轴，再放上另半个转子，将转子与轴把紧后，使转子连同主轴从定子一侧穿入（如为两半定子，也可按此法进行装配）。在定子与支座间放入一组 2~3mm 厚的软垫片，准备好后，将转子与定子同时起吊安装。

(3) 电动机转子切向键两侧与键槽要紧密配合，键顶部需留出间隙 0.2~0.5mm（间隙也可等于键厚的 2%~2.5%）。键配合要用涂色法进行修刮。键过长时，可切断后再进行安装。

(4) 电动机转子与定子间应有一定间隙，该间隙要沿圆周基本上相等，下边间隙略大于上边间隙 0.1~0.2mm 为宜。圆周间隙偏差不应超过平均值的 10%。检查办法可用塞尺进行测量。一种方法是以定子任一磁极为定点，盘动转子，测量转子每块磁极与定子间的间隙，以检查转子的圆周情况。另一种方法是以转子上任意一磁极为定点，将定子分成 4 点~6 点，盘动转子检查定子的圆周情况。见图 9-23。记录测出各值，其平均值按下式计算：

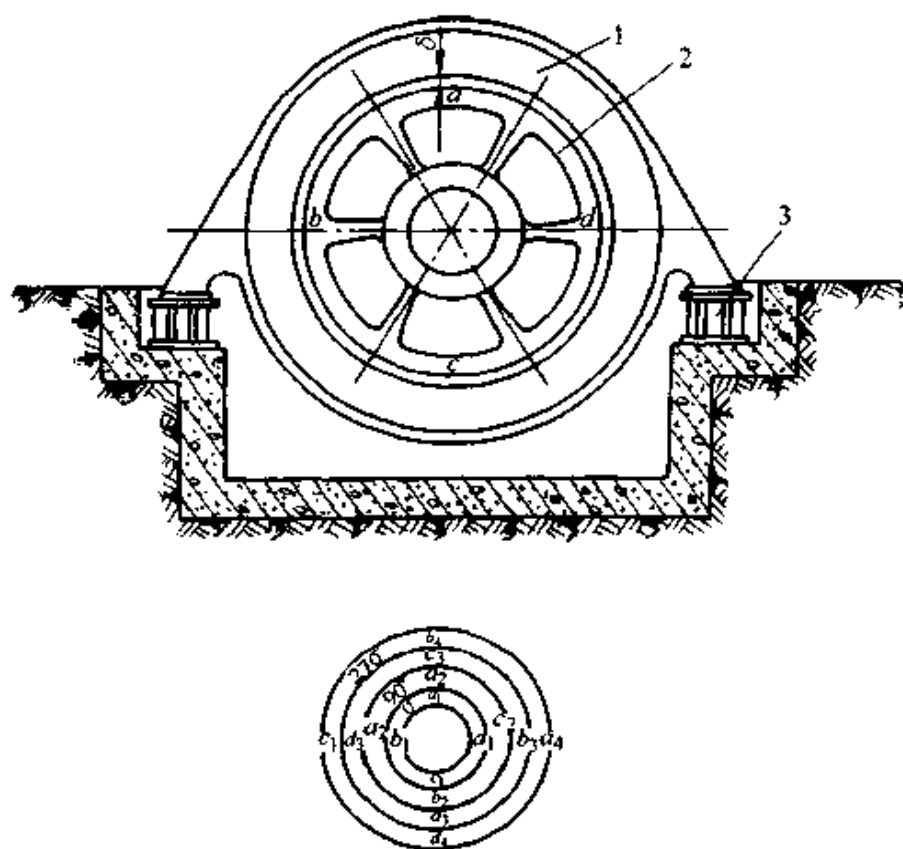


图 9-23 电动机转子与定子的间隙测量

1—定子 2—转子 3—机座

$$\frac{(a_1 + a_2 + c_3 + b_4) - (c_1 + b_2 + a_3 + d_4)}{4} \leq \delta \quad (10\%)$$

$$\frac{(b_1 + a_2 + d_3 + c_4) - (d_1 + c_2 + b_3 + a_4)}{4} \leq \delta \quad (10\%)$$

如定子圆周是两半组成，在定子接合面处检查定子时每一半上需加测一个点，共测六个点。

(5) 电动机转子在轴上紧固的位置应符合设计规定，允许偏差为 1mm。定子与转子外圆中心位置要吻合，以减轻承载时发生的窜轴现象。

电动机的励磁滑环要按设计图样正确地安装在转轴上的适当位置。盘车机构要根据转子飞轮的齿数适当的安装固定。

(六) 十字头及连杆安装

(1) 安装前应仔细检查和清洗，不能有螺栓滑扣、破裂、毛刺及其他加工缺陷。十字头安装前，先刮研十字头滑板，拆开十字头体，用涂色法将其放入滑道内，检查合金面与滑道的接触情况。连杆大小头瓦拆卸后，套在主轴曲柄销及十字销进行配研。厚壁连杆大头瓦与曲柄销的接触面积不应小于大头瓦面积的 70%；薄壁连杆大头瓦不需刮研。连杆小头衬套（轴瓦）与十字头销的接触面积不应小于小头衬套（轴瓦）面积的 70%。轴瓦背面与瓦枕间也要加以配研，使瓦背与瓦座接触面积达 90% 以上（接触面积应在瓦内两侧）。

(2) 中型压缩机十字头体在滑道内组对。连杆的大小头轴瓦及十字头滑板的最后刮研，要在活塞杆安装后，使运动机构形成一套研合运动。精研各轴瓦及滑板，应达到下面要求：

1) 主轴的曲柄轴中心线应与轴颈中心线平行，允许偏差为 0.02~0.04mm。连杆大小头衬套（轴瓦）要根据曲柄颈进行刮削，使衬套（轴瓦）的径向间隙、轴向间隙符合设备技术文件的规定。

2) 十字头销按销孔进行刮研，使与连杆小头衬套（轴瓦）的径向、轴向间隙达到标准规定（销子及轴瓦涂油装配后用塞尺检查）；十字头销与轴瓦配合，应严密无松动现象。

3) 利用十字头滑履与十字头体的垫片，调整十字头滑履与滑道的间隙，在行程的各个位置上均应达到设备技术文件的规定。下滑履与滑道的接触面不得少于滑履全部面积的 60%。

4) 十字头销孔中心线不得倾斜。如倾斜过大, 允许在滑瓦及十字头体间加入整块偏垫来补救。

(3) 连杆、十字头及滑道上的油沟、油管, 要保证畅通、清洁。

(4) 连杆穿螺栓孔如有损坏, 可用铰刀修理。安装时还要注意止动螺钉是否损坏。连杆大头轴承两半之间, 不准使用倾斜或两边不等的调整距离的垫片, 最大允许承垫厚度的偏差为 0.1mm 。连杆螺栓和螺母, 应按照设备技术文件规定的扭紧力矩, 均匀地拧紧和锁牢。其拧紧程度可用测微卡尺、塞尺进行测量。其伸长度不能超过螺栓长度的 0.0003mm (碳钢) 及 0.0004mm (合金钢)。

(七) 活塞及活塞杆、活塞环安装

(1) 安装前应检查活塞杆上的突肩及螺母与活塞上的沉槽装配程度是否良好, 有无松动和转动现象。

(2) 各段活塞环应先放在气缸内作漏光检查, 在整个圆周上漏光不应多于两处, 每处不应超过 45° 弧长, 且与活塞环开口距离应大于 30° 。活塞环要逐个放在气缸内检查其闭合情况, 环口间隙应符合设备技术文件的要求。如误差过大, 可用锉修法达到标准。技术文件无规定时, 环口间隙应保持为 $0.005 \times D$ (mm), D 为气缸内径。活塞环还要符合下面几点要求:

1) 沉入活塞环槽内的深度应 $\leq 0.1\text{mm}$ 。活塞环的厚度应小于槽的高度。环的上下面在槽内的间隙不应超过表 9-14 的要求。

表 9-14 活塞环在槽内的间隙值

气缸直径/m	侧面间隙/mm
1~1.5	0.25
0.5~1	0.20
0.1~0.5	0.10

2) 在槽内用手应能自由转动, 在槽内端面晃动值, 应在 $0.05 \sim 0.10\text{mm}$ 范围内, 见图 9-24。

3) 环端面应是平的, 边缘上的毛刺要清理干净。

(3) 活塞环安装到活塞上时, 环与气缸接触的边角应倒圆棱, 其半径为 0.5mm 。

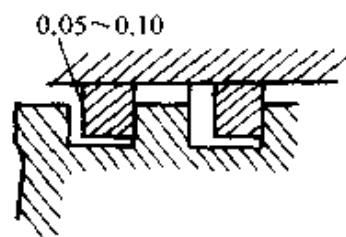


图 9-24 活塞环在槽内的晃动值

(4) 活塞上不允许有裂纹，如发现小的凹痕及裂纹要清除。

(5) 活塞及活塞杆，安到气缸内时不得倾斜，在气缸壁、活塞及活塞环上应涂上气缸油；同组活塞环接口处的位置应均匀地相互错开。还要注意活塞环在穿进气缸时要能压缩，防止折断，所有开口位置应让开阀门孔处。

(6) 活塞杆与十字头的联接，应在十字头滑履装配修刮完成后进行，联接后还应进行研刮。十字头上的活塞杆联接孔内放的垫片应适当地加入，当气缸盖串装以后，利用该金属垫及缸盖法兰面间的密封垫，以确定活塞在气缸的内外止点间隙。该间隙应符合设备技术文件的规定。

(7) 十字头体的中心与活塞杆的中心线必须相吻合。

(8) 活塞杆与活塞、活塞杆与十字头要联接牢固，大螺母要拧紧，不得松动。在联接过程中要保证十字头不会产生倾斜，否则要设法消除。

(八) 低压填料函及部件安装

(1) 填料函清洗后，各部件不要乱放，以免搞错。

(2) 填料函各盒相互间先对研，使组装时，保持严密。

(3) 填料函密封圈瓣内圆应在活塞杆上研配。其弹簧不能有缺陷。

(4) 填料盒在气缸内安装时，按顺序组装好，保证油孔畅通清洁。填料函压盖应均匀拧紧，防止十字头翘起。

(5) 填料函组装时，用塞尺检查填料环及填料盒的各处间隙，其接触面积不应小于 70%。

(6) 前填料函的安装应保证油管接头及漏气管接头安装准确。

(7) 刮油器组装时，刮油刃口不应倒圆，双口方向不能装反。

(8) 锥形填料函组装时，各组环之间应依次装入定位销，各环开口部位应错开。要求将锥面斜度（或压紧角 α ）小的锥形环安装在靠近气缸端，见图 9-25a），各接触面应均匀贴合，接触面积不小于 80%（见图 9-25a）中 A、B、C、D 四处。

(9) 填料函、刮油器和活塞杆安装后，应检查其装配间隙，且不允许有倾斜、偏心现象。各部位间隙，可参照图 9-25 中的示值进行检查和调整。

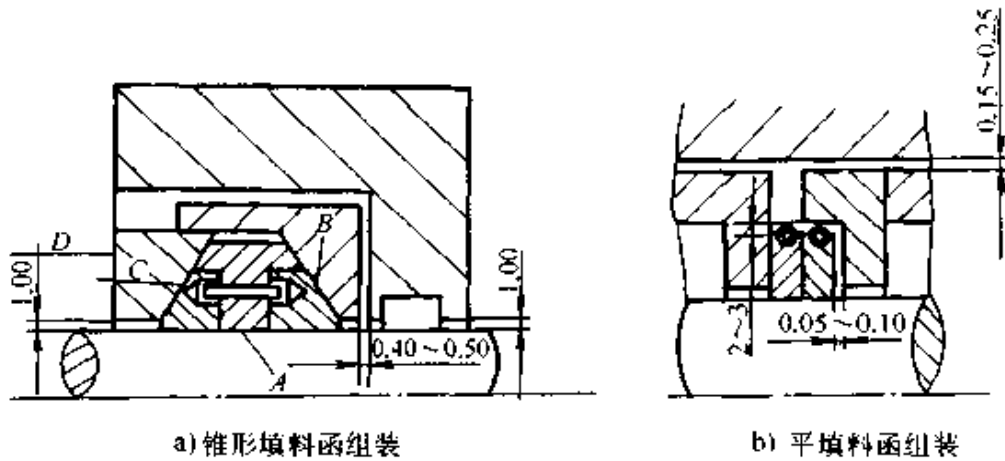


图 9-25 填料函

(10) 对于塑料、尼龙等材质的无油润滑填料，其安装方法及间隙要求，应严格按设备技术文件的规定进行。

(九) 气阀安装

(1) 把气缸上的进、出气阀全部拆开，清洗干净，并检查有无缺陷，气阀弹簧弹力应均匀，阀片要平滑。

(2) 阀装配后，安在气缸上之前，应用铁棒检查阀片升起情况，不准有卡住和倾斜。

(3) 阀与阀座接触应密合。阀片掀开装置要拆卸清洗后安装在吸气阀上，并检查顶开气阀的灵活性。

(4) 气阀调节装置和阀片升程应符合规定。

(5) 气阀组装后要注入煤油进行严密性试验，只允许有不连续的滴状渗漏。

(6) 安全阀门在安装前应用水、油或空气试压，并调整使其在大于操作压力 2% ~ 10% 时，能自行开启。

(十) 润滑系统安装

(1) 运动机构的润滑油循环设备（泵、冷却器、过滤器），要进行拆卸清洗。油管安装前，要除掉管内铁锈和油污。

(2) 油冷却器 水管系统应按设计要求进行压力试验，不应有渗漏现象。油系统（油管、油泵等）也要封闭进行系统液压试验。

(3) 润滑系统的设备和管线，要按设计要求进行安装。油管安装要美观，管子弯曲半径不要太小，不应有急弯、扭曲和压扁等缺陷。

(4) 气缸及填料函润滑油泵、逆止阀、给油活门要拆卸清洗后，方

可安装。油管连接前，要将管内污物彻底吹除，并进行碱洗或酸洗后擦拭干净。

(5) 供油泵安装前应清洗干净，压力油管及配件在安装以后，应作系统封闭试压，并应达到标准要求。

(十一) 附属设备安装

(1) 压缩机的附属设备（如冷却器、气液分离器、缓冲器、干燥器、储气罐、滤清器、放空罐等）就位前，应按施工图样核对管口方位、地脚螺栓孔和基础位置是否正确，并检查各管路是否畅通。对承压设备要按设计要求进行强度试验和严密性试验，合格后，才能进行安装。

强度试验应以水为介质，设备在试验压力下保持 5min，再降至工作压力，并用 0.8~1kg 小锤子对焊缝进行检查，不得有渗漏和变形。

严密性试验以空气或惰性气体为介质。检查方法：用肥皂水涂在螺栓和焊缝处，观察有无气泡出现，气体每小时泄漏量或压力降，要符合设备技术文件的规定。

承受压力的附属设备，同时具备下面三个条件时，可不作强度试验，仅作严密性试验。

- a. 在制造厂已作过强度试验，并具有合格证；
- b. 外表无损伤痕迹；
- c. 在技术文件规定期限内安装。

(2) 卧式设备的水平度和立式设备的垂直度应符合技术文件的规定，检查时用水准及挂线坠的方法，如无规定时，均不应超过 1/1000。

(3) 清洗设备时，应将盖打开，清除其上的泥土、沙粒、油垢以及尚未脱落的金属屑等。

(4) 低压冷却器，在花板上涂以白垩粉进行检查试验，如发现水管渗漏时，可进行补胀或补焊等方法处理。

(5) 各个设备在二次灌浆养护期满后，应均匀对称地拧紧全部地脚螺栓。

(6) 附属设备需装在支架或托架上时，允许在支架与设备底座间加入垫板，但要在投产前将垫板与支架焊牢。

(十二) 试运转

1. 试运转前的准备工作

检查气缸盖、气缸、机身、十字头、连杆、轴承盖等是否全面紧固。电气设备和仪表应调整好，电动机转向正确。润滑油脂按设备技术文件的要求，灌入机身油箱和油槽内，把联接轴承、滑道、连杆的油管接头松开，摇动手给油泵，从各润滑管接头内逐出空气，直到溢出新鲜机油时，才能与润滑点接通。往机身循环打油 0.5h 以上，回油管不得阻塞，油管及各接头处不允许漏油。在打油过程中，应盘车使全部运动机构充分得到润滑。油冷却器内要接通水管。气缸、填料函借油泵灌入气缸油。拆下气缸、填料函内的送油管接头、对油管及给油活门进行试压（2.5 倍工作压力），摇动油泵，排除空气，打出新鲜油后，连接润滑点，调整好油泵的给油量。

进气管路应吹洗干净。进、排水管路应畅通。盘动压缩机转几圈，应灵活无阻滞现象。各组安全阀要灵敏可靠。

2. 无负荷试运转要求

将各组吸、排气阀拆下，起动压缩机随即停止运转，检查各部位无异常情况，再依次运转 5min、30min 和 4~8h。每次运转前，均应检查压缩机的润滑情况是否正常。在运转过程中，油压、油温及各摩擦部位的温升应符合设备技术文件的规定。运转中各运动部件应无异常响声，各紧固件应无松动。

3. 空气负荷试运转的标准

(1) 空气负荷试运转前，应先装上空气滤清器，并逐组装上吸、排气阀，起动压缩机进行吹洗。从一组开始，逐组接通吹洗，直至排出的空气清洁为止，每次吹洗时间不应少于 30min，各组吹洗压力应按设备技术文件的规定。吹洗后，应拆下各组吸、排气阀清洗干净，并检查有无损坏情况。

(2) 开始逐步升压运转，在排气压力为工作压力的 $1/4$ 时应运转 1h；为工作压力的 $1/2$ 时运转 2h；为工作压力的 $3/4$ 时运转 2h，在工作压力下运转时间应符合设备技术文件的规定。无规定时，运转时间不应少于 24h。压缩机在升压运转中，无异常现象后，方允许将压力逐渐升高，直至稳定在要求的压力下运转。

(3) 压缩介质不是空气的压缩机，采用空气进行负荷试运转时，最高排气压力应符合设备技术文件的规定。无规定时，不得高于 25MPa。

(4) 压缩机运转中油压不应低于 0.1MPa。曲轴箱或机身内润滑油

的温度，有十字头的压缩机不应高于 60°C ，无十字头的压缩机不应高于 70°C 。压缩机各组排水温度不应高于 40°C ，压缩机的振动和噪声应在正常允许范围内。

(5) 压缩机在运转过程中，应作好检查和记录，其中包括：润滑油压力、温度及各部位进油情况；各组吸、排气温度和压力；各组进、排水温度和冷却水供应情况；各组吸、排气阀的工作是否正常；各运动部件有无异常声响；各连接部位有无漏气、漏油或漏水现象；各联接部位有无松动；气量调节装置是否灵敏；主轴承、滑道、填料等主要摩擦部位的温度；电动机电压、电流及温升；自动控制系统是否灵敏、准确。

压缩机试运转合格后，应更换润滑油。

第四节 电梯安装

一、电梯分类

电梯是一种升降设备，驱动方式多采用电动拖动。它的种类较多。

(1) 按用途分有：乘客电梯、载货电梯、病床电梯、自动扶梯、杂用电梯、观光电梯等。

(2) 按供电电源分有：直流电梯、交流电梯。直流电梯分有齿和无齿两种；交流电梯又有单速、双速、调速和调频四种。

(3) 根据运行速度分：有低速、快速、高速及超高速。

普通电梯和载货电梯多采用交流，快速和高速电梯多采用直流梯。交流电梯设备和装饰比较简单，造价低，便于维修，但运行中舒适程度较差。直流电梯装饰好，运行平稳，舒适程度好，但造价较高，维修也麻烦。

自动扶梯（包括自动人行道）。这种电梯多半是水平或具有一定角度运行。自动扶梯又有轻型和重型之分。按照输送能力，又分为不同阶梯宽度、抬升高度和倾斜角度。

二、电梯规格参数

电梯的规格参数主要包括：电梯载重量、乘客人数、运行速度、轿厢尺寸、开门方式。见表 9-15 和表 9-16。

表 9-15 电梯的规格参数表

名称	乘客电梯						载货电梯						医院用电梯		杂物电梯
	500	750	1000	1500	500	1000	1500	2000	3000	冷库 3000	500	1000	500	1000	100
额定载重量/kg	7	10	14	21	—	—	—	—	—	—	—	7	11	—	
可乘人数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
额定速度/(m/s)	1	1, 1.5, 1.75, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5	1, 1.5, 2, 2.5, 3	1, 1.5, 2, 2.5, 3	0.5, 1	0.5, 0.7	0.25, 0.5, 0.7	0.25, 0.5, 0.7	0.25, 0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
轿厢外廓尺寸/mm (宽×深)	中分式门	1250×1420	1750×1420	2100×1870	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	双折式门	1250×1465	1750×1465	2100×1915	—	—	—	—	—	—	—	1500×2615	1500×2615	1500×2730	1500×2730
井道型式	直分式门	—	—	—	1500×500	1500×2000	2000×2000	2000×2500	2000×3000	2000×3000	—	—	—	—	—
	不设轿门	—	—	—	1500×2000	2000×2000	2000×2500	2500×2500	2500×3500	—	—	—	—	—	—
管理方式	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用	有司机, 无司机, 有、无司机两用

注: 1. 额定载重量包括司机的重量, 不包括轿厢的自重;

2. 额定速度指轿厢在额定负载下, 其提升和下降速度的平均值。

表 9-16 电梯的规格参数表

型式 名称	乘客电梯						载货电梯				医院用电梯		杂物电梯				
	简易电梯		500	750	1000	1500	2000	500	1000	2000	3000	5000	1000	1500	100	200	
额定载重量 /kg	350	750															
可乘人数	5	10	7	10	14	21	28					14	21				
额定速度 / (m/s)	0.5	0.5	1, 1.5 1.75	1, 1.5, 1.75, 2, 2.5, 3	0.5	0.5	0.5, 1	0.5	0.5	0.5	0.25 0.5 0.75	0.5, 0.75, 1	0.5	0.5	0.5	0.5	
轿厢外 廓尺寸 /mm 宽 × 深	—	—	1500 × 1200	1800 × 1300	1800 × 1600	2100 × 1850	2400 × 2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	1500 × 1200	1800 × 1300	1800 × 1600	2100 × 1850	2400 × 2000	—	—	—	—	—	1600 × 2600	1600	—	—	—
栅栏门	—	1200 × 1900	—	—	—	—	—	1500 × 1500	2000 × 2000	2000 × 2500	2500 × 3000	—	—	—	—	—	—

(续)

型式 名称	乘客电梯						载货电梯					医院用电梯		杂物电梯	
	简易电梯	500	750	1000	1500	2000	500	1000	2000	3000	5000	1000	1500	100	200
额定载重量 /kg	350	750													
轿厢外直分式门 廓尺寸 /mm 宽×深	—	—	—	—	—	—	—	—	2000 × 2500 × 3000	2500 × 3000	3500 × 4000	—	—	—	—
井道型式	1000× 1200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	750× 750	1000× 1000	750× 1000
管理方式	无司机 有司机	有司机 无司机	有司机、 无司机	有、 无司机两用	有、 无司机两用	有司机、 无司机、 有、 无司机两用	有、 无司机两用	有、 无司机两用	有司机、 无司机、 有、 无司机两用	有司机	有司机、 无司机两用	有司机、 无司机两用	有司机、 无司机	有司机、 无司机	有司机、 无司机

注：1. 额定载重量，不包括轿厢的自重，包括司机的重量；

2. 额定速度指轿厢在额定负载下，其提升和下降速度的平均值；

3. 直分式门为自动的，不推荐使用。

三、电梯的组成

电梯主要由曳引机、轿厢、对重、缓冲器、曳引绳、导轨、导靴、限速装置、厅门、选层器、平层器、安全防护装置、电气和信号系统等组成。见图 9-26。

1. 曳引机

曳引机是主拖动机械。它是通过曳引绳曳引电梯轿厢运动的。曳引机由蜗轮蜗杆减速机、减振器（橡皮砖）、机座、电动机、制动器、制动电磁铁、主绳轮等组成。见图 9-27。

为了增加曳引机的自锁能力，电梯曳引机通常采用下蜗杆、上蜗轮的组成形式并配装闭式制动器。曳引机的规格按拖动量划分，以电梯载重量为代表有 0.5t、0.75t、1t、1.5t、2t、3t 等。速度分别有 0.5m/s、1m/s、1.5m/s、1.75m/s 等。交流电梯配备的电动机多为双速电动机。电动机的特性要符合电梯的起动、制动要求。

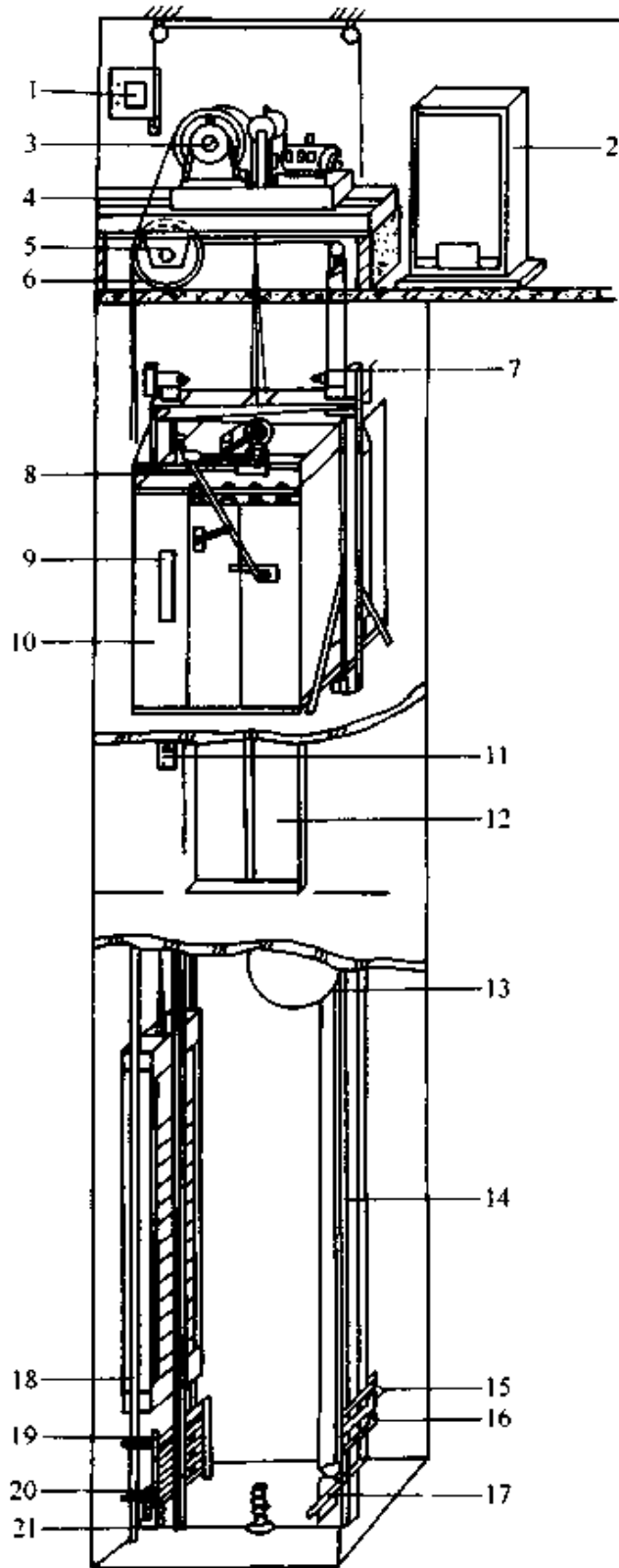


图 9-26 交流客梯主要部件简介图

- 1—极限开关 2—控制柜 3—曳引机 4—承重梁 5—限速器
6—导向轮 7—平层换速装置 8—开门机构 9—操纵箱
10—轿厢 11—召唤指层箱 12—厅门 13—缆绳 14—轿厢导轨
15—限位开关 16—基站开关 17—涨紧装置
18—对重 19—防护棚 20—对重导轨 21—缓冲器

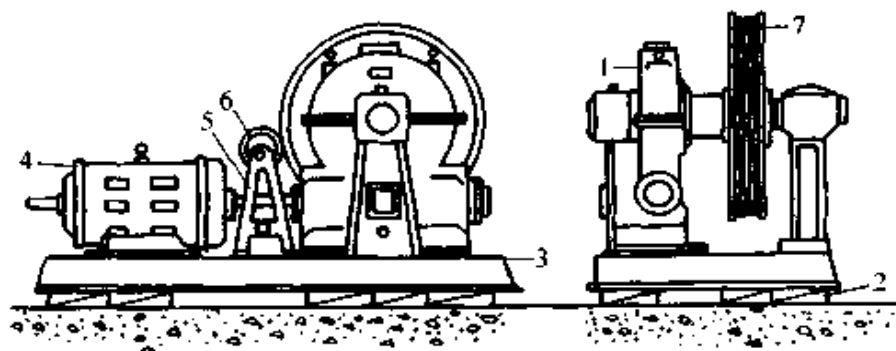


图 9-27 曳引机结构图

1—涡轮 蜗杆减速机 2—减振器（橡皮砖） 3—机座
4—电动机 5—制动器（抱闸） 6—制动电磁铁 7—主绳轮

曳引机的抱闸装置，主要由直流抱闸线圈、闸瓦、闸瓦架和制动轮组成。见图 9-28a)。根据需要调整运行开闸和停车抱闸的时间，以及闸瓦与制动轮工作表面的间隙。

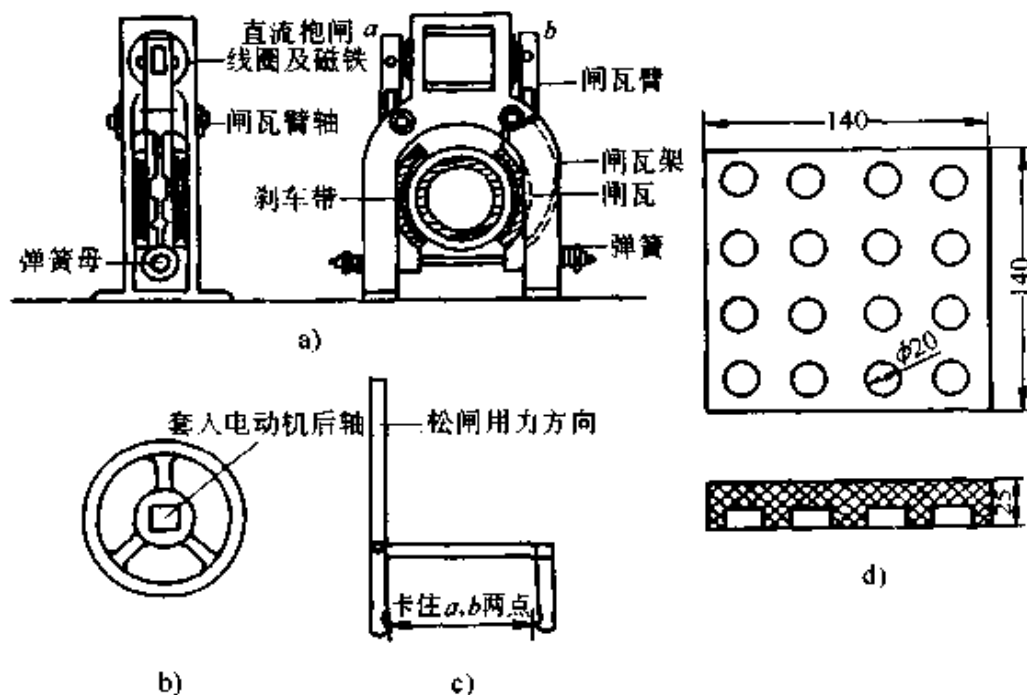


图 9-28 曳引机抱闸装置

a) 抱闸装置 b) 摇车手轮 c) 松闸扳手 d) 橡皮砖

曳引机通常还要配备一些机组附件，这些附件有：摇车手轮，见图 9-27b)。在停电或其他事故中不能开车时，用其套在电动机轴上，可摇动轿厢至需要的层站。

松闸扳手见图 9-28c)。它的作用是在摇车时松开抱闸。

橡皮砖垫用于防振和减低噪声，曳引机底座下面要铺垫均匀的橡皮

砖垫，见图 9-28d)。

挡板、压板的作用是防止曳引机在长期运行中移位，因此，在曳引机底座上用压板和挡板固定。

导向轮（反绳轮）的作用是把主绳轮的钢丝绳引向平衡砣（对重）方向，保持平衡砣与轿厢的距离。导向轮的位置，一般装在机房的钢梁上，它与主绳轮的距离随平衡砣的位置而定。主绳轮绳槽对着轿厢中心，导向轮的绳槽对着平衡砣中心。

2. 轿厢、对重（平衡装置）和缓冲器

轿厢由轿厢架、轿底、轿顶、围扇（轿壁）和轿厢门组成。见图 9-29。

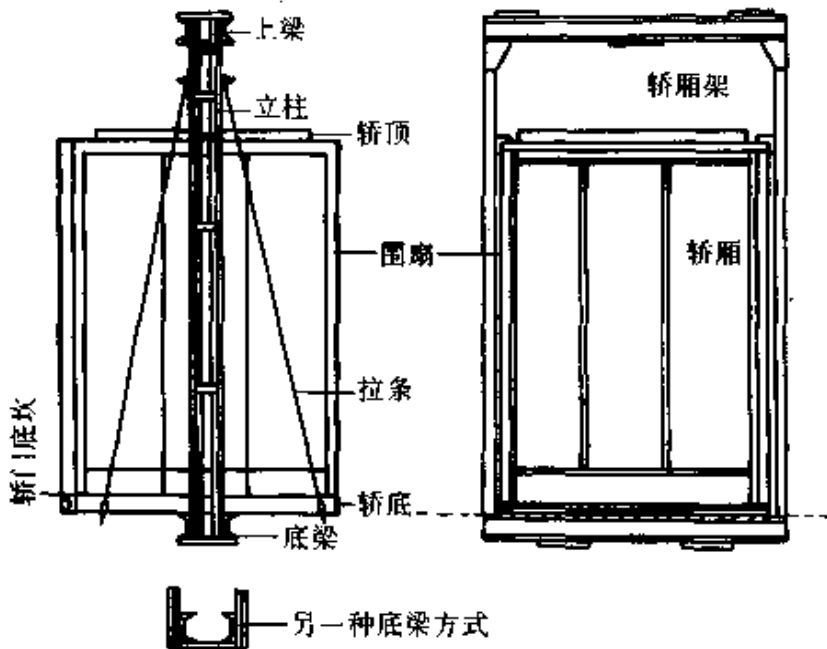


图 9-29 轿厢和轿厢架

轿厢架由底梁、上梁和立柱构成。底梁、上梁多采用槽钢制成，立柱多作角钢制成，是承重、提升轿厢的主要结构。轿厢壁是薄钢板多块拼成。轿厢顶除安装风扇和灯具外，还要安装人孔天窗，以便上轿顶检修井道设备。轿厢门可采用封闭门，也可制成栅栏门。

自动开关门的电梯，还要在轿厢上方安装电动机和开关机构、吊门导轨、杠杆和开门刀等。一般自动门都要在门缝处设置两块安全触板，它的碰撞力要小于 5N，以保证在关门过程中，如果有人或物体碰撞门的安全触板，门便能很快返回，重新开门，以保证人身安全。轿厢门用滑轮吊在轿厢门柜的滑道上，门的底脚沿轿厢地坎滑动。

自动门的开关由开关门电动机驱动。为了使开关门平稳，行程均匀、灵活，一般多采用小功率的直流电动机（100~120W）。按开门方式配备一套开关门机构。开关门电动机以V带带动开关门机构，构成二级变速传动，两扇门中间设安全触板，门扇上设开关刀，见图9-30。

轿厢门与厅门的开关方式，开门档距及门刀、门锁等要互相匹配，轿厢门为主传动门，厅门为被动门。轿厢到达厅门位置时开门刀就插入厅门门锁的橡胶滚轮中。轿厢开门时，开门刀拨开厅门门锁带动厅门开启，关门时又带动厅门关闭，并挂好门锁，轿厢开动，开门刀也离开厅门门锁。厅门门锁见图9-31。

轿厢内还要设置操纵盘和信号铃等装置。有司机时，由司机操纵电梯运行；无司机时，由乘客自动选择层站。有的电梯轿厢内，还要设置电话，以便和外界联系。带有限制额定载重量的电梯轿厢，轿底还要设置类似磅秤的装置，如乘客过多或载重量超重，它就自动打开安全开关，切断开车电路。

轿厢的电源控制线和操纵线路，是采用软电缆在井道中下垂悬吊，并从轿底引入轿厢的操纵盘上，电梯开动时，软电缆随轿厢上下移动。

对重是由对重架和铸铁砵块组成，见图9-32。对重架用槽钢和钢板焊接组成，槽钢规格要与对重砵块相匹配。对重砵块用铸铁制成，其规格按电梯载重量、电梯类型和梯井规格不同配备。常见的规格重量，见表9-17。对重砵码入对重架中后还要用压板固定，防止电梯运行时的声响和窜动。对重架四角装有滑动导靴，以便与对重导轨接触滑动。对重架底梁上装有一块蹶簧板作为支点，在对重蹶底时与底坑缓冲器接

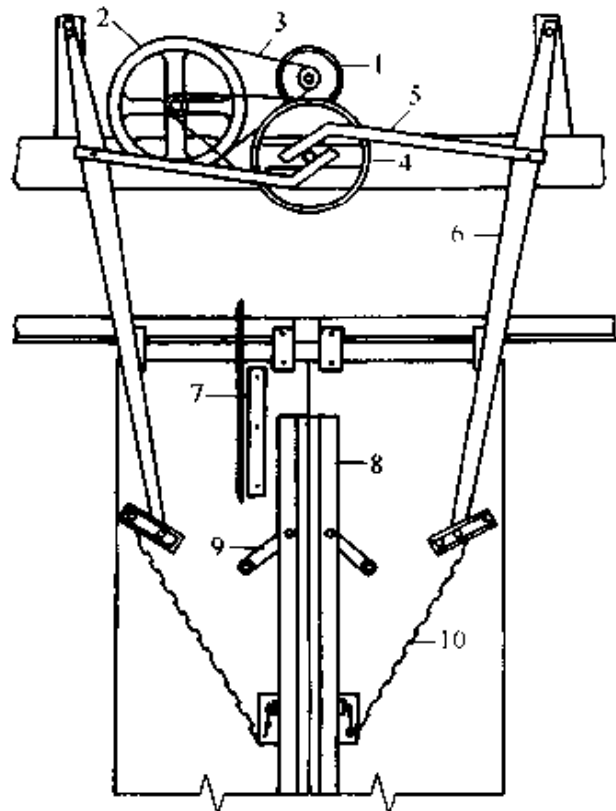


图9-30 开关门机构及安全触板

- 1—开关门电动机 2—二级传动轮 3—三角皮带 4—驱动轮 5—联杆 6—开门杠杆
7—开门刀 8—安全触板 9—触板
活动轴 10—触板拉链

触。对重架上梁中间装一块绳头板或反绳轮用钢丝绳联接，通过曳引机主绳轮与轿厢再联接。对重的作用是：与轿厢衬托起平衡作用。对重承载砣块的多少与轿厢载重量有关。对重的总量和轿厢自重、额定载重量的计算关系，称为平衡系数，一般用下式计算：

$$P_{\text{对}} = G + Q \times K_{\text{平}}$$

式中 $P_{\text{对}}$ ——对重总质量 (kg)；

G ——轿厢质量 (kg)；

Q ——轿厢额定载重量 (kg)；

$K_{\text{平}}$ ——平衡系数 (一般取 0.45~0.5)。

表 9-17 常用对重架、砣块规格表

规格	使用梯类		
	客梯	货梯	
砣块长度 A/mm	1140	1200	820
砣块宽度 B/mm	160	200	200
砣块厚度 δ/mm	58	50	50
砣块重/kg	68	90	90
对重架槽钢号	10	16	16

注：尺寸参见图 9-31。

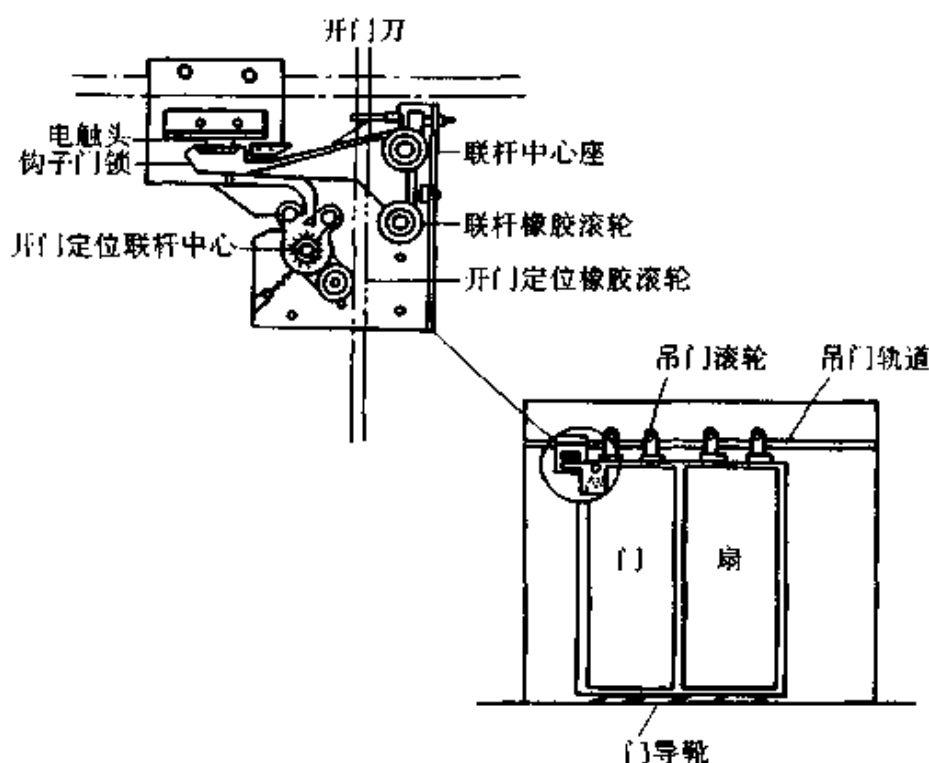


图 9-31 厅门门锁

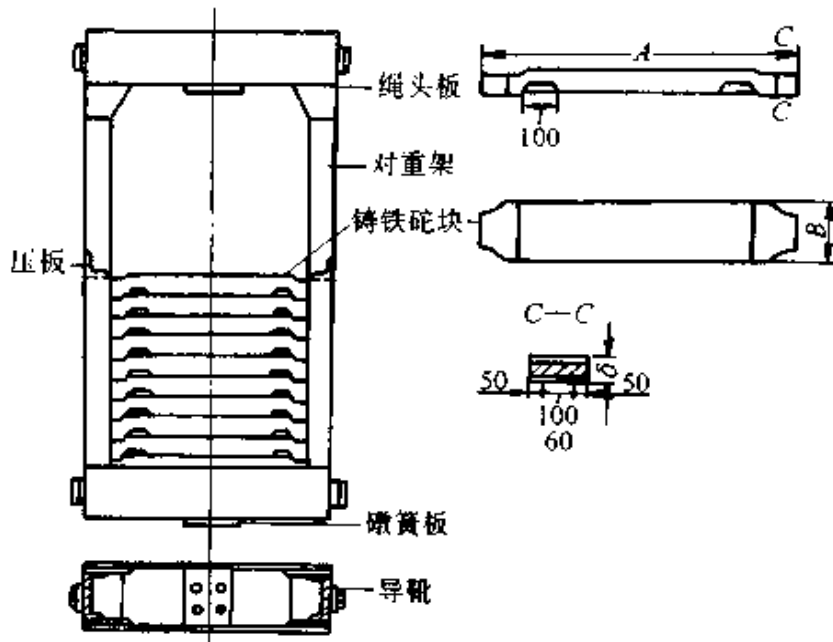


图 9-32 对重架和砣块

在电梯井道底坑中，分别设置轿厢和对重的缓冲器，见图 9-33。其作用是减小轿厢或对重在事故情况下墩底的冲击力，

缓冲器有弹簧式（图 9-33a）和油压式（图 9-33b）两种。电梯速度 1m/s 以下时，多采用弹簧缓冲器；大于 1m/s 者，则采用油压缓冲器。它的缓冲过程是连续均匀的，因此作用比较平稳。

3. 曳引绳（主机钢丝绳）

电梯钢丝绳是定型产品，它的直径有 9.5mm 、 13mm 、 16mm 三种，其结构多为 8 股互捻，捻向为有交互捻，绳心充填纤维，每一股为 3 层共 19 丝。小于 350kg 的杂物梯，一般用两条 9.5mm 直径的钢丝绳；

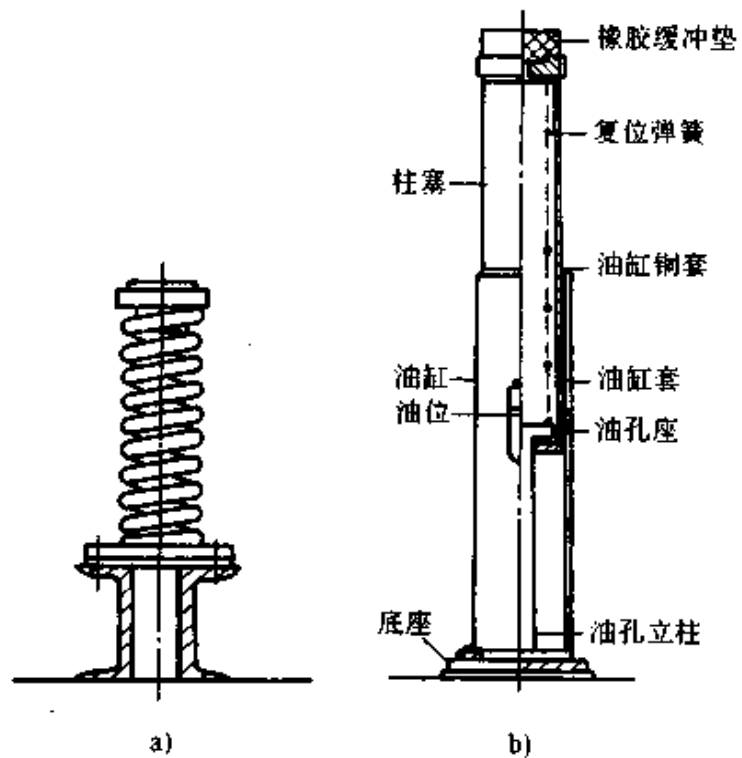


图 9-33 缓冲器

a) 弹簧缓冲器 b) 油压缓冲器

500kg 电梯多采用 4 条 9.5mm 钢丝绳；750kg 以上的多采用 5 条直径 16mm 钢丝绳。

电梯钢丝绳，是曳引电梯轿厢作往复升降运行的主绳，并承载对重、轿厢和轿厢额定载重量的总和，所以，在一般情况下，客梯钢丝绳不少于 4 条，静载安全系数不小于 12 倍。钢丝绳的曳引方式（吊索方式）有 1:1 的直绕方式，即钢丝绳的一端与轿厢连接，另一端通过曳引机主绳轮与对重联接；还有 2:1 的复绕方式，即钢丝绳两端都与机房钢梁联接，对重和轿厢上部都装有绳轮（反绳轮）作复绕滑动。根据梯井布置，1:1 的直绕式可装导向轮，也可不装导向轮。2:1 的复绕式都要装导向轮和复绕轮。在楼层多，轿厢行程较大，由于钢丝绳的自重而引起不平衡状态时，有的还要装设平衡绳或平衡链，借以抵消不平衡状态。各种曳引方式，见图 9-34。

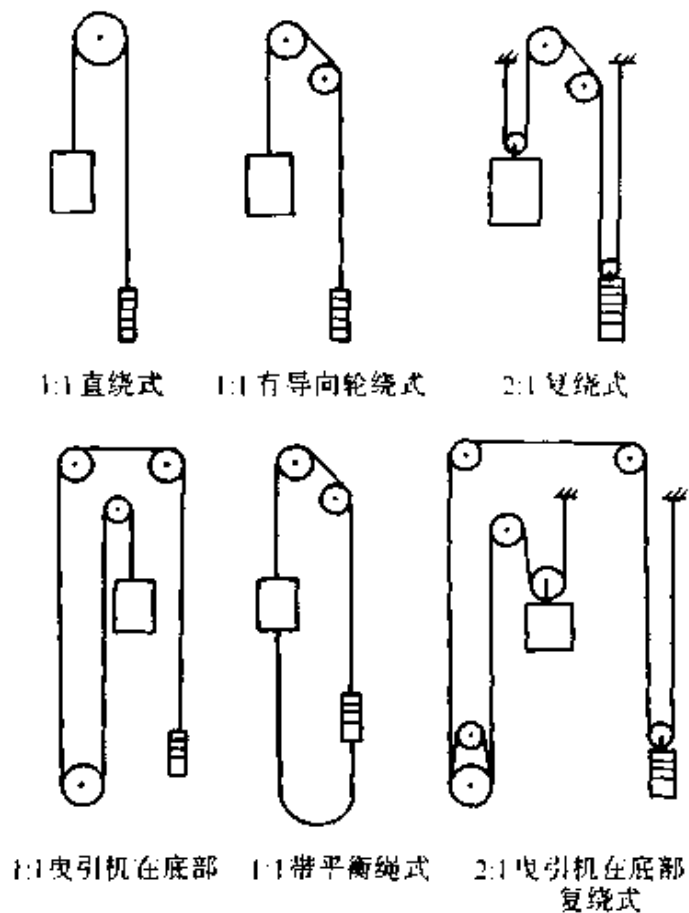


图 9-34 电梯的曳引方式和曳引比

较大，由于钢丝绳的自重而引起不平衡状态时，有的还要装设平衡绳或平衡链，借以抵消不平衡状态。各种曳引方式，见图 9-34。

钢丝绳绳头与对重架、轿厢架或钢梁连接时，要采用“绳头组合器”，并用轴承合金灌铸，以确保绳头的抗拉强度。“绳头组合器”由铸钢制成的锥套，联杆（拉杆）和弹簧组成。锥套连接钢丝绳绳头，套内灌铸轴承合金把钢丝绳头铸在锥套中，联杆插入轿厢或对重架上梁的绳头板孔中，并套入弹簧加设垫圈用双螺母固定，见图 9-35。

四条钢丝绳的电梯用四个绳头组合，五条的以五个为一组。对复绕式 2:1 的电梯绳头组合需固定在机房钢梁上时，也采用同样绳头板的方法，只是固定方向相反。

4. 电梯导轨、导轨架及导靴

电梯导轨多采用 T 型截面，用 Q235A·F 钢轧制，见图 9-36 及表 9-18。

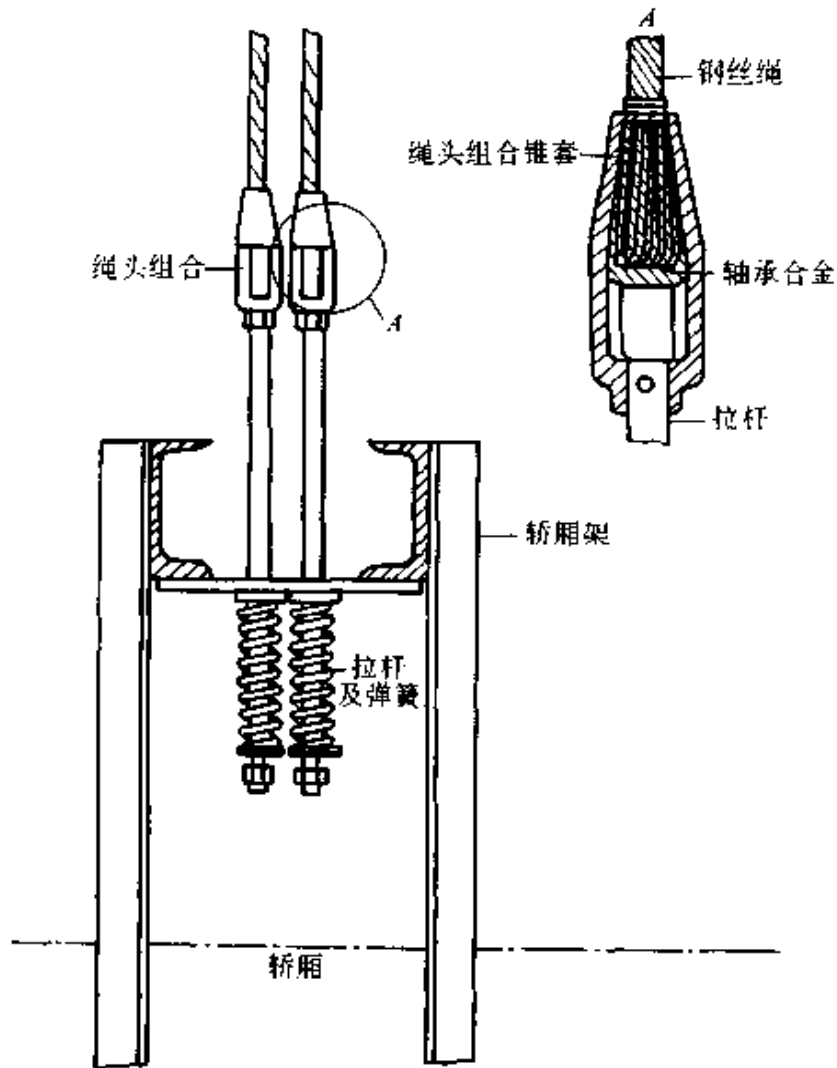


图 9-35 绳头组合器

表 9-18 电梯 T 型导轨规格表

规格 / (kg/m)	参 数/mm							
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>L</i>
24	16	120	10	50	20	70	90	3000~5000
16	16	90	10	40	16	54	74	3000~4000

将成批导轨调直后，再把导轨工作表面加工光滑，组立在井道中作为电梯轿厢的滑道。轿厢两侧的两根导轨叫轿厢导轨，其规格多采用 24kg/m 的导轨。对重架两侧的导轨叫对重导轨，其规格多采用 16kg/m 的导轨。每根导轨长 4~5m。导轨和导轨的连接要加工成为凹凸插榫互相联接，并用联接板固定，见图 9-37。

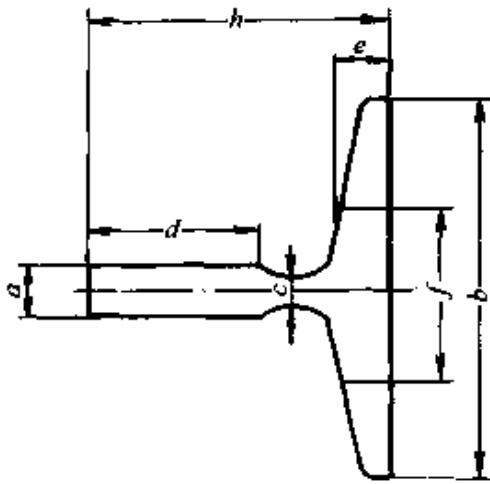


图 9-36 电梯导轨

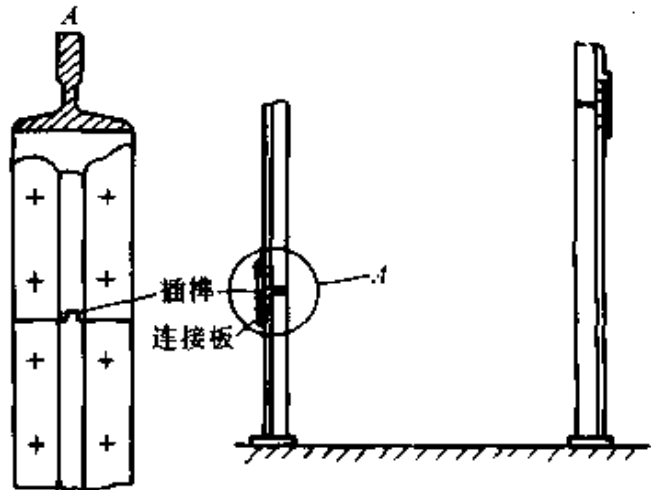


图 9-37 导轨连接

在井道中根据设计图规定的位置、距离，把导轨固定在导轨架上，导轨架是埋在井道墙壁里的。如是钢筋混凝土井道壁，一般采用预埋钢板焊接导轨架的方法。导轨架用角钢或扁钢制成，扁钢导轨架也叫固定式导轨架。角钢导轨架是可调的，它是由三条角钢组成，两条角钢固定在梯井墙上，另一条横在上面用螺栓固定，螺栓孔开成长孔，所以位置是可调的。这两种导轨架的尾部均可制成燕尾式，埋入梯井壁内。也可把尾部制成与墙面平行，打眼穿墙用螺母固定，还可以预埋好的铁件焊接固定。砖砌梯井多采用螺栓穿墙固定或把支架尾部埋入墙内。电梯井道内预埋件，见图 9-38，其规格见表 9-19。

表 9-19 电梯顶预埋件规格表

(mm)

用途	预埋件长度 A	预埋件宽度 B	预埋件厚度 δ	预埋件焊钢筋 φ	预埋件钢筋 数量(根)
轿厢导轨架	2×300	200	14~16	12	7
对重导轨架	1×800	200	14~16	12	6
厅门门框及其他	150	100	10~12	8~10	4

注：1.2×300，1×800 是指轿厢导轨架用一块或二块均可。

2. 焊接饱满，档距均匀，焊接后平整。

导轨和导轨架的连接用压板固定。因为轿厢是在导轨上滑动，对导轨的要求较高，组立要垂直，不能超出偏差。接头处的工作面要磨光，避免轿厢运行时产生晃动和噪声。

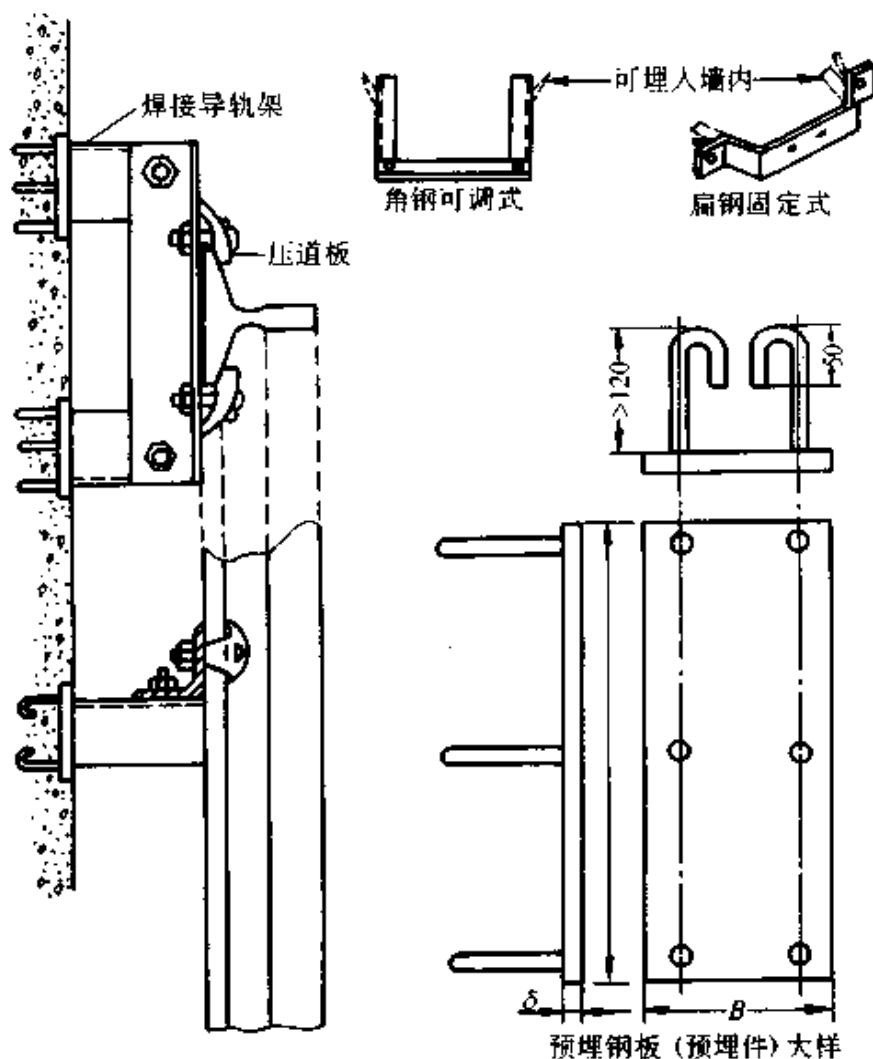


图 9-38 井道壁预埋件

小型杂物电梯和对重侧的导轨也可用角钢作为导轨，但导轨工作面要进行加工。

导靴是安装在轿厢架或对重的两侧，并与导轨面接触可上、下滑动或滚动的装置。轿厢和对重依靠导靴在导轨上滑动，以保持轿厢与对重运行平稳，导靴固定在轿厢或对重的上下钢梁上，并应保持横向两导靴在同一水平面上，竖向在一条垂直线上。当荷载集中分布时，轿厢与对重的重量只由轿厢顶上的绳头组合器承受，此时导靴上无外加荷载，当荷载偏离轿厢中心线时，导靴会受到很大应力。

导靴有滚轮导靴、弹性滑动导靴和刚性滑动导靴三种。

(1) 滑动弹性导靴，见图 9-39a)。这种导靴多用于速度在 1.75m/s 以下的电梯上。在导靴底座螺栓下开有四个条形螺孔，它的作用是在安装导靴时可移动其位置，以调整导靴与条形巴掌工作面间的间隙值，条形

巴掌与导靴挺子联接，挺子穿入压簧内固定到导靴壳体平台上（靴座），并在挺子尾部用锁母与调整螺母紧固。条形巴掌内嵌入尼龙衬套用橡皮圈和档垫固定，不使其脱落。根据导靴的质量，安装后与导轨磨合运转时，有的先用铸铁内套代替尼龙衬套，经磨合后再换尼龙衬套正式使用，这种方法多用于货梯角钢导轨上。

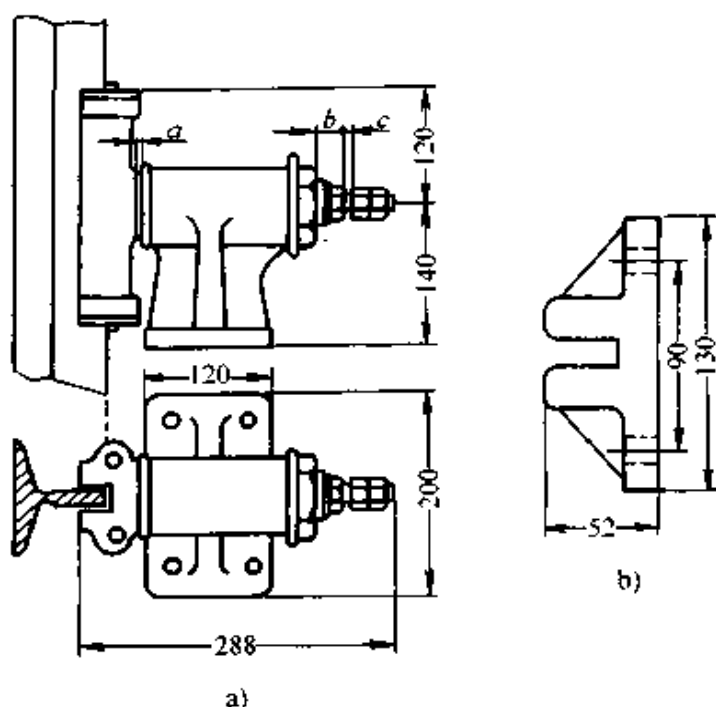


图 9-39 电梯滑动导靴

a) 弹性滑动导靴 b) 刚性滑动导靴

(2) 刚性滑动导靴构造简单，其本体用铸铁制成，经刨削加工成光滑接触面，见图 9-39b)。在其接触表面上涂黄干油以增加导靴与导轨间的润滑能力，刚性滑动导靴用于低速和层数较少的杂物梯和对重架上。

电梯轿厢的四个弹性滑动导靴与导轨之间的接触松紧程度，即内部弹簧受力程度，应调整一致，调整压簧螺母的距离 b 值可参照表 9-20。

表 9-20 弹性滑动导靴 b 值调整表

电梯额定载重量/kg	500	750	1000	1500	2000~3000
调整量/mm	42	34	30	25	25

注： a 和 c 值以 2mm 为宜。

(3) 为了减少导靴与导轨之间的摩擦阻力，节省动能，可使用滚轮导靴。这种导靴广泛应用于高速电梯上（2m/s 以上）。滚轮导靴的构造，见图 9-40。它是由两个侧面导轮（2）和一个端面导轮（1）构成滚轮组，从三面卡住导轨。三只导轮装在支撑轴（4）的滚动轴承（3）上，支撑轴则固定到活动臂（9）上，导靴的底板（8）用螺栓紧固在轿厢或对重的框架上，活动臂也装到支撑轴上，使活动臂连同滚轮一起绕其回转，活动臂朝滚轮方向回转并与弹簧（6）施力方向一致，使滚轮

紧靠在导轨上，以保持良好的接触。活动臂如反方向回转则受到调节螺丝（10）的限制。螺母（5）可调节弹簧的预加应力。当轿厢运行时，三个滚轮要同时滚动以保持轿厢平稳。轿厢水平升降要求滚轮沿导轨横向摇动值不超过 2mm，可用调节螺钉限位。滚轮外缘包裹橡胶圈套以消除噪声。滚轮直径常见的有 150~200mm。导靴规格随导轨而定，大道导轨不能用小导靴，否则有脱落出轨的危险。

5. 限速装置（限速器、安全钳）

限速装置由安全钳和限速器组成。它的作用是限制电梯轿厢运行的速度。当轿厢超过额定速度运行处于危险状态时，限速器就会立即动作，并通过其传动机构——钢丝绳、拉杆等，促使安全钳动作抱住导轨，使轿厢停止运行，同时扣断电气控制回路，达到及时停车，保证乘客安全的目的。限速装置除正常限速外，在电梯发生下列事故情况下，如承力减小溜车，主钢丝绳折断脱绳等造成的电梯轿厢加速向下运行时，限速装置也会立即动作，使安全钳抱住导轨安全停车。

限速器安装在电梯机房楼板上，其位置在曳引机一侧。它的绳轮垂直于井道中轿厢的侧面，绳轮上的钢丝绳引下井道与轿厢联接后，再通过井道底坑的胀绳轮返回到限速器绳轮上，这样限速器的绳轮就随轿厢运行而转动。安全钳安装在轿厢架的底梁上，即底梁两端各装一副，其位置和导靴相似随轿厢导轨运行。安全钳楔块由拉杆、弹簧等传动机构与轿厢上限速器的钢丝绳联接，组成一套限速装置，见图 9-41。

限速器有甩球和甩块两种。甩球限速器的球轴突出在限速器顶部，并与拉杆弹簧联接，随轿厢运行转动，利用离心力甩起球体控制限速器的动作。甩块限速器的块体装在心轴转盘上，原理与甩球相同。如轿厢向下超速行驶时，超过额定速度的 115%，限速器的甩球或甩块的离心

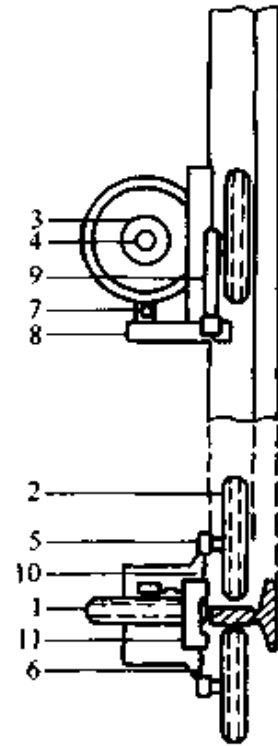


图 9-40 电梯滚动导靴

- 1、2—端轮和侧轮 3—滚动轴承
4—滚轮轴 5—螺母 6—弹簧
7—活动臂转轴 8—底板 9—活动臂
10—调节螺丝 11—螺栓

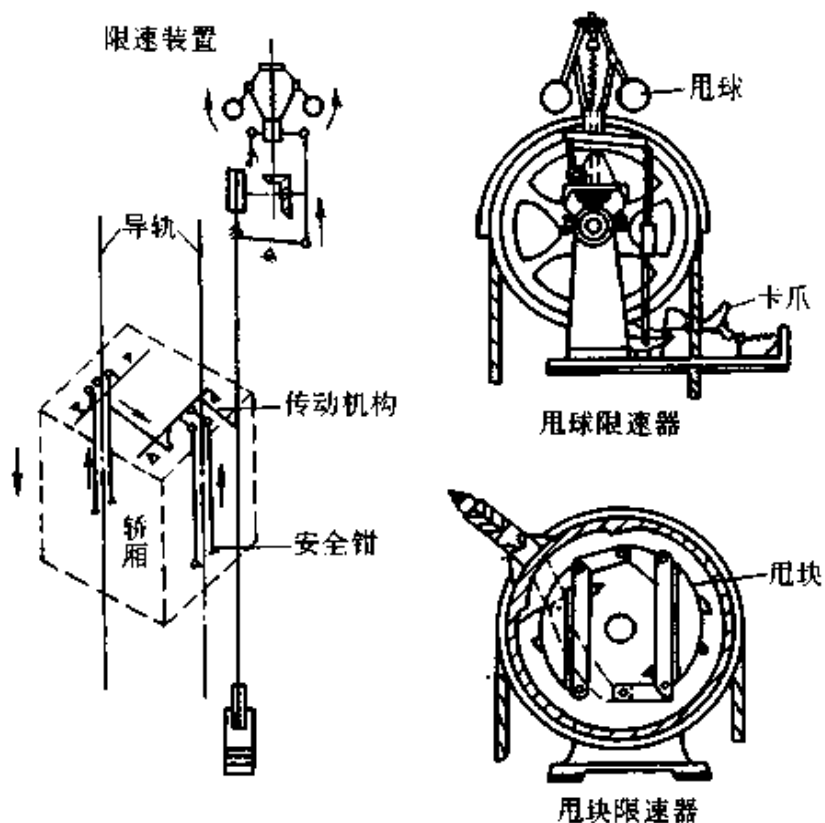


图 9-41 限速装置

力就会加大，通过拉杆和弹簧装置卡住绳轮，制止钢丝绳移动，但轿厢仍向下运行，这时，钢丝绳就会把拉杆提起，通过转动装置把轿厢两侧的安全钳提起，因安全钳本身是有角度的斜形楔块，并受斜形外套限制，所以向上提起时，必然要向导轨夹靠而卡住导轨，制止轿厢向下滑动，见图 9-42。

安全钳有瞬时动作和滑移动作两种。瞬时动作安全钳制停轿厢滑移短，结构简单；滑移动作安全钳制停轿厢滑移长，比较平稳，但结构复杂。

瞬时动作安全钳与甩块限速器配合作用，滑移动作安全钳和甩球限速器配合使用。

限速器的规格、动作速度与轿厢额定运行速度相配合，见表 9-21。

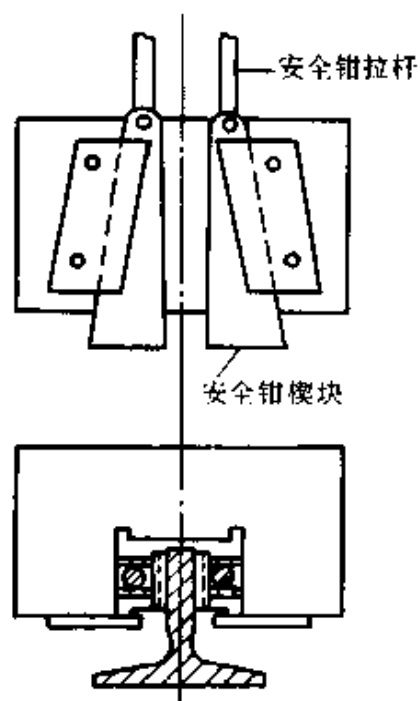


图 9-42 安全钳

表 9-21 轿厢速度与限速器动作速度配合表 (m/s)

轿厢额定速度	限速器动作速度	轿厢额定速度	限速器动作速度
0.5	0.85	1.75	2.26
0.75	1.05	2.00	2.55
1.00	1.40	2.25	3.13
1.50	1.98	3.00	3.70

为了确保限速装置起到应有作用，一般规定：限速器钢丝绳直径不小于7mm，安全系数不小于5。在井道底坑中，限速器钢丝绳张紧装置的质量应为100~200kg，限速器在出厂时都要进行试验鉴定。

6. 厅门

电梯每层停站都要装封闭式厅门，而且只能从井道内开和关。厅门多采用薄钢板制成，用滚轮吊装在井道门框的滑道上。厅门底脚装有门导靴以沿厅的地坎滑道移动。

厅门可制成中开门和侧开门、手动门和自动门。自动门要在厅门内侧装上专用的橡胶滚轮门锁（钩子锁），并和电气开关联接，使其在开门时不能开车，见图9-31。

自动门的厅门是被动的，它靠轿厢门的拨动进行开关。轿厢门由开门机构、开门电动机组成。开门电动机装在轿厢顶上。当轿厢平层后，轿厢门的开门刀就插入厅门的橡胶滚轮门锁中，此时，开门电动机通电旋转带动传动轮，开门机构动作使轿厢门开启，与此同时，轿厢门的开门刀拨开了厅门钩子锁，带动厅门打开。门关时仍带动厅门关闭，并挂好钩子锁。提前开门的电梯，在轿厢尚未平层停稳时，允许开门，门的档距开足时，轿厢平层完毕，效率较高。

厅门口要装厅门套，货梯和一般乘客电梯的门套用水泥砂浆抹制，也可作成木门套、大理石门套和不锈钢门套等。为了乘客方便，在厅门口的上方要装轿厢运行方向（上、下）和轿厢停站位置指示灯。在厅门侧面装置电梯按钮。

7. 选层器

装在电梯机房中的选层器，主要是供乘客预选层站，它由一组类似配电盘的盘面、钢架和传动机构组成。选层时，按动轿厢层站按钮，机房选层继电器动作，为预选层站停车作准备，当轿厢运行到预选的层站

时，选层器滑动接点也运行到预选层站接点处，这时通过继电器动作使电梯到站停车，从而达到选层目的。

8. 平层器

平层器是轿厢在各层停站时与厅门地坎找平的装置。它由装在轿厢上的干簧管感应器和装在井道每层导轨支架上的感应轿（感应铁板）组成。

平层准确度是评价一部电梯特性的标准，一般平层要求，见表 9-22。

表 9-22 电梯平层准确度表

电梯额定速度	平层误差限度/mm	电梯额定速度	平层误差限度/mm
>2m/s	+5	0.75m/s~1m/s	±30
1.5m/s~1.75m/s	±5	<0.5m/s	±15

注：平层准确度数值是指轿厢地坎和厅门地坎的水平度。

四、电梯安装

(一) 安装前的准备工作

(1) 组织准备和技术准备 组织准备应组成电梯安装小组，抽调技术熟练的人员和工人从事此项工作。在技术准备方面要了解电梯的型号、规格、技术参数、用途和性能，熟悉安装图样，并与土建及其他专业进行必要的会审工作。

(2) 根据施工图样的要求，检查开门方式与井道厅门的关系、井道坑底深度、顶站高度、机房楼板承重、井道垂直度、曳引机方向、导向轮位置、安全装置等是否符合标准规定。

(3) 准备施工用机具、设备、仪器、仪表及辅助材料等。

(4) 清点设备零、部件，检查有无短缺和质量缺陷，并作好原始记录。

(5) 检查井道预留孔、预埋件的数量和位置是否准确。并清理掉井道内的杂物和积水。

(6) 安装临时电源和井道内安全照明设施。

(7) 根据施工要求，可对导轨进行预组装，及时发现问题以便妥善处理。

(8) 搭设脚手架 通常起重量在 30kN (3t) 以下的电梯，可搭设单井字式脚手架，见图 9-43。起重量在 30kN (3t) 以上的电梯，可搭

设双井字式脚手架。井道口脚手架可采用图 9-44 的形式。

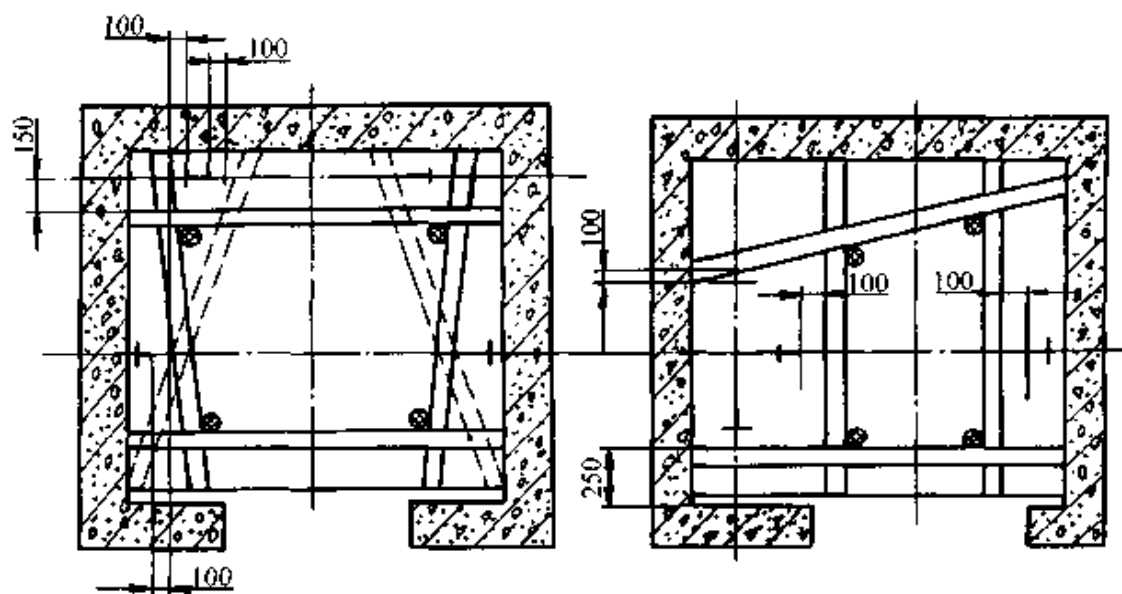


图 9.43 单井字式脚手架

脚手架的搭设，其承载能力必须达到规定标准，使用时要安全可靠。

(二) 安样板架与放线

1. 安装样板架

样板架是确定轿厢、选层器、限速器、平层器和厅门等位置相互距离的依据。同时也是电梯导轨架、导轨位置和厅门门口的垂直距离标准，因此，安装好样板架，对提高整台电梯的质量是至关重要的。

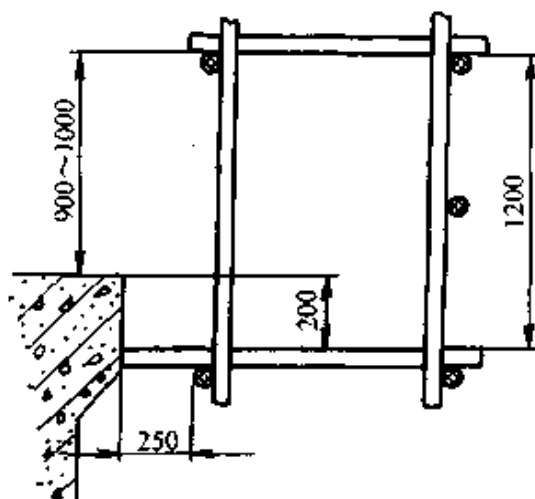


图 9.44 井道口脚手架的形式

样板架一般作成两个（上、下样板架）。上样板架装在机房楼板下 1m 处的两根木梁上（方木制成），并经找平后固定在井道两对面墙上的孔洞内。下样板架固定在离地坑地面 1m 左右处，一头顶在墙上，一头埋在墙内，下面用立柱支撑，见图 9-45。

样板架安装后其偏差要符合下面规定：

- (1) 样板架的水平偏差不应大于 5mm。
- (2) 样板架上轿厢中心线、门口净宽线、导轨中心线的位置偏差，应小于 0.3mm。

(3) 上、下样板架水平位置偏差应不大于 1mm。

2. 放线

在找平找正的样板架上，按已确定的放线点放下轿厢、对重中心线、厅门宽度中心线及导轨支架的位置线，（见图 9-46）。线的规格用 0.7mm~1mm 镀锌铁丝或钢丝。同时在线的下部拴挂 10~20kg 的线坠。

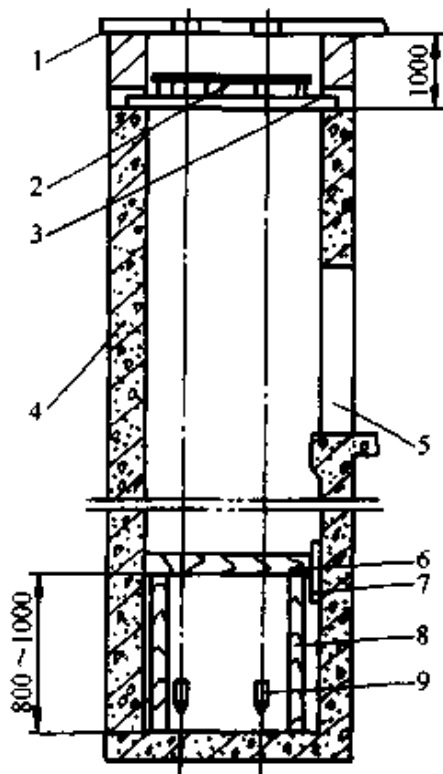


图 9-45 样板架安装示意图

1—机房楼板 2—上样板架 3—木梁
4—井道 5—厅门入口处 6—下样板架
7—木楔 8—撑木 9—线坠

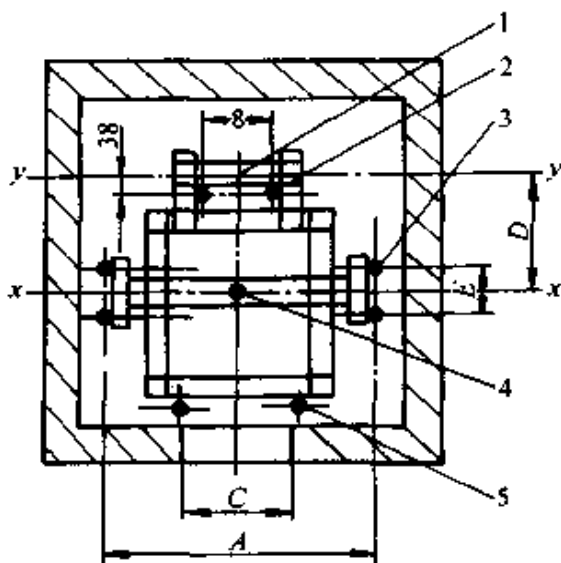


图 9-46 放线位置示意图

1—对重中心线（角钢导轨不放线）
2—对重导轨支架固定螺栓中心线
3—轿厢导轨支架固定螺栓中心线
4—轿厢中心线 5—厅门净门口宽线

为防止放线在样板架上移动，可用锯条在样板架上锯出线口，将垂线放在锯口里。

放线后要进行下列检查：

- (1) 用 90°角尺检查样板架对角线，并校对各部尺寸。
- (2) 检查测量梯井垂直度偏差。
- (3) 各层厅门门口及牛腿距中心线是否吻合。
- (4) 对重架距梯井墙是否符合要求。
- (5) 两面轿厢导轨架与井壁距离是否合适。

(6) 选层器钢带、限速器钢绳、平层器感应铁、极限开关钢丝绳、碰铁以及随线等位置、距离是否符合设计要求。

3. 组立电梯导轨

(1) 电梯运行轻快、平稳及噪声的大小程度与导轨加工精度、安装质量有着密切关系。导轨加工厚度偏差不超过 0.1mm，安装要求垂直、平行，接头处要修光等。因此，要精心做好安装导轨这个重要环节。

(2) 安装导轨前，应先安装好导轨支架。埋设在砖墙内的支架，应先划好线、打洞（内大外小）将支架栽入后与样板架垂线找正，再用水泥砂浆灌注。导轨支架安在混凝土墙上时，一般焊在预埋钢板上。采用膨胀螺栓埋固的方法效率高，施工也方便。

(3) 支架的位置及与底坑、顶层楼板的距离等，要按图施工。如无规定时，第一个支架距底坑地面为 1m，以上每 2m 设一个支架，最末端支架距顶板不应大于 500mm，以防轿厢导轨靴脱出。计算支架距离还要与每根导轨长度核对，最好每根导轨用两个支架。当支架位置与导轨联接板位置碰到一起时，可将支架调上或调下移开。

(4) 在预埋板上焊支架时，先按样板架垂线找正上、下导轨支架，符合要求后焊牢，然后再逐个焊接中间导轨支架。焊时用水平尺找平并防止焊接变形。

(5) 导轨支架安好后要符合下列要求：

导轨支架水平度偏差不应超过 5mm，见图 9-47。支架或螺栓的埋入深度应大于 120mm。导轨支架与墙间可用金属垫来调整高度，厚垫板应与导轨架焊接。焊接导轨支架时要双面焊牢。

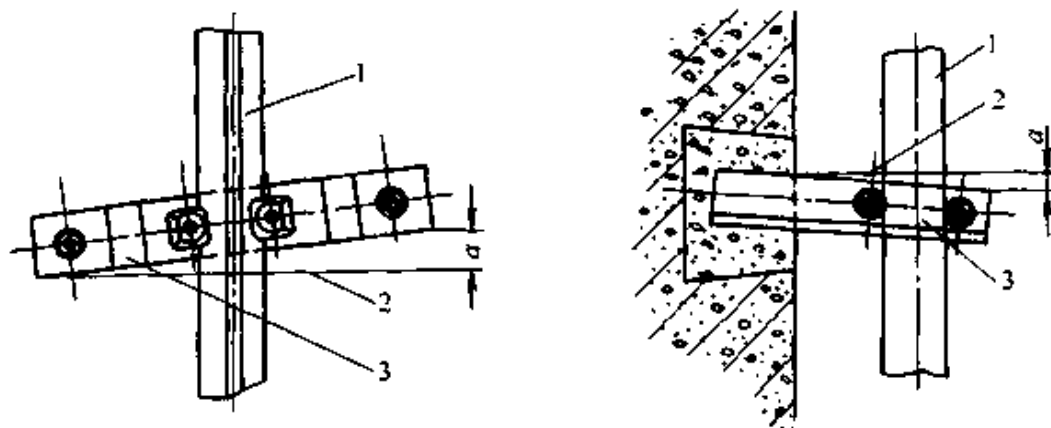


图 9-47 导轨支架的水平度

1—导轨 2—水平线 3—导轨支架

(6) 导轨支架安好后，即可进行导轨安装。安装前应检查导轨的直线度，如有弯曲应进行调直。然后校对样板架放出的导轨支架线，无误后，在调整放下来的导轨中心线，然后用吊装机具使导轨就位，从底坑缓冲器横梁起向上组立，边组立边找正，并用压板固定。

(7) 两根导轨立好后，用找道尺检查两导轨的间距，以及每根导轨的垂直度等，见图 9-48。

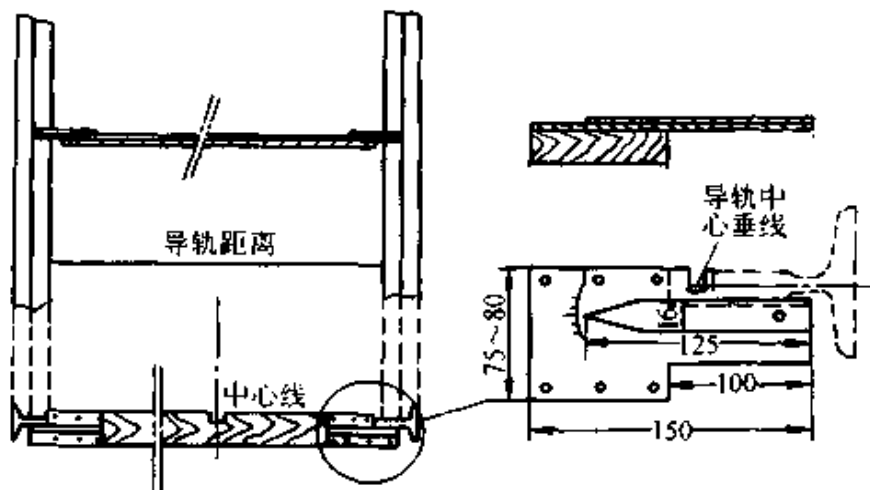


图 9-48 找道尺测量导轨的间距

(8) 修光导轨接口，修光长度要大于 300mm，以免运行时发出响声。

(9) 导轨安完后要进行全面测量和调整，应达到下面要求：

当电梯撞顶或蹲底时，各导靴均不应越出导轨。两导轨内表面距离不应超过 0.5mm~1mm。两导轨侧工作面对垂直线的偏差不应超过每 5m~0.7mm，相互偏差在整个高度上不应超过 1mm。导轨接头在全长上不应有连续缝隙，局部缝隙 α 不应大于 0.5mm。见图 9-49。导轨接头处台阶应小于 0.05mm。

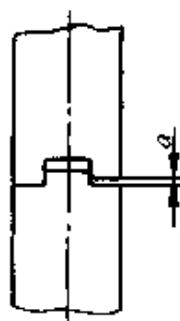


图 9-49
导轨接头
处的局部
间隙

4. 安装钢梁和曳引机

电梯的曳引机要用三根钢梁架设。钢梁的位置有的在机房的楼板上，有的在楼板中或楼板下，见图 9-50。钢梁的两端要平压在电梯井道的承重墙上，钢梁的规格按电梯额定载重量选择，一般按表 9-23 确定。

表 9-23 曳引机和钢梁选配表

额定载重量/kg	额定速度/(m/s)	曳引机型号	钢梁型号
500	1.0	BWL—500	20a
750—1000	1.0	BWL—1000	27a
750—1000—1500	1.5	BWL—1500	30a
750—1000	1.75	BWL—1500	30a
2000	0.5	BWL—1000	27a
1500—2000	1.0	BWL—1500	30a

由于曳引机的规格和绳轮方向不同，安装钢梁的方向和相互距离也不同，因此，安装钢梁要按设计放线图进行。为了减少曳引机水平误差，要求三根钢梁要在同一水平线上，误差不超过 2mm。三根钢梁的平面度，以曳引机绳轮中心和导向轮中心的连线为准，互相平行。钢梁定位后，在两端要用钢板或钢筋连接焊成为一个整体，或用混凝土灌牢，勿使其活动移位。

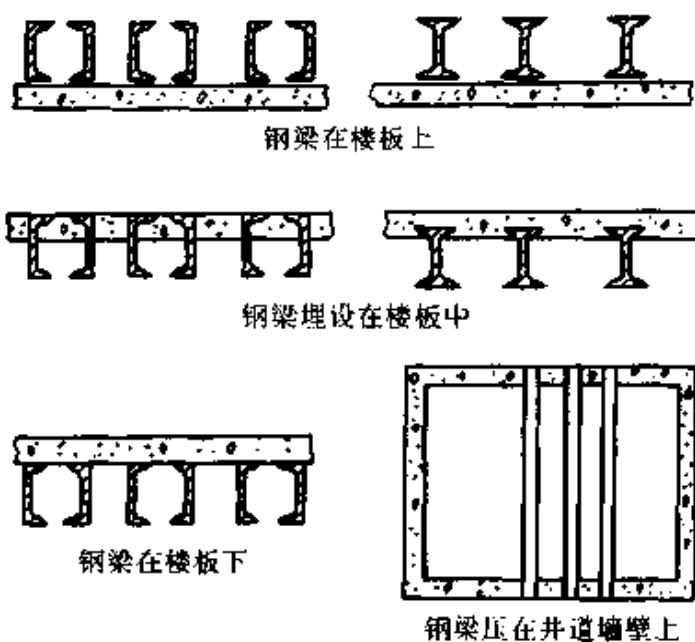


图 9-50 钢梁在机房楼板位置示意图

机房高度在 2.5m 以上时，还可把三根钢梁预先组成一个整体放在作好的两个混凝土台座上，台座高度以 500mm 左右为宜。台座钢筋与楼板钢筋连接。这种施工方法简便，有利于曳引机的调整，减少偏差，还可进行预安装，但机房高度 2.5m 以下不宜采用。

安装曳引机的方法：

(1) 曳引机安装在混凝土台上，当钢梁在机房楼板中或楼板下方时，可在机房楼板钢梁的位置上方按曳引机外形作一个高 250~300mm 的混凝土台座，台座上按曳引机底盘上的固定螺栓孔预埋好地脚螺栓。台座下面按图样分布点垫好防振橡皮砖，并找平找正。然后在机房顶板

吊钩上挂好吊装工具，将曳引机吊装就位，经校正安装好地脚螺栓，使台座与曳引机连成一体。最后用埋好的地脚螺栓挡板、压板，并垫以橡皮砖将台座整体固定。见图 9-51。

(2) 当钢梁在机房楼板上方时，可在钢梁上铺两块曳引机模拟大小的钢板，厚度不小于 20mm，两块钢板中间按分布点垫以防振橡皮砖。下面的钢板与钢梁焊接，上面的钢板打孔用螺栓与曳引机底盘联接固定。经调整后，把挡板和压板固定在底钢板上（可用螺栓固定），以挡、压板固定整个机座。

(3) 对于一般杂物梯、货梯，在噪声标准要求不高的场所，也可将曳引机直接安装在钢梁上或钢梁所在位置的地板上。曳引机装在钢梁上时，要在钢梁上用电钻打孔，用螺栓固定曳引机。曳引机直接摆在楼板上时，要垫减振橡皮砖，并用挡、压板固定。

曳引机稳装后要调整主绳轮与导向轮的平行度，并用吊线找好梯井中轿厢和对重的中心，使之与主绳轮、导向轮成一垂线，见图 9-52。

用水平仪调整曳引机两个方向的平面度，误差不超过曳引机底座长或宽的 $1/1000$ ，调整时，可使用垫片。待全部找正后，将挡、压板紧固，以防电梯运行中曳引机窜动。

曳引轮的位置偏差在前、后（向着对重）方向不应超过 $\pm 2\text{mm}$ ，在左、右方向不应超过 1mm 。

在曳引轮轮轴方向及蜗杆轴方向的平面度偏差均不应超过 $1/1000$ 。

曳引轮在水平面内的扭转不应超过 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

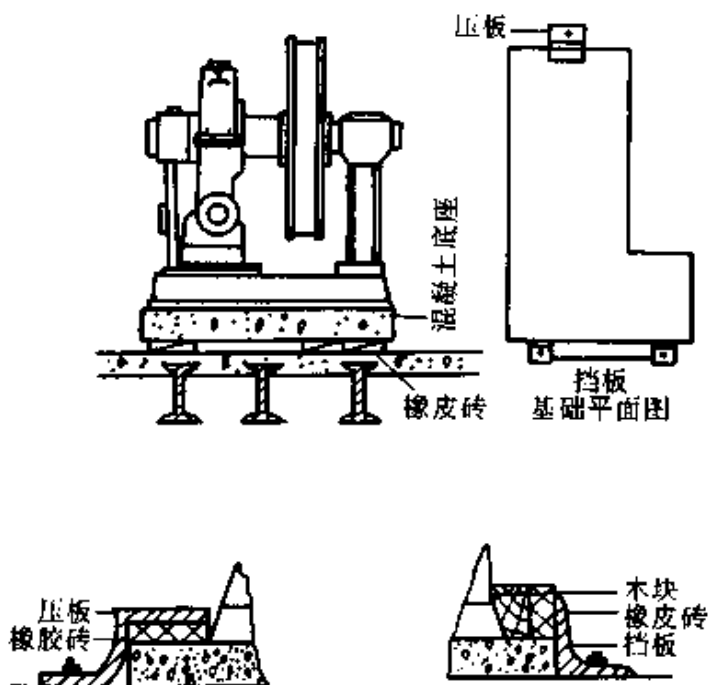


图 9-51 曳引机台座挡板压板示意图

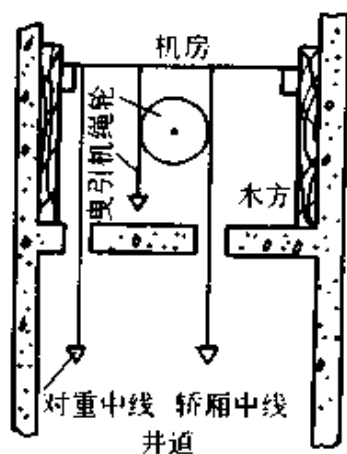


图 9-52 用吊线调整轿厢对重中心

闭式制动器的闸瓦，应紧密贴合于制动轮的工作表面上。当松闸时，两侧闸瓦应同时离开制动轮表面，其间隙不应大于0.7mm。

5. 组装轿厢和厅门

组装轿厢一般多在顶层进行，因顶层距机房近，对于起吊部件，核对尺寸，与机房联系都比较方便。组装前，先拆除一段顶站层的脚手架，并沿厅门门口地面至井道后壁，架上两根 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 的方木或钢梁，方木或钢梁的一端压在厅门门口上，另一端插入井道后壁墙洞中，作为组装轿厢的支撑架，方木或钢梁要固定牢靠，见图9-53。

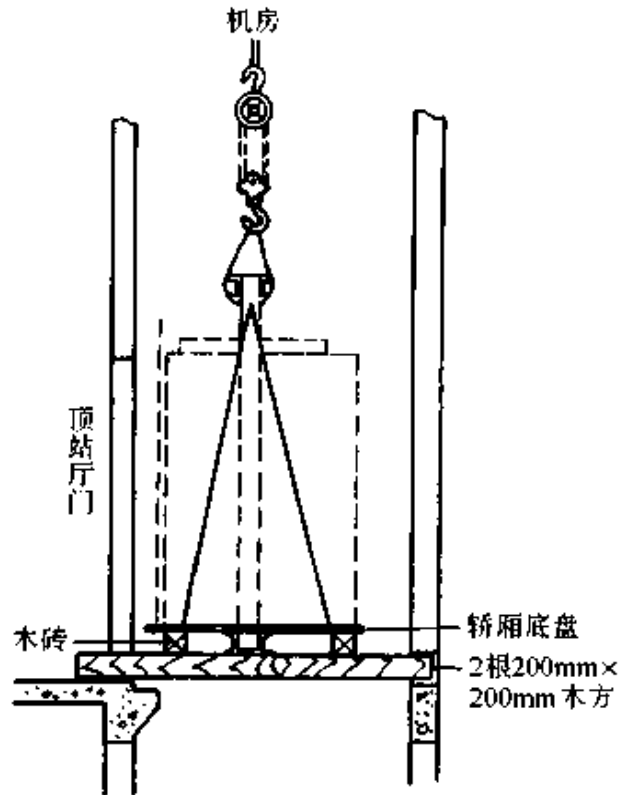


图 9-53 组装轿厢支架示意图

轿厢的组装顺序如下：

(1) 将轿厢架底梁放在支撑架上，进行校正找平，使轿厢底梁上的安全钳与两面导轨距离一致。

(2) 将轿厢底盘放在底梁上，并用木砖垫好找平。

(3) 竖立轿厢架两侧立柱，并用螺栓与下梁、底盘联接。

(4) 由机房地板孔洞内拉绳，吊起轿厢架上梁，就位后用螺栓与两侧立柱联接。

(5) 把安全钳楔块放入安全钳座内，装好拉杆，并与上梁拉杆传动机构联接，使两侧拉杆提升度对称。

(6) 上好轿厢上的四个导靴，使其垂直并调整好导靴尾螺栓。装好底盘与立柱拉条，然后调整拉条使导靴和导轨吻合良好，不偏斜。安全钳楔块与导靴侧面间隙应相同。

(7) 在立柱上安装好限位开关、极限开关的磁铁，并用吊线找正。

(8) 用链式起重机把轿厢顶悬挂在轿厢上梁的下面，顺序安装单扇轿壁，并用螺钉与轿顶、轿底盘固定。对好缝隙压条，装好其他配件。

(9) 安装轿厢门时，按不同开门方式，装好轿门上、下滑道，保持

吊门轨道的垂直度。自动开门的电梯要先装好开门机构，待门立好后相互连接，并安装开门刀和触板。

(10) 从轿门开门刀顶面沿井道放一条垂线至各层厅门，作为安装各层厅门开门滚轮、机械、电气联锁的依据。

(11) 根据样板架放线的标记，把厅门框架装到井道内壁的牛腿上，用水泥砂浆灌注厅门地脚螺栓和地坎，并用锚固螺栓固定厅门框架，并保持平整并与轿厢地坎保持一定的距离。

(12) 安装钢门套或不锈钢门套时，要先检查门套的变形情况，并进行必要的调整。安装时，先找好位置和方向，然后贴着门口立起，用螺栓与厅门地坎固定，并进行校正，合格后，用方木固定，以防浇注混凝土时变形。

(13) 安装厅门滑道时，要用吊线与厅门地坎找正，见图 9-54。门扇装好后要滑动自如。一般单门扇的拉力在未装开门机构前不大于 3N。

(14) 调整厅门门锁及开门滚轮，使其与轿厢的开门刀吻合。

6. 安装各种安全装置和设备附件

(1) 限位开关 在井道底坑和顶站上方限制轿厢越位的地方，用两根角钢分别卡在轿厢导轨的背面上，把限位开关用机螺钉装在角钢上，调整限位开关的碰轮，使其垂直对准轿厢上的碰铁。

(2) 极限开关 它的碰轮杆只卡住从机房通过滑轮引下的钢丝绳，并用上述方法卡于导轨背面。调整好位置，对准轿厢架上的碰铁。极限开关是电梯的最后一级安全保护装置，所以要装在底坑最下端和顶站最上端。其位置要在轿厢或对重的墩簧前 50mm~100mm 为宜。

(3) 限速器 在机房楼板上，从限速器预留孔放下垂线至梯井轿厢安全钳传动机构的绳头中心。以此为准找好限速器转动方向，并将其安装在机房楼板上，使限速器绳轮槽对准轿厢上安全钳拉杆绳头中心。限

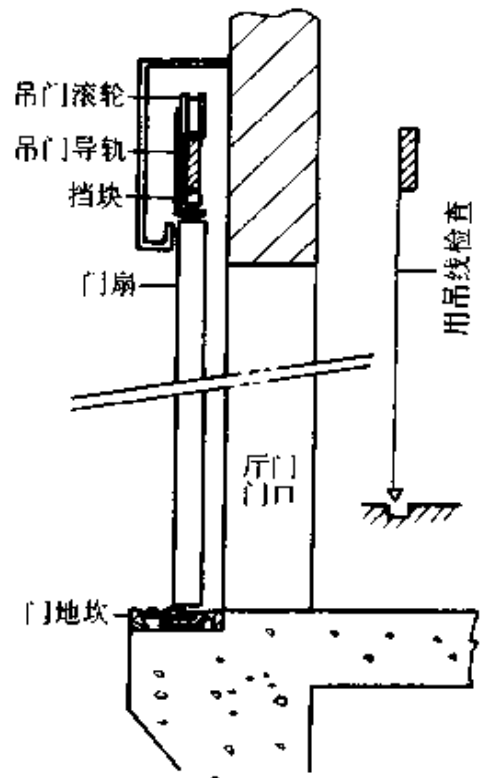


图 9-54 安装厅门滑道
与地坎找正垂直

速器可安装在楼板上、下作钢夹板固定其底座。也可在水泥台座上用地脚螺栓固定。从限速器绳轮引下钢丝绳至轿厢安全钳传动机构的绳头中心锁紧，再往下引至底坑胀绳轮上，绕过胀绳轮再返回到限速器轮上，构成随轿厢运行的转轮绳索。胀绳轮本身带有卡件，可卡在导轨背面上，调整胀绳轮拉杆角度与电气开关位置，使其在断绳或松弛时触动开关，切断控制回路。

(4) 选层器的安装与限速器基本相同，只是限速器引下井道的是钢丝绳，选层器引下井道的则是钢带。限速器钢丝绳只对着轿厢和坑底胀绳轮，而选层器钢带不但对着轿厢和底坑胀紧装置，而且还对着选层器上的链轮，因此，安装时，要找好纵向中心偏差和垂直偏差，使各传动部分动作灵活准确。选层器上的胀紧装置也装有防止钢带松弛或折断的安全开关，其作用与限速器安全开关相同。选层器安完后，要仔细进行调整，使其选层准确无误。

(5) 平层器的安装要满足轿厢地坎与厅门地坑平层准确度的要求。安装后应进行开车平层的调整试验工作。

(6) 开门机构的绳轮、直流电梯反馈电动机的皮带等，都要安装断绳保护装置。

(7) 在底层轿厢导轨的横梁上装有两个缓冲器。底坑对重一侧安装一个缓冲器，为在轿厢或对重墩底时减少冲击力。安装时，要找准位置，使缓冲器的顶部对准轿厢底梁上的墩簧板。缓冲器本身要垂直，用螺栓固定。对重一侧的缓冲器因对重导轨未设横梁，因此，多采用混凝土台用地脚螺栓固定。对于液压缓冲器，安装完后要注入规定型号的液压油。

7. 安装对重和挂绳

对重在底层组装，先确定其位置，同时要考虑电梯上、下端站的行程缓冲量。缓冲量距离是按电梯轿厢速度不同确定的，一般要求按图 9-55 和表 9-24 确定。根据 S 值把对重架用吊具吊起装到对重导轨上，并暂时固定，装好对重架上的四个导靴，再根据平

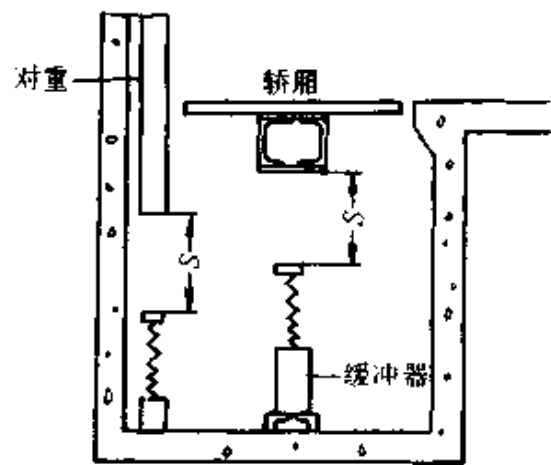


图 9-55 轿厢、对重距缓冲器缓冲量 S 值

衡系数装入砵块，并放平、落实，用压板固定，防止运行时发出响声。

表 9-24 轿厢、对重越程距离表

电梯额定速度 / (m/s)	缓冲器型式	越程 S 值 /mm
0.5~1.0	弹簧式	200~350
1.5~3.0	油压式	150~400

挂绳前，先计算曳引机长度。如轿厢位于顶站，对重位于底层距缓冲器 S 值的地方，根据曳引方式（曳引比、有无导向轮、复绕轮、反绳轮等），可按下式计算：

$$L = l + H + 0.5$$

式中 L ——截取钢丝绳长度 (m)；

l ——自轿厢上梁起，通过机房主绳轮、导向轮至对重上梁的长度 (m)。

H ——轿厢实际位置即高出顶站厅门地面部分（架底盘的方木等）(m)；

0.5——钢丝绳绳头加工余量 (m)。

为防止差错， l 值长度可进行实测，方法是用 2.5mm^2 的塑料电线，从机房曳引机主绳轮、导向轮处向梯井中垂放，并测出各部长度，包括有无复绕轮、反绳轮等。

按上式计算长度后，把成卷钢丝绳放开，进行度量截取。截取前将钢丝绳拉紧，然后把截取点两端用铁丝绑紧，防止松股。对于楼层高，也可采用由机房向梯井垂放钢丝绳办法，这样可边放边核对各部尺寸。放下的钢丝绳不能打结、背扣和过度扭弯。

截取钢丝绳后，可进行绳头制作。一般作法是将绳头插入一个定型产品的绳头组合锥套中。松开绳头，擦去油污，拧成花结，退入锥套中，摆正均匀。然后，用棉绳或布带将锥套小口缠好，以防灌铸轴承合金时漏出。用加热到 $270^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ 的轴承合金溶液一次浇灌，见图 9-56。

两端绳头作好后，先将一端接入轿厢架上梁的绳头板上（复绕式轿厢架带有反绳轮者可绕过反绳轮），另一端顺井道放下，使其自由悬垂，消除钢丝绳的内应力（避免在运行中钢丝绳扭转），然后，挂入曳引机的主绳轮和导向轮的轮槽中，下端接入对重架上梁的绳头板上，装好弹

簧螺母、销钉。在绳头组合的上方还要用绳头夹板把几条绳夹持固定，防止摆动。

挂绳后，用机房挂钩吊起轿厢，拆除下面木方，再缓慢放下，使钢丝绳全部受力。这时要检查导靴与导轨是否吻合，安全钳与导轨面的距离，轿厢的平面度

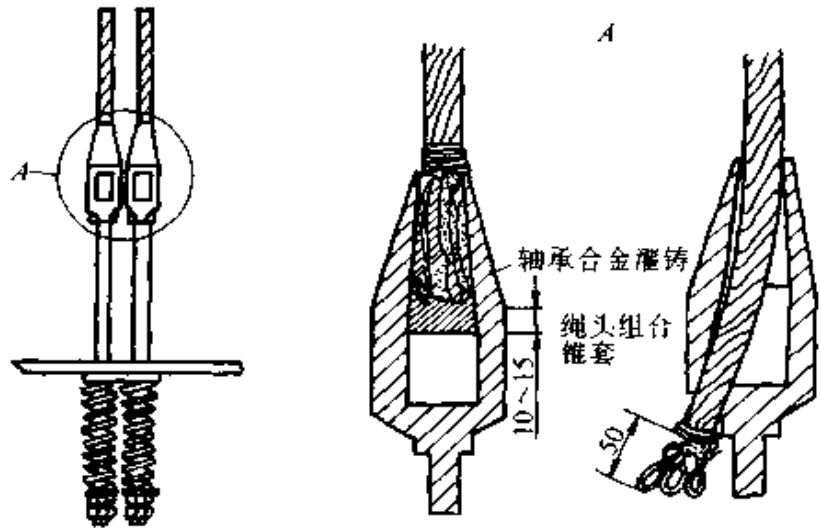


图 9-56 绳头组合锥套内灌轴承合金

(可在轿底用砣块配重的方法来调整)等，并调整绳头组合螺母，使每条钢丝绳受力均匀(相差值不超过5%)。同时，还要检查轿厢部件和配线情况，轿厢地坎与厅门地坎的距离以及轿厢与梯井中设备距离是否符合设备技术文件的规定。

8. 检查、调整和试运行

(1) 检查、调整

1) 试运转前，应对电梯的各个系统进行一次全面检查，发现问题应及时进行处理。要切实保证电梯的安装质量。

2) 核对曳引机位置偏差，检查曳引机的纵、横向平面度，其偏差不应超过 $1/1000$ 。调整曳引轮与导向轮的平行度。找好制动轴瓦与制动轮间隙。

3) 检查各润滑部位的润滑和注油情况。

4) 曳引机绳头组合是否良好，并调整好组合螺母，使钢丝绳受力均匀。

5) 检查选层器钢带轮和限速器绳轮，两者转向和垂直度是否正确。

6) 导轨与导靴接触是否良好。轿厢两侧导靴要对称。调整导轨侧面与安全钳楔块的间隙，并检查安全钳拉杆与传动机构是否灵活。

7) 轿门和厅门垂直度要达到标准要求，开关和运转应灵活可靠。开门刀与门锁滚轮位置是否符合要求。

(2) 试运行

1) 空载试验：将曳引绳卸下、送电后，检查闸瓦间隙、弹簧能力、

动作灵敏性和磁铁行程、振动与噪声及线圈温度等，是否达到标准要求。

单独转动电动机，观察转向是否正确。然后联接曳引机，用手动盘车正常后，分别以慢速、快速运行 0.5h，检查各系统运转是否正常。

2) 静载试验：当轿厢在底层时，陆续平稳加入载荷（客梯、医用电梯及额定起重量不超过 20kN (2t) 的货梯，应用额定起重量的 200%，其他电梯为起重量 150% 作试验），时间为 10min，然后检查各受力部件有无损坏，曳引绳应无滑移现象，制动器应处于抱紧状态。

当轿厢在顶层时，同样加入上述载荷，用手动摇车，使轿厢全程运行。此时应检查：导轨与轿厢、对重的导靴接触情况以及井道内各系统的动作和位置情况。

(3) 电梯试运行 电梯应以空载、额定起重量的 50%、额定起重量的 100%，在送电持续率 40% 的状态下，上、下运行 1.5h 后，要满足下面条件：

1) 电梯起动、运行和停止时，轿厢内无剧烈振动和冲击；制动装置灵活可靠，闸瓦与制动轮不摩擦，线圈温升不超过 60℃；减速机轴承温度最高不超过 80℃。

2) 集选控制电梯，其指令、召唤和选层等装置的作用应准确无误。

3) 厅门的联锁装置、极限开关和其他电气开关的作用灵活可靠。电气控制系统和运行的机组工作正常无误。

(4) 电梯的超载试运行是用 110% 的额定起重量，在送电持续率 40% 的状态下，运行 30min，达到的标准是：电梯起动运行过程安全，制动器动作可靠，主机工作正常。

(5) 安全钳和缓冲器的试验

1) 轿厢在空载时，用检修速度下降，此时用手扳动限速器，安全钳应动作可靠，轿厢停止运行时，安全钳联动开关要切断控制回路。

2) 轿厢在空载时，用检修速度下降，将缓冲器压缩。当轿厢离开缓冲器至其恢复原状的时间应小于 90s。

3) 轿厢在额定起重量、额定速度下及对重在轿厢空载和额定速度下，分别碰撞缓冲器时，缓冲器应平稳、无损坏和变形。

(6) 电梯额定运行速度

1) 交流双速电梯在额定起重量时的实际升降速度的平均值，对额定速度的差值，不超过 $\pm 3\%$ 。

2) 直流快速、高速电梯在额定起重量时的实际升降速度的平均值对额定速度的差值, 不超过 $\pm 2\%$ 。

(7) 电梯平层准确度 轿厢用空载、额定起重量作上、下运行。在底层上一层、中间层、顶层下一层分别检查其平层准确度, 均应符合表 9-25 的规定。

表 9-25 平层准确度

电梯类别	额定速度/(m/s)	平层准确度/mm
高速梯	2, 2.5, 3	± 5
快速梯	1.5, 1.75	± 15
低速梯	0.75, 1	± 30
低速梯	0.25, 0.5	± 15

第五节 水压机安装

一、水压机的分类、型号、构造及工作原理

1. 分类

按结构形式分: 有立式和卧式; 按压力分有多种, 如 6000t、1200t、315t 等; 按机架组成的不同有单臂式、框架式、双柱式、四柱式等; 按工作缸数分: 有单缸、双缸、多缸等; 按传动形式分: 有水泵直接带动的水压机、水泵和蓄势器带动的水压机、增压器带动的水压机等。

2. 型号

水压机的型号组成, 见图 9-57。

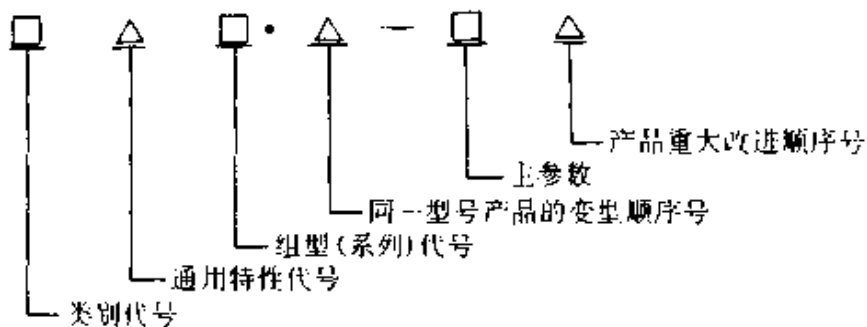


图 9-57 水压机型号组成

举例:

Y32·A—315 表示 3150kN 四柱式万能液压机。其中 Y 表示液压机，32 是组型代号，A 表示变形顺序，315 表示工作压力为 3150kN。

3. 构造

水压机是液压机的一种，它主要由底座、下横梁、活动横梁、上横梁、立柱、工作缸、砧座、锤头、上充液罐等组成。见图 9-58。

4. 工作原理

它是利用水或乳化液压力能来传递能量的机械，水压机是锻造大型工件的主要设备。它的工作原理是：见图 9-59，在泵的柱塞上加 P_1 的力，则在工作缸的柱塞上便可产生 P_2 的力。根据帕斯卡原理，可得出下面公式：

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

式中 假定 $P_1 = 100\text{N}$ 、
 $D_1 = 10\text{mm}$ 、 $D_2 = 1000\text{mm}$ 。

则 $P_2 = 1000000\text{N}$

由上式可说明：用很小的力，水压机可产生巨大的压力。

二、水压机安装

1. 安装前的准备

(1) 施工人员要认真熟悉有关水压机安装的技术文件和工艺要求，并在此基础上编制单项工程施工方案。

(2) 对主要部件要仔细检查其配合尺寸。如上、下横梁与立柱的配

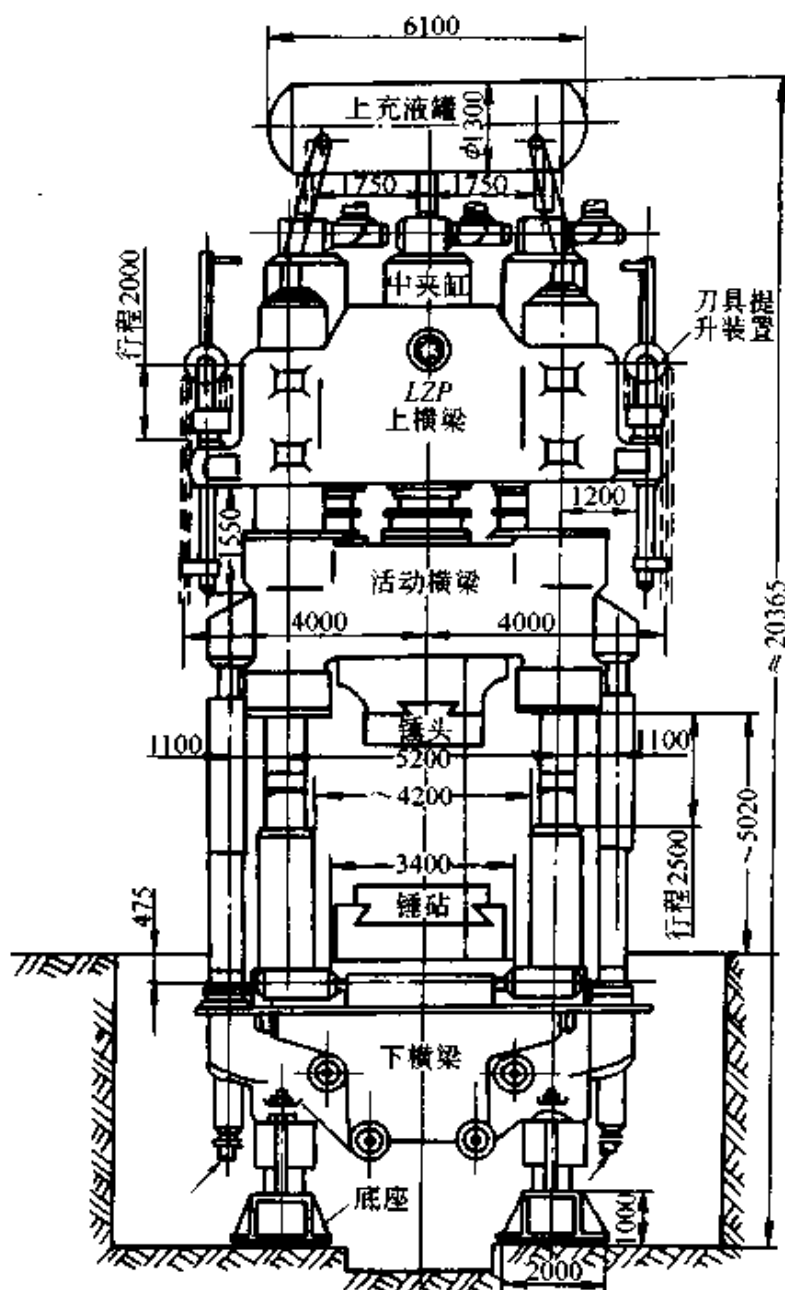


图 9-58 水压机本体图

合尺寸、立柱孔与端面的垂直度；活动横梁导套孔与立柱的配合尺寸和间隙；工作缸与上、下横梁与工作缸导套和柱塞的配合尺寸；立柱与螺母的垂直度；立柱螺纹与螺母螺纹的接触情况等。

(3) 作好基础的检查验收，复查各部尺寸，是否符合规定。对有基础要求预压的应按规定执行。

(4) 准备好运输吊装设备和机具，确定合理的运输路线。有条件的尽量采用厂房内的桥式起重机进行清洗和组装。

(5) 安装用辅助材料的准备，如垫铁、清洗用油、棉纱、白布等。

2. 底座的安装

(1) 根据设计和设备技术文件的要求，确定垫铁的数量、规格和位置，并进行设备基础的铲平工作。基础铲平要求如下：

1) 要保证垫铁能平稳的放在基础上，用手按压垫铁的对角，以不摇动为准。

2) 垫铁与基础表面要均匀接触，且接触面积要大于 70%（检查方法是将垫铁在铲过的基础表面上滑动几次后，进行观察衡量），并要求基础上单位凹坑的直径越小越好。

3) 要保持垫铁的水平。

(2) 检查底座的底面

1) 如底座底面有油漆时，要用乙炔焰烧掉，有油污时，也要擦洗干净，以保证二次灌浆的质量。

2) 底座底面凹凸不平或有毛刺时，要用砂轮磨平；如凹凸面过大时，则应铲平或用电焊补缺（即用电焊条成网形地熔焊在凹处），最后用砂轮机磨平。

(3) 底座划线

1) 划出底座的纵向和横向中心线 aa 和 bb ，见图 9-60。以便确定底座安装位置。

2) 划线前应在圆孔 c 内塞一木块，木块中间上面钉一薄铁片以便找正圆心。

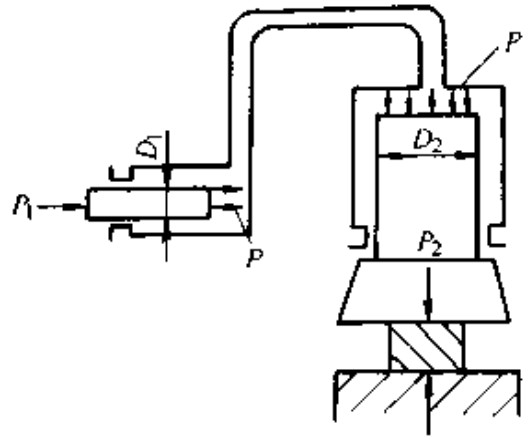


图 9-59 水压机的的工作原理图

3) 划线时以 c 圆为基准, 找出圆心 1 和 2、联接两点即是纵向中心线 aa 。

4) 再求出两圆心 1 点和 2 点联接线的平分线, 即为横向中心线 bb 。

(4) 检查底座两孔平面 目的是看两孔平面是否都向中间高, 呈八字形; 或都向中间低呈 V 形。上述情况要进行研磨处理, 以免影响找平工作。底座两孔平面的检查方法, 见图 9-61, 将水平尺沿底座纵向中心线放在两孔的凸台上, 然后用内径千分尺分别在 1、2、3、4 处测量其尺寸, 并核对 1、2 处和 3、4 处的读数, 看两孔平面 B 是否有偏差。如偏差较小, 可用垫铁进行调整。如偏差过大, 应研平。

(5) 底座的吊装 起吊

时, 底座要保持水平, 下落时要缓慢进行, 同时要对准基础上的划线位置, 见图 9-62。

(6) 底座的调整

1) 底座安装质量标准: 垫铁采用平垫铁, 规格为 $400\text{mm} \times 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。放置方法, 见图 9-60。即底座每条肋下面垫一组垫铁, 每组垫铁不应超过五块, 且调整好后应焊牢。底座的调整偏差应符合下列要求:

a. 底座纵横中心线对基准中心线的允许偏差, 在全长内不超过 0.5mm 。

b. 两底座四立柱孔的两对角线长度允许偏差不应大于 0.5mm 。

c. 底座的纵、横向平面度允许偏差不得超过 $0.05/1000$ 。

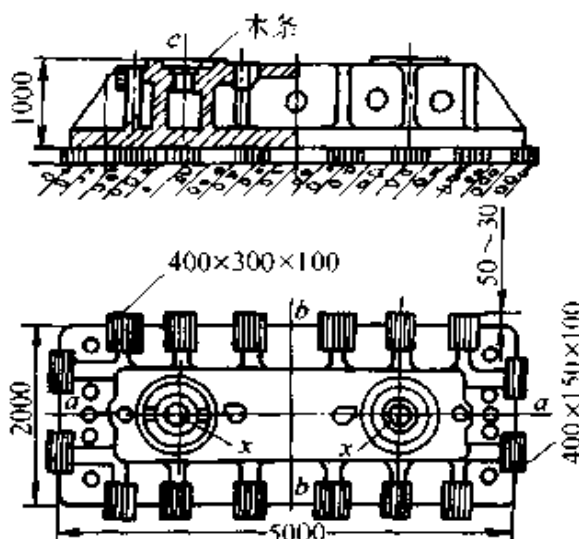


图 9-60 水压机底座

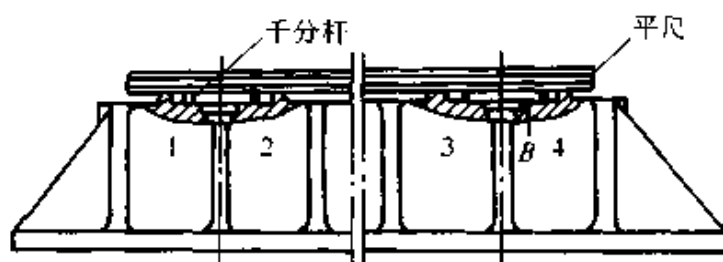


图 9-61 底座孔平面检查

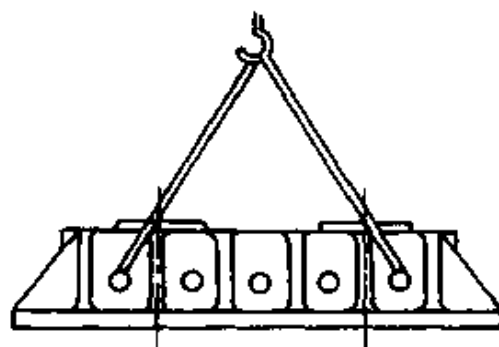


图 9-62 底座吊装示意图

d. 底座标高允许偏差不应超过 0.5mm。

e. 两底座的纵向间距离允许偏差应小于 0.5mm。

2) 调整的内容和程序。根据底座的安装质量要求，调整按找平、找标高、找正三步进行，同时还要考虑调整过程中三者之间的关系，因此，经实践证明先找平面调整标高、找正，最后再进行找平，这种方法基本上满足了标准的要求。

3) 找平。底座的找平，见图 9-63。先在两孔内侧纵向测量后，再在两孔横向测量，其平面度应符合底座质量要求。找平时应注意两点：第一因立柱是坐落在孔内平面 *B* 上，故底座找正时应以 *B* 面为基准，而不能以凸台为基准；第二平面 *B* 有制造误差，因此，底座找平时要使两块标准垫块对称地放在圆心两边，这样才能避免平面本身误差对底座找平的影响。同时还要根据垫块宽度划两同心圆（见图 9-63），虚线圆 1 和圆 2，再将垫块长度沿纵横两中心线平分得面积 *F*，即为垫块对称放置的位置。

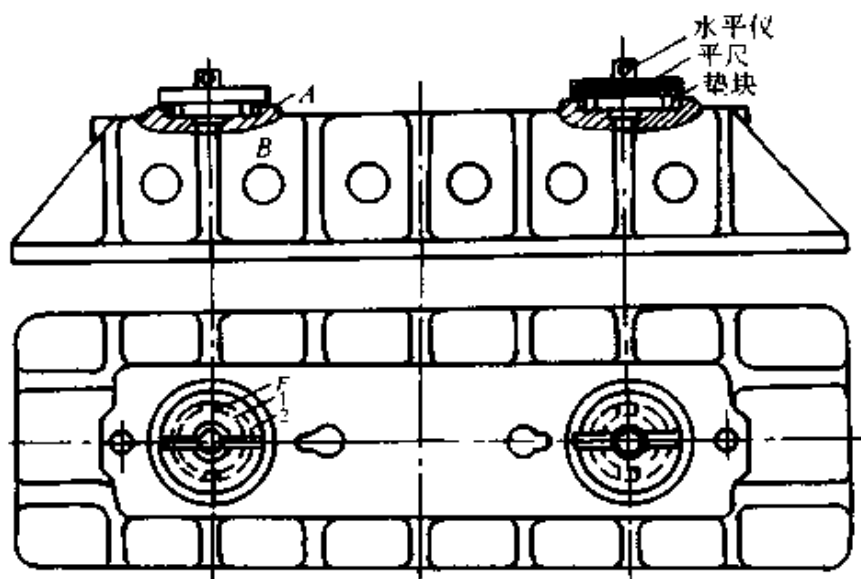


图 9-63 底座找平示意图

4) 调整标高。调整方法见图 9-64。当底座找平后首先根据基准点 (2) (基础上埋入的圆头螺钉，该点已测出标高)，将平尺 (3) 放在底座圆孔凸台上 (底座标高以此面为基准)，用内径千分尺测量其尺寸，应等于基准点标高与底座标高之差，如实测尺寸小于此差值，说明底座偏低，应再升高，反之大于此差值说明底座偏高，应再进行调整。

当右面调整好后，即可调整左面底座的标高。为此首先将平尺 (5)

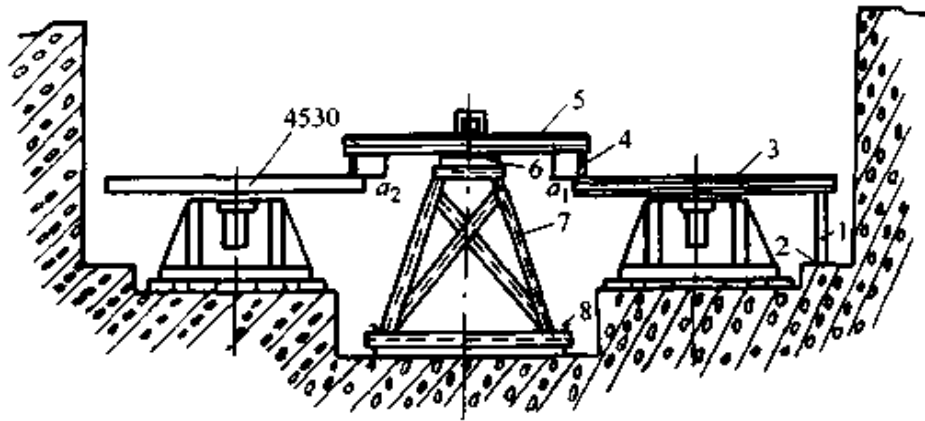


图 9-64 底座调整标高示意图

- 1—千分杆 2—基准点 3—平尺 4—内径千分尺
5—平尺 6—平台 7—支架 8—调整螺钉

放在研磨过的平台（6）上，而将平台（6）放在铁架上，用螺钉（8）将平尺调到水平。此时两边底座和中间平尺都已水平，用千分尺量出尺寸 a_1 之后，将平尺（3）放在左边底座上量出尺寸 a_2 ，若 $a_1 = a_2$ ，则两底座标高就相等了。

只设一个基准点时，可采用上述方法调整另一底座的标高。如放两个基准点，也只能以一个基准点为准，以避免产生较大误差。

5) 找正。两底座找正方法是先找好其中的一个，然后以此为准，找正另一个底座。第一个底座找正的方法，见图 9-65。找正时，先使平尺（4）的内边与底座纵向中心线相重合。然后用钢卷尺（5）量出平尺内边到线坠（1）的距离之后，同样用钢卷尺量出内边到线坠（2）的距离，当两个尺寸都达到要求时，则底座纵向位置就确定了。最后再根据底座横向中心线与线坠（3）重

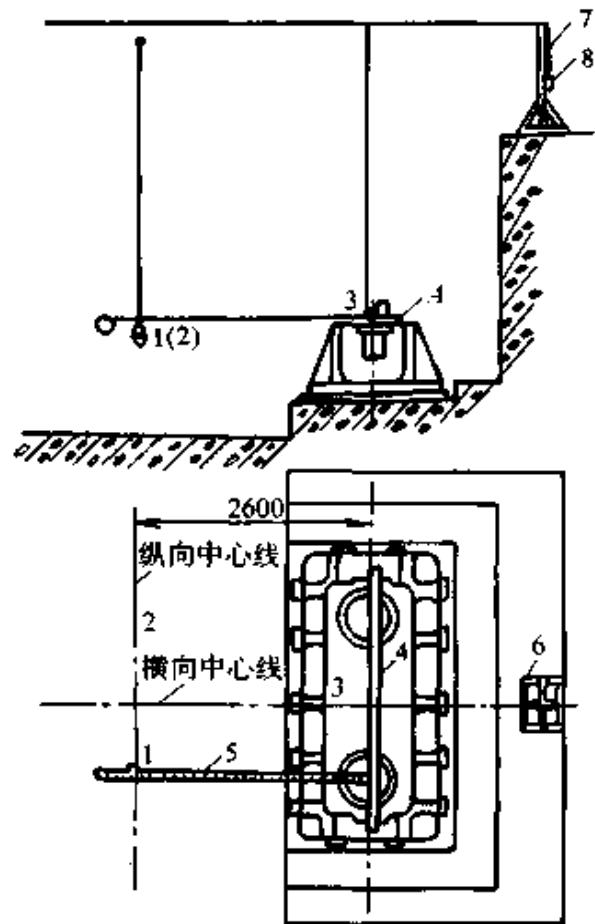


图 9-65 底座找正示意图

- 1、2、3—线坠 4—平尺 5—钢卷尺
6—线架 7—钢丝 8—重锤

合，则底座横向位置也确定了。使用钢卷尺测量时，应使刻度线与平尺内边重合，并垂直于底座纵向中心线。同时还要将钢卷尺拉紧，并紧贴凸台 A 面，此时量出尺寸比较准确。

第二个底座的找正，见图 9-66。图中 1、2、3、4 各为孔的中心，I 为已找正的底座，II 为需要找正的底座。找正时以 I 底座为基准，用钢卷尺量出 1 和 3、2 和 4 的距离，并通过调整使其符合质量要求，最后再量出对角线 1、4 和 2、3。如符合质量要求时，底座 II 的位置已经找正了，最后再进行一次复查。

一次灌浆：当水平找正后就可进行地脚螺栓灌浆，因螺栓孔较深，故要用振捣器，以确保灌浆质量。

精平：当地脚螺栓灌浆达到养生期后，即将螺栓拧紧进行精平和调整。

二次灌浆：精平后即可进行二次灌浆，灌浆后，要等强度达到要求后，才能进行下横梁和立柱的安装。

3. 下横梁和立柱的安装与调整

下横梁由三大部件所组成，见图 9-67。总重达 160t。由于桥式吊车起重量的限制，故采取了在基础上进行组立的方法。这三大部件的特点是空而高，再加上立柱每根重 50t，高 16m，吊装组立时难度较大。因此，要确保施工安全。

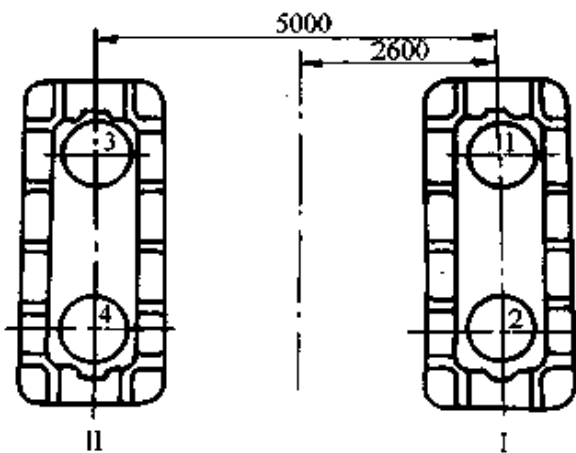


图 9-66 底座找正示意图

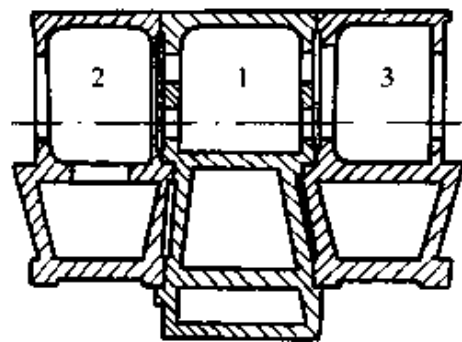


图 9-67 下横梁中部结构示意图

(1) 安装前应做到下面几点：

1) 由于设备本身存在大、高、重的特点，所以安装前要仔细检查吊运工具，必要时对其进行核算。

2) 对下横梁、立柱等部件要进行彻底清洗，以保证其洁净度。

3) 下横梁安装前, 应先将下横梁下面的四个螺帽吊运到底座上。

4) 立柱安装前, 应先在下方横梁各立柱孔间进行划线, 以此为吊装立柱时调整的基准。

5) 检查立柱螺帽端面与其螺纹中心线的垂直度。检查方法见图 9-68, 即将螺帽拧到立柱上, 用角尺检查, 要求立柱和角尺顶端间隙在 0.05mm 以下, 如超过此标准值, 则应用刮刀或锉刀进行调整。

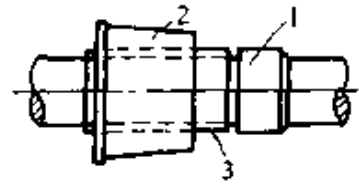


图 9-68 立柱螺帽
端面检查示意图
1—立柱 2—螺帽
3—90°角尺

(2) 下横梁安装组立

1) 首先根据定位销的距离, 找出哪一件是左、右部件, 然后再按 1、2、3 的顺序分别进行吊装组立, 最后将联接螺栓 4 穿入并拧紧, 见图 9-69。

当部件 1 用桥式起重机平稳起吊后, 慢慢落在已放置好的千斤顶上面 (地坑内先用道木填好上面放千斤顶), 并初步调整其中心线使其与底座立柱的中心一致, 同心度不大于 1mm, 水平误差不超过 0.5mm; 标高要在 $\pm 5\text{mm}$ 内。为防止倾倒, 在不影响部件 2、3 起吊的情况下, 用钢丝绳四面拉紧, 固定牢固后, 再组

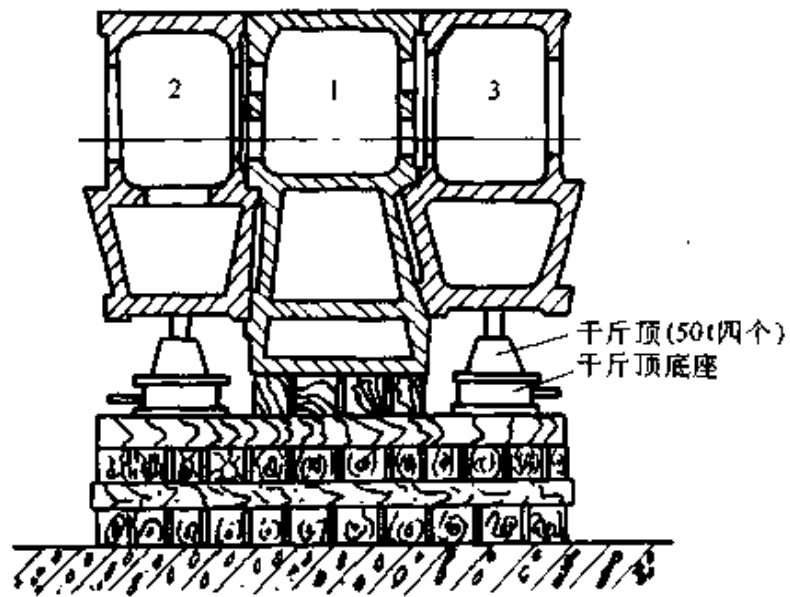


图 9-69 下横梁中部组装示意图

立部件 2 和 3。当部件 2、3 靠近部件 1 时, 为防止碰倒它, 可采用图 9-70 的方法, 即用链式起重机将其调平, 并用千斤顶将部件 2 和 3 慢慢靠近部件 1, 最后进行找平、找正工作, 目的是使立柱顺利地穿入下横梁立柱及底座孔中。上述方法在调整过程中难度较大。另一种方法是先不进行调整, 即进行穿立柱, 这时应将下横梁下表面与立柱螺帽下面空间用道木垫实, 否则因下横梁未调平, 吊装立柱时, 发生碰撞, 下横梁易倾倒, 同时由于下横梁未调整好, 穿立柱时不易恰好落入底座孔中,

所以要将下横梁和立柱同时移动，直到落入底座孔中为止。当立柱落入底座孔中时，下横梁上面的立柱螺帽，其下面空隙要用调整垫铁垫实，以防立柱晃动，最后将下横梁下面的立柱螺帽拧紧，则立柱吊装完毕。吊装好一根后，再用同样方法吊装其对角立柱，只要对角两根吊装好后，其余两根也就没有问题了。

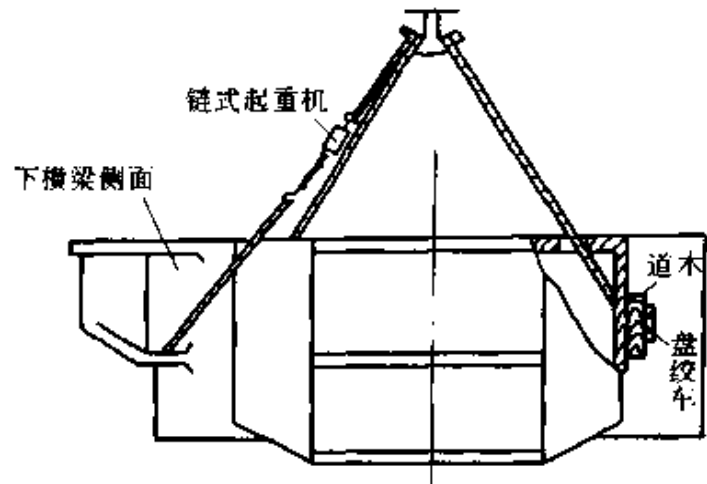


图 9-70 下横梁吊装示意图一

上述施工方法由于道木堆的软硬不均，安装调整比较困难，且易发生危险。因此，采用下面一种方法可避免以上缺点（见图 9-71）。先安装两侧的部件（2），吊装前先将螺帽（3）垫到要求的标高，并将其他三个螺帽吊到稍低于螺帽（3）的位置，然后平放在螺帽（3）上，并将与螺帽（3）对应的另一个螺帽用调整垫铁提高使与侧边（2）接触，这时已初步水平了。

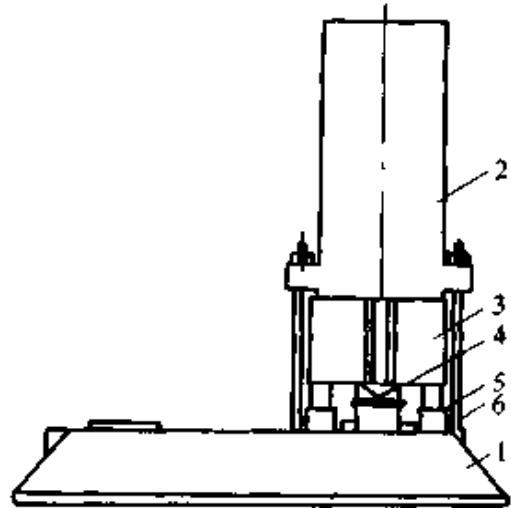


图 9-71 下横梁吊装示意图二

1—底座 2—下横梁侧边部分
3—立柱螺帽 4—调整垫铁
5—垫块 6—底座与下横梁连接螺栓

侧边部件放稳后，将钢丝绳卸下，再用桥式起重机吊螺栓（6），四根螺栓都吊上后戴上螺帽，以防调整侧边部件（2）时发生意外，但不需拧紧，以利下一步调整。

2) 调整

找平：以螺帽（3）为基准，用早已放在侧边部件（2）底下的两只 50t 千斤顶中靠近另一个螺帽的那只，来顶起侧边部件（2），用调整垫铁使另一螺帽升起，使侧边部件 2 的上表面水平误差不大于 $0.05/1000$ 。

找正：用千斤顶移动侧边部件（2）的立柱孔中心与底座（1）的立

柱孔重合为准。调整好以后，将联接螺栓（6）拧紧，使侧边部件（2）固定，并调整好，然后依次吊装另外两部分。在吊装过程中，不要用桥式吊车直接来对正，而要采取链式起重机调平，并慢慢移动千斤顶来调整。当中间部分吊装好以后，用链式起重机或紧线器将其与侧边部件 2 连接起来，并且顶牢下部千斤顶，这样中间部分就固定了。

三大部件吊装好以后，就可穿联接螺栓 4，并拧紧。最后再将左侧部分下面的两螺帽提高使其与其接触，并将左侧部分与底座的联接螺栓拧紧，则下横梁的安装调整已达到标准要求。下面开始穿立柱，吊装立柱时，每吊一根要将下横梁上表面与立柱螺帽间空隙垫实，以防立柱晃动。吊立柱时，下横梁下面的四个千斤顶不要撤掉。

立柱吊装立稳以后，再检查一次横梁的平面度，如有变化，还要进行调整，并保持其上平面度误差不大于 $0.05/1000$ 。

3) 立柱的起吊 立柱的起吊，见图 9-72。因立柱较长，桥式起重机大钩高度不够，故采用将大钩卸下，用动滑轮连接件（6）起吊。

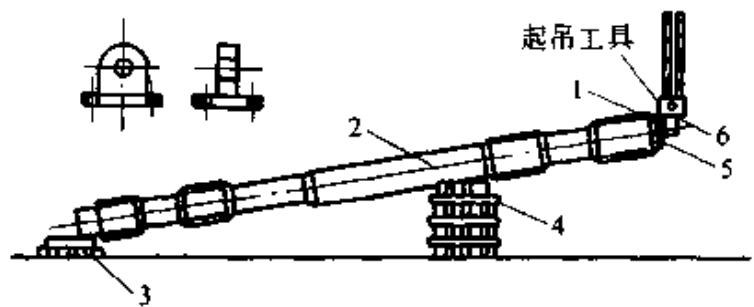


图 9-72 立柱起吊示意图

1—起吊工具 2—立柱 3、4—道木堆
5—联接螺钉 6—联接件

立柱的起吊是利用图中起吊工具 1，用螺钉将其固定在立柱的顶端，起吊

时将圆柱轴销穿在起吊工具（1）和联接件（6）的孔中进行。正式起吊时，在立柱中间绑好钢丝绳，并将其吊放在不同高度的道木堆（3）和（4）上。中间部分绑钢丝绳时，要用木块垫好，以保护立柱不受损伤。

4) 立柱的调整 在水压机安装过程中，活动横梁衬套与立柱同心是非常重要的。为了达到此要求，就要仔细地调整立柱。因此，要按下面的程序和方法进行调整。

a. 在检查和调整前，应先将活动横梁组立起来，并测量出各孔的间距和对角线尺寸，作为立柱调整的依据。检查调整内容主要是立柱的垂直度、间距和对角线等。

b. 检查方法：垂直度的检查是在立柱和活动横梁滑动面的上下两端分别按图 9-73 所示方向进行检查。对角线的检查与垂直度的检查一

样，也是在立柱滑动面的上下两端以立柱上划好的线为准，用图 9-74 所示的活动接长杆进行测量。

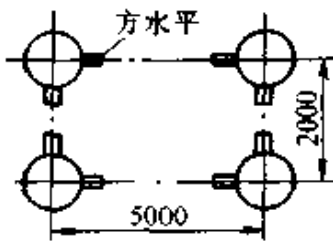


图 9-73 立柱的检查调整示意图



图 9-74 测量对角线和间距的工具

c. 质量要求：立柱的垂直度允许偏差不得大于 $0.1/1000\text{mm}$ ；各立柱纵横中心之距离达到对角线误差小于 $0.2\sim 0.3\text{mm}$ ；上下部对角线允许偏差也要小于 0.5mm 。

d. 调整：立柱不垂直时，可调整下横梁下面与立柱螺帽接触的表面，调整时要将上面螺帽松开。立柱的纵横中心间距和对角线不符时，用油压千斤顶移动立柱来调整，调整好一根后即可在立柱和底座孔的间隙中塞垫片固定，以防止调整其他立柱时，因下横梁移动，使立柱位置发生变化。

在立柱螺帽贴合处横梁表面与立柱的垂直度检查和调整。当下横梁水平调好后，立柱螺帽端面当立柱垂直度检查调整应根据立柱垂直和偏斜程度、方向来进行。检查时以螺帽端面为基准，即将螺帽拧紧到与横梁表面接触后用塞尺沿螺帽四周检查，要求贴合处的局部间隙在 $1/4$ 圆周内不超过 0.05mm 。如超过标准时要用刮刀或锉刀研刮，再用塞尺检查，直到合格为止。调整研磨要按对角线方向进行，研配其中一个螺帽时，由其他三个保持下横梁水平，如对角的螺帽研配好后，则下横梁的水平即可由该螺帽保持，而进行其余两螺帽的研配。当研配某一个螺帽时要使该立柱下横梁上面的螺帽与下横梁贴合，以防立柱晃动。这样都研配好后，再拧紧，既能保证立柱的垂直度，又能避免螺帽歪斜所出现的楔形间隙而使立柱产生弯曲应力。

5) 立柱螺帽的紧固 先将螺帽初步拧紧后，再用热装拉紧法进行紧固。一般热装可这样进行：将螺帽转到与上横梁和底座全部密接为止，做好记号，将立柱加热到规定温度后，再将螺帽拧至计算好的回转角度。通常四个立柱同时热装，以消除附加应力。

立柱加热方法可用钢棒加热插入法、饱和蒸汽加热法、电阻丝加热

法和电感应加热法等。热装的加热温度，一般不超过 500°C ，过高会影响钢的物理性能。

立柱的加热温度和螺帽的旋转角度，应符合设备技术文件的规定。

4. 左右悬臂的安装

左右悬臂分别由两件完全相同的零件组成，安装时将联接螺栓组立在一起，整体吊装。吊装前要在悬臂尾部搭道木堆，见图 9-75。并在其上放置千斤顶（6），同时要穿入下横梁联接螺栓，以备应用。

吊装时，先将链式起重机（5）拉紧，使悬臂稍为倾斜，这样悬臂的吊装就可自上而下，使止口上下对齐，放松链式起重机（5），使悬臂水平，这时再用链式起重机（7）（在悬臂另一侧也同样设置一个链式起重机挂在立柱螺帽上）将悬臂拉向下横梁，在拉的过程中悬臂如倾斜拉不动时，可用链式起重机（5）来调整，当悬臂被拉近一定距离，就可用螺钉（3）联接，直至悬臂与下横梁接缝均匀密合为止。然后调整水平，使其与下横梁中部水平，其平面度不大于 $0.1/1000$ 。

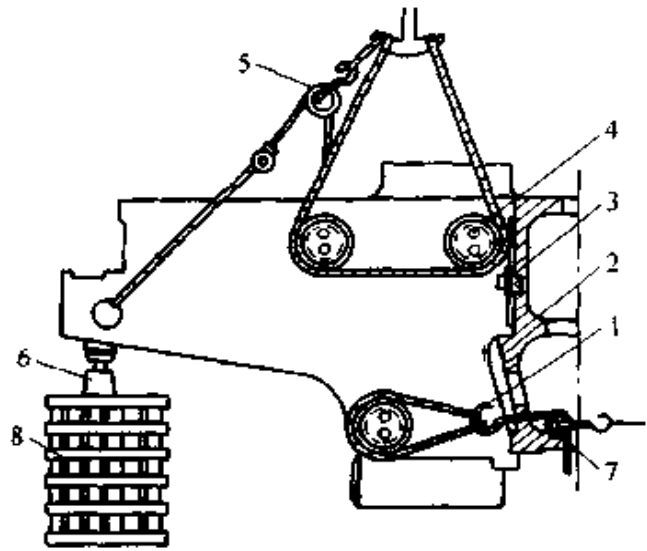


图 9-75 左右悬臂吊装示意图

1—悬臂 2—下横梁 3—螺钉 4—联接螺栓
5、7—链式起重机 6—千斤顶 8—道木堆

5. 下横梁各联接螺栓的热装

当下横梁各部联接螺栓用力拉紧后，即在螺帽与螺杆端部作出标记，并在螺栓头上划好拧紧后的标记，再进行加热，加热温度要比周围温度约高 57°C 。为了检查加热温度是否符合要求，可作一样板来测量螺栓加热后的伸长量（一般 $\phi 250\text{mm}$ 螺帽伸长 3.5mm ； $\phi 190\text{mm}$ 螺栓伸长 1.88mm ）。加热后用油压千斤顶或链式起重机紧固。用同样方法来加热左右悬臂螺栓（伸长度为 1.6mm ）并进行拧紧。

6. 下横梁垫板的安装

当下横梁调整好后即可进行垫板安装，其位置见图 9-76。垫板加热可采用电加热法，加热温度比较均匀，但成本较高。当加热温度比室

温高 60°C 时，就要将垫板很快装到下横梁上，再将斜铁打入。热装时两块垫板要同时进行，这样不会出现缝隙大小不均的现象。

7. 下横梁滑板的安装

(1) 滑板的调整 滑板位置见图 9-76。移动工作台下面的滑板由于其下面的垫板的热装，可能产生变形以及运搬维护不当等，对质量会发生影响，因此，安装中对滑板要进行调整，其质量要求如下：

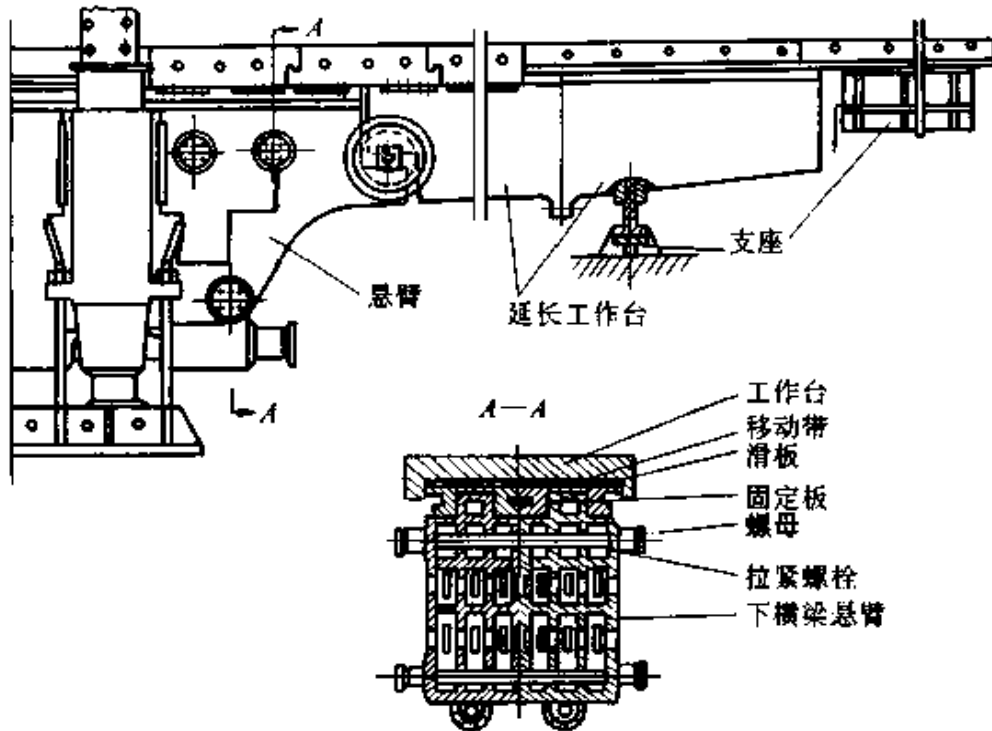


图 9-76 延长工作台示意图

- 1) 安装前应将各滑板的棱角处倒圆，毛刺要用锉刀或油石打光。
- 2) 纵横向的平面度不应超过 $0.1/1000$ 。
- 3) 滑板的接缝处不能有台阶现象。
- 4) 各滑板外侧（见图 9-76）的直线度和平行度误差，全长不超过 0.5mm 。

5) 调整的方法，见图 9-77，先将最高的滑板（1）找平，达到要求后作为基准，再进行其他滑板的调整。滑板（2）、（3）的调整：如图中所示将平尺放在（1）、（2）、（3）滑板上，然后用塞尺分别测出滑板（2）、（3）与平尺的间隙，根据间隙大小分别于滑板下面垫以薄铁皮或紫铜片（间隙大垫铁皮，间隙小垫紫铜片），最后将滑板拧紧。如无间隙时，再将平尺移动到右边进行调整。滑板（4）的调整，将平尺放在

滑板 (1)、(4) 上, 再将水平仪放在平尺正中, 同样用薄铁皮或紫铜片调整, 直到符合要求为止。

6) 调整滑板时, 测平面度或检查间隙都要先将滑板固定螺钉拧紧。用平尺进行纵向检查时, 平尺要对称于接缝放置, 水平仪放在中间。

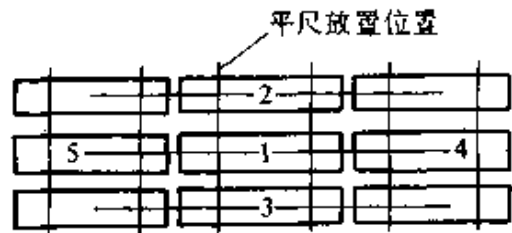


图 9-77 滑板调整示意图

(2) 滑板的刮研 为使滑板和移动工作台的接触良好, 要对滑板进行刮研, 其接触面积要达到 85% 以上。检查方法是在滑板上涂红铅油, 并用桥式起重机来回移动。

8. 各延长机座及左右端板的安装

先吊装两侧左右延长工作台机座, 并用千斤顶调整水平。对各联接处接触达到要求后, 再吊装左右延长工作台, 并将其两侧机座的螺钉和肘形支座各部联接好, 同时还要检查机座上的滑板水平, 并使其与各支座一致, 其误差不超过 $0.05/1000$ 。此外, 各滑板的外侧边的直线度和平行度, 在全长内不超过 0.5mm 。最后用 M20 水泥砂浆灌注各螺栓孔。

9. 移动工作台移动装置的安装

安装时将水压缸水平吊起放在机座内, 为使它顺利进入机座内, 可在端部用千斤顶压入, 然后检查水压缸的凸缘与机座的接触间隙, 要求在 $1/4$ 圆周内不大于 0.05mm 。两水压缸的中心线也要一致, 并在柱塞上检查其平面度不超过 $0.1/1000$ 。为使柱塞端部的滑块成直线运动, 可用千分表检查柱塞的移动, 看是否有偏斜现象。并沿滑块斜导轨进行调整, 对斜导轨接触面也要求均匀, 并不得产生卡滞现象。

两柱塞与移动台面联接的移动带, 应在滑动中与机座保持良好接触, 拖动销能在各个位置销进移动带中。

为了吊装方便, 工作台定位器应在搭设脚手架前进行安装, 并要求两个中心保持一致。

10. 活动横梁回程缸的安装

要求水压缸、柱塞与机座连接平面接触均匀, 对法兰的接触面间隙要求在 $1/4$ 圆周上不大于 0.05mm , 各球形接触面不小于 75%。水压缸的柱塞及其联接轴的垂直度在四周检查, 不应超过 $0.15/1000$ 。

提升水压缸上的填料，法兰盘的螺栓，应按对角方向拧紧，法兰盘与水压缸端面的间隙误差不大于0.2mm。

11. 活动横梁的吊装

活动横梁是由两个相同部件组成。先将一半放在道木堆上，并以千斤顶调整，使其水平不超过0.1/1000。再将另一半水平吊起，合于已垫平的横梁上，使其销孔重合，并以水平仪检查接合处的对缝，用千分尺检查柱塞孔各个方向的直径是否相等及达到标准要求，然后将10个螺栓（ $\phi 108\text{mm}$ 与 $\phi 152\text{mm}$ ）连接。先拧紧螺帽后进行热装，其热装方法与下横梁联接螺栓相同（其伸长量 $\phi 108\text{mm}$ 为1.15mm， $\phi 152\text{mm}$ 为1.5mm）。

活动横梁吊装前，要在下横梁上面搭设道木堆，以便活动横梁套入立柱后受承托。道木堆的高度，要使活动横梁立柱孔的最下端和行程限制器的上端之间的空间大于球面衬套的高度，以便于球面衬套的安装。吊装好后即可支承在行程限制器上，拆去道木，进行下一步工作。

由于立柱和活动横梁都很高，因此吊装时要考虑到桥式起重机吊钩的距离，要计算验证，否则影响吊装工作的顺利进行。

活动横梁立柱孔与立柱之间是球面衬套，安装后，两者的同心度不好测量。因此，在活动横梁吊装前，要根据其各立柱孔的实际尺寸，将立柱间距调整好。

活动横梁吊装时，虽不求很严，但放在道木堆上要垫平，以利于球面衬套的安装。

活动横梁的吊装方法，见图9-78。

衬套的安装如发现装不进去，要对横梁进行调整，不能随意锉衬套瓦口。

12. 水压缸及柱塞的组立安装

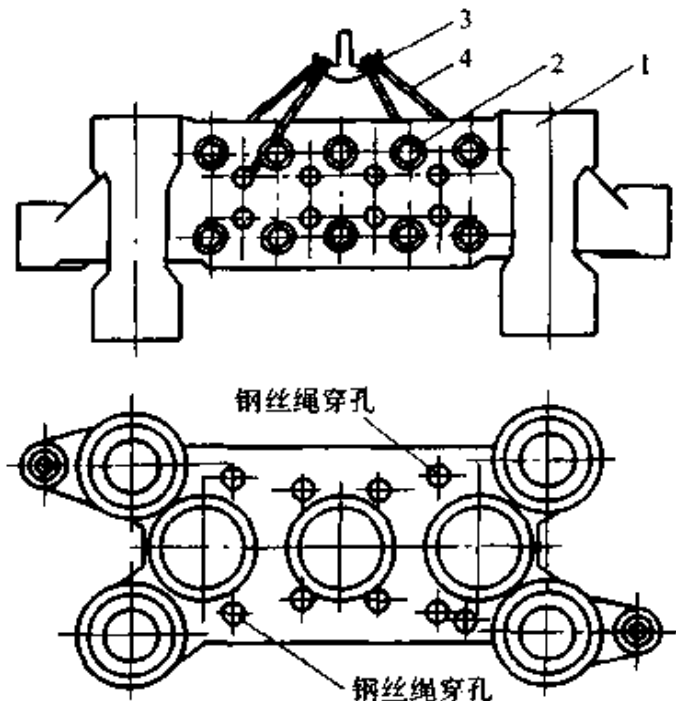


图9-78 活动横梁吊装示意图

1—活动横梁 2—联接螺栓
3—吊车大钩 4—钢丝绳

水压缸的结构，见图 9-79。

(1) 水压缸的安装

1) 安装前，将柱塞部件清洗干净，特别是柱塞内和球面支撑内的油孔不能堵塞。

2) 对柱塞要进行仔细检查，并用油石将毛刺磨光。

3) 各球面支撑的球面，要涂上一层黄干油。

4) 盘根要清洗后装进去。盘根与盘根之间应填满石墨粉和机油的混合物，以保护盘根。盘根的最外面要放一圈方石棉绳，以防污物混入缸内。

5) 压板一定要压紧。

6) 盘根和方石棉绳不能太少，要使压兰压紧后能有一定间隙，以备盘根磨损时能继续压紧，但也不能太多，至少要使压套能进入缸内一定长度，否则压套很难压紧，也容易压偏斜。

7) 水压缸组立前，应先将油管洗净放入柱杆孔内。

8) 水压缸提升到上横梁后，要用压兰将水压缸固定，并拧紧螺栓，压兰与水压缸端面的间隙，在四周误差不大于 0.2mm。当将水压缸吊到球面支撑上时，也要垫实，以免倾倒，并保持一定的垂直度。

(2) 工作缸安装 工作缸安装时要特别注意安全，因柱杆较高，而直径又很小，立放不稳定，因此要将柱杆放在较平坦的地面上进行组立，组立时要防止碰撞和倾倒。

(3) 水压缸的吊装 见图 9-80。水压缸未组立前是水平放置的，当水压缸组立时，缸内盘根的外压兰 (2) 要用螺栓 (3) 将其固定在水压缸上。压兰 (2) 内有铜套，为使它不致损伤或变形，在吊装时要特别注意，防止压迫压兰这个部位。具体吊装方法，可用桥式起重机大钩 (5) 通过圆铁棒 (7) 吊住缸的一头，用小钩 (4) 吊起缸的另一头，水

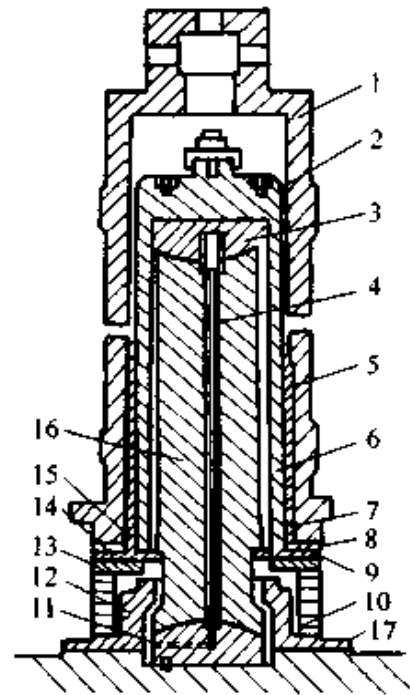


图 9-79 水压缸结构图

- 1—水压缸 2—柱塞
 3、11—球面支撑 4—油管
 5—衬套 6—盘根 7—方
 石棉绳 8、9、17—压兰
 10—垫块 12—压环
 13—工具压板 14—垫铁
 15—压套 16—柱杆

平起吊。当吊升到一定高度后，再使小钩下落，大钩升起，直到水压缸垂直后再摘掉小钩，用大钩吊往组立地点，套在柱塞上进行组装。

在吊装过程中，钢丝绳的捆绑要防止损伤水压缸的加工面，同时捆绑长度要大于缸的长度以免与小钩相碰；另外圆钢棒是插在高压进水孔中，与其对面堵头的法兰孔中，为防止圆钢棒串动发生危险，其直径应与孔径相同。

13. 上横梁的吊装与调整

上横梁组装后重 140t，因桥式起重机的起重量满足不了吊装要求，故只能分别吊在机座上组立。

上横梁的吊装，见图 9-81。图中链式起重机的钢丝绳是通过侧面的孔和联接螺栓上的长孔捆绑的。

上横梁是从立柱顶端套入立柱中。由于高度较高，在捆绑钢丝绳时，要计算大钩与上横梁间距离，以免桥式起重机高度不够。

由于大钩与上横梁之间距离很小，故吊装时钢丝绳要穿在中间缸下面的两孔，这样钢丝绳可少绕圈，而且绑绳也省力。上横梁立柱孔和立柱间的间隙很小（约为 0.5mm ~ 0.7mm），故上横梁绑扎要平，特别横向更重要，如不平时，可用链式起重机调整，检查水平时，可在图中 A 处放水平尺测量。

上横梁吊装前将下面 4 个立柱螺帽标高调整相同，但因纵向间距较大（两立柱中心距为 5200mm），无长水平尺，故采用间距较小的（中心距 2300mm），两立柱螺帽，并将标高调成一致，当上横梁放于其中

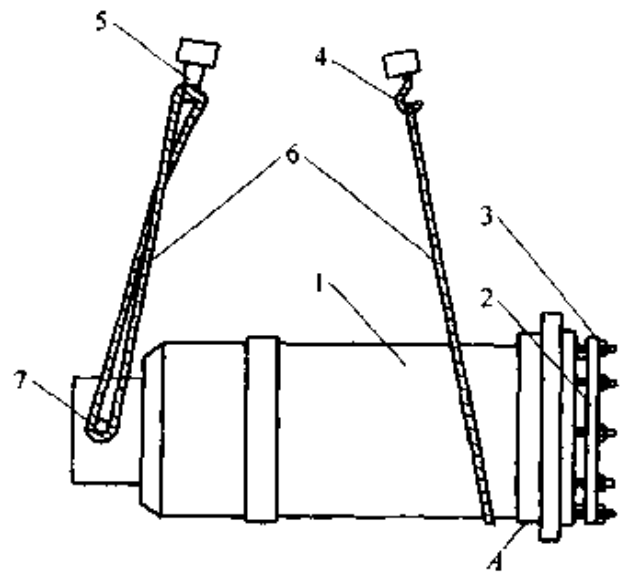


图 9-80 水压缸的吊装

1—水压缸 2—压兰 3—螺栓 4—吊钩
5—大钩 6—钢丝绳 7—圆钢棒

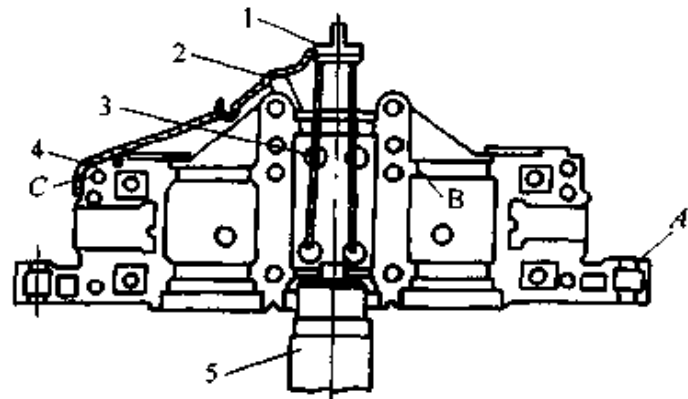


图 9-81 上横梁吊装

1—桥式起重机大钩 2—链式起重机
3—钢丝绳 4—上横梁 5—工作缸

一个已调好标高的螺帽后，即可观察另一未调整螺帽的上端面与上横梁接触的间隙情况，并进行调整，直到两螺帽标高一致时为止。

上横梁的精平要在其组立好以后，用水平仪靠在两侧缸腔间的配合带 B 上检查，检查应在纵、横方向进行，要求平面度不大于 $0.05/1000$ 。上横梁组立时，要用活动横梁的方法进行装配。当检查好后，即可将联接螺栓拧到一定程度后进行热装。热装前应标明螺栓加热后拧紧角度。

三、泵站及其他设备安装

图 9-82 是水压机和供水的水泵传送平面图。

泵站设备的布置应做到工艺流程合理、维护检修方便及管路要短等。

由于泵站在运行时有强烈的振动，因此泵站应具有较高的强度和抗振能力，站内各主要设备应有各自独立的基础。安全阀和管路的地沟高度应大于 2m，有效通道不小于 600mm，要求足够的照明和排污装置，地沟四壁距底面及底面内 1m 范围内要采取防腐措施，地沟上要有盖。电缆沟、主电动机下的安装孔等基础表面均需用防水混凝土浇灌，电缆埋入深度应不小于 300mm。

操纵系统的安装应符合规定的要求，在没有规定时可按下列要求进行检查。

1. 分配器

(1) 垂直度允差 $0.5/1000$ ；

(2) 空行程间隙 $0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$ （手动双阀分配器为 $0.1\text{mm} \sim 0.35\text{mm}$ ）；

(3) 电磁分配器的电磁铁总动作灵活，吸合间隙均匀，阀体与电磁铁装置同轴，电磁铁松开后，重锤与地面间距离应大于 30mm；

(4) 锥阀式分配器和其他阀应符合下列要求：

1) 各阀的阀口应吻合，结合面处应经煤油渗漏试验；

2) 检查卸压阀的行程，并将定位螺钉固定牢固；

3) 分配器及其他阀组装后，在装入管路前均应作压力试验，试验压力为额定压力的 $1.25 \sim 1.5$ 倍，保压时间不少于 10min，试压介质应与工作介质相同；

4) 分配中阀杆的行程应符合规定，试压时应动作灵敏，试验次数

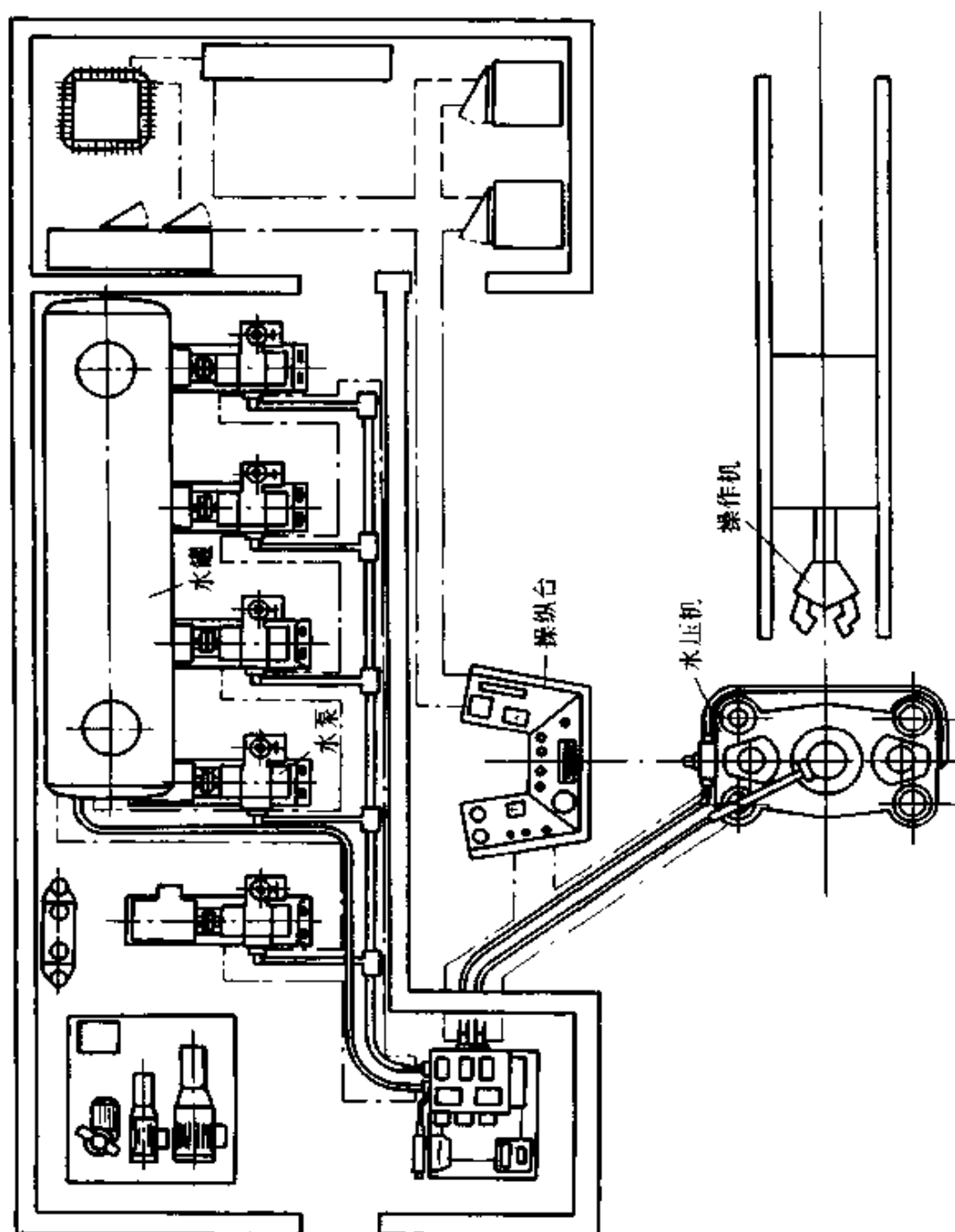


图 9-82 泵站及水压机平面布置图

不少于 10 次。

2. 安全阀

高、低压安全阀均需进行压力试验，定压加封后才能安装，安全阀的工作压力应为设备工作压力的 105% ~ 108%，在工作压力下试验时，要求动作灵活。

3. 缓冲器

- (1) 高压缓冲器滑动缸的垂直度允差 0.1/1000；
- (2) 低压缓冲器的平面度允差 1/1000。

4. 充水罐

- (1) 充水罐的垂直度允差 1/1000。
- (2) 充水罐安全阀排泄口不应接暗管。

四、水压机试运转

(1) 供水系统的泵站，单体设备运转合格后，高压和低压系统应进行联动试运转。符合要求后，向水压机本体供水。

(2) 水压机本体试运转前，应检查各主要部件是否联接可靠、供油点供油情况。并调整操作机构和阀门的开启行程以及运转系统的相互位置、联锁机构等，使其灵活可靠。

(3) 水压系统进行排气。

(4) 水压机无负荷试运转要符合下面规定。

1) 各动作系统在全行程上反复运行要大于 10 次。

2) 检查立柱、液压缸柱塞、锻模座、工作缸及工作台等动作情况，正常后进行下一步试运行。

(5) 负荷试运转是在额定压力下进行操作，并应进行下列检查：

1) 压力供水系统有无泄漏情况。

2) 操纵机构是否灵活可靠。

3) 空程速度、次数和工作速度、行程次数是否符合设备技术文件的规定。

4) 各紧固部件有无松动现象。

5) 复查立柱垂直度、立柱螺母与横梁接合面的局部间隙、工作缸法兰与横梁接合面的间隙是否符合设计规定。同时要检查立柱、工作缸、水压缸、工作台移动缸等液压缸的柱塞和导向面有无损伤情况。

第六节 工业锅炉安装

一、锅炉安装工程特点、结构及型号表示

1. 特点

锅炉主要用来把燃料的化学能转化为热能，并将热能传给水，以生产热水和蒸汽的一种设备。锅炉分为动力锅炉和工业锅炉，前者主要用于发电，而后者则用于供热和采暖。

锅炉安装，从基础放线开始，经过钢结构制作安装、锅筒、集箱及受热面安装、省煤器和空气预热器安装，直到炉墙砌筑。除了锅炉本体以外，还包括运煤、除灰系统，送、引风系统、水气系统及仪表控制系统等，是属于多工种的综合设备安装项目。因此，施工中必须作到周密组织，密切协作配合，这样才能搞好整个锅炉系统的施工安装工作。

锅炉安装的基本方法，可分为整体安装（小型和快装锅炉）和散体安装（主要是大、中型锅炉），本节主要介绍散装锅炉的安装程序和施工方法。

2. 锅炉基本结构

锅炉主要由汽水系统（包括锅筒、管束、水冷壁、集箱和下降管等）和燃烧系统（包括煤斗、炉排、除渣板、送风装置等）两部分组成。

为了使锅炉正常工作和安全运行，锅炉还配备有安全阀、水位计、水位警报器、压力表、主汽阀、排污阀、逆止阀及吹灰器等。

3. 锅炉型号表示

工业锅炉型号由三部分组成。它们之间用短线相连，见图 9-83。

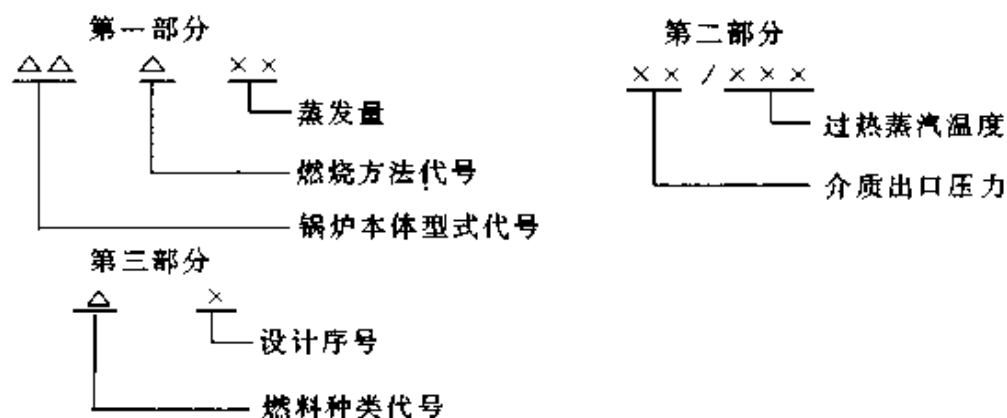


图 9-83 锅炉型号表示方法

第一部分表示锅炉型式、燃烧方式和蒸发量，共分三段：第一段用两个汉语拼音字母代表锅炉本体型号，见表 9-26；第二段用一个汉语拼音字母代表燃烧方式，见表 2-27；第三段用阿拉伯数字表示蒸发量，单位 t/h（热水锅炉为 J/h），废热锅炉用受热面表示，单位为 m²。

表 9-26 锅炉本体型式代号

火管锅炉		水管锅炉	
本体型式	代号	本体型式	代号
立式水管	LS (立、水)	单锅筒立式 单锅筒纵置式	DL (单、立) DZ (单、纵)
立式火管	LH (立、火)	单锅筒横置式 双锅筒纵置式	DH (单、横) SZ (双、纵)
卧式内燃	WN (卧、内)	双锅筒横置式 纵横锅筒式 强制循环式	SH (双、横) ZH (纵、横) QX (强、循)

表 9-27 燃烧方式代号

燃烧方式	代号	燃烧方式	代号
固定炉排	G (固)	下饲式炉排	A (下)
活动手摇炉排	H (活)	往复推饲炉排	W (往)
链条炉排	L (链)	沸腾炉	F (沸)
抛煤机	P (抛)	半沸腾炉	B (半)
倒转炉排加抛煤机	D (倒)	室燃炉	S (室)
振动炉排	Z (振)	旋风炉	X (旋)

水管锅炉有快装、组装和散装三种型式。

为了区别快装锅炉与其他两种型式，在型号的第一部第一段用 K (快) 代替锅筒数量代号、组成 KZ (快、纵)、KH (快、横) 和 KL (快、立) 三个型式代号。对纵横锅筒式也用 KZ (快、纵) 型式代号，强制循环式用 KQ (快、强) 型式代号。

型号第二部分表示蒸汽 (或热水) 参数，共分二段、中间用斜线分开。第一段用阿拉伯数字表示额定工作压力为若干表大气压；第二段以阿拉伯数字表示过热蒸汽 (或热水) 温度。生产饱和蒸汽的锅炉，无第二段和斜线。

型号第三部分由二段组成。第一段以汉语拼音字母代表锅炉燃烧用燃料的种类，见表 9-28。第二段表示锅炉设计次序，用阿拉伯顺序编列，如属原型设计，则无第二段。

表 9-28 燃料品种代号

燃料品种	代号	燃料品种	代号
无烟煤	W (无)	油	Y (油)
贫煤	P (贫)	气	Q (气)
烟煤	A (烟)	木柴	M (木)
劣质烟煤	L (劣)	甘蔗渣	G (甘)
褐煤	H (褐)	煤矸石	S (石)

二、锅炉机组安装

锅炉机组的安装程序一般分为基础验收和放线，钢架安装，炉排安装，锅筒、集箱安装，受热面安装（包括对流管、水冷壁、省煤器、预热器、过热器等），胀管，本体管路安装，其他附件安装，水压试验，炉体砌筑，保温，烘炉，煮炉，试运转等。

1. 基础验收和放线

表 9-29 基础尺寸的允许偏差

项次	项 目	允许偏差/mm
1	基础坐标位置 (纵、横轴线)	± 20
2	基础各不同平面的标高	+ 0 - 20
3	基础上平面外形尺寸	± 20
	凸台上平面外形尺寸	- 20
	凹穴尺寸	+ 20
4	预留地脚螺栓孔：中心位置	± 10
	深度	+ 20 - 0
	孔壁的垂直度	10
5	预埋活动地脚螺栓锚板：	+ 20
	标高	- 0
	中心位置	± 5
	平面度 (带槽的锚板)	5
	平面度 (带螺纹孔的锚板)	2

首先对锅炉基础进行认真的检查和验收。主要对外形、纵横中心线、标高以及有关几何尺寸进行复查，是否超出标准的要求。基础尺寸的允许偏差，见表 9-29。基础超差部位应及时处理。钢架基础有预埋钢板时，测量后，用垫铁垫平焊好；无预埋钢板时，应将混凝土表面剔平，并适当配备垫板。

放线：主要安装中心线，见图 9-84。

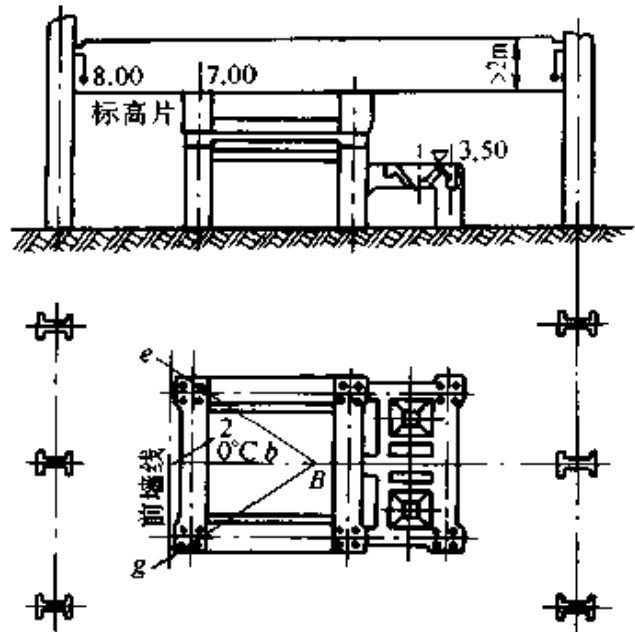


图 9-84 放基础中心线

(1) 锅炉机组纵向基准中心线——自炉前至炉后的中心线。

(2) 锅炉机组横向基准线——可采用前柱中心线或机组的前墙线。

(3) 标高基准线——在基础四周选几点，并作出标记。

放线方法：拉一根钢丝，两端用铁箍固定在主柱或墙上，钢丝两端用重锤拉紧。拉钢丝时，应校验两个主要安装中心线的垂直度，确定中心线位置后，在铁箍上锉一内槽，以防止钢丝移动。

按照所放中心线和标高基准线，核对下面几个尺寸的正确性：

(1) 基础外形相对于纵向及横向中心线的正确性。从前墙线上挂线坠，画出基础支持面上钢架立柱的中心，按中心线画出立柱底座的外形。

(2) 基础地脚螺栓孔位置。

(3) 基础上钢架立柱支持面标高的正确性，可用水准仪与房内基准线比较，确定基础和钢柱的标高。

(4) 灰斗尺寸及出灰口标高。

(5) 从灰室地面到基础表面的高度。

2. 钢架安装（钢结构）

表 9-30 锅炉钢结构组装前的偏差

项次	项 目	偏差不应超过/mm
1	立柱、横梁的长度偏差	± 5
2	立柱、横梁的弯曲度：每 m	2
	全长	10
3	平台、框架的不平度：每 m	2
	全长	10
4	护板、护板框的不平度	5
5	螺栓孔的中心距离偏差：	
	两相邻孔间	± 2
	两任意孔间	± 3

(1) 安装前的检查：零、部件是否齐全，尺寸是否符合要求，钢架有无挠弯、扭曲，螺孔位置、焊缝等有无缺陷。锅炉钢结构组装前的偏差，见表 9-30。

对钢架的挠度、弯曲应进行矫正，一般用千斤顶、压机进行。对于大型钢结构，必要时还应进行热矫正。

(2) 钢架的安装：钢架包括主柱、横梁、平台、扶梯、托架等，安装可采用散装或组合吊装。散装是先安装立柱，用紧绳固定，然后进行找正，再安横梁，点焊固定，形成整体后，进行焊接。这种方法适用于中、小锅炉。对于钢架结构较大可采取组合吊装的方法，即是将两侧钢架各组成一片，然后拼装焊接，找正后固定。焊接时为了防止变形，可采用分段跳焊法。用螺栓组对时，螺母位置要正确，组对件要紧密接触。

立柱的底板与基础表面间有灌浆层时，其厚度应为 25~60mm。立柱与预埋钢筋焊接固定时，应将钢筋弯曲紧靠在立柱上，钢筋长度和焊缝规格均不应低于设计要求。

钢架的找正可分两次进行。第一次初步找正。立柱底座在基础平面上的位置及标高找正后，进行立柱垂直度的找正，同时还要调整标高数值。钢架的找正还要检查钢架平面的相对位置，一般方法是测量两对角线之差，不能超过规定要求，见图 9-85。

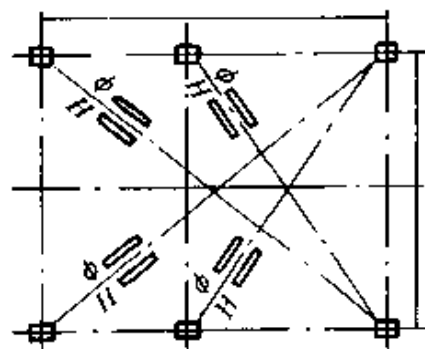


图 9-85 钢架对角线测量

初步找正完成后，固定拉紧绳、撑杆，并拧紧地脚螺栓。最后对已固定的钢架进行二次找正。合格后进行二次灌浆，并装好其他连接件。组装后的钢架允许偏差见表 9-31。

表 9-31 组装钢架的偏差

项次	项 目	偏差不应超过/mm
1	各立柱的位置偏差	±5
2	各立柱间距离偏差	±1/1000
	最大	±10
3	立柱、横梁的标高偏差	±5
4	各立柱相互间的标高差	3
5	立柱的垂直度	1/1000
	全高	10
6	两柱间在垂直面内两对角线的不等长度：	
	在每柱两端测量	1/1000
	最大	10
7	各立柱上水平面内下水平面内相应两对角线的不等长度	1.5/1000
	最大	15
8	横梁的平面度	1/1000
	全长	5
9	汽包横梁的平面度	1/1000
	全长	3

3. 炉排安装

图 9-86 是摇动炉排工作原理图。这种炉排比较简单，没有经常运动的机件，制造精度不高，安装也简单。

链条炉是一种结构比较完善的层燃炉，由于加煤、清渣、除灰主要操作都实现了机械化，因此，这种炉排得到广泛的应用。见图 9-87。

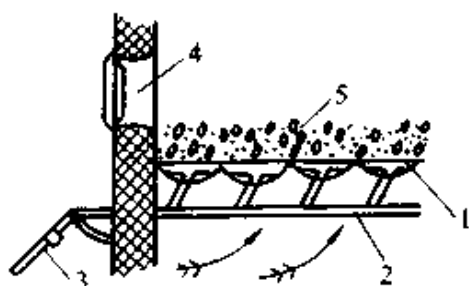


图 9-86 摇动炉排工作原理图

1—炉排 2—连杆 3—手柄
4—炉门 5—燃烧层

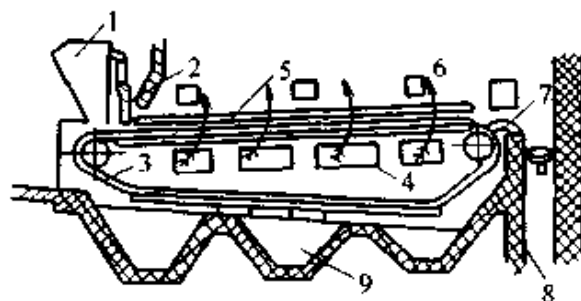


图 9-87 链条炉排结构图

1—煤斗 2—煤闸门 3—炉排 4—分区送风仓
5—防渣箱 6—启火孔及检查门
7—除渣板（老鹰铁） 8—渣斗 9—灰斗

链条式炉排的结构和炉排片的形式有多种。图 9-88 是常用的鳞片式炉排，炉排片 7 嵌插在左右两块夹板之间，一片紧连一片地前后交叠成鳞片状，两片间有不小的缝隙作为空气进入燃烧层的通道，以加速引火燃烧。

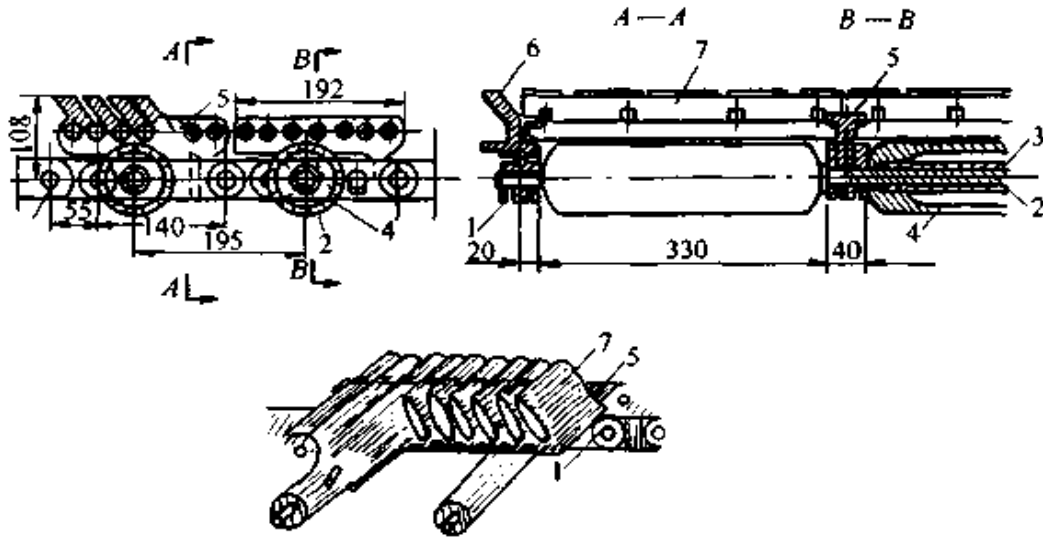


图 9-88 鳞片式炉排结构图

1—链条 2—节距套管 3—拉杆 4—铸铁滚筒
5—炉排中间夹板 6—侧密封夹板 7—炉排片

嵌插式炉排片的夹板用链销固定在承受拉力的链条 I 上，平行工作的各组链条，借拉杆 (3) 依次相串连。拉杆外的节距套管 (2) 则保证各组链条平行相隔一定的距离。链条和炉排片通过套于节距套管外的铸铁滚筒 (4) 支挂在炉排支架上，并可沿支架的支承面滚动前进，见图 9-89。当炉排行至尾部转入空行程后，炉排片借自重一片片地顺序翻转过长，倒挂在夹板间，借以卸除残留的灰渣煤屑，在空行时逐渐被冷却。

在支架的前后端各有一轴，前轴为主动轴，其上的链轮带动炉排运行；后轴为从动轴，轴上有光滑的大圆滚筒，可让链条自由滚滑而过。主动轴的一端，通过一套变速装置与拖动的电动机相连，链条炉排速度一般在 2~20m/h。

由于鳞片式炉排采用较细的圆钢使各组链条相串，组成柔性结构。其优点在于当主动轮上几个链轮之间齿形略有参差不齐时，各链条可自行调整，仍保持链轮与链节的良好啮合。另外炉排装卸十分方便，可在不停炉时更换炉排。

在炉排运行时，不论哪种炉排，它同两侧的固定板间因相对运动要

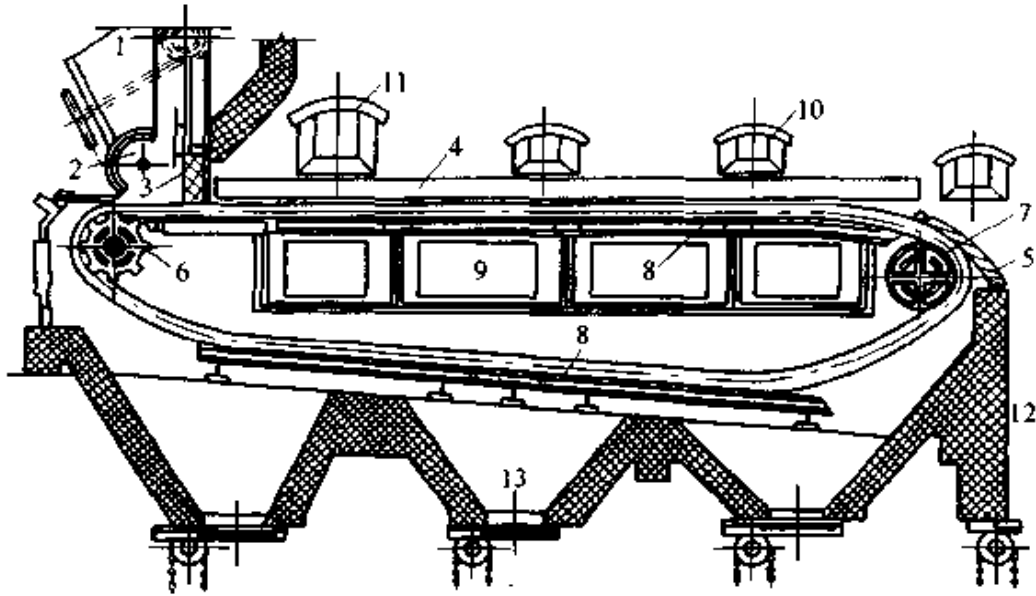


图 9-89 鳞片式炉排总图

1—煤斗 2—扇形挡板 3—煤闸门 4—防渣箱 5—老鹰铁 6—主动链轮 7—从动轮
8—炉排支架上、下导轨 9—送风仓 10—拨火孔 11—入孔门 12—渣斗 13—漏灰斗
有一定间隙。为防止空气由此窜入炉内，在间隙处装密封填料，以保证炉子正常工作。

炉排安装：

链条炉排组装前的偏差见表 9-32。

表 9-32 链条炉排零件组装前的偏差

项次	项 目	偏差不应超过/mm	附注
1	型钢构件的长度偏差	± 5	
2	型钢构件的弯曲度：每 m	1	
3	各链轮与轴线中点间距离 (a 、 b) 的偏差	± 2	图 9-90
4	同一轴上的链轮其齿尖前后错位 (Δ)	3	图 9-91

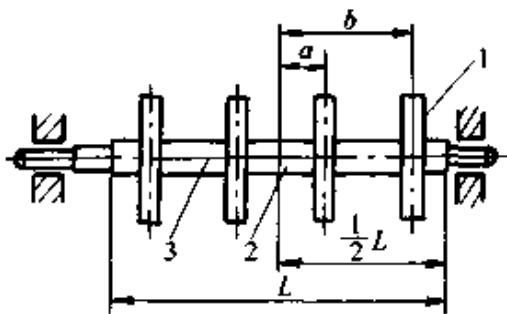


图 9-90 链轮与轴线中点间距离
1—链轮 2—轴线中点 3—主动轴

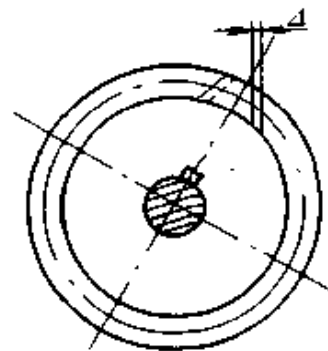


图 9-91 链轮的齿尖错位

炉排的安装顺序：下导轨、墙板、前后轴、链条和风室、滚轴、炉排片、挡渣器、减速箱等。

安装时，按锅炉基准中心线、前后轴中心线，放出墙板线，安装墙板支架及下导轨，合格后进行二次灌浆，当混凝土强度达到 75% 以上时，就可安装墙板和前后轴，并以墙板支座调整和找正墙板位置。为了防止运行时炉排跑偏，对前、后轴的平行度要认真检查。轴的密封及轴承要进行清洗，并加好润滑油。安装时要找好轴承和密封装置的间隙，以手盘车应能自由转动。伸入炉墙的一端，应加套管保护轴端。组装链条炉排的偏差见表 9-33。

表 9-33 组装链条炉排的偏差

项次	项 目	允许偏差/mm	附注
1	炉排中心线位置的偏差	2	
2	墙板的标高偏差	±5	
3	墙板的垂直度全高	3	
4	墙板间的距离偏差	±5	
5	墙板间两对角线的不等长度	10	
6	墙板框的纵向位置偏移	±5	以前、后墙中心线 为准，在墙板顶部打 冲眼测量
7	墙板框的纵向水平度 全长	1/1000 5	
8	两侧墙板的顶面应在同一平面上，其水平度为	1/1000	
9	前、后轴的水平度	1/1000	
10	前、后轴的轴心线的相对标高差	5	
11	前、后轴应平行，其间距误差	3	
12	前、后轴的对角线误差	5	

然后，在链轮及滑轮上安装经验查的链条，各链条不等长度不应超过 8mm，并将较长的链条置于炉排的中间，并根据链轮轮齿和所有链节的端部间隙，检验链轮在轴上的位置。上好链条联接销钉后，即可安装滚轴，不能用强制手段使滚轴就位，要保证转动灵活。当全部滚轴安装完毕，即可启动电动机，使炉排空车试运转，同时要调节松紧程度，使其达到良好状态。最紧时，滚轮与下导轨的间隙不大于 5mm；最松时，滚轴与下导轨则应刚好接触。

如转动时没有卡住及其他缺陷，就可大量装炉排片及支持件。装配时，零件自由配合，一排排顺序安装，全部安完后，炉排片应能自由翻

转，符合规定的间隙，边部炉排与墙板之间，要有膨胀间隙。技术文件无规定时，每侧间隙应为 10~12mm。

装防集箱时，要按程序进行装配，见图 9-92。先放防焦箱下的垫板和密封板，炉排片侧支架和垫板间形成密封装置。在炉排片边缘的侧支架装好后，就可装防焦箱。炉排和防焦箱的间隙为 +5mm。

装挡渣门时，要将它和风道接头相连，使灰渣能烧透。

炉排安装完后，应在冷态下以各挡速度空车运行，时间不少于 8h，运转中应无杂声、卡阻、鼓起和跑偏等不正常现象。

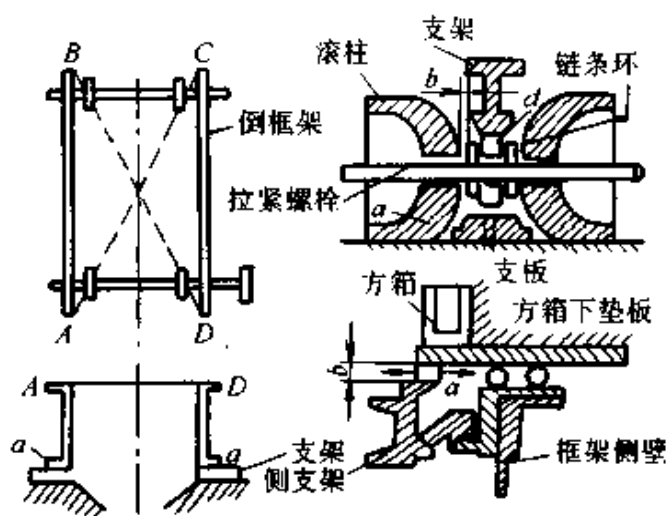


图 9-92 炉排防焦箱的安装

4. 锅筒和集箱安装

(1) 锅筒是钢板焊成的圆筒容器，它与给水管、出汽管、受热面管相连。锅筒常用 10、15、20 钢制造，它两端作成封头形，筒体上还开有人孔。

(2) 集箱也是一种长圆筒容器，它与锅筒和管子相联，形成一个循环系统。

(3) 锅筒必须在锅炉钢架组装找正固定后，方可吊装就位。

(4) 吊装锅筒、集箱前，应进行下列检查：

1) 锅筒、集箱两端水平和垂直中心线的标记位置是否准确，必要时，要根据管孔中心线重新标定或调整。

2) 胀接的锅炉，管孔尺寸的允许偏差，应符合表 9-34 的规定。

表 9-34 管孔的直径和偏差 (mm)

管子的公称外径 D	管孔直径	直径偏差	圆度	圆柱度
		不应超过		
32~42	$D+0.3$	+0.34	0.27	0.27
51~76	$D+0.5$	+0.40	0.30	0.30
83~89	$D+0.6$	0.46	0.37	0.37
102	102.7			
108	108.8			

3) 锅筒每隔 2m 应测量其内径, 以检查圆度, 其允许偏差见表 9-35。

表 9-35 锅筒圆度允许偏差表 (mm)

锅筒内径 D	内径偏差		圆度	
	壁厚 ≤ 38	壁厚 > 38	壁厚 ≤ 38	壁厚 > 38
≤ 1000	+3 -2	± 5	5	5
$1500 \geq D > 1000$	+5 -3	± 7	6	3
$1800 \geq D > 1500$	+7 -5	± 8	8	10

4) 锅筒、集箱表面和短管焊接处是否有裂纹、撞伤、分层等缺陷。

(5) 锅筒安装

1) 锅筒在钢架上的安装方法有两种: 一种是将锅筒安装在垫枕上或钢架的横梁上, 见图 9-93。另一种是将锅筒吊在钢架的支持横梁上, 见图 9-94。

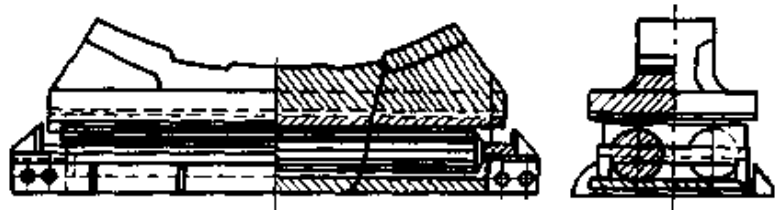


图 9-93 锅筒的滚柱支座

2) 锅筒吊装程序: 吊装前的准备; 吊装锅筒; 就位和找正。

吊装前的准备包括将锅筒运到锅炉房内合适的起吊位置上, 然后用绳索绑扎好。吊装前应进行试吊, 确认无问题时, 再将锅筒吊在设计规定的位置上。

锅筒安装位置正确与否直接影响到炉管的胀接质量。因此, 锅筒就位找正时, 首先要将锅筒垫枕安装正确, 其滑动支座内的零件在组装前应检查和清洗, 组装时不得遗漏。安装位置要正确。锅筒、集箱就位时, 应符合表 9-36 的规定。

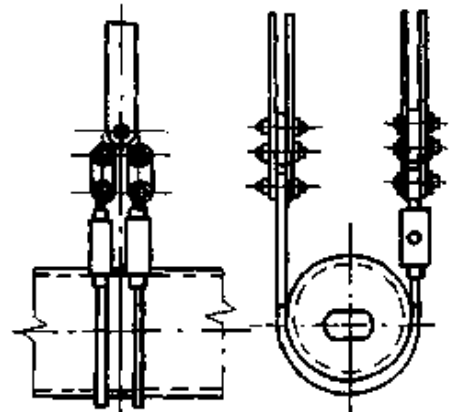


图 9-94 锅筒的挂杆

表 9-36 锅筒、集箱就位时的偏差

项次	项 目	偏差不允超过/mm	附注
1	锅筒纵向中心线、横向中心线与立柱的中心线的水平方向距离偏差	± 5	
2	锅筒、集箱的标高偏差	± 5	
3	锅筒、集箱的纵向不水平度 全长	2	图 9-95
	锅筒、集箱的横向不水平度	1	图 9-95
4	锅筒间 (P 、 S)、集箱间 (b 、 d 、 L)。锅筒与相邻过热器集箱间 (a 、 c 、 f)、上锅筒与上集箱间 (h) 轴心线距离偏差	± 3	图 9-96
5	水冷壁集箱与立柱间距离 (mm) 偏差	± 3	图 9-96
6	过热器集箱间两对角线 (k_1 、 k_2) 的不等长度	3	图 9-96
7	过热器集箱与蛇形管最底部的距离 (e) 的偏差	± 5	图 9-96
8	上、下锅筒最外边管孔中心线间的距离 c	± 3	图 9-97

锅筒使用吊架时，要检查装配到锅筒上的夹圈是否适用及装配是否正确。

锅筒安完后，应复查钢架的尺寸，并测量炉墙立柱中心线到锅筒中心线的距离是否正确。

找正管束位置与钢架侧墙的对称性时，可沿锅筒中心线移动锅筒，直到从锅筒最外侧的管孔到准线间的距离 l_1 和 l_2 相等为止（要考虑锅筒的热膨胀），其允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。准线拉在钢架柱子之间，高度应接近锅筒，见图 9-98。

检查锅筒（管孔板）中垂面的正确性，是用线坠对准锅筒封头上基准点进行的。调整时，将锅筒沿轴线转动，直到线坠的

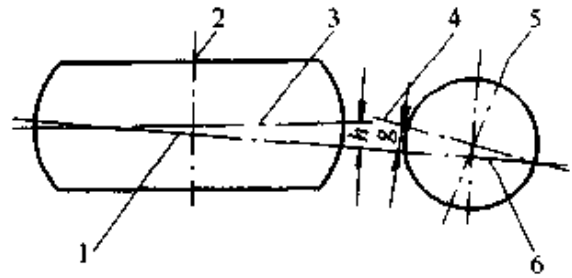


图 9-95 锅筒纵、横向水平度

1—水平线 2—锅筒横向中心线 3—锅筒纵向中心线 4—锅筒端面水平中心线 5—锅筒端面铅垂中心线 6—水平线

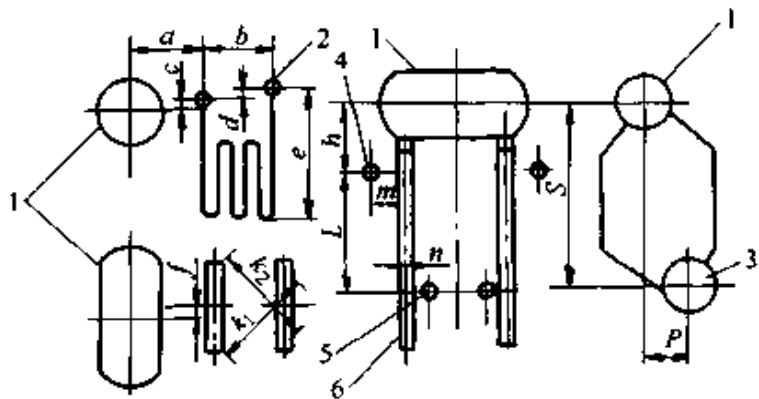


图 9-96 锅筒、集箱间距离

1—上锅筒 2—过热器集箱 3—下锅筒 4—水冷壁上集箱 5—水冷壁下集箱 6—立柱

准线通过上下两个基准点为止，见图 9-99。

锅筒根据基准点确定位置后，还要在锅筒上管孔板上用水平仪和线坠进行复查，如有差别，应以管孔板的位置为准。

锅筒纵向中心线的平面度，可用水管连通器进行检查。见图 9-100。

下锅筒的安装应根据已校正准确的上锅筒进行，方法与找正上锅筒相同。

集箱的安装方法与锅筒安装方法相一致。

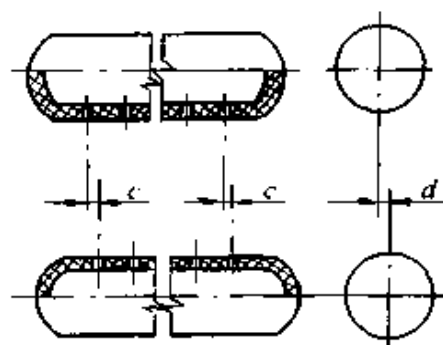


图 9-97 上、下锅筒间的相对位置

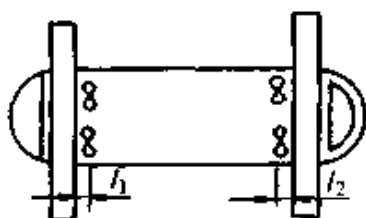


图 9-98 锅筒位置找正

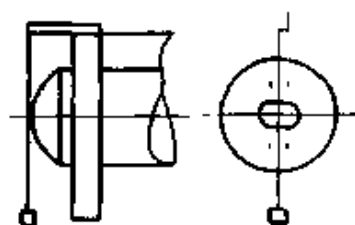


图 9-99 锅筒位置的找正

5. 锅炉管束安装

管束安装中绝大部分是受热面炉管胀接。胀接质量的好坏，可从三个方面衡量；即牢固性，管子胀接后在轴向拉力作用下不会从管孔拔出；严密性，经水压试验无渗漏；寿命，使用的时间长短。

胀管前的准备和检查：

(1) 清洗锅筒孔和管外壁，锐边和毛刺要用刮刀除去。

(2) 管子外表面不应有重皮、裂纹、麻点、压扁、沟纹、严重锈蚀等缺陷。

(3) 管子胀接端的外径为 $\phi 32\text{mm} \sim \phi 42\text{mm}$ 时，直径偏差不应超过 $\pm 0.45\text{mm}$ ； $\phi 51\text{mm} \sim \phi 108\text{mm}$ 时直径偏差不得超过 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

(4) 管子弯曲和长度的检查，可在样板平台上进行，见图 9-101，并应符合表 9-37 的规定。

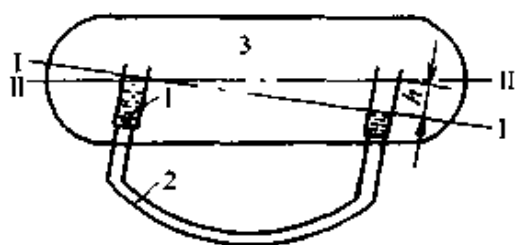


图 9-100 用连通器找锅筒纵向平面度

1—玻璃管 2—橡皮管 3—锅筒

表 9-37 弯曲管的外形偏差

项次	项 目	偏差不允许超过/mm
1	管口偏移 (Δa)	2
2	管段偏移 (Δb)	6
3	管口间水平方向距离 (m) 的偏差	± 2
4	管口间铅垂方向距离 (m) 的偏差	± 5

(5) 胀接管口端面倾斜度，不应大于管子公称直径的 2%，见图 9-102。

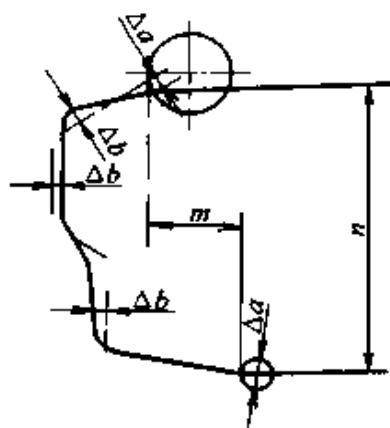


图 9-101 弯曲管外形偏差

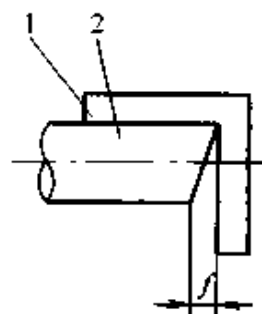


图 9-102 胀接管口端面倾斜度

1—90°直角尺 2—管子

(6) 锅炉本体受热面管子，应全部作通球试验，对于进行矫正的管子，通球应在矫正后进行。

(7) 胀接管端要作退火处理。方法可采用铅浴加热或红外线加热，温度一般控制在 600~650℃，时间 12~20min，在常温下冷却，可放在无水的熟石灰、石棉、硅藻土中加以保温。管端退火长度不应小于 100mm。

(8) 管子退火后要要进行打磨，使管端呈现金属光泽，打磨可用手工或机械方法，要保证磨管均匀。打磨管端长度应比汽包壁厚长 50mm。打磨后管端壁厚不应小于规定壁厚的 90%。

管子的安装、紧固和胀接：

先进行定位管安装，作为其他管子安装检查的基准点。通常是每列装 5 根定位管，汽包每边装一根，其余的装在中间。如锅筒位置正确，定位管标准，此时管子很容易插入管孔，管端也没有偏斜，而且插入长度也符合要求。连接上下两锅筒定位管装置，见图 9-103。

定位管安装后进行找正，并用胀管器紧固在管板上。安装其他管子时，定位管成为纵向每一列的检查找正起点，以保证整列管子的正确位置。其他管束的安装，按照管子预先的编号和管孔尺寸的匹配，同时从边缘向中间和从中间向两边一列列进行。中、低压锅炉最大容许间隙可参照表 9-38。

表 9-38 管径和间隙的数值 (mm)

管子公称直径	最大容许间隙	管子公称直径	最大容许间隙
38	1.1	83	2.2
51	1.5	102	2.6
60	1.7	108	2.75
76	2.0		

管子伸入上锅筒管孔，下端伸入下锅筒或联箱的相应管孔中后，用样板对管子中心线和间距进行找正，见图 9-104。向锅筒装管子时，不得用锤将管子打入管孔，这样操作会引起管子凹陷、管孔伤痕和管子偏斜等，给胀接造成不良后果。

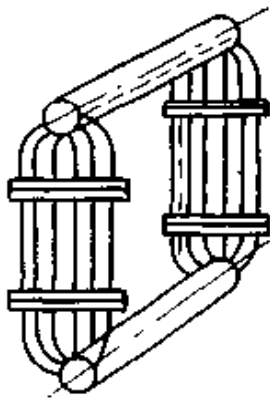


图 9-103 定位管装置示意图

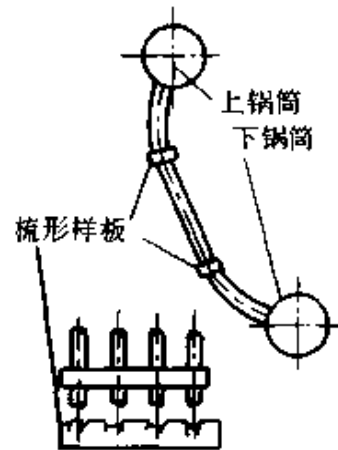


图 9-104 用“梳形样板”找正管子位置

管子插入管孔后，还应检查管壁和孔壁之间隙，并在沿管子圆周及沿管孔深度都应相同，而且要符合设备技术文件的要求或表 9-38 的数值。管子在锅筒内的伸出长度见图 9-105，其偏差应符合表 9-39 的规定。

表 9-39 管端伸出管孔的长度和偏差 (mm)

管子公称直径	32~63.5	70~108
管端伸出长度 g	10	12
偏差不应超过	± 3	± 3

上述各项检查合格后，用紧固胀管器将管子上、下端依次紧固，即对管子初胀，使管子端部和管孔壁完全接触，消除间隙。

由于管子伸出长度有一定的公差，因此，选择斜柱式紧固胀管器的滚柱长度时，应使它的工作部分大于管子伸出长度和孔壁厚的总和，并伸到锅筒外壁之外。滚柱的过渡部分应在管孔的外面，见图 9-106。因此滚柱的多余长度可在 0~10mm 之间。当从内、外面察看管子没有发现在管壁和孔壁间有间隙时，可认定紧固过程结束。

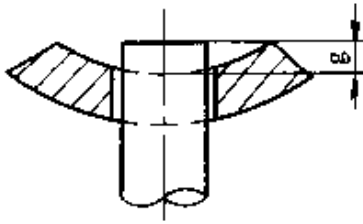


图 9-105 管端伸出管孔长度

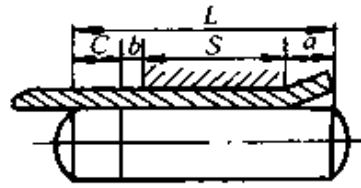


图 9-106 滚柱长度的选择 $b = 3 \sim 5\text{mm}$

管子初胀后，时间间隔不能过长，立即进行最后的胀管过程。管子的最后胀接。一般使用具有翻边滚柱的自进式胀管器。管口板边斜度应为 $12^\circ \sim 15^\circ$ ，板边根部倾斜处应贴紧管孔壁面。

胀接工作要在环境温度 0°C 以上进行，以防止胀口产生冷脆裂纹。胀完后，所有管子胀管率宜在 $1\% \sim 2.1\%$ 范围内。胀管率可按下式计算：

$$H = \frac{d_1 - d_2 - S}{d_3} \times 100$$

式中 H ——胀管率 (%)；

d_1 ——胀完后管子实测内径 (mm)；

d_2 ——未胀时管子实测内径 (mm)；

d_3 ——未胀时管孔实测直径 (mm)；

S ——未胀时管孔实测直径与管子实测外径之差 (mm)。

胀完后的胀口不应有过胀、偏挤（单边）现象，翻边部分不应有裂纹。过胀是严重的缺陷，见图 9-107。胀大部分与未胀部分直径相差很大，从管内和管外均可看出显著的过渡部分，管孔边缘被挤凸出，产生局部的塑性变形，管口沿纵向伸长，在锅筒外形成沟环，管子过胀太大，要更换新管。

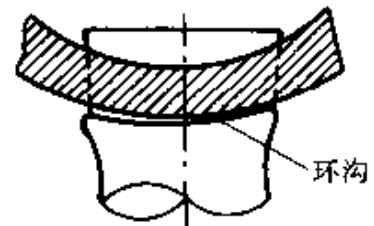


图 9-107 管子过胀

控制胀管率可采用两种方法：一种是进行试

胀，它的作用是确定合适的胀管率，检查胀管器质量，检查管材的胀接技术性能；另一种方法是通过控制胀管器胀杆的进程来实现。

6. 抛煤机安装

使用比较广泛的是机械风力抛煤机，它的构造见图 9-108。煤自煤斗下滑，经给煤机滑块 3 的往复推饲，顺调节板 4 下落后，被抛煤转子的叶片抛撒于炉中，完成机械播煤工作。辅助的风力抛煤主要由播煤风槽 8 斜面上的一排喷口喷出的气流来完成。为防止炉内高温辐射，在转子外围的壳体中设有冷却风套 6，冷却风从风口 7 喷出，也起到部分播煤作用。两侧面风管 9 中喷出的气流，其空气量占总风量的 20% 左右，它们在完成风力抛煤的同时，还起着送二次风的作用，以促成燃料进一步燃烧。

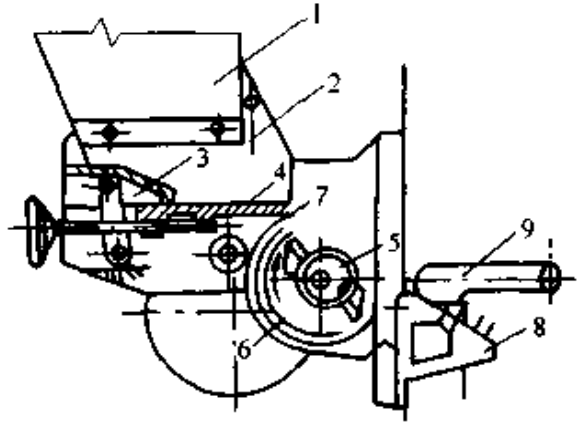


图 9-108 机械风力抛煤机

- 1—煤斗 2—落煤调节板 3—给煤机
滑块 4—抛煤远近调节板 5—抛煤转子
及叶片 6—冷却风套 7—冷却风喷出口
8—播煤风槽及喷口 9—侧风喷口

机械风力抛煤机一般都是整体来现场的，因此，安装前首先做好检查、清洗工作。安装时的标高、位置（抛煤机转子中心线与炉排工作面之间的垂直距离），应根据燃烧室炉排的构造和尺寸来确定，其标高偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ，相邻两抛煤机的间距偏差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。一般每台抛煤机只用一台电动机来带动。当抛煤机采用串连传动时，相邻两抛煤机桨叶转子轴的同轴度不应超过 3mm ，传动装置与第一个抛煤机轴的同轴度不应超过 2mm 。

在抛煤机安全联轴器中装有保险销子，当抛煤机被大块煤或杂物突然卡住时，销子被折断，这样避免损坏电动机。销子的更换比较容易。安装抛煤机时，应将保险销子装好，并不得任意更换销子材料。

风管、冷却水管与抛煤机联接应严密，不得漏风、漏水。

抛煤机安装完，应做不少于 2h 的无负荷试运转，运转应正常，振动和噪声要轻微。

7. 省煤器与空气预热器安装

(1) 省煤器安装

1) 安装前, 对铸铁省煤器的肋片进行检验, 每根肋片管上有破损的肋片数不应多于总肋片数的 10%, 整个省煤器中有破损肋片的管数不应多于总管数的 10%。

2) 检查支承架的正确性: 支承架不应偏斜, 用测量对角线方法检验, 允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。支架的纵、横向中心线允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。其平面度为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。支架找正后, 用水泥砂浆固定。

支架安好后, 开始安装鳞形管, 同时要检查鳞形管及弯头法兰的密封面有无径向沟槽、波纹、歪斜、坑凹及其他缺陷; 用钢卷尺检查法兰加工面的管子长度, 允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$; 用 90° 直角尺检查管子法兰面的直角, 允许偏差为 1mm , 检查鳞片的修整情况。

3) 用吊装工具安装管排, 使其就位, 每排管子的鳞片必须位于相邻管排鳞片的中间。

安装鳞片管时, 还要在矩形法兰的沟槽内塞入直径为 20mm 的石棉绳, 并保证其密封性。

每组鳞片管的安装偏差为: 平面度允差 1.0mm ; 垂直度允差 $\pm 5.0\text{mm}$; 管与管中心线距离的允差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

4) 鳞片管安装好后, 开始安装联通弯头, 并加垫。安装联通弯头前, 先把螺栓放进鳞片管的法兰孔内, 用锁紧螺母紧固。对螺栓及螺母也应检查其是否完好, 安装前涂上润滑油和石墨粉。

5) 省煤器管子为串联联接, 用小型联通弯头接通水平排列的管子, 用大型联通弯头接通邻近两排靠外侧的管子, 见图 9-109。

管子法兰与联通弯头间垫以 $2\sim 3\text{mm}$ 厚的石棉橡胶垫圈。垫圈安装前要在热水中浸泡, 并涂上干石墨粉。

6) 蛇管省煤器的安装分散装和整体安装。整体蛇管省煤器吊装时, 卡具不要使蛇形管受力。吊装前, 要将支承梁的平面度和标高找好。

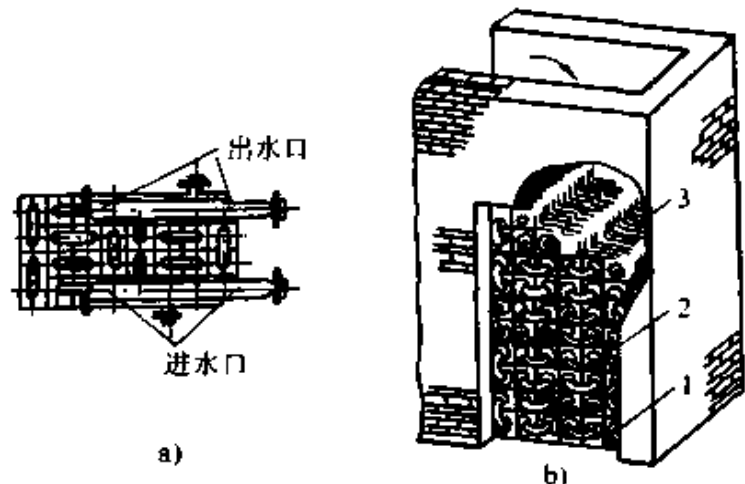


图 9-109 铸铁管省煤器组装图
a) 圆形鳞片省煤器 b) 方形鳞片省煤器
1—进水口 2—铸铁弯头 3—鳞片管

散装蛇管省煤器，应先将集箱位置、标高找好，安装集箱并加以固定，然后安基准蛇形管，再依次安装其他蛇形管排。蛇形管卡子一般为耐热合金钢材质，卡子应保持平直无弯曲，不能卡死蛇形管。蛇形管的焊缝、焊口应对正，不能错口，焊缝应符合焊接技术要求。

钢管省煤器组装后，其允许偏差，见表 9-40。

表 9-40 组装钢管省煤器的各项偏差

项次	项目	偏差不允超过/mm	项次	项目	偏差不允超过/mm
1	宽度误差	±5	3	支承梁水平误差	±2
2	边排管垂直偏差	±5	4	支承梁标高误差	±5

7) 安装好的省煤器，应进行压力试验，其标准应符合设计规定。

(2) 空气预热器安装

1) 空气预热器有铸铁板形、钢板形及管形等。铸铁板形的是用 1000mm × 1000mm 的铸铁板，组成方箱装配起来。管式空气预热器是用薄壁直管组成，管径为 51mm，壁厚 1.5~2mm，管子用胀接式焊接装在厚度为 10~20mm 的短管板上，见图 9-110。这种预热器应用比较广泛。

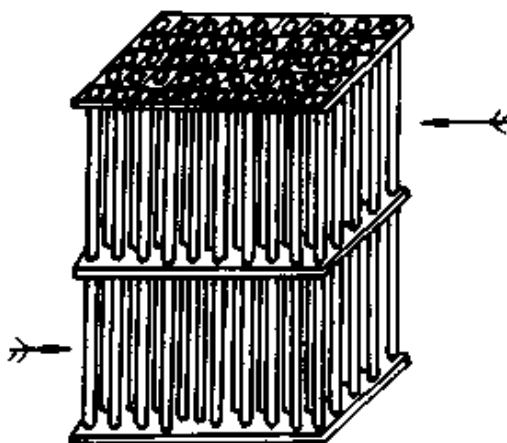


图 9-110 空气预热器

2) 空气预热器一般是整体运到现场内。安装时，先检查其质量是否符合要求。对散装来现场的，应组装好再进行安装。

空气预热器的安装程序：

a. 首先安装支持框架，找正其平面度，允差为 ±5mm，上部标高偏差为 ±10mm，并检查锅炉钢架与空气预热器支持框架的纵向和横向中心线是否相符，其允差为 ±3mm。

b. 安装预热器方箱：吊装方箱时，最好用平衡梁，使方箱平稳地安装在支架上。这时要检查方箱相对于支持框架的纵、横向中心线位置，允许偏差为 ±3mm；同时要核对方箱的垂直度，允差为 5mm。

c. 安装通风箱框架，固定后将框架与管板焊在一起，所有补偿器密封板应焊平。

3) 按设计要求, 检查间隔与隔板的热膨胀间隙是否符合要求。

4) 对空气预热器及联接的空气管道, 在管道出口堵塞的情况下, 试验其密封性。试验方法可用肥皂水进行。对渗漏处应加以处理。

8. 过热器安装

(1) 图 9-111 是一种垂直式过热器。它是由蛇形管和进、出口集箱组成的。过热器的作用是把饱和蒸汽加热成为过热蒸汽。它的结构简单, 安装方便, 除灰容易。蛇形管的规格一般是 $\phi 28\text{mm} \sim \phi 42\text{mm}$, 管壁厚度为 $2 \sim 4\text{mm}$, 用 20 钢制造。它的组成形式有单管和双管之分, 见图 9-112。

(2) 过热器的安装方法, 有垂直和水平两种形式。常用的多采用垂直式安装。

过热器是利用其联箱把蛇形管吊装在烟道中, 联箱是安装在钢架或锅筒上。如管数较多, 见图 9-113, 可直接吊挂在炉顶钢架上。由于过热器安装不全部固定, 因而热膨胀自由, 能适应伸缩的要求。

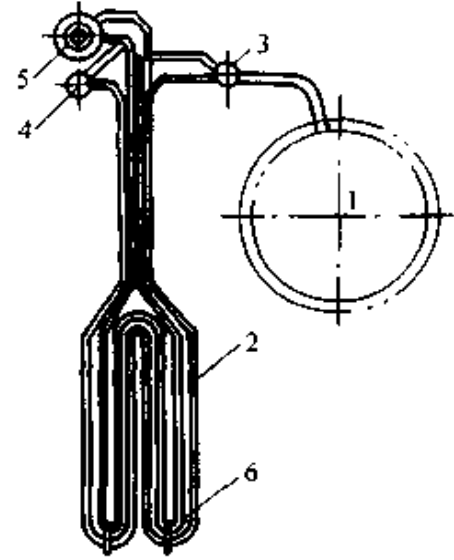


图 9-111 垂直式过热器构造
1—锅筒 2—蛇形管 3—进口集箱 4—中间集箱 5—出口集箱 6—夹紧箍

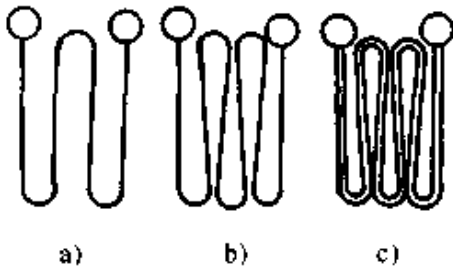


图 9-112 过热器蛇形管形式
a)、b) 单管 c) 双管

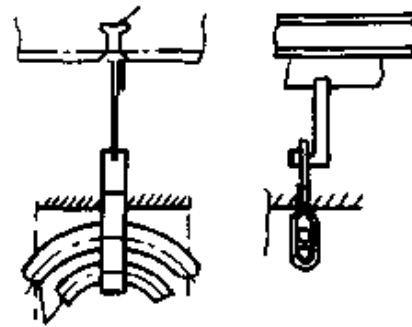


图 9-113 蛇形管吊挂在炉顶钢架上

(3) 卧式过热器的安装, 是利用挡火墙上的支架进行吊装, 并用夹块来固定和间隔蛇形管, 见图 9-114。

(4) 过热器联箱和蛇形管联接可采用胀接或焊接的方法。通

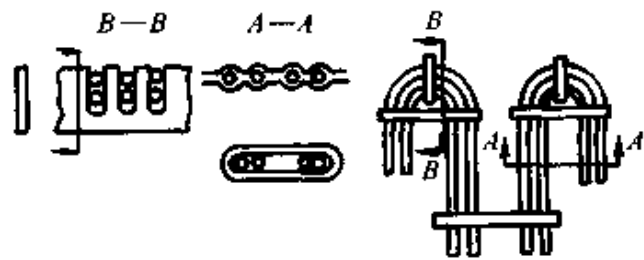


图 9-114 蛇形管固定与间隔方法

常用焊接方法比较多，因为它容易保证质量。焊接时有两种方法：一是将蛇形管焊在联箱的管孔内，另一种用管接头与联箱联接，也就是焊在联箱的短管上，见图 9-115。

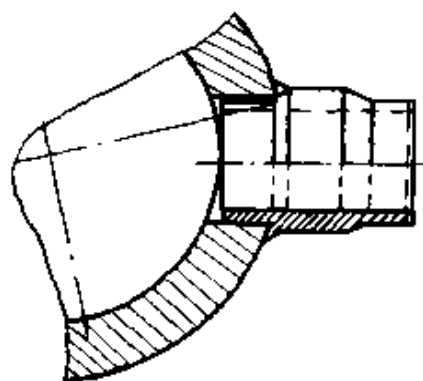


图 9-115 管接头与联箱的连接

(5) 蛇形管安装前，应进行压力试验和通球检验，以保证其质量。

(6) 组装过热器的偏差应符合表 9-41 的规定。

表 9-41 组装过热器的偏差

项次	项 目	允许偏差/mm
1	过热器边排管中心与钢柱中心距离	± 5
2	过热器各管排间隙应均匀，间距误差	± 4
3	管排高低误差	± 5
4	过热器联箱两端水平误差	2
5	过热器集箱标高误差	± 5

9. 锅炉附件安装

(1) 压力表 它是测量和表示锅炉压力的一种仪表。压力表盘直径不得小于 100mm。同时它要安装在视线容易看清晰的位置上，表上要有明显的额定压力的标志。

压力表通常要垂直安装，表下部装存水弯管，积存冷凝水，以防止开启时受蒸汽或热水的冲击损坏压力表。在表与存水弯之间，加装旋塞和三通阀，以便于更换压力表和清洗存水弯管。为了确保安全，在锅炉上要安装相同的两只压力表，便于相互校验。

(2) 安全阀

1) 安全阀是锅炉机组中一种安全装置。它的作用是当锅炉压力超过额定压力限时，能自动开启并排出汽体，并且也预示操作人员要采取措施。与此同时，安全阀开启后排出压力汽体很快泄压，使锅炉压力又回降到额定工作压力，并自动开关。以此保证锅炉运行安全。

2) 安全阀一般安装在锅炉的上锅筒，过热器出口集箱及省煤器进、出口管路上。

3) 锅炉常用的安全阀有：杠杆式和弹簧式两种。杠杆式安全阀，见图 9-116。它的工作原理是利用杠杆和阀杆的作用，将重锤的重力压在阀心上，当锅炉压力超过重锤向下压时，阀心被顶起，使超压气体排出。安全阀开启压力的调整，是通过变动重锤与阀心距离来进行的。这种安全阀构造简单，调整容易，动作灵活可靠，应用比较广泛。

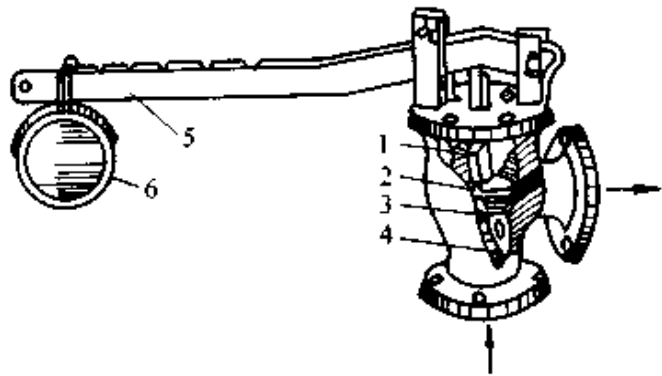


图 9-116 重锤单杠杆安全阀

1—阀杆 2—阀心 3—阀座
4—阀体 5—杠杆 6—重锤

弹簧式安全阀的工作原理主要是靠弹簧力通过阀杆压在阀心上。当锅炉压力超过弹簧压力时，弹簧被压缩，阀杆上升，阀心开启，气体从阀座和阀心间排出，见图 9-117。弹簧作用力的大小，可通过螺钉的松紧来进行调整。

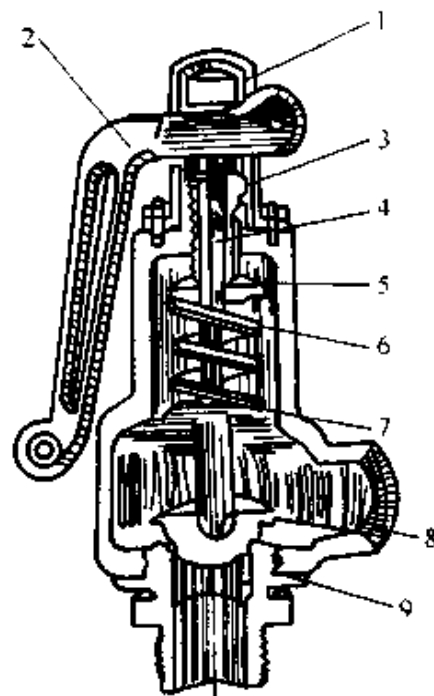


图 9-117 弹簧式安全阀

1—阀帽 2—提升手柄 3—调整螺栓
4—阀杆 5—上压盖 6—弹簧
7—下压盖 8—阀心 9—阀座

按照锅炉安全规程的要求，蒸汽量大于 0.5t/h 的锅炉要安装两个安全阀。一个是控制安全阀，一个是工作安全阀。前者开启压力稍低于后者。

装有过热器的锅炉当发生超压时，应使过热器安全阀先动作，避免损坏过热器。

安全阀的开启压力，见表 9-42。安全阀要垂直安装在锅筒和集箱的最高点。它和锅筒、集箱间不得安装阀门。同时安全阀要加装排汽管，通往室外，排汽管也不得装阀门。

表 9-42 安全阀开启压力的数值

锅炉工作压力 p/MPa	汽包安全阀开启压力		过热器安全阀 开启压力	省煤器安全阀 开启压力
	控制安全阀	工作安全阀		
<1.3	$p+0.02$	$p+0.05$	$p+0.02$	$p+0.1p$
≥ 1.3	$p+0.04p$	$p+0.03p$	$p+0.04p$	

(3) 水位计 它是显示锅炉内水位高低的附件。通过水位计可控制锅炉进水情况，防止无水或缺水现象发生。

水位计安装前，要检查汽水系统是否畅通、三通阀是否严密和动作是否灵活。水位计上最高、最低和正常水位的标志是否正确和明显。水位计安装后，以正常水位为准测量，其高差不应大于 2mm。水位计下端加装旋塞和放水管。

(4) 水位警报器 它主要用在蒸发量超过 2t/h 的锅炉上。图 9-118 是浮子式水位警报器。这种警报器是由筒体内上、下两浮子、吊杆、左右操纵杆、左右汽阀和汽笛等组成。水位警报器的作用是：当水位降到极限低水位和到达极限高水位时，它将发出音响报警，督促操作人员采取相应措施。

水位警报器安装前，应检查汽水系统是否通畅。安装后以正常水位为基准，其高差不大于 2mm。

三、水压试验、烘炉、煮炉及试运行

1. 水压试验

锅炉的汽、水系统及其附属装置安装完后，应进行水压试验。

(1) 试压前的准备

- 1) 准备好经过运转合格的水泵及两只经计量的压力表。
- 2) 检查各系统联接部分的严密性和零件的完整情况及管路系统有

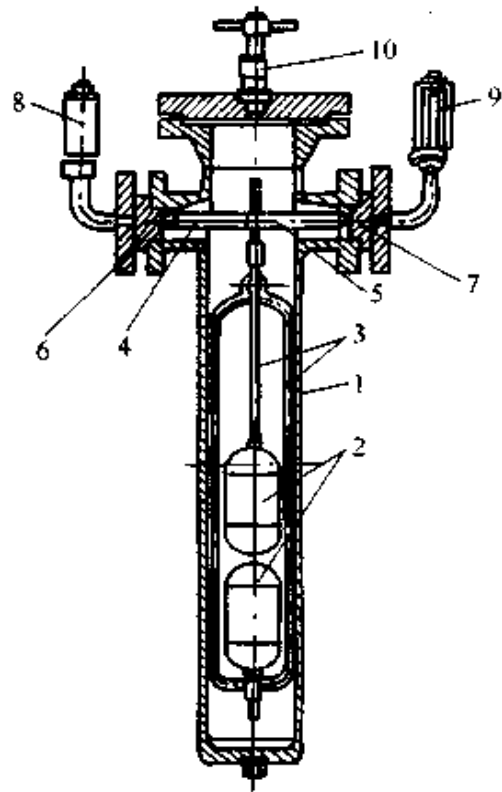


图 9-118 浮子式水位警报器

- 1—筒体 2—浮子 3—吊杆
4—左操纵杆 5—右操纵杆 6—左汽阀
7—右汽阀 8—左汽笛
9—右汽笛 10—空气阀

无堵塞现象。

3) 将锅筒、联箱内的脏物和其他杂物清除干净。并封闭人孔、手孔和塞孔。

4) 接通上水管和联箱的排水管。

5) 检查所有法兰，手孔门的螺栓是否拧紧，并将安全阀隔开。

(2) 压力试验

1) 试验用水温度应高于室温，以免锅炉表面结露，但水温不能超过 60°C ，过高时容易损坏胀口。同时也不能用冷水试验，防止收缩产生不良影响。

2) 打开锅炉最高点的汽阀，以便锅炉充水时排出空气。

3) 试验压力应按照设计或施工及验收规范的规定进行。

4) 锅炉充水速度不宜过快，当水充满，并排除空气后关闭阀门。此时应检查有无渗漏处，锅筒支座及钢架有无位移现象。

5) 确认系统正常后，可进行升压。当压力达到 $0.3 \sim 0.4\text{MPa}$ 时，进行稳压，并对锅炉系统进行全面检查，发现漏水或渗水处，应作补救处理。

6) 当压力升至工作压力时，应停止升压，再进行一次检查，检查各部件有无渗漏。如情况正常再升到试验压力保持 5min ，在此时间内压力降不超过 0.05MPa 时，将压力降至工作压力，并对锅炉系统进行全面检查，使其达到下面要求为合格：焊缝处无大小泄漏，胀口处无漏水现象（水珠向下流），有水迹或泪水（水珠不下流）的胀口不补胀。

7) 水压试验合格后，应将系统内水排出，并安装好锅筒内部件后，封闭人孔。

8) 冬季进行锅炉水压试验时，要采取相适应的防冻措施，以保证锅炉系统的安全。

2. 烘炉

(1) 烘炉是在水压试验合格，炉墙砌筑和保温结束，热工仪表校验完成，确定了测温和取样点等情况下进行。

(2) 烘炉主要是利用燃料（或蒸汽）对炉膛进行加热烘烤，使其达到一定的干燥程度。烘炉方法可采用火焰或蒸汽。烘炉的步骤、程序和标准可按设备安装技术文件的规定进行。

(3) 炉膛点火后，向炉内缓慢充软水，水温应在 $20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 左右。

当省煤器放空阀出水时，即关闭此阀。锅筒内达到最低水位时，应进行一次全面检查。

(4) 用火焰烘炉时，点燃后，火不宜过大，并调节烟道闸板，使炉内保持负压（20～30Pa），然后再加煤增大火焰，使过热器烟气温度不断升高。与此同时可开动炉排和鼓、引风机。并随时测定过热器烟气温度来控制燃烧状态。

(5) 炉墙的升温标准 重型炉墙第一天温升不超过 50℃，以后温升不超过 20℃，后期烟温不高于 220℃；轻型炉墙每天不超过 80℃，后期烟温不高于 160℃；耐热混凝土炉墙在正常养护期满后，才可进行烘炉，温升每小时不超过 10℃，后期烟温不高于 160℃，在最高温度内持续时间为 24h。炉墙特别潮湿时，应适当减缓温升速度，加强通风，及时排出水蒸汽。

(6) 烘炉过程中，要打开上部检查门使水蒸气排出，并定时转动炉排，防止损坏。

(7) 蒸汽烘炉主要用蒸汽加热炉水。可从水冷壁集箱排污点接入，不断加热炉水（水温应在 90℃ 左右）来烘干炉墙。同时要开启挡门、炉门，打开烟、风门，加强通风，使炉墙烘干均匀。

(8) 轻型炉墙的烘干时间一般为 4～6d；重型炉墙为 14～16d。蒸汽烘炉后期应补加火焰烘炉，提高烘炉质量。

(9) 烘炉的合格标准：采用炉墙灰浆试样法：在燃烧室两侧墙中部炉排上方 1.5m～2m 处，或过热器两侧墙中部，取耐火砖、红砖的丁字交叉缝处的灰浆样（约 50g），其含水量应小于 2.5%。用测温法：在燃烧室两侧墙中部炉排上方 1.5～2m 的红砖墙外表面向内 100mm 处，温度应达到 50℃，并保持 48h。

3. 煮炉

(1) 煮炉是为了洗除锅炉内表面的铁锈、铁渣和去掉油质和其他污垢。在煮炉过程中，使所有的金属氧化物、污垢从锅炉内壁脱落，油质因碱性作用溶解在水中。煮炉时，碱液煮沸后，所有污渣被碱液冲洗处于悬浮状态。

(2) 碱液煮炉时，过热器不用碱液处理，它的污垢在煮炉和出口联箱吹洗时，用蒸汽进行吹洗，吹洗压力为工作压力的 75%，吹洗时间不少于 15min。

(3) 煮炉时加药量应按设备技术文件的规定进行。同时也可参照表 9-43 的规定。

表 9-43 煮炉时的加药配方

药品名称	加药量 / (kg/m ³)	
	铁锈较薄	铁锈较厚
氢氧化钠 (NaOH)	2~3	3~4
磷酸三钠 [Na ₂ PO ₄ ·(2H ₂ O)]	2~3	2~3

(4) 加入碱液和锅炉点火后, 开始逐渐升高锅炉压力, 升压前应打开过热器排污阀。压力升到 0.4MPa 时, 保持 12h, 在此期间将人孔、手孔、盖板、法兰等的紧固螺栓进一步拧紧。对有金属垫的接合面不应在受热情况下拧紧。

(5) 在煮炉过程中, 要调整炉内水位 (最高水位)。可适当进水, 但不应过量进水, 防止将碱液带到过热器内。

(6) 开始煮炉 12~20h 后, 锅炉应进行小量排污, 大量排污是在煮炉后期进行。煮炉后期应使炉内压力保持在工作压力的 75% 左右。

(7) 煮炉时间一般为 2~3d, 如在较低压力下煮炉, 则应适当延长煮炉时间。

(8) 煮炉过程中, 应对水取样分析, 炉水碱度稳定 24h 后, 则表明煮炉达到要求, 然后开始洗炉, 此时要连续排污和充水, 以降低炉水碱度。当碱水达到标准值时, 再保持 1~2h, 洗炉即可结束。锅炉熄火后, 再排污、给水降低炉内温度。当炉水温度与给水温度接近时, 停止给水, 再排污直到将炉内水排完。

(9) 锅炉水排完后打开锅筒人孔和联箱手孔, 清除内部沉积物, 冲洗内部及阀门, 并检查排污阀是否堵塞。

4. 蒸汽试验

(1) 烘炉、煮炉合格后, 即可进行蒸汽升压试验。将锅炉加热升压 0.3~0.4MPa, 然后对其范围内的法兰、人孔、手孔和其他联接部分的螺栓进行热状态下紧固。

(2) 再继续升压至工作压力, 并检查人孔、手孔、阀门、法兰和垫料的严密性及锅筒、联箱、管路和支架等的膨胀情况, 垂直和水平方向

的膨胀值等是否符合规定。

(3) 调整安全阀的开启压力，按表 9-42 规定进行。两安全阀开启压力，应有一个是较低的，而且过热器上的安全阀其开启压力应最低。安全阀不应有漏汽和冲击现象。

5. 锅炉机组全负荷试运行

锅炉机组试运行时间应在规定负荷下运行 72h，并保持正常的蒸汽参数。试运行过程中无异常情况，即可投入正式运行，并整理技术档案资料，办理工程交工。

第七节 桥式起重机

一、桥式起重机的构造、分类和技术参数

1. 桥式起重机的构造

桥式起重机主要用在厂房、仓库和露天作业中从事吊运工作的机械。它是由金属结构件（车架、操作室）、机械传动系统（大、小车运行机构、起升机构等）及电气系统等三部分组成。

(1) 金属结构件 主要有桥架和小车架。

桥架由主梁、栏杆、端梁、走台、小车轨道和操作室等组成。桥架是运行在室内、外高空的轨道上。它是桥式起重机的主要承载结构部件。

小车架，它是由钢板和型钢焊接成的金属结构件。

(2) 机械传动系统 主要有大车运行机构、小车运行机构及起升机构，上述机构的作用是将物件吊起、放下或搬运到需要的位置上，完成整个吊装作业。

1) 大车运行机构：该机构安装在上桥架上，是由电动机、联轴器、传动轴、减速器、车轮及轴承箱等组成，见图 9-119。

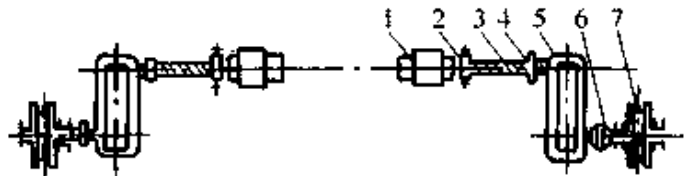


图 9-119 大车运行机构

1—电动机 2—制动轮半齿轮联轴器 3—传动轴
4—半齿联轴器 5—减速器
6—全齿联轴器 7—车轮

2) 小车运行机构，它安装在小车架上，沿桥架上的轨道作直线往返运动。小车运行

机构的组成与大车运行机构基本相同，见图 9-120。

3) 起升机构：起升机构安装在小车架内，与小架一起作横向运动。它是由电动机、减速器、传动轴、制动器、滑轮、卷筒、钢丝绳等组成。见图 9-121。

2. 桥式起重机的分类

桥式起重机一般分为通用桥式起重机、冶金桥式起重机及龙门起重机三大类。各类桥式起重机又分多种形式，见表 9-44。

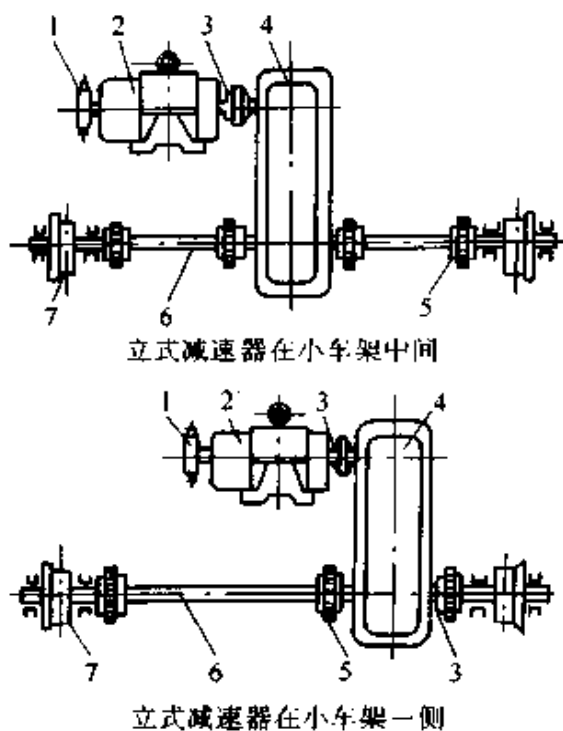


图 9-120 小车运行机构

- 1—制动器 2—电动机 3—弹性联轴器或全齿联轴器 4—减速器 5—半齿联轴器
6—传动轴 7—车轮

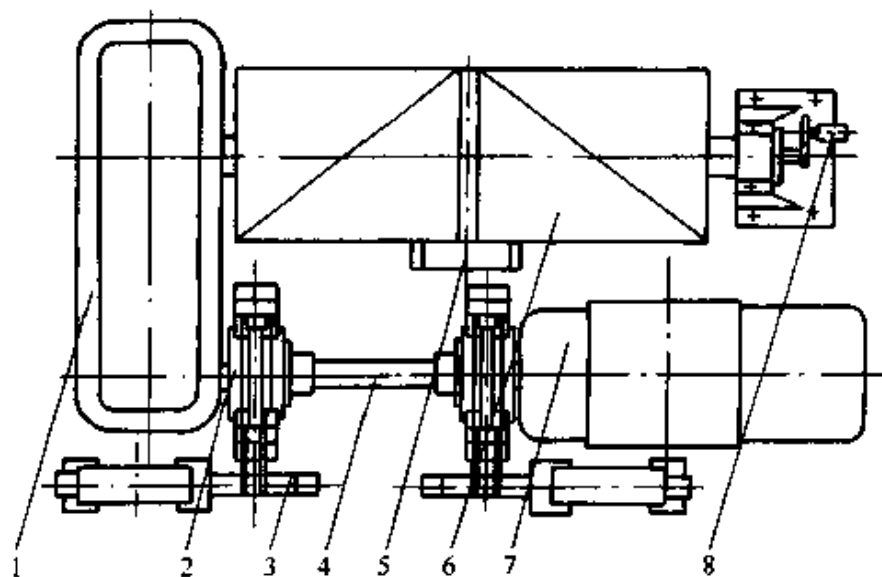
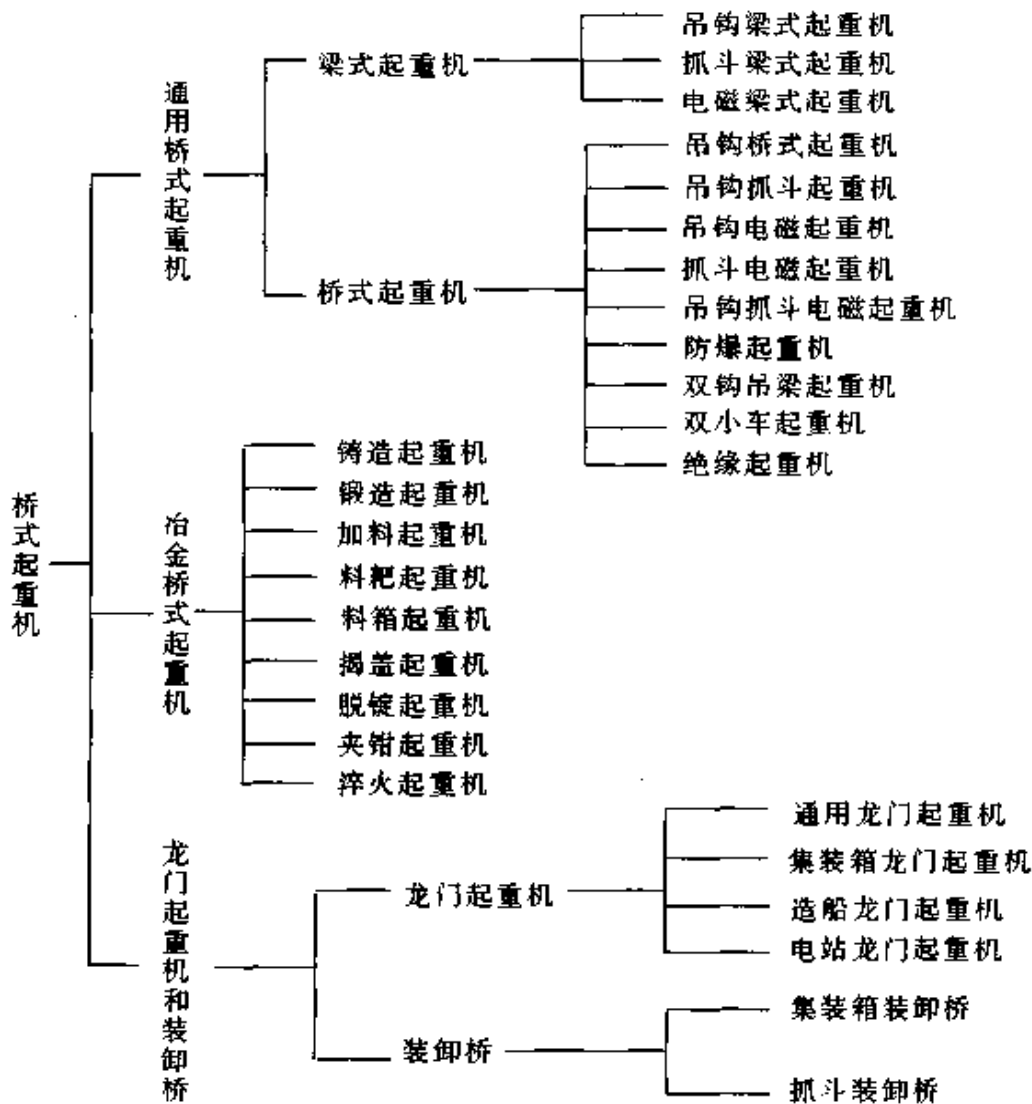


图 9-121 起升机构

- 1—减速器 2—制动轮 3—制动器 4—传动轴
5—定滑轮 6—卷筒组 7—电动机 8—起升安全开关

表 9-44 桥式起重机的分类表



3. 主要技术参数

(1) 额定起重量 是指吊起物件的重量和辅助装置重量的总和。通用桥式起重机起重量在 30~500t，冶金桥式起重机起重量还要大。

(2) 跨度 是指大车运行轨道两中心线间的距离。一般桥式起重机跨度为 7~34m；龙门吊车可达 18~35m。

(3) 轨距 小车运行轨道两中心线间距离为小车的轨距。

(4) 起升高度 是指桥式起重机取物装置上、下极限位置间的距离。一般桥式起重机起升高度为 12m~32m。

(5) 额定起升速度 是指电动机在额定转速下，起升机构起物装置上升的速度。

(6) 大小车额定运行速度 是指电动机在额定转速下, 大、小车的运行速度。通用桥式起重机(吊钩式)各工作机构速度范围, 见表 9-45。

表 9-45 通用桥式起重机(吊钩式)的速度 (m/min)

起重机的级别	起升速度		运行速度	
	主起升	副起升	小车	大车
轻级	1~3	8~10	10~20	30~40
中级	2~12	8~20	20~40	40~90
重级	8~20	18~20	40~50	70~120

二、桥式吊车的安装

1. 轨道安装

(1) 吊车梁的检查与放线, 吊车梁质量的好坏, 是保证轨道安装质量的基础, 为此应符合下面要求:

1) 要保证沿梁横向及纵向的预留螺栓孔位置偏差均小于或等于 5mm; 预留孔对两中心线的位移允差 5mm, 螺栓孔直径应比螺栓直径大 2~7mm。

2) 两吊车梁上平面相对标高的偏差, 在柱子处不大于 10mm, 其他处不大于 15mm; 吊车梁的顶面标高, 对设计标高的偏差为 ± 10 mm。

3) 梁中心线位置对设计定位轴线的偏差不大于 5mm。每根吊车梁基准中心线与柱子边尺寸要符合规定: 起重量 $Q \leq 50t$, 该尺寸为 $B_1 + 60$ mm; 起重量为 50~100t, 该尺寸为 $B_1 + 100$ mm。其中 B_1 为轨道中心至起重机外端的距离。

4) 吊车梁在螺栓处 400mm 宽范围内的顶面平面度 ≤ 2 mm; 梁任意 6m 长度中各螺栓处的顶面标高差 $\leq \pm 3$ mm; 梁沿车间全长各螺栓处顶面标高差 $\leq \pm 5$ mm; 并检查预留孔是否有歪斜、堵塞情况。

5) 混凝土吊车梁与轨道之间的混凝土灌浆层(或找平层)应符合设计规定, 浇灌前吊车梁顶面应冲洗干净。

吊车梁检查合格后, 即开始标线。一般轨道的安装基准线就是吊车梁的基准线。标线时, 用经纬仪进行测量; 每隔 2~3m 测一个点, 并在每根柱子处各测一点, 以此放出吊车梁的基准中心线和轨道找正基准

线。两线相隔间距根据轨道规格决定，见图 9-122，此外，再用水准仪测量吊车梁的水平度，在每根柱子处各测一点，见图 9-122a)。

(2) 轨道安装及技术要求

1) 重轨道的安装 在轨道安装就位前，应先检查钢轨的质量。如发现弯曲，歪扭等变形，应进行矫正，矫正可用调直器或千斤顶，检查方法用全长拉线或局部

用钢板尺靠。合格后编号，并将轨道吊到吊车梁上，放在指定位置。在轨道底面要用 20mm 左右厚的木板垫起来，以便放钢垫板和防振垫板。当放好垫板后，再将木板抽出，然后用鱼尾板把轨道连成一体。根据梁上已放好的中心线和找正的基准线，初步将全长轨道找成一直线，用螺栓压板固定，见图 9-123，最后进行全面找正，达到要求为止。此时应把螺栓全部紧固，并将方垫圈与压板焊固，每隔 3~4 块对焊一块，见图 9-124。

当轨道安装找正工作完成后，用经纬仪、水准仪、钢卷尺和弹簧秤等检测工具进行最后测量检查。达到标准要求为止。

2) 轨道与方钢轨安装，一般有两种方法：其一是采用压板式安装方法，与重轨道安装方法相同；其二是用焊接方法，安装前应对轨道进行检查，然后将轨道吊装上位，轨道下面设置垫板，并用螺栓紧固在吊车梁上，见图 9-125。轻

轨或方钢轨上位后，即根据吊车梁的基准中心线把轨道找成一条直线，

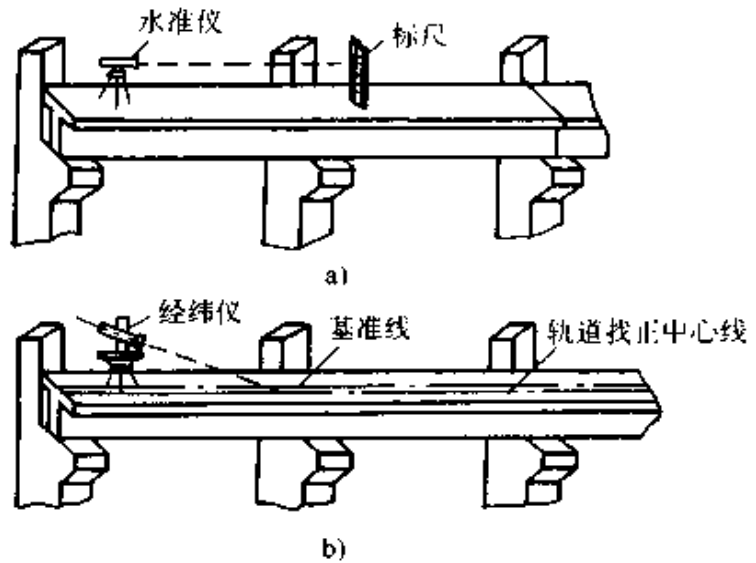


图 9-122 吊车梁检查、放线示意图

a) 测水平度示意 b) 放中心线

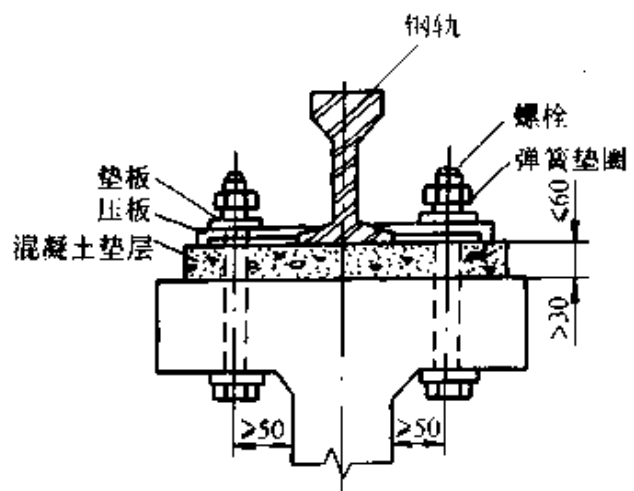


图 9-123 轨道初步固定示意图

然后进行精找，并进行点焊，当检查轨道全部符合标准要求后，即可进行全面焊接。

方钢轨道的接头位置要安排在螺栓处，钢垫板的宽度为 240mm，如接头不在螺栓处，也要设置钢垫板，其宽度为 240mm。为防止轨道焊接变形。不论有无伸缩缝，一般焊接顺序应由轨道中间向两端焊接，并采用隔段焊，隔几块焊一块，以减少轨道焊接变形。全部焊完后，再进行一次检查。

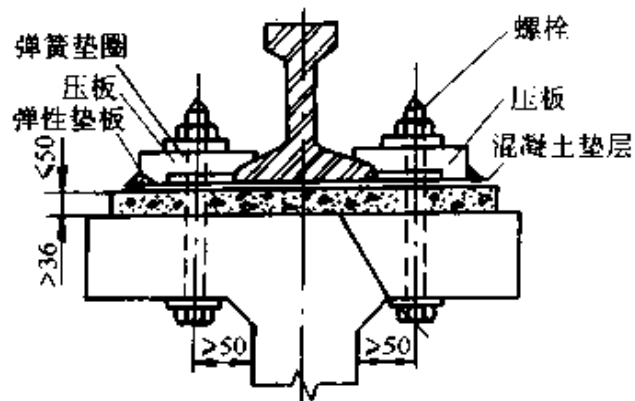


图 9-124 轨道固定焊固压板示意图

全部焊完后，再进行一次检查。

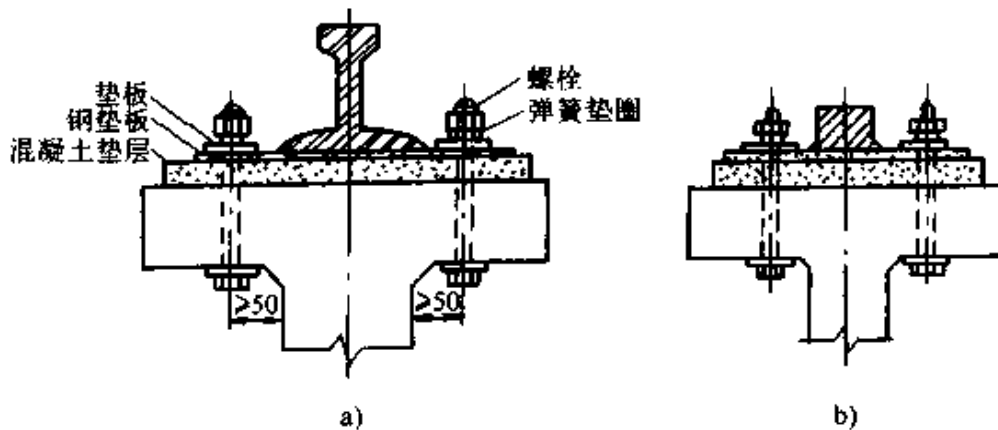


图 9-125 轻轨、方钢轨道安装示意图

a) 轻轨 b) 方钢轨道

3) 轨道安装的质量要求 轨道实际中线对吊车梁实际中线的位置偏差不应超过 10mm，对安装基准线的位置偏差不应超过 3mm。

重轨、轻轨、方钢轨道，其轨道纵向平面度不应超过 1/1500，在每根柱子处测量轨道全行程上最高点与最低点之差不应大于 10mm。方钢的横向平面度不应超过轨道宽度的 1/100。

同跨两平行轨道的标高相对差在柱子处不应大于 10mm，其他处不应大于 15mm。

轨距（即跨度）之差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ，每隔 6m 测一次，用弹簧秤张紧钢盘尺进行测量，钢盘尺的拉力应经过计算。但在一般现场可进行实测，见图 9-126，先测量车体上轮子中心跨距，如为 19m，这时我们

就用钢盘尺的一端系上弹簧秤来量它，以钢盘尺零点对一个轮子的中心，不断增加拉力，张紧钢盘尺，直到钢盘尺上 19m 的刻度对正另一个轮子的中心时，记下弹簧秤上显示的张力数字，并以这个数字作为测量跨距尺寸时拉力的依据，从而测出轨距偏差。

两平行轨道的接头位置应错开，其错开距离不应等于起重机前后车轮的轮距；轨道接头用对接焊时，焊条和焊缝应符合质量要求，焊后接头要平整光滑。当轨道接头用鱼尾板或用与鱼尾板规格相同的连接板连接时，接头左、右、上三面的偏移不应大于 1mm，接头间隙不应大于 2mm，接头伸缩缝处的间隙要

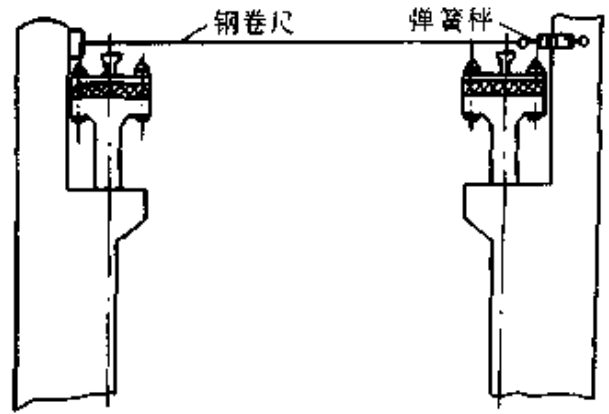


图 9-126 吊车轨道轨距测量示意图

符合设计规定。在拧紧螺栓前，钢轨应与弹性垫板贴紧，如有间隙应在弹性垫板下加垫铁垫实。垫铁的长度和宽度均应比弹性垫板大 10~20mm。

轨道上的车档应在吊装起重机前安装好，同一端跨的两车档与起重机缓冲器均应接触，如有偏差应进行调整。

2. 桥式起重机安装

(1) 起重机组对及技术要求

桥式起重机一般分为大梁、端梁、小车等几部分解体运到工地。大梁分左、右两扇，要按车间布置图搞清先运哪一扇，后运哪一扇，然后，将它直接运往组立位置处，按左、右位置放在已组立好桅杆两旁（桅杆是根据起吊条件、计算后选定的），并将车体放平。

车体组装前，应检查其外形尺寸和主要零部件，是否符合设备技术文件的要求，如发现问题应及时处理。组装时，应铺设临时轨道，见图 9-127。铺设高度一般在大梁下底面离地面 300~400mm 即可。然后用已组立好的桅杆，将起重机大梁慢慢平衡吊升至一定高度后，使大梁向外倾斜，随之缓慢降下，把车体由位置 I 放在位置 II（见图 9-127），此时，放枕木道轨于车体两端，并使导轨的平面度保持在 0.2/1000 以下。然后用千斤顶将车体顶起，撤去不必要的枕木，让车体轮槽卡在轨道上，见图 9-128。

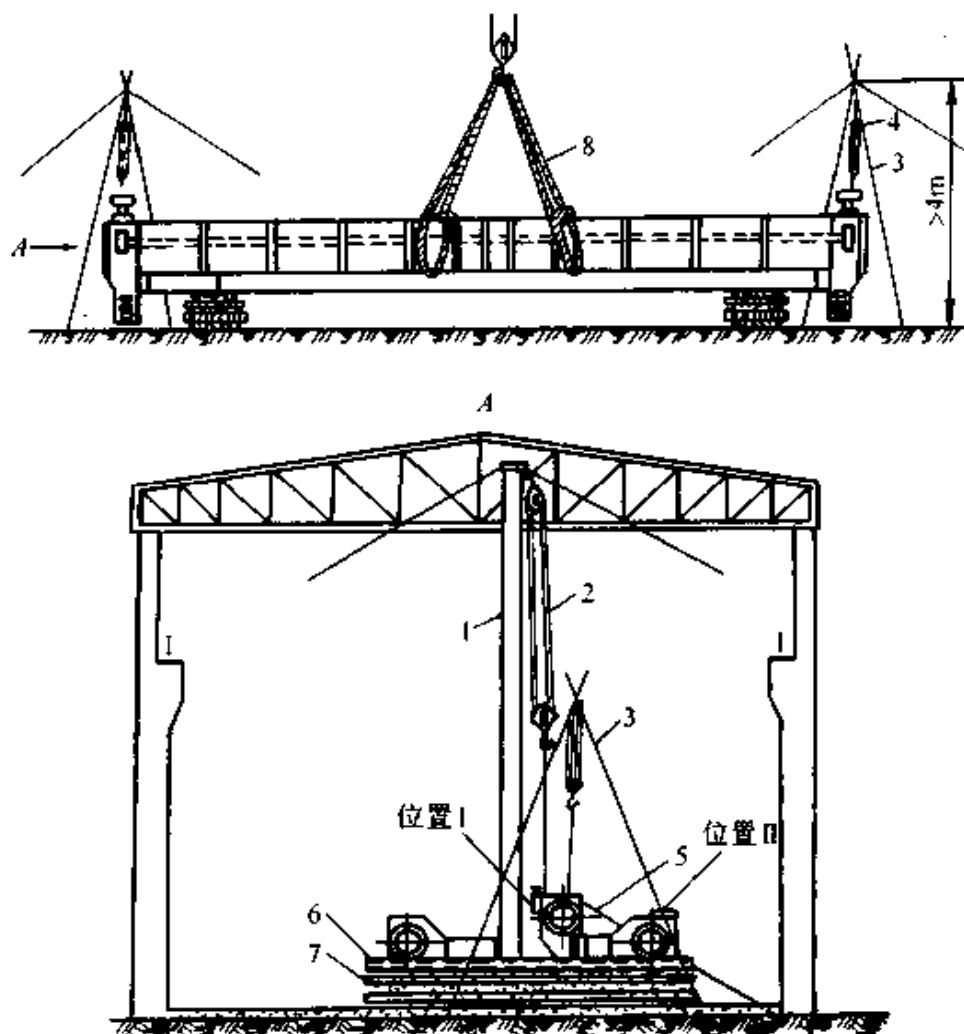


图 9-127 用桅杆组立大车

- 1—桅杆 2—滑轮组 3—人字架 4—链式起重机
5—溜绳 6—轨道 7—枕木 8—绳扣

为使车体保持水平，使组装顺利，用两根直径大小相适应的滚杠（无缝钢管）分别放在车体接口的一端，然后用撬杠移动车体，使其逐渐合拢。如接口不平，可用千斤顶找平，再用联接板及螺栓将车体接好。大车组装用的联接板要仔细核对，查看编号是否对应。如无编号，可以大车体与联接板打孔时用的焊口为基准，要求联接板焊口与车体四周焊口方向长短相同，核对无误后可紧固螺栓，要四面均匀地拧紧，并可用 0.5kg 锤子，轻轻敲击螺栓头部，检查是否有松动现象。

桥式起重机端梁在现场组装时，接头焊缝要由合格焊工施焊，焊接程序见图 9-129。先用螺栓把端梁连接成整体，并把它找平找正，然后焊接腹板焊缝 2 和塞焊孔 3，在拆除上盖板 5 后，焊接焊缝 1 和下板焊

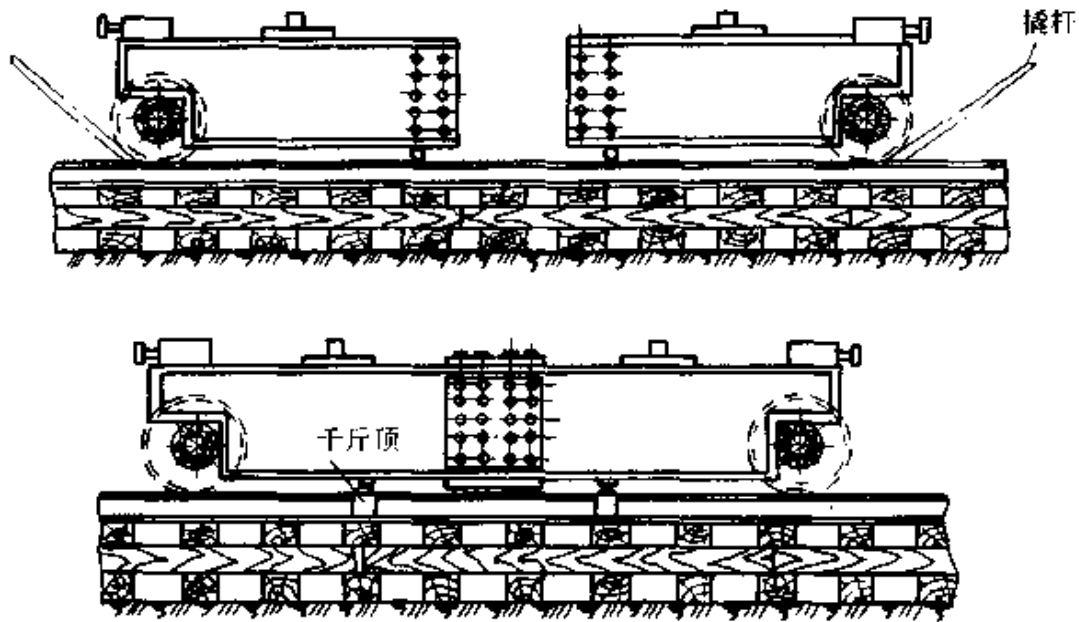


图 9-128 车体组装示意图

缝 10，最后装上盖板 5，并焊接上盖板焊缝 6，至此，端梁即连接完毕。

起重机桥架组装完毕后，在未装小车以前应按表 9-46 的规定进行检查。对在制造厂或现场组装的大车运行机构，其质量均应符合表 9-47 的规定。

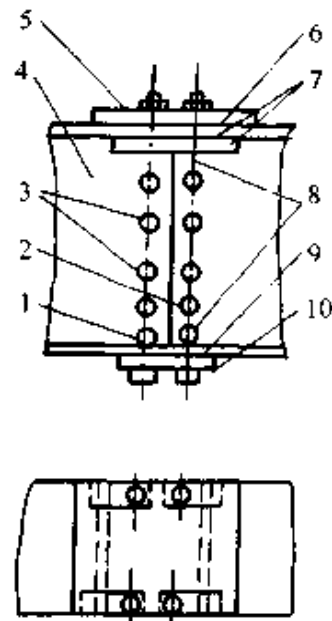


图 9-129 端梁焊接程序示意图

- 1—焊缝 2—腹板焊缝 3—塞焊孔
4—腹板 5—上盖板 6—上盖板焊缝
7—上塔板 8—螺栓 9—下盖板 10—下盖板焊缝

桥架大车组装完后，可安装栏杆和小车滑线，并检查栏杆和小车滑线的直线

度，如有弯曲，应先调直。随后，将小车运至 2 组装好的大车旁，见图 9-130。利用桅杆将小车慢慢吊起，到一定高度（略高于位置 II）后，停止卷扬机，放松溜绳 2 使小车水平移至大车上空，以略高于位置 II 为

宜，然后，使小车慢慢落在小车轨道上，如位置Ⅱ。在现场或制造厂组装的小车运行机构都应符合表 9-48 的规定。

表 9-46 组装桥架的偏差

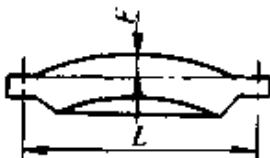

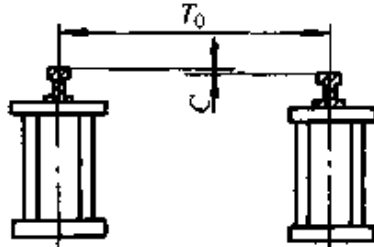
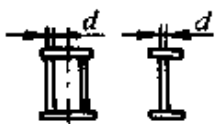
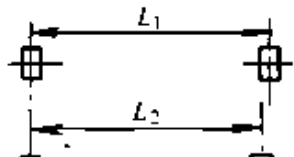
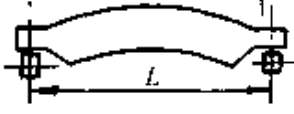
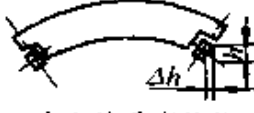
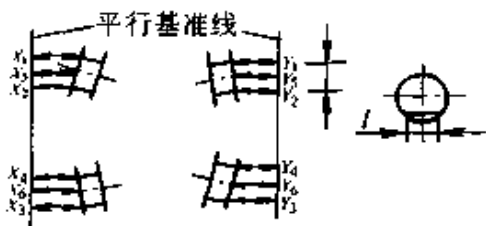
顺次	名称及代号	偏差不应超过/mm	简图
1	主梁上拱度 F (应为 $L/1000$) 的偏差	$+0.3F$ $-0.1F$	 主梁上拱度偏差
2	对角线 L_3 、 L_4 的相对差： 箱形梁	5	 对角线梁和箱形梁、 桁架梁旁弯偏差
	单腹板和桁架梁	10	
3	箱形梁旁弯度 f (带走台时，只许向走台侧弯曲) 单腹板、偏轨箱形和桁架梁旁弯度 f ： $L \leq 16.5m$ $L > 16.5m$	$L/2000$ ± 5 $\pm \frac{L}{3000}$	
4	箱形梁小车轨距 T_0 的偏差 跨端 跨中： $L < 19.5m$ $L \geq 19.5m$		 小车轨道偏差
	单腹梁、偏轨箱形和桁架梁 T_0 偏差	± 3	
5	同一横截面上小车轨道高低差 C ： $T_0 \leq 2.5m$ $2.5m < T_0 \leq 4m$ $T_0 > 4m$	3 5 7	
6	箱形梁小车轨道的直线度 (带走台时只许向走台侧弯曲) $L < 19.5m$ $L \geq 19.5m$	3 4	
7	小车轨道中线对承轨梁中线的偏差 d ： 单腹板和桁架梁 偏轨箱形梁	10 8	 小车轨道中心偏差

表 9-47 组装大车运行机构的偏差

顺次	名称及代号	偏差不应超过/mm	简图
1	大车跨度 L 的偏差	± 5	
2	大车跨度 L_1 、 L_2 的相对差	5	
3	大车轮垂直偏斜 Δh (只许下轮缘向内偏斜)	$\frac{h}{400}$	 大车轮垂直偏差
4	对两根平行基准线每个车轮水平偏斜: $X_1 - X_2$; $X_3 - X_4$ $Y_1 - Y_2$; $Y_3 - Y_4$	$\frac{l}{1000}$	 车轮的水平偏斜及同位差
	同一端梁上车轮同位差: $m_1 = X_5 - X_6$ $m_2 = Y_5 - Y_6$	3	

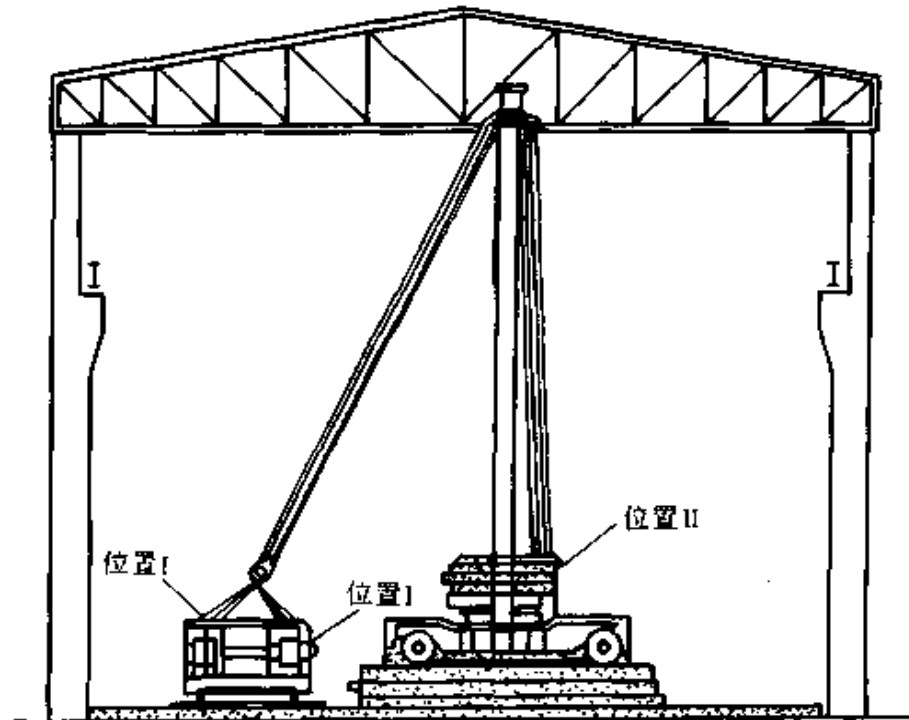
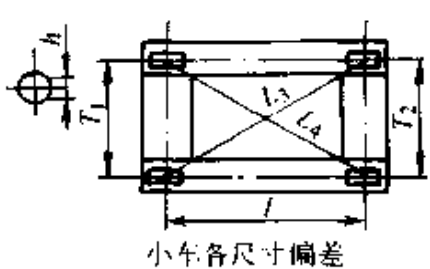


图 9-130 小车吊装示意图

表 9-48 组对小车运行机构的偏差

顺次	名称及代号	偏差不应超过/mm	简图
1	小车跨度 T 的偏差: $T \leq 2.5\text{m}$ $T > 2.5\text{m}$	± 2 ± 3	 <p>小车各尺寸偏差</p>
2	小车跨度 T_1 、 T_2 的相对差 $T_1 \leq 2.5\text{m}$ $T_2 > 2.5\text{m}$	2 3	
3	小车轮对角线 L_3 、 L_4 的相对差	3	
4	小车轮垂直偏斜 (只许下轮缘向内偏斜)	$\frac{h}{400}$	
5	对两根垂直基准线每个小车轮水平偏斜	$\frac{l}{1000}$	
6	小车主动轮和被动轮同位差	2	

(2) 吊装上位

桥式起重机在地面上组装好以后，并安装完其他零、部件。同时，对抱闸、联轴器要认真调整，制动器开闭灵活，平稳可靠，起升机构制动器不要过紧或过松，以免引起车轮打滑、振动或冲击，减速机内要清洗、加油。上述工作完成后，就可准备起吊。起吊前，还要对吊装机具进行一次检查，是否牢固可靠。

起吊方法见图 9-131。由于上、下滑轮及钢丝绳预先扭转 90° ，所以吊车离地面后就开始转动（见图 9-131），因此，要用溜绳 8、9，沿其转动的反方向溜住。起吊约 1m 高度时，暂时停止，这时吊装机具处于受力状态，要进一步检查吊装机具是否牢固可靠，确认无误后，继续起吊。

起重机吊至 2m 左右再次停止（见图中位置 I），这时将操作室运到大梁下边，并进行组装，与大车连在一起。同时，将起重机底部的电线装好。完成以后，继续缓慢起吊，与此同时，慢慢放松溜绳，使起重机在轨道梁顺利通过，见图 9-131 中的位置 II，然后继续起吊至位置 III，即超过轨道标高，停止上升。这时将起重机缓缓落下，使车轮落在

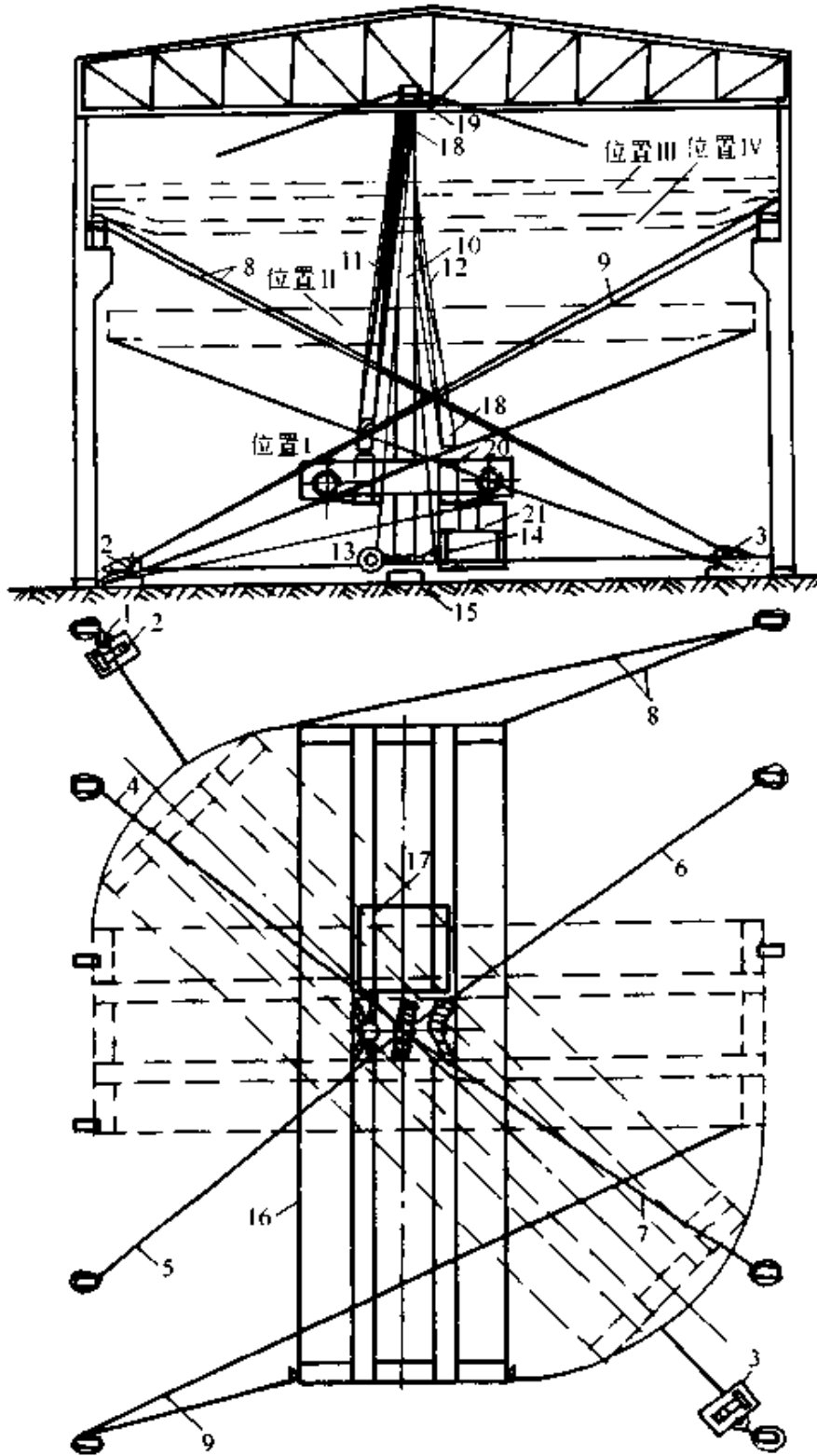


图 9-131 起重机吊装示意图

- 1—绳扣 2、3—卷扬机 4、5、6、7—钢丝绳 8、9—溜绳 10—桅杆
 11、12—起重钢丝绳 13、14—导向滑轮 15—枕木 16—大车
 17—小车 18—滑轮 19、20—带子绳 21—操作室

轨道上，车轮中心线与轨道中心线要重合，如位置Ⅳ。到此吊装完毕。

起重机无负荷时，车轮与轨道面的接触情况要达到下述要求；大车轮均应与轨道面接触，被动车轮与轨道面间隙不应大于 1mm，间隙区间每段长度不应大于 1m，累计长度不应大于 2m。

(3) 桥式起重机解体吊装

解体吊装一般有两种方法：一种是先将两桥式起重机主梁、端梁、大车运行机构、操作室和平台梯子等部件在地面组装好，利用两根桅杆吊装上位。然后，将两桅杆移至屋架中间，分立两边，用四个吊点抬小车上位。这时，可将两端梁断开，使主梁向两边分开，此时小车即可直接吊至大车梁顶，再将大车合拢，徐徐落下小车放在轨道上。

另一种方法是先将端梁在地面断开，该端梁中间仅用联接板把两部分临时点焊而成，容易切开。然后将大车主梁、端梁和大车运行机构分成两边组对，利用桅杆先吊半边大车梁，包括与主梁组对好的半边端梁和行车轮，然后再吊另半边大梁，最后用两桅杆吊装已在地面组装好的小车，将它吊到大车梁上面，并将大车梁合拢，慢慢落下小车放到轨道上，最后吊装操作室及其他部件，直至全部组装好。

3. 桥式起重机试车

(1) 试车前的准备

试车前应检查各联接部位是否紧固；钢丝绳端要固定牢固，在卷筒、滑轮组中缠绕应正确无误；电气系统的接线，绝缘电阻应正确；转动机构要灵活无阻；制动器要灵敏可靠。

(2) 无负荷试车

试车前的准备工作完成以后，即可进行无负荷试车。试车时，应开动起重机的各种机构，使其进行空负荷运行，同时，要检查运行情况及安全装置是否符合要求。对升降机构应将吊钩下落至最低位置，并检查升降和制动情况是否良好。卷筒上钢丝绳存留圈数，按规定不能少于 5 圈。

(3) 负荷及超负荷试车

在无负荷试车结束后，应先进行负荷试车，再进行超负荷试车；在静负荷试车合格后，再进行动负荷试车。

试车的方法：先将小车开到中央，在大梁中心挂上线坠，线坠边上立一标尺，见图 9-132。用主钩吊起规定的负荷，距离地面 100mm，停

止 10min，然后，从标尺上读出大梁的挠度，该挠度应小于 $\frac{L}{700}$ ，然后，将重物放下，观察大梁是否复原，如恢复原状即为合格。上述操作完成后，即进行超负荷试车。超负荷为负荷的 125%，按照前述方法进行。卸去重物后，将小车开到跨端或支腿处，对桥架进行检查，测量其永久变形，反复三次，测量出主梁的实际上挠度应小于 $0.8L/1000\text{mm}$ 。

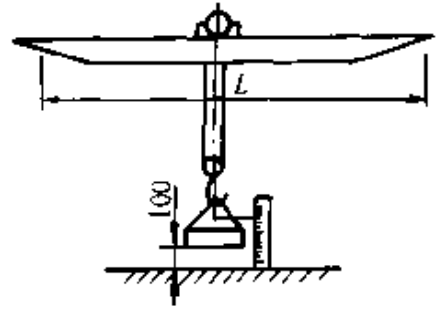


图 9-132 负荷试车测挠度示意图

在静负荷试车良好后，才能进行超负荷试车。将大、小车分别开到端头，检查开关和缓冲器；同时，在设计负荷下，检查运行升降机构。在超过设计负荷 100% 的情况下，将吊钩升降三次，时间不超过 10min，然后，将小车、大车在规定标准内各走数次，并试验保险开关，如情况良好，则再用副钩吊重物。在试车过程中，还要检查主梁和端梁的焊接质量；吊钩钢丝绳在轮槽中位置是否正确；以及制动器工作时的可靠性。各方面都符合标准要求后，试车即达到合格。

第八节 液压传动装置安装

液压传动是以液体作为工作介质，利用液体压力来传递动力和运动的。它可以用来作旋转运动，也可作往复运动，并且容易实现工作自动化和实行遥控操作。

液压传动与机械传动相比较，其优点是：在输出功率相同的情况下，液压传动比机械传动结构紧凑、体积小、重量轻、惯性小、动作灵敏。同时它承载能力大，能自动防止过载和保护，操作简单方便，元件在油液内工作，润滑良好，元件使用寿命长，易于使元件系列化、标准化和通用化。

液压传动的缺点是：由于相对运动的元件表面有一定间隙，因此就会有一些油液泄漏，其结果使传动速比不够准确。同时对元件表面要求光滑，制造精度要求高。又由于使用的液压泵经常有部分油液未做功而流回油箱以及管道阻力和机械摩擦造成的液压损失，使工作效率降低。此外，对维修、保养、故障分析和排除等方面，技术要求比较高。

一、液压传动的的基本原理和系统组成

1. 液压传动原理

油液是液压传动系统中最常用的介质，它又是液压元件的润滑剂，常用的油都是矿物油。

见图 9-133a) 电动机带动液压泵旋转，将油液从油箱经油管吸入，并使其进入液压缸右腔推动活塞向左运动，液压缸右腔的油液被活塞挤出，经油管排回油箱。只要将活塞杆与工作机构相联接，就可带动工作机构作直线运动。因为活塞只能向一个方向移动，而不能返回，所以这种油路不能适应工作要求。

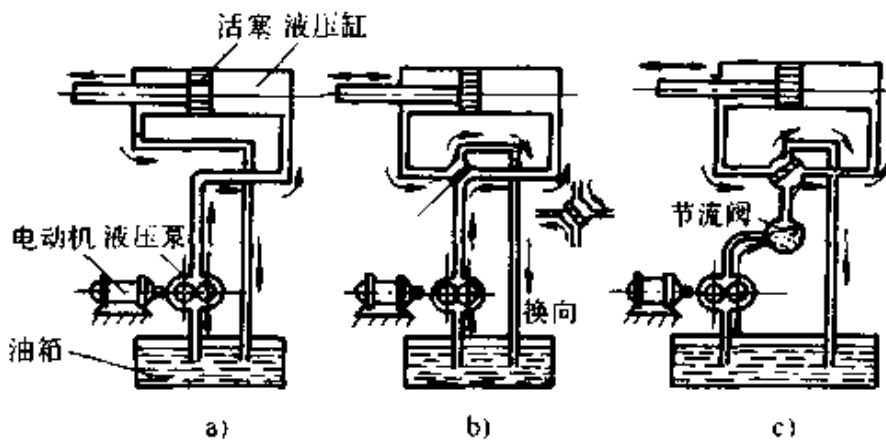


图 9-133 液压传动原理

如改变活塞运动方向，可增加一个换向阀来改变油液流入液压缸的方向，见图 9-133b)。图中换向阀的阀心位置是使液压泵与液压缸右腔联通，液压泵输出的油液只能流到液压缸的右腔，推动活塞向左运动，而液压缸左腔这时与油箱连通。因此，液压缸的油液可经换向阀流回油箱。如要使活塞向右运动，只要将换向阀的阀心转到换向位置，使液压泵与液压缸左腔联通，液压泵输出的油液只能流到液压缸的左腔，推动活塞向右运动。而活塞右腔此时与油箱连通，以便排油。这种油路还不完善，因为活塞移动速度不能调节。

如要调节活塞的运动速度，就要增加一个节流阀来调节进入液压缸的油液流量。见图 9-133c)。节流阀的作用就是开小时，流入液压缸油液的流量越小，活塞运动速度减慢，反之活塞运动速度就增快。

2. 液压传动系统的组成

从图 9-133c) 所示传动油路系统来看，活塞可以变向和变速，基本上能满足往复运动的要求，但是这样构成的油路系统还是不能达到全部

要求的。因为液压泵的供油量是一定的，但随着节流阀的关小，必然引起液压泵到节流阀这段油路上油液的增多和压力的增高。为此，我们在这段油路上安上一个溢流阀和压力表，就可解决这段油路上的油液的增多和压力升高的矛盾。

图 9-134 所示为工作机构为作直线往复运动的液压传动系统图，它是一个比较完整的液压传动系统。电动机带动液压泵旋转，把油箱中的油经滤油器滤清吸入液压泵，并使之进入液压系统。液压泵输出的油液经节流阀和换向阀进入液压缸的右腔，推动活塞向左运动。当向左行程终了时，转动换向阀的阀心，使来自液压泵的油液经换向阀进入液压缸的左腔，并使液压缸右腔油液经换向阀流回油箱。这样从液压泵输出的油液就推动活塞向右运动，若反复改变换向阀阀心的位置，就可使工作机构获得直线往复运动。

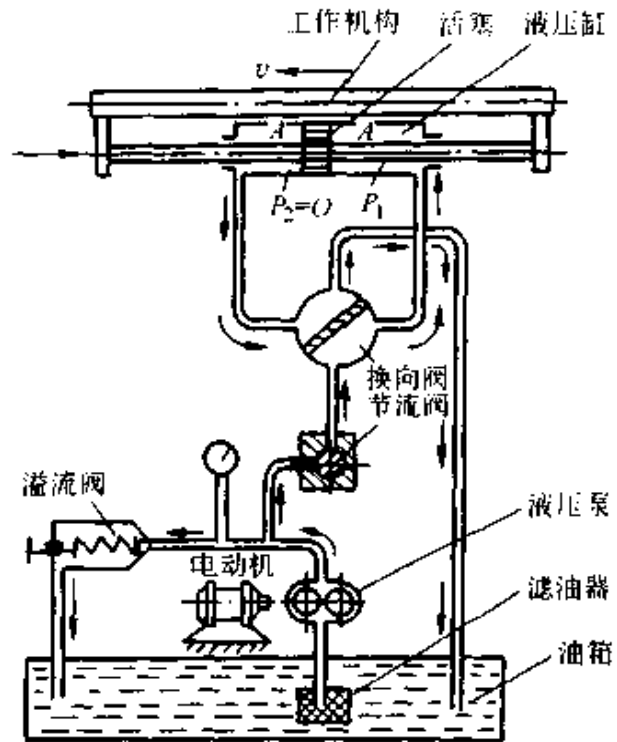


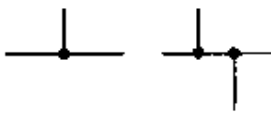



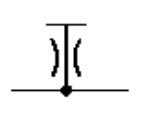
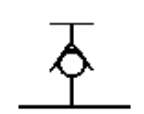

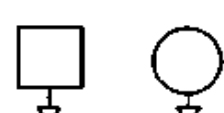
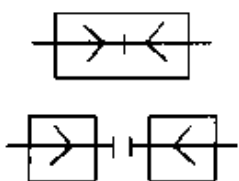
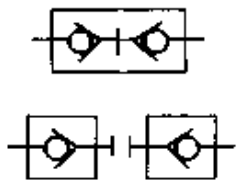
图 9-134 液压传动系统的组成

在液压系统中，节流阀可以在一定范围内实现无级变速。当调节节流阀使工作机构低速运动时，进入液压缸的油液量减少，液压泵输出的油液量增加，压力便会升高；当压力升到大于溢流阀的弹簧压紧力时，油液便会将溢流阀中的钢球推开，打开溢流阀使过剩的油液经溢流阀流回油箱，使油路压力始终保持在弹簧所调定的压力值上。当调节节流阀使工作机构以较快的速度运动时，进入液压缸油量增多，过剩油液减少，通过溢流阀溢出的油液就少，使油路压力还是保持在弹簧所调定的压力值上，并反映在压力表上。当工作机构因过载而停止时，大量的油液能经溢流阀迅速流回油箱，这时溢流阀又起着限制油路最大压力的安全保护阀的作用。

图 9-134 为液压传动系统的结构原理和组成，具有直观性，容易理解，但图形较复杂，且换向后的工作状态不易表达清楚。为了简化液压

传动系统图，采用了简化符号来表示各种液压元件和液压传动系统。液压传动系统的图例符号见表 9-49。

表 9-49 (1) 管道、管道接口和接头符号示例

名称	符号解释和用途	符 号
管道	连接管道	
	交叉管道	
	柔性管道	
管道接口和接头		
放气装置	连续放气	
	间断放气	
	单向放气	
排气口	不带连接措施	
	带连接措施	
快换接头	不带单向阀	
	带单向阀	

(续)



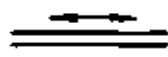


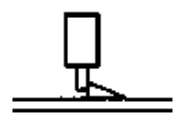
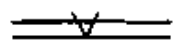
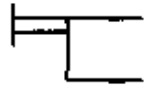


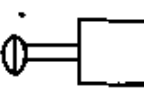
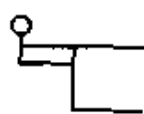
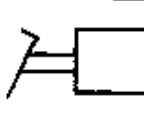
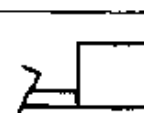
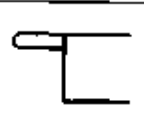
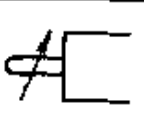
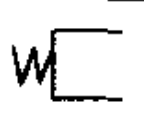
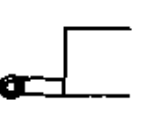
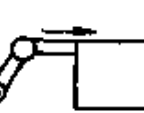


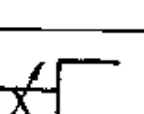
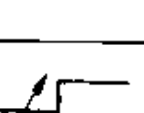
名称	符号解释和用途	符 号
旋转接头	单通路	
	三通路	

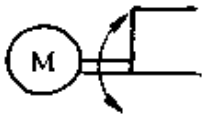
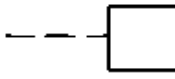
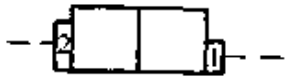
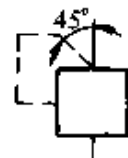

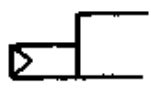



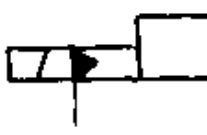
表 9-49 (2) 机械控制件 (或装置) 和控制方法符号示例

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		
	按一拉式		

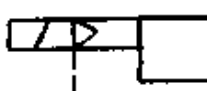







(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
人力控制	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 矩马达等	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		
	单作用可调电磁 操纵器 (比例电磁 铁、力马达等)		
	双作用可调电磁 操纵器 (力矩马达)		

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
电气控制 2. 旋转运动 电气控制装置	电动机		
压力控制— 直接压力控制	加压或卸压控制		
	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 1. 加压控制	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— 次控制液压外部压 力控制内部泄油

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
先导控制— 间接压力控制 1. 加压控制	电磁—气压先导 控制		单作用电磁铁— 次控制气压外部压 力控制
先导控制— 间接压力控制 2. 卸压控制	液压先导控制		内部压力控制 内部泄油
	液压先导控制		内部压力控制 带遥控泄放口
	电磁—液压先导 控制		单作用电磁铁— 次控制、外部压力 控制、外部泄油
	先导型压力控制 阀		带压力调节弹簧 外部泄油 带遥控泄放口
	先导型比例电磁 式压力控制阀		单作用比例电磁 操纵器 内部泄油
反 馈			
外反馈	一般符号		
	电反馈		电位器、差动变 压器等位置检测器

(续)

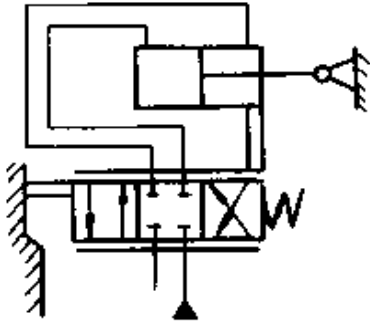
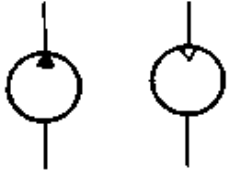
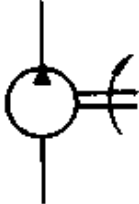
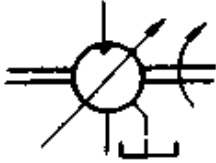
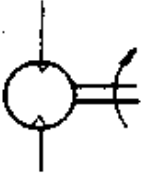
名称	用途或符号解释	符 号	备 注
内反馈	机械反馈		随动阀仿形控制回路

表 9-49 (3) 泵和马达符号示例

用途或符号解释	符 号	备 注
一般符号	<p>液压泵 气马达</p> 	
液压泵		单方向流动 单方向旋转 定排量
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
气马达		双向流动 双向旋转 定排量

(续)

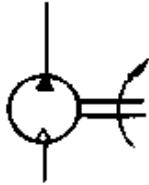
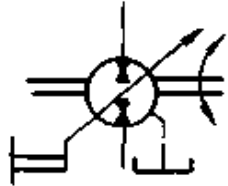
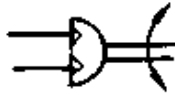

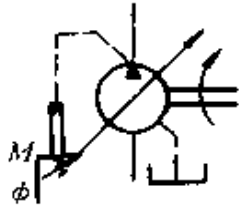
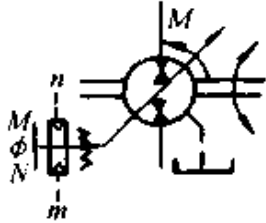

用途或符号解释	符 号	备 注
液压泵—马达		单向流动 单向旋转 定排量
		双向流动 双向旋转 手动变排量 外部泄油
摆动气马达		定角度 双向摆动
液压整体式传动装置		单向旋转 变排量泵
压力补偿变量泵		单向流动 压力可调节 外部泄油
变量泵—马达		双向流动 双向旋转 弹簧对中 外部压力控制 变排量 外部泄油 信号 m : 朝 M 向移动
		不必表示变量机构 控制方法时

表 9-49 (4) 缸符号示例

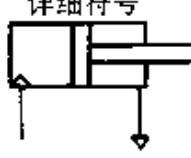
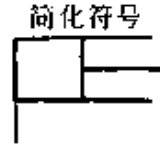

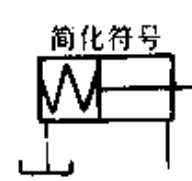


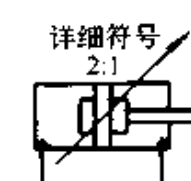
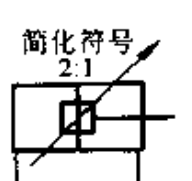
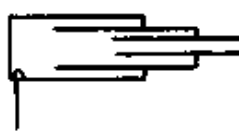
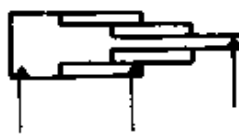


名称	用途或符号解释	符 号	备 注
单作用缸	单活塞杆气缸	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>详细符号</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>简化符号</p>  </div> </div>	
	单活塞杆液压缸	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>详细符号</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>简化符号</p>  </div> </div>	弹簧复回
双作用缸	双活塞杆气缸	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>详细符号</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>简化符号</p>  </div> </div>	
	单活塞杆可调缓冲式液压缸	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>详细符号 2:1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>简化符号 2:1</p>  </div> </div>	两端可调缓冲活 塞面积比 2:1
伸缩缸	单作用伸缩缸		
	双作用伸缩缸		

表 9-49 (5) 特殊能量转换器符号示例

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	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>单程作用</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>连续作用</p>  </div> </div>	

(续)

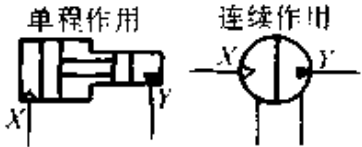
名称	用途或符号解释	符 号	备 注
增压器	气压力 X 转换成液压力 Y		

表 9-49 (6) 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
蓄能器	一般符号		垂直绘制, 不表示载荷形式
	气压隔离式		
	重锤式		垂直绘制
	弹簧式		
辅助气瓶			垂直绘制
气罐			

表 9-49 (7) 动力源符号示例



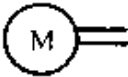
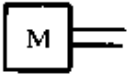
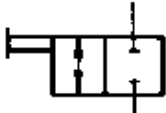
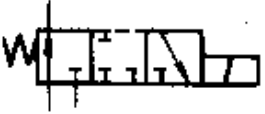
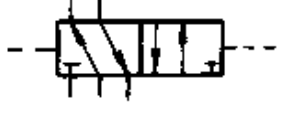
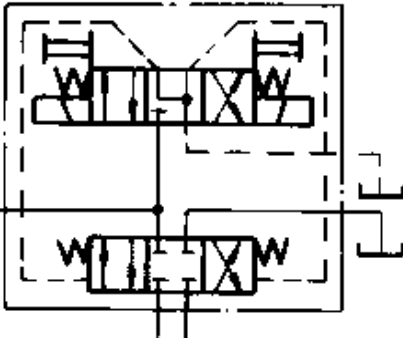

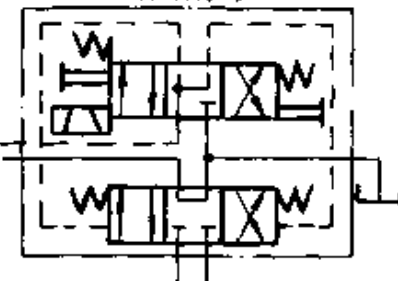

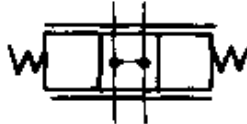
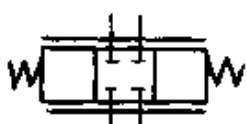

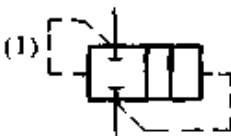
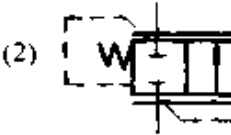


名称	用途或符号解释	符 号	备 注
液压泵	一般符号		
气压源	一般符号		
电动机			
原动机			电动机除外

表 9-49 (8) 方向阀控制阀符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
二位二通 手动换向阀			常闭
二位三通 电磁转换阀			虚线表示过渡位置
二位五通 液动换向阀			
三位四通 电液换向阀		<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	<p>主阀：三位 四通 弹簧对中</p> <p>先导阀： 三位 四通 弹簧对中 单作用电磁铁控制</p> <p>带手动应急控制装置</p> <p>内部压力控制 外部泄油</p>

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
三位四通 电液换向阀		<p style="text-align: center;">详细符号</p>  <p style="text-align: center;">简化符号</p> 	<p>主阀：三位 四通 弹簧对中与压力 对中并用 外部压力控制 先导阀： 三位 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</p>
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
	带正遮盖中 间位置		
伺服阀			典型例
单向阀		<p style="text-align: center;">详细符号</p> <p>(1) </p> <p>(2) </p> <p style="text-align: center;">简化符号</p> <p></p> <p></p>	<p>1) 无弹簧 2) 带弹簧，弹簧 可省略</p>

(续)

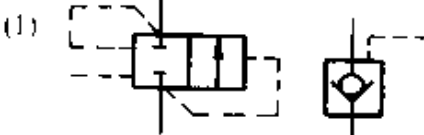
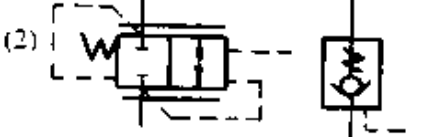
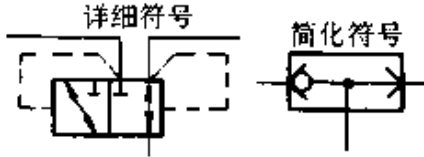
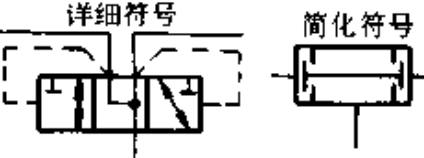
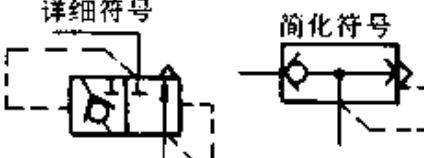
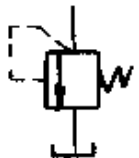
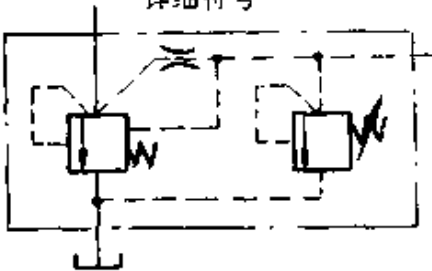
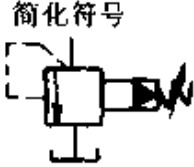


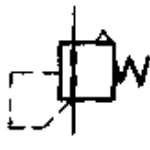
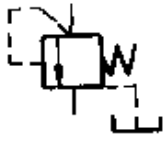
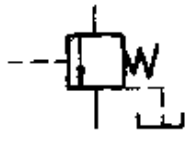
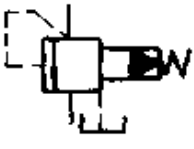
名称	用途或符号解释	符 号	备 注
液控单向 阀		<p>详细符号 简化符号</p> <p>(1) </p> <p>(2) </p>	<p>1) 无弹簧控制压力关闭阀</p> <p>2) 带弹簧, 弹簧可省略, 控制压力打开阀</p>
或门型梭 阀		<p>详细符号 简化符号</p> 	
与门型梭 阀		<p>详细符号 简化符号</p> 	
快速排气 阀		<p>详细符号 简化符号</p> 	

表 9-49 (9) 压力控制阀符号示例

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		

(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
溢流阀	先导型溢流阀	<p style="text-align: center;">详细符号</p>  <p style="text-align: center;">简化符号</p> 	带通接口
减压阀	一般符号或直动型溢流阀		
	先导型减压阀		
	溢流减压阀 (带溢流阀的减压阀)		气动
顺序阀	一般符号或直动型顺序阀		内部压力控制外部泄油
			外部压力控制外部泄油
	先导型顺序阀		内部压力控制外部泄油

(续)

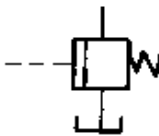
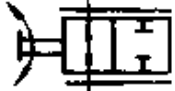

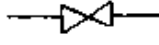
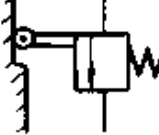
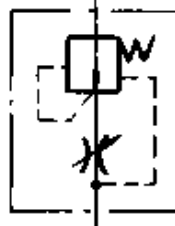

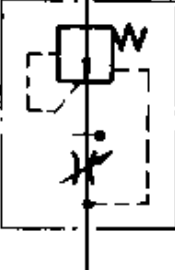

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
卸荷阀	一般符号或直动型卸荷阀		

表 9-49 (10) 流量控制阀符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
节流阀	一般符号或可调节节流阀	<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	无完全关闭位置
	截止阀		具有一个完全关闭位置
	滚轮控制可调节流阀(减速阀)		
调速阀	一般符号	<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	简化符号中的通路箭头表示压力补偿
	带温度补偿的调速阀	<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	



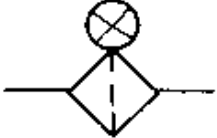
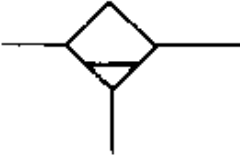
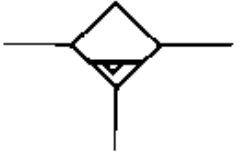
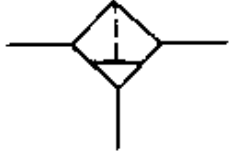
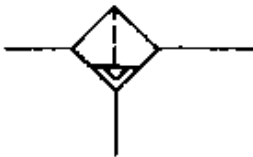
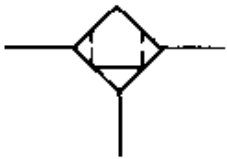
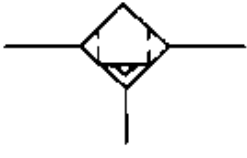
(续)

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
调速阀	旁通型调速阀	<p>详细符号 简化符号</p>	简化符号中的通路箭头表示压力补偿
分流阀			箭头表示压力补偿

表 9-49 (11) 油箱符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
通大气式油箱	管端在液面以上		
	管端在液面以下 带空气滤清器		
	管端连接于油箱 底部		
	局部泄油或回油		
密闭式油箱	加压油箱或密闭油箱		三条管路

表 9-49 (12) 流体调节器 (件) 符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
过滤器	一般符号		
	带磁性滤芯		
	带污染指示器		
分水排水器	人工排出		
	自动排出		
空气过滤器	人工排出		
	自动排出		
除油器	人工排出		
	自动排出		

(续)


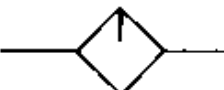
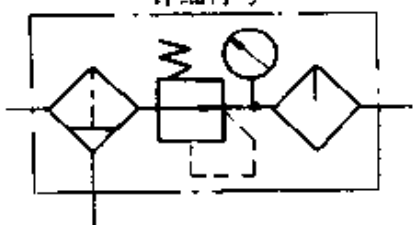





名称	用途或符号解释	符 号	备 注
空气干燥器			
油雾器			
气源调节装置		<p>详细符号</p>  <p>简化符号</p> 	垂直箭头表示分离器
热交换器			
冷却器	一般符号		
	带冷却剂管路指示		
加热器			
温度调节器			

表 9-49 (13) 检测器或指示器符号示例





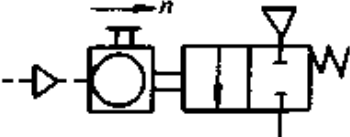







名称	用途或符号解释	符 号	备 注
压力检测器	压力指示器		
	压力计		
	压差计		
	脉冲计数器		
			带气动输出信号
液面计			
温度计			
流量检测器	检流计 (液流指示器)		
	流量计		
	累计流量计		
转速仪			
转矩仪			

表 9-49 (14) 其他元器件符号示例

名称	用途或符号解释	符 号	备 注
压力继电器		<p>详细符号 一般符号</p>	
行程开关		<p>详细符号 一般符号</p>	
模拟传感器			气动
消声器			气动
报警器			气动

由图 9-134 可以看出，液压传动系统由以下四部分组成：

(1) 动力机构 它有液压泵及附件，其作用是把电动机或其他原动机输出的机械能转换为液体的压力能。

(2) 执行机构 执行机构有液压缸和液压马达，其作用是把液压泵输出的液体压力能转换为工作部件运动的机械能。

(3) 控制机构 它包括各种阀门，其作用是控制调节各部分液体的压力、流量（流速）和流动方向，以满足液压系统动作和性能的要求。

(4) 辅助装置 包括油箱、油管、接头、滤油器及各种控制仪表等，其作用是将动力机构、执行机构、和控制机构等组成一个系统，以保证整个液压系统的正常运行。

二、液压元件的结构原理及安装

1. 液压泵

液压泵是液压系统中使油液产生压力的动力设备。它利用密闭工作容积的变化来完成吸、压油液的作用。液压泵也是一种将机械能转换为液压能的一种换能装置。

(1) 液压泵的工作原理

图 9-135 为液压泵工作原理图，图中活塞和液压缸构成了一个密封容积。当提前杠杆活塞 (3) 随之上升时，密封容积 (4) 增大，产生局部真空，油箱内的油液在大气压力的作用下，油液顶开单向阀 (5) 进入液压缸内，形成了吸油；当压下杠杆活塞随之向下运动时，密闭容积减小，吸入液压缸内油液受到挤压后，油液顶开单向阀 (7) 使油液压出，形成了压油。

液压泵正常工作要具备的条件是：

1) 密封容积的变化是吸油和压油的基本条件，因此这种泵称为容积泵。泵的输油量是和密封容积变化的大小和每分钟往复运动的次数成正比的。

2) 在吸油过程中，油箱要和大气相通，这是吸油的条件。在压油过程中油压决定于油液从单向阀 (7) 排出时遇到的阻力，即泵的油压决定于外界负载，这是压油的条件。

3) 应有配流装置，它的作用是保证密封容积在吸油过程中与油箱相通，同时关闭供油通路。压油时，与供油管路相通而与油箱切断。图 9-136 中单向阀 (5) 和 (7) 就是配流装置，它随着泵的结构不同而采用不同形式。

液压泵的种类很多，按其结构可分为齿轮泵、螺杆泵、叶片泵、柱塞泵等；按泵的输油方向能否改变，可分为单向泵和双向泵；按输出的流量能否调节可分为定量泵和变量泵；按压力的高低又可分为低压泵、中压泵和高压泵等。

(2) 齿轮泵

齿轮泵是液压泵中较常用的一种，它的特点是结构简单、易于制造、工作可靠、价格低廉、维护方便等优点。但由于齿轮泵漏油较多，轴承载荷大，故压力较低，流量不大，效率不高，因而多用于中等速度、作用力不大的一般液压系统中。

图 9-136 是齿轮泵的外形及结构示意。

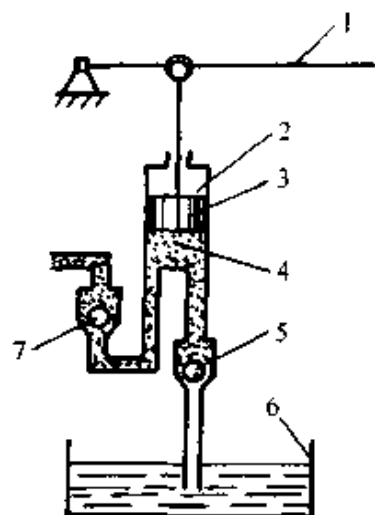


图 9-135 液压泵
工作原理

1—杠杆 2—液压缸
3—活塞 4—密封容积
5、7—单向阀 6—油箱

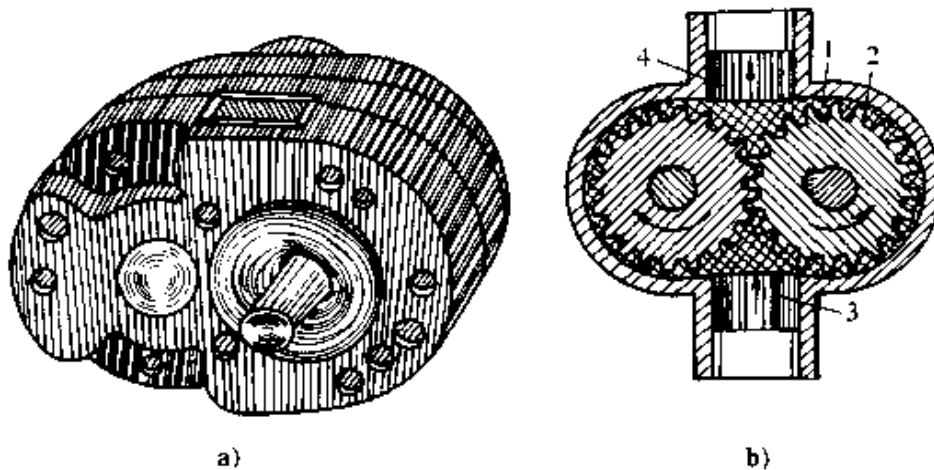


图 9-136 齿轮油泵

a) 外形 b) 结构示意图

1—泵壳 2—齿轮 3—吸油口 4—排油口

从图中可知，齿轮泵由外壳和一对相互啮合的齿轮所组成，这对齿轮被泵体所包围，形成一个密封容积，而两个齿轮的啮合线将这个容积分成两部分。当电动机带动主动齿轮旋转时，另一齿轮向相反方向旋转。当啮合的两齿由啮合状态分开，一牙齿从另一齿轮的齿洼中脱开时，这时两齿所封闭的工作空间由小变大，造成一定的真空，油液在大气压力作用下进入油泵。而当两齿轮啮合时，一牙齿进入另一齿轮的齿洼，将充满齿洼的油液挤出，由排油口进入输油管道。这就完成全部吸油与压油过程。

图 9-137 是 CB 型齿轮油泵结构图。为了使齿轮能够转动，齿轮与泵体之间要有适当的间隙。为了防止轴向间隙的油液漏到泵体外，并减轻端盖压紧螺钉的拉力和减小噪音，在泵体端面上开有卸荷槽，使漏油重新回到吸油腔。CB 型泵不能反转，因进油口大，出油口小。

齿轮泵属低压泵，工作压力一般不超过 2.5MPa。

齿轮泵一般用弹性联轴器与电动机连接，因此安装齿轮泵时，要求泵的传动轴与电动机轴同心，其同心度应在 0.1mm 以下，其斜角不大于 1° 。泵的进出口和旋转方向一般在泵体上均有注明不得装反。吸油口不宜超过油面 500mm。安装后用手扳动联轴器，应转动灵活。齿轮泵的齿形精度较低，往往会使液压系统产生噪声。因此，要将齿轮泵两齿对研，并达到规定的接触面积。齿轮与泵体的间隙正确与否会影响到齿轮泵的运行质量。间隙过大，则泵的输油量不足，压力提不高。间隙

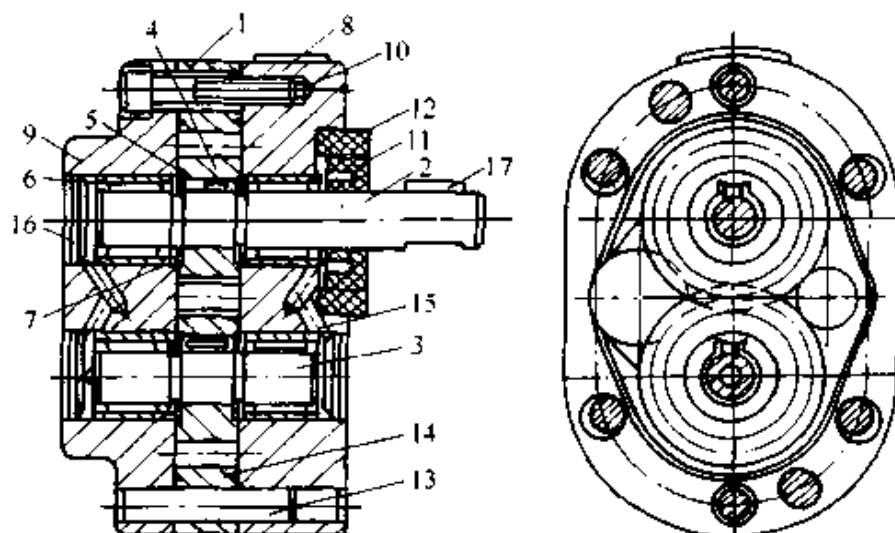


图 9-137 CB 型齿轮油泵结构示意图

- 1—泵体 2—长轴 3—短轴 4—齿轮 5—键 6—滚针轴承 7—弹簧挡圈
8—前盖 9—后盖 10—螺钉 11—密封圈 12—法兰 13—圆柱销
14—卸荷槽 15—泄油槽 16—压盖 17—键

有轴向间隙和径向间隙两种。轴向间隙应在 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ 之间，径向间隙可控制在以不擦壳（即齿轮与泵体不接触）为限度。泵体各密封面应严格密封，密封不严，可修磨密封面或更换密封填料。

(3) 螺杆泵

图 9-138 是螺杆泵的结构原理图。它是由泵体和装在泵体内的主动螺杆与两根同样的从动螺杆所组成。螺杆的啮合线把全动螺杆和从动螺杆的螺旋槽分割成若干个密封容积。当主动螺杆旋转时，带动从动螺杆旋转，它们的螺纹一方面相互啮合，一方面

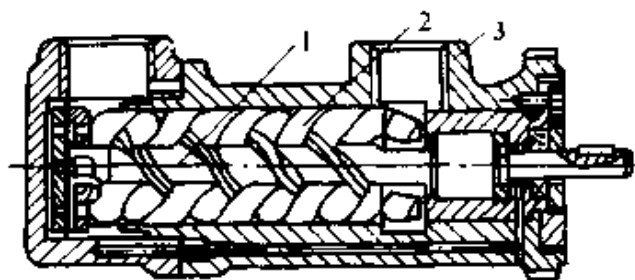


图 9-138 螺杆泵结构原理图

- 1—主动螺杆 2—从动螺杆 3—泵体

啮合线沿着螺杆轴线与旋转的角度成正比例移动，因此，被啮合线分成的若干密封容积也沿着轴向移动，即从吸油腔沿轴线向压出腔移动。这样在吸油腔处吸入的油液充满螺杆凹槽，当螺杆稍微转动后便与吸油腔隔绝，形成一密封容积。在螺杆连续旋转下，密封容积中的油液沿轴线移动，直到被压出排油腔，从而完成吸油、压油过程。

图 9-138 中的左端是泵的吸油口，右端是排油口。从主动轴伸长端

看，主动螺杆的旋转方向是顺时针方向。

螺杆泵属于齿轮泵类别，它的优点是结构简单，流量、压力稳定，输送平稳，工作可靠，寿命长，噪声小。因此，适用于高精度液压传动机床，作主传动给进运动和润滑系统上；其缺点是加工复杂，轴向尺寸较大。

(4) 叶片泵

叶片泵在各种机床液压系统中应用得最多，其特点是：压力较高，流量较均匀，运转平稳，噪声小，而且使用寿命长。叶片泵按结构型式不同，可分为单作用式和双作用式两种。其中双作用式叶片泵应用普遍，单作用式叶片泵只应用在低压和变流量系统中。

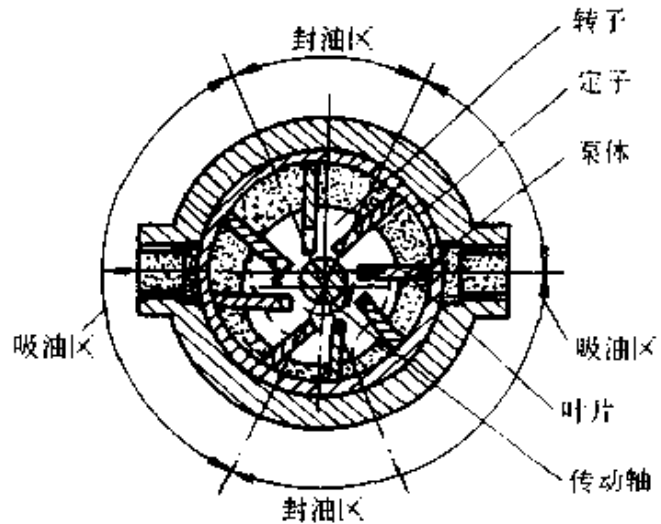


图 9-139 单作用式叶片泵

1) 单作用式叶片泵。见图 9-139，传动轴带动转子转动，转子上开有均匀分布的径向倾斜

狭槽，槽内装有可以滑动的叶片，转子装在定子内，两者不同心且有一个偏心距 e 。转子两侧装有固定的配流盘。

当转子转动时，叶片在离心力的作用下，顶部紧贴在定子的内表面上。因此，在定子、转子相邻的两个叶片和端盖之间形成若干个密封的工作容积。当转子按图示箭头方向旋转时，右腔叶片逐渐伸出，密封容积逐渐增大，造成局部真空，油液由吸油口吸入，与此同时，左腔叶片逐渐压进槽内，两叶片之间的密封容积不断缩小，油液由压油口压出。转子每转一周，叶片伸出和压进一次，每个密封容积完成一次吸油和压油。因此，这种泵称单作用式叶片泵。它的优点是流量可随偏心距 e 的改变而变化，所以可作为变量泵。缺点是转子单向承受压油腔油压的作用，径向力不平衡，所以单作用式叶片泵工作压力不宜过高，适用于低压和变流量系统。

2) 双作用式叶片泵。见图 9-140，双作用叶片泵与单作用叶片泵在很多处都是相似的。不同处是定子内孔不是圆形，而是一个近似的椭

圆形，定子与转子同心，两侧的配流盘各开有两个油窗。当转子按图示方向转动时，在吸油区内的叶片向外伸出，相邻两叶片间的密封容积逐渐增大。油液经配流盘的吸油窗吸入，在压油区内的叶片向里收缩，相邻两叶片间的密封容积逐渐减小，被挤出的油液经配流盘的压油窗压出。转子每转一周，每个密封容积完成两次吸油和两次压油过程，所以这种泵叫双作用式叶片泵。

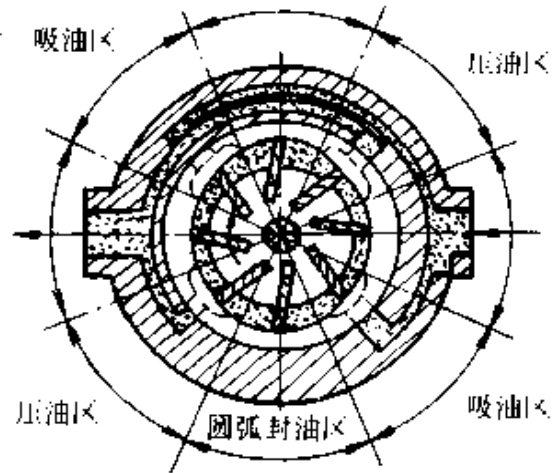


图 9-140 双作用式叶片泵

双作用式叶片泵与单作用式叶片泵相比，它的最大优点是转子承受对称油液压力，径向作用力可以互相抵消，克服了单作用式叶片泵的缺点。因此，双作用叶片泵能提高工作压力。由于双作用叶片泵每转一周完成两次吸油和压油，所以泵的输出流量大而且均匀。但由于转子和定子同心，因而不能调节输出流量，只能作定量泵。

图 9-141 是 YB 型叶片泵的外形和结构原理图。它是一种新型的双作用式叶片泵，其额定压力为 $63 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

叶片泵安装时，应保持转子与电动机轴的同心度，以免因不同心而把油泵咬死。叶片泵各密封面应严格密封，不能漏气，以免空气进入泵内后引起泵的噪声增大，容积效率下降和损坏零件。由于叶片和转子是单配的，因此，装配时应检查每个叶片在转子槽内移动是否灵活，有无卡死现象。如发现叶片在槽内不灵活，应修磨叶片，其间隙在 $0.015 \sim 0.02 \text{ mm}$ 为合适。泵内一套叶片的长度应一致，其长短差异不超过 0.01 mm 。

(5) 柱塞泵

柱塞泵按结构型式可分为轴向柱塞泵、径向柱塞泵和卧式柱塞泵三种。它的工作原理是利用柱塞在缸体内的往复运动，造成密封容积的变化，从而实现不断的吸油和压油。图 9-142 是三种柱塞泵的结构原理。

柱塞泵的应用特点是：由于柱塞和泵体内孔均为圆柱面，容易得到高精度的配合，因此，密封性能较好，泄漏少，效率高，结构紧凑，转动惯量小，压力大，适用于高压下工作，功率范围也大，容易实现流量

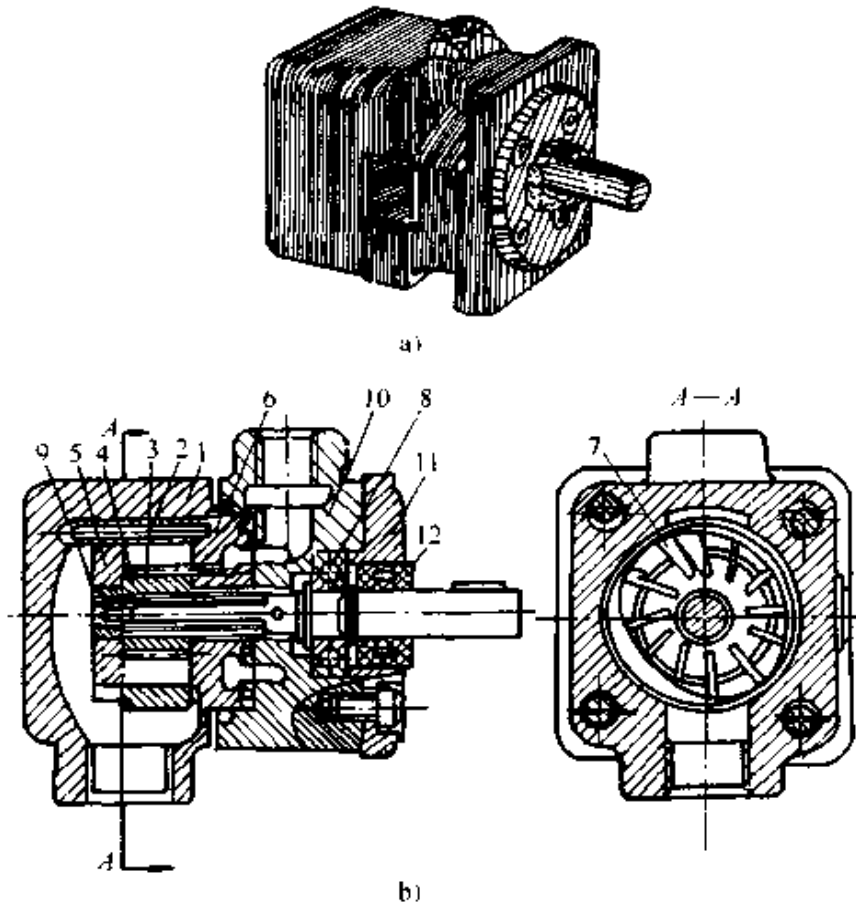


图 9-141 YB 型叶片泵

a) 外形图 b) 结构原理图

1—泵体 2—定子 3—转子 4—传动轴 5、6—配油盘
7—叶片 8—滚珠轴承 9—滚针轴承 10—泵体 11—盖板 12—密封圈

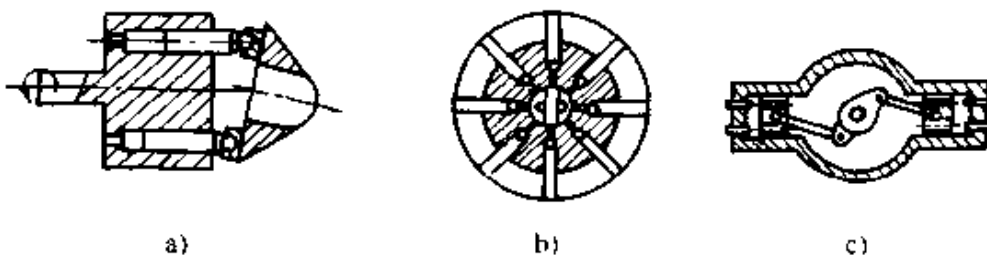


图 9-142 柱塞泵结构原理图

a) 轴向柱塞泵 b) 径向柱塞泵 c) 卧式柱塞泵

调节，所以可作变量泵和双向变量泵。柱塞泵缺点是结构比较复杂，成本较高，一般多用于高压系统。

图 9-143 是 CY14-1 型轴向柱塞泵的结构图。

CY14-1 型轴向柱塞泵是由主体和变量机构两大部分组成。图中左边是泵的变量机构，右边是泵的主体。它的工作原理是：电动机通过传

动轴带动缸体转动，传动轴与缸体用花键相连接。缸体上均匀分布7个柱塞，每个柱塞端部有一个铰接的滑履。滑履是通过回程盘以及定心弹簧、内套、钢球将其紧压在与缸体成一定倾角的止推斜盘上，该止推斜盘浮动地装在变量机构的变量头上。当缸体旋转时，带动柱塞和滑履一起转动，同时柱塞相对于缸体作往复运动，此外柱塞和滑履并作相对于缸体的绕柱塞轴线的旋转运动。

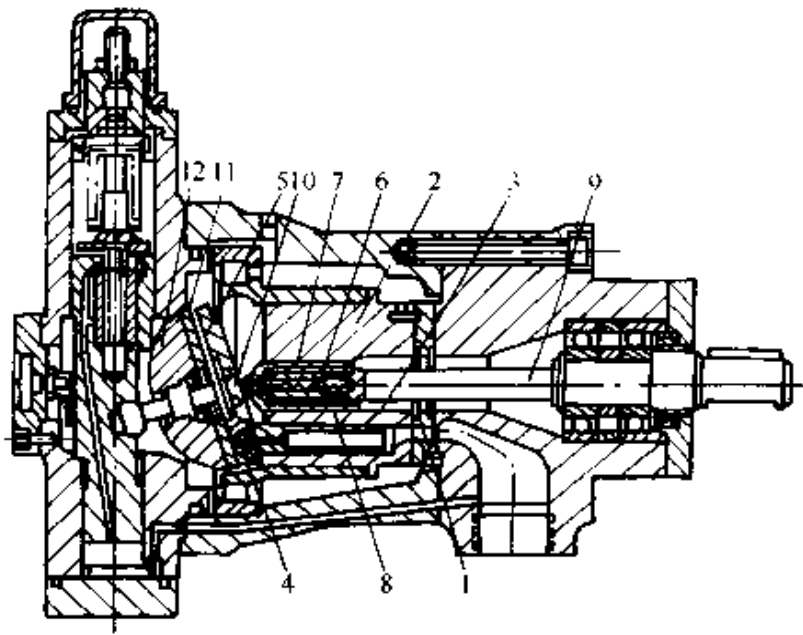


图 9-143 CY14-1 型轴向柱塞泵结构

- 1—配流盘 2—缸体 3—柱塞 4—滑履 5—回程盘
6—定心弹簧 7—内套 8—外套 9—传动轴
10—钢球 11—止推斜盘 12—变量头

由于柱塞作相对缸体的自身往复运动，这就造成密封容积变化，容积增大时吸油；容积缩小时排油。此外，定心弹簧通过外套将缸体压在配流盘上，起初起密封作用。配流盘上开有两个口，用于柱塞配油，它们分别与油箱和压力油路相通，在结构上保证柱塞向左运动时与吸油口相通；柱塞向右运动时与压油口相通，这就保证了当密封容积变化时，完成吸油和压油动作。

柱塞泵一般都是变量泵，其变量原理是通过手动、液动或机动的来控制变量机构，使柱塞的行程发生变化，从而达到改变柱塞泵的流量。当变量头的倾角减小时，柱塞行程减小，因而密封容积也减小，泵的流量随之减小。当变量头的倾角等于零时，柱塞行程等于零，泵的流量等于零，这时柱塞泵没有油液输出。

2. 液压缸

液压缸是液压系统中的执行元件，是将液压能转变成机械能的转换装置。一般用于直线往复运动，部分用作周期性摆动。液压缸的种类，按运动形式可分为直线往复运动液压缸和摆动液压缸。直线往复运动液压缸，按液压作用性质可分为单作用缸和双作用缸；按结构可分为活塞

缸、柱塞缸和伸缩缸。

液压缸的缸体常用 20、35、45 钢的无缝钢管制成，也可用铸铁或铸件来制造。活塞常用耐磨铸铁、钢或铝合金制成，柱塞多采用 35、45 钢制成。

(1) 单作用液压缸

这种液压缸只能在油液的压力作用下单方向运动，而回程是借助运动件（柱塞或活塞杆）的自重，或弹力的作用来回复的。见图 9-144 为单作用柱塞液压缸，它是由柱塞、缸体和密封装置组成。缸体上开有一个进出油口，当压力油进入液压缸时，柱塞在压力油的作用下向上运动；当工作完成后，卸压放油时，柱塞靠自重或外力作用向下运动，如液压千斤顶。

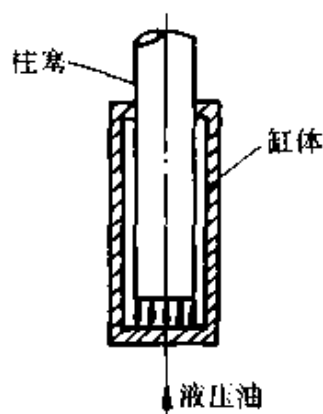


图 9-144 单作用
液压缸

柱塞式液压缸的缸体内壁与柱塞不接触，不需进行精加工，而只要将缸体端盖与柱塞配合的内孔进行精加工，因此，其结构简单、制造容易，可用于行程较长的地方，柱塞式液压缸的推力 (N) 和运动速度 (m/s)，可按下式计算：

$$\text{柱塞推力} \quad F = AP = \frac{1}{4} \pi d^2 P$$

$$\text{柱塞运动速度} \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

式中 d ——柱塞直径 (m)；

Q ——液压泵输出流量 (m³/s)。

(2) 双作用液压缸

这种液压缸是由活塞将缸体分为两腔，液压油交替地向液压缸两腔加油，活塞在液压油的作用下能实现正反两个方向的直线运动，所以称为双作用液压缸。双作用液压缸有双杆活塞式液压缸和单杆活塞式液压缸。

1) 双杆活塞式液压缸。见图 9-145，它由缸体、活塞和左右两根直径相同的活塞杆组成。这种液压缸可制成缸体固定的活塞移动式，也可制成活塞固定的缸体移动式。图 9-145 为缸体固定的活塞移动式结构。当缸体左腔进油，右腔回油时，活塞杆向右移动；反之，活塞向左

移动。双杆活塞式液压缸因活塞两端的有效面积相等，若流量和压力均相同，则活塞往复运动的速度（m/s）和推力（N）都是一样的。其值为

$$\text{推力 } F_1 = F_2 = \left(\frac{\pi}{4} D^2 - \frac{\pi}{4} d^2 \right) P = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P$$

$$\text{速度 } V_1 = V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} = \frac{4Q}{\pi (D^2 - d^2)}$$

2) 单杆活塞式液压缸。见图 9-146，活塞一端有杆，一端无杆，因此，活塞两端有效面积不相等。当液压油进入缸体左腔而右腔回油时，活塞向右移动，反之活塞向左移动。由于活塞左右承压有效面积不相等，所以活塞左右移动时的推力和速度都是不一样的。

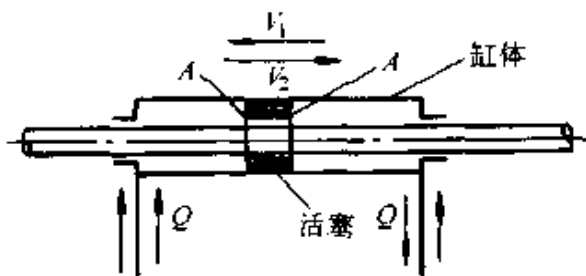


图 9-145 双杆活塞式液压缸

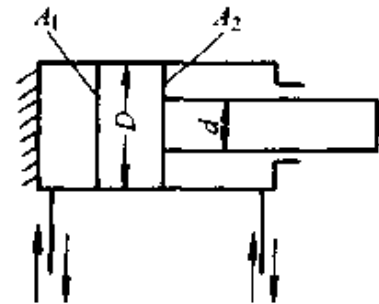


图 9-146 单杆活塞式液压缸

活塞向右移动时的推力（N）和速度（m/s）为

$$F_{\text{右}} = A_1 P = \frac{\pi}{4} D^2 P$$

$$V_{\text{右}} = \frac{Q}{A_1} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

活塞向左移动时的推力（N）和速度（m/s）

$$F_{\text{左}} = A_2 P = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P$$

$$V_{\text{左}} = \frac{Q}{A_2} = \frac{4Q}{\pi (D^2 - d^2)}$$

由此可见，因 $A_1 > A_2$ ，所以 $F_1 > F_2$ ， $V_1 < V_2$ 。即当无杆腔进油时，活塞的推力大而速度小；当有杆腔进油时，活塞的推力小而速度大。单杆活塞式液压缸的这一特点常用于实现工作行程的进给和空程的快速退回。

3. 液压控制阀

液压控制阀是液压系统控制元件。液压控制阀按其用途可分为压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀三大类。它的结构都是由阀体、阀心及操纵机构组成。液压阀的工作原理都是依靠阀孔的开闭来限制液体的流动和停止，从而实现对液体压力、流量和方向的控制和调节。控制阀在系统中不作功，只对执行元件起控制作用。同时控制阀还要满足以下要求：动作要灵敏，操作要可靠，工作时冲击振动要小；油液流过时压力损失也要小；结构要紧凑，密封性能要好；安装调整、维护、保养方便，通用性要普遍。

(1) 压力控制阀

按照压力控制阀在液压系统中的作用，又可分为溢流阀、减压阀、顺序阀和压力继电器。

溢流阀主要用来使液压系统中的压力保持不变，并起安全保险作用，防止系统过载。图 9-147 为活塞平衡式溢流阀的外形和原理图。

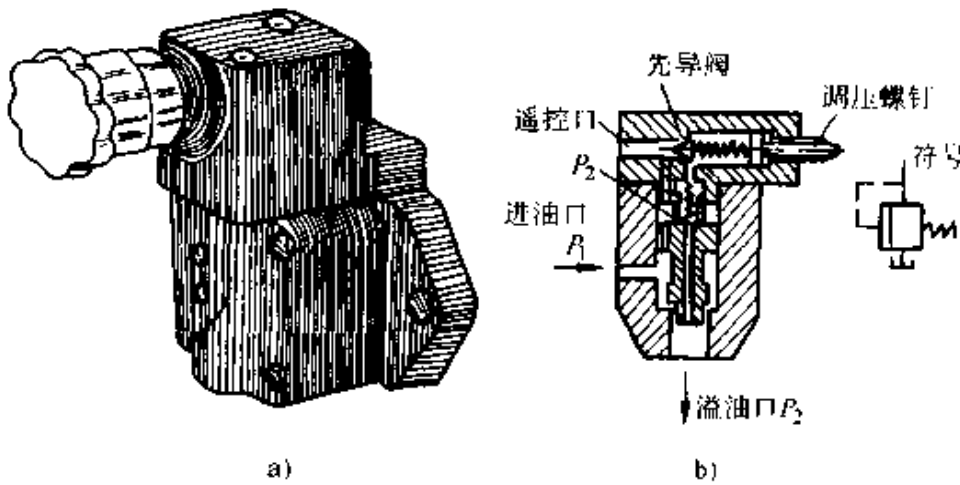


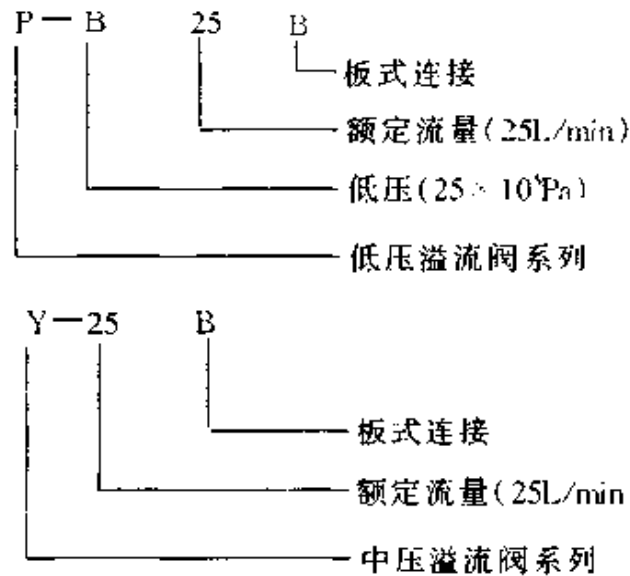
图 9-147 活塞平衡式溢流阀

a) 外形 b) 结构原理

当压力为 P_1 的油液从进油口进入阀体时，油液通过节流孔后以压力 P_2 作用于先导阀和主阀上， P_2 的有效作用面积为 A_2 ， P_1 的有效作用面积为 A_1 。当系统中的压力低于调整压力时，作用于先导阀的液压力也低于调整压力（即弹簧的压力），此时 $P_1 = P_2$ ，并且 $A_2 P_2 + F > A_1 P_1$ （ F 为主阀弹簧力），先导阀不开，溢流阀关闭。当系统中压力超过调整压力时，先导阀打开，部分油液通过主阀轴向节流孔流入溢油口。这时由于节流孔很小，来不及补充油液， P_2 减小，形成 $P_1 > P_2$ ，

并且 $P_1 A_1 > A_2 P_2 + F$ ，于是主阀向上升起，油从溢流口流回油箱。此时进油压力 P_1 不断下降，当 $P_1 = P_2$ 时，主阀在弹簧作用下压阀座，溢流阀关闭。当回油切断后，系统压力 P_1 又升高，这样将重复上述过程。在每一过程中，主阀将上下来回运动，但由于节流孔的作用，主阀不一定随之上下，而是处于某一平均位置，保持一定的溢流口，使系统中的一部分油液不断地回到油箱，保持液压系统中的压力基本恒定，从而起到溢流定压的作用。溢流阀除了用来防止系统过载和保持系统中一定的压力外，还可用来作卸荷阀、顺序阀，以及实现高低压多级控制和远程调压等方面。

溢流阀的型号含义举例说明如下：



减压阀主要用来减低液压系统的压力，使阀门出口压力低于阀门进口压力，并自动保持出口压力不变。图 9-148 是减压阀外形和结构原理。当滑阀在弹簧作用下，处于下部位置时，高压油进入阀体和滑阀开口处并经由减压出口流出，此时，出口侧有一部分低压油经节流孔进入先导阀。当减压出口压力超过先导阀的调整压力时，先导阀打开，油从排油口流入油箱。由于节流孔很小，油液来不及补充，滑阀上部腔室的油压下降，因此，滑阀下部腔室的油压大于上部腔室的油压，此压力推动滑阀向上移动，使阀体和滑阀的开口缩小，从而降低减压出口的压力至调整压力值，并使滑阀处于新的平衡位置，这时先导阀关闭，自动保持出口压力不变。

减压阀的型号含义举例说明如下：

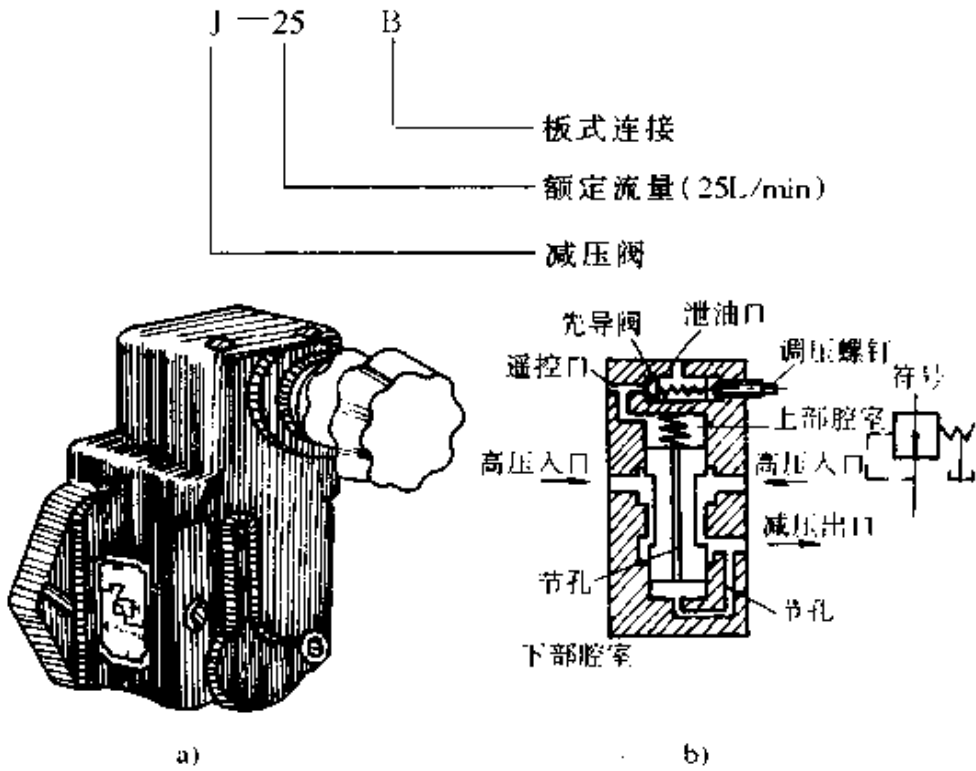


图 9-148 减压阀

a) 外形 b) 结构原理图

顺序阀是利用油液的压力来控制液压缸作预定顺序动作，以实现油液系统的自动控制的阀件。图 9-149 是顺序阀的外形和结构原理。当进口油液的压力没有达到预调压力时，阀门关闭；当进口油液的压力达到预调压力时，阀门打开，油液进入二次压力油路，使下一级元件动作。当一次油液经孔道到达滑阀下端小活塞时，若小活塞所受油压大于滑阀上端弹簧的作用力，则滑阀上升，顺序阀打开，油液从一次油液入口进入，从二次油液出口流出。如改变顺序阀上、下盖的

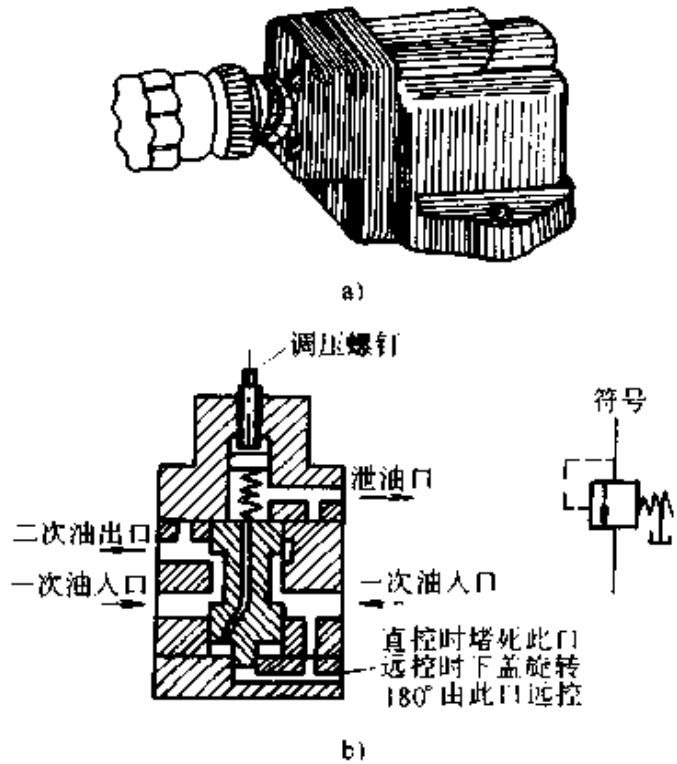
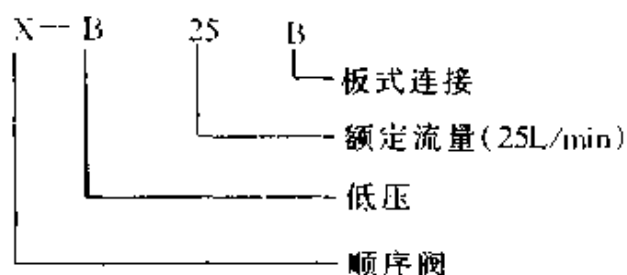


图 9-149 顺序阀

a) 外形 b) 结构原理图

安装位置，可把顺序阀作卸荷阀和平衡阀用。

顺序阀的型号及含义举例说明如下：



压力继电器也是一种压力控制元件，它是把液压信号转变成电信号的换转装置，一般用在各种液—电联合传动系统中，作自动控制元件，它能使液电联锁作用，也可作为安全保护装置。图 9-150 是压力继电器的外形和结构原理。它的工作原理是：液压信号由下腔输入，当压力值达到调节压力时，薄膜和柱塞在压力作用下上升，柱塞上升将推动柱塞两侧的钢球水平移动。钢球（6）向右作水平移动将推动杠杆绕铰轴逆时针转动，从而将电气开关的推杆压入，使开关动作，发出电气信号。

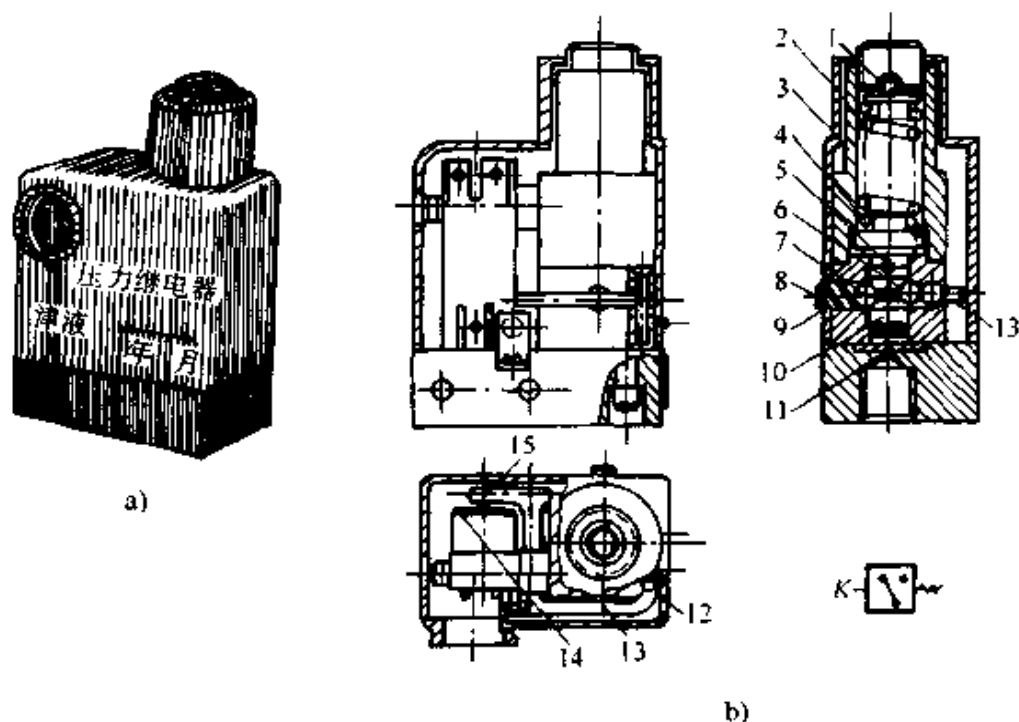


图 9-150 压力继电器

a) 外形 b) 结构原理图

1—螺钉 2—弹簧 3—缸体 4—弹簧 5—支承架 6、7—钢球 8—调节螺钉
9—弹簧 10—柱塞 11—薄膜 12—铰轴 13—杠杆 14—电气开关 15—推杆

发出信号的油液可通过螺钉来调节。当下腔的压力下降到某一预选数值时，弹簧将通过支承球及钢球（7）将柱塞压下，这时钢球（6）复位，则电气开关也复位并将杠杆推回，电气信号断开。调节螺钉可调节弹簧（9）的作用力，从而达到调节电气开关压下和松开的压力差值。

（2）流量控制阀

流量控制阀在液压系统中的作用是通过调节流经阀门的流量，以改变工作机构的工作速度。最常见的是节流阀，图 9-151 是固定式单向节流阀的外形和结构原理。阀体上装有可调节的阀心，转动手柄，通过螺纹使阀心沿轴向上、下移动，阀心上开有三角形沟槽，见图 9-152。当阀心沿轴向移动时，三角形沟槽在阀体内的开口程度就不同，这样流量就得到控制。

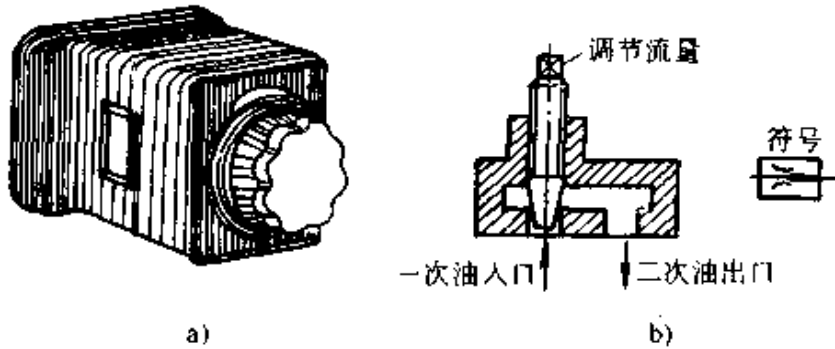


图 9-151 单向节流阀

a) 外形 b) 结构原理图

此外，还有速度调节阀和行程控制阀。速度调节阀是压力控制阀（溢流阀、减压阀）和节流阀两部分组成的复合阀，主要用于工作机构要求严格的工作速度的条件下或者为了提高液压系统的效率。行程控制阀主要用来自动限制液压缸的行程和运动速度，避免冲击，或者用来使液压缸达到精确的预定位置。它的工作原理是液压缸或工作机构进行到规定位置时，工作机构上的控制凸块，将行程控制阀逐步关闭，使液压缸在终点前逐渐减速停止或者改变进入液压缸的油量，使速度降低，从而达到自动限制液压缸行程和运动速度的目的。

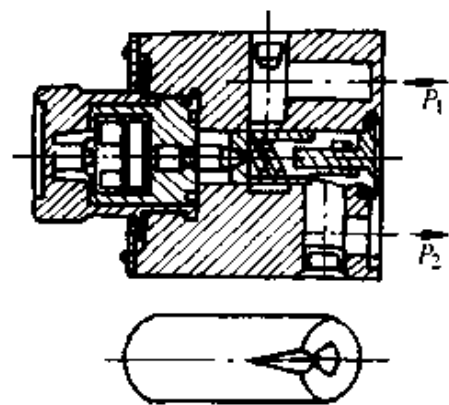


图 9-152 节流阀阀心

(3) 方向控制阀

方向控制阀在液压系统中用来控制油液的流动方向，以实现工作机构的启动、停止或改变运动方向和实现工作机构按预定次序动作。方向控制阀的种类较多，但工作原理比较简单，都是利用阀心的移动或转动来切断或接通液压系统；而阀心的驱动，可以用手动、电动或液动来完成。最常见的方向控制阀是单向阀，它又叫止回阀，主要用来控制液压系统只能向一个方向流动，不能反流。图 9-153 是单向阀的外形和结构原理图。当油液从进油口进入阀体，压力大于弹簧压力，弹簧被压缩，锥形阀芯打开，油液从出口流出，反向时，锥形阀芯弹簧和系统中压力作用下，阀孔关闭，反向截止。

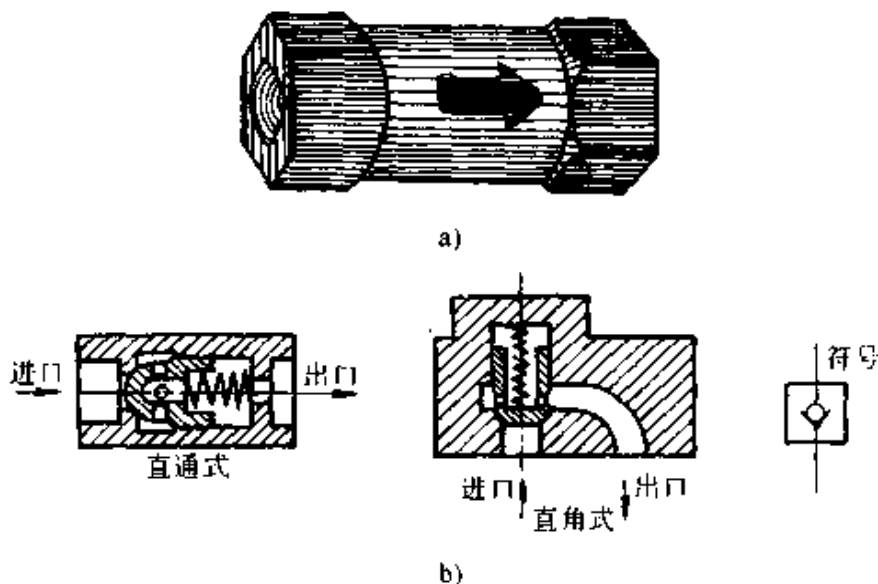


图 9-153 单向阀

a) 外形 b) 结构原理图

图 9-154 是手动换向阀的外形和结构原理图。当手柄在中间位置时， P 、 A 、 B 、 O 四孔各不相通。如将手柄向左扳时，阀心向右移动，此时 P 、 A 两孔相通，油液经 P 、 A 孔到工作机构做功，系统回路经 B 、 O 孔返回油箱。反之，当手柄向右扳时，阀心向左移，此时 P 、 B 两孔相通，回路经 A 、 O 孔返回，从而实现换向。

电磁换向阀是通过电气元件来改变阀心位置的，其外形见图 9-155。

液动换向阀是通过液控元件来改变阀心位置的，其外形可见图 9-156。

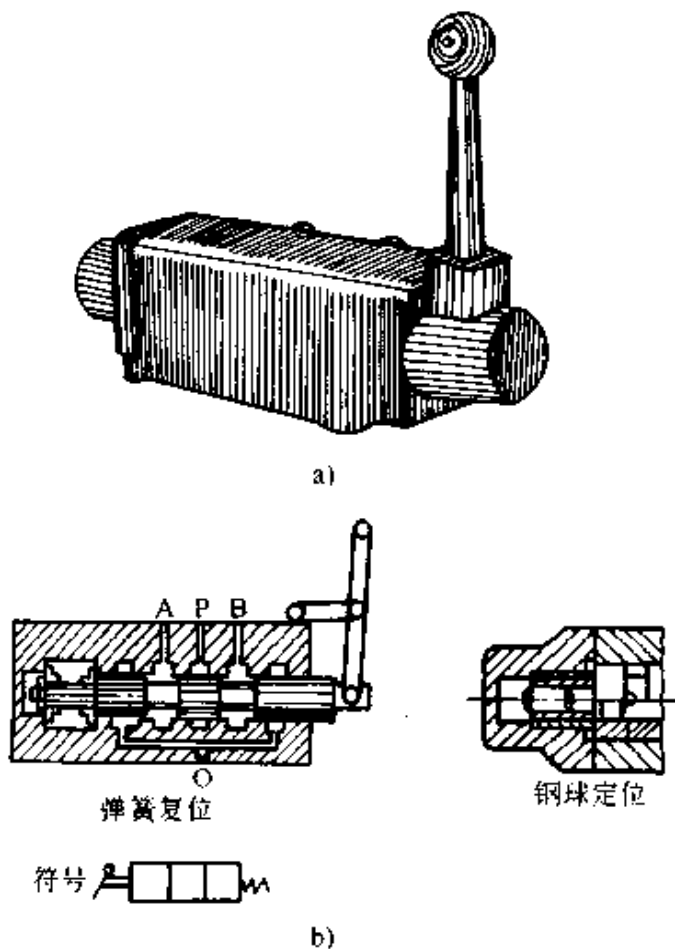


图 9-154 手动换向阀

a) 外形 b) 结构原理图

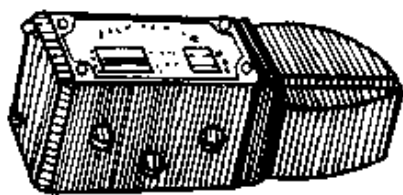


图 9-155 电磁换向阀

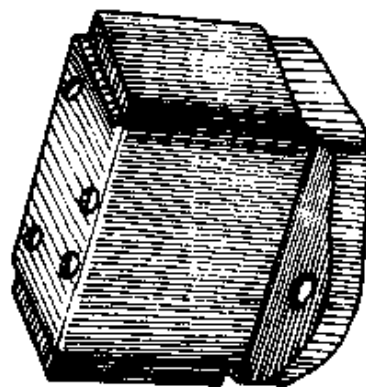


图 9-156 液动换向阀

4. 液压辅助装置

在液压传动系统中，除液压泵、液压缸和液压控制阀外，还要有一些其他辅助元件，如油箱、油管及接头、滤油器、蓄能器、密封装置及各种指示控制器、仪表等，才能组成一个完整的液压传动系统

(1) 油箱

油箱的作用主要是储油和散热。如油箱容积过大，就会增加液压传动装置的体积和设备的质量，而且操作不便。油箱容积过小，则散热面积小，油温容易升高，可能超过允许数值。当油箱容积不能增大且又不能满足散热要求时，要增设冷却装置。对于固定式油箱，在一般情况下，其有效容积为液压油泵每分钟流量的三倍以上，对于随机设备一起移动的油箱或液压系统是经常间断工作的油箱，其容积可小些。

图 9-157 是油箱的结构图。箱中隔板的作用是阻挡沉淀杂物和泡沫进入吸油管，脏油可从液压阀放出。空气过滤器包括空气过滤装置和油滤网各一个盖上有通气孔。当清洗油箱时，可将上盖卸开。

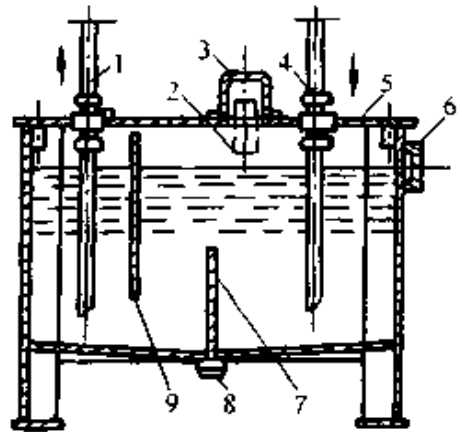


图 9-157 油箱

- 1—吸油管 2—空气过滤器
3—盖 4—回油管 5—上盖
6—油面指示器 7—隔板
8—油阀 9—隔板

(2) 油管 and 接头

油管和接头的作用是将各个液压元件连接起来，组成完整的液压系统，以保证油液循环和传递能量，因此，要求油管要有足够的强度，装配使用要方便。常用的管材有钢管、尼龙管、软管（钢丝编织层的橡胶管）、铜管、铝管等。压力油管主要用无缝钢管，也有使用尼龙管的，耐压可达 2.5MPa。但在实际生产中多用作回油管。尼龙管在油中加热到 160℃ ~ 170℃ 时，可任意弯曲，浸入冷水后可定形，因此，加工较方便。对于两个作相对运动的部件间的连接油管，一般采用软管连接，软管承受的压力与油管内径和钢丝编织的层数有关，高压软管耐压可达 42MPa。铝管多用于低压系统。

在液压系统中，油管的联接有两种方式。一种是法兰联接，主要用于大管径；一种是螺纹联接，由于油管直径偏小，故螺纹联接应用较广。

螺纹联接按其接头结构型式不同，分为扩口管接头、焊接式接头、卡套式接头、球面式接头、弹性箍式接头等。见图 9-158。

扩口管接头适用于铜管或薄壁钢管，也可用来联接尼龙管。联接时，应将管子端部扩口，然后旋紧管接头螺母即可，不需其他密封件，结构较简单，工作压力应低于 8MPa。焊接接头是利用 O 型密封圈进行

端面密封，管子采用焊接连接，工作压力可达 32MPa。卡套式接头是利用卡套变形卡住管子并进行密封的，联接时旋紧管接头螺母，卡套锥面随螺母旋紧而产生弹性变形夹紧油管，工作压力同样可达 32MPa，但对管子的尺寸精度要求较高。球面式接头是利用球面进行密封的，不需其他密封件，而对其管接头要求加工精度较高。弹性箍式接头是利用弹性箍将管子卡住，密封是靠密封圈完成的，因而密封可靠，并易于安装。

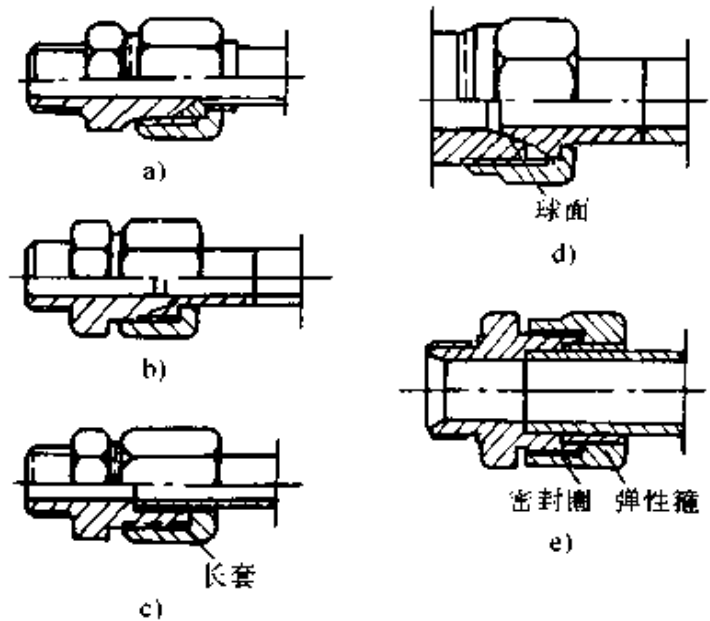


图 9-158 螺纹联接

a) 扩口管接头 b) 焊接式接头 c) 卡套式接头 d) 球面式接头 e) 弹性箍式接头

(3) 过滤器

在液压系统中，由于系统外部进入的脏物杂质和系统内部液压元件磨损后产生的金属微粒，容易引起液压元件工作表面的破坏，造成元件表面拉毛、咬死或堵塞管道小孔和节流阀，影响机械设备工作性能并造成故障。为了保证液压系统的正常工作，提高液压元件的寿命，凡进入液压系统的油液必须经过过滤器过滤。当然要全部清除液压系统中的杂质也是不可能的，因此，在液压系统中，对油液的过滤精度要求是以杂质的最大颗粒为标准的，也就是说杂质颗粒达到一定的大小后便不能进入液压系统。一般过滤精度分为四类：粗的（ $d > 0.1\text{mm}$ ）、普通的（ $d \geq 0.01\text{mm}$ ）、精的（ $d \geq 0.005\text{mm}$ ）、特精的（ $d \geq 0.001\text{mm}$ ）。

过滤器种类很多，常用的有网式过滤器、线隙式过滤器、纸心过滤器、烧结式过滤器和磁性过滤器等，见图 9-159。

网式过滤器的优点是结构简单，通油能力大，但过滤效果差，主要是装在液压泵吸油管路上以保护泵正常工作。线隙式过滤器的优点与网式过滤器相同，但它的过滤效果较好，缺点是不易清洗，一般多用在中、低压系统中。纸心过滤器是一种精过滤器，它的过滤效果好、精度

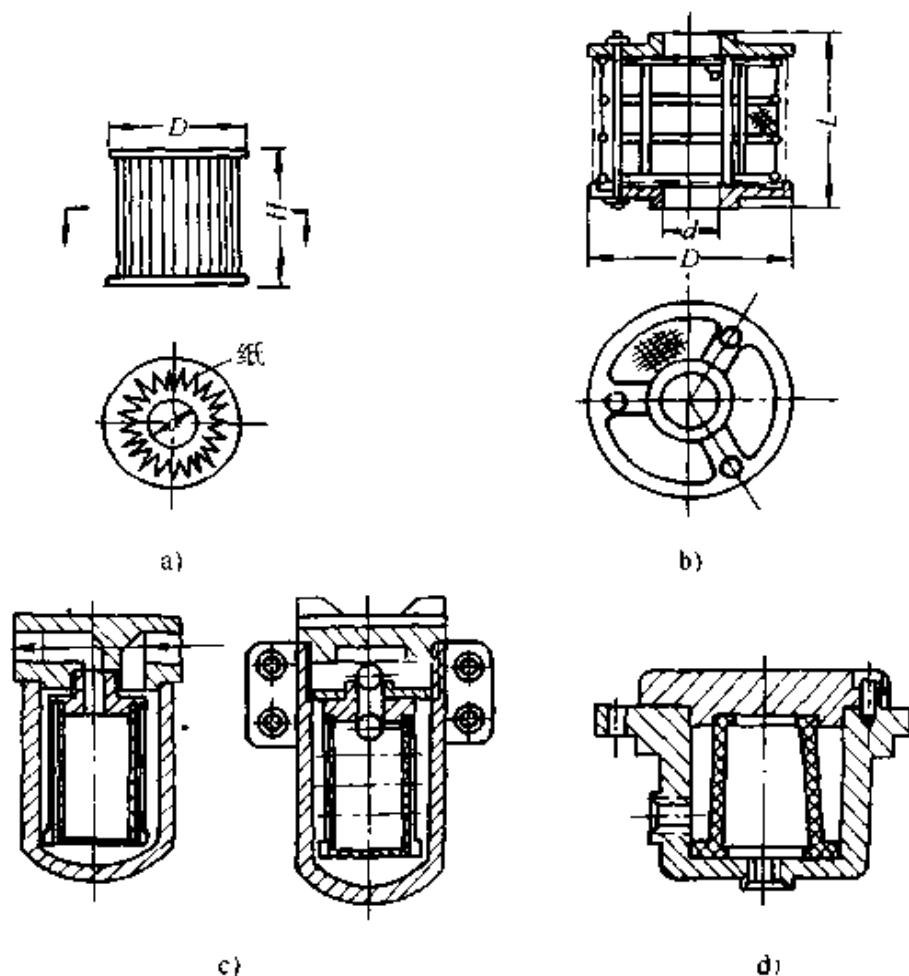


图 9-159 过滤器

a) 纸芯过滤器 b) 网式过滤器 c) 线隙式过滤器 d) 烧结式过滤器

高，但容易堵塞，堵塞后无法清洗，因此，要经常更换纸心，这种过滤器常与其他过滤器配合使用。烧结式过滤器也是一种精过滤器，它的优点是制造简单，性能稳定，能在高温高压下工作，多用于过滤质量要求很高的液压系统中，使用时多与其他过滤器配合。磁性过滤器是利用几块磁铁的作用来吸附铁屑，达到滤清油液的目的，这种过滤器也多与其他过滤器配合使用。

为了达到保护液压元件的目的，各种过滤器的安装位置要正确合理。为了保护泵，应在泵的吸口安装过滤器，但由于一般泵的吸口不允许有较大的阻力，因而不能安装精过滤器。通常在油箱中，泵的吸口上只安装网孔较大的网式过滤器。为了保护泵以外的液压元件，通常在泵的输油管路上安装精过滤器，但要注意过滤器应安在从泵到安全溢流阀的后面管路上，以免过滤器堵塞时引起液压泵过载。这时过滤器处于高压下工作，要求过滤器应有一定的强度和刚度。此外，也可将过滤器安

在回油管路上，但这种方式不能直接防止杂质进入液压系统，只能循环地除去油液中的部分杂质，这时过滤器在低压下工作，可以降低对过滤器的强度要求。有时为了保护重要元件正常工作（如节流阀），可在重要元件的入口处装上精过滤器。

(4) 蓄能器

液压系统中的蓄能器是一各储存高压液体的容器，它的作用是将油液的能量变成压缩弹簧的压力能、重物的势能或压缩气体的压力能，并且把它储存起来。当液压缸需要较多流量时，再将压力能输出，与泵同时工作。当液压缸停止工作时，泵的压力油液进入蓄能器蓄压，满压后泵停止工作。这样在间歇操作的液压系统中，就可以大大减小泵的功率。此外，蓄能器还有吸收部分冲击的能力，可起缓冲作用，这时蓄能器尽量安装在靠近冲击的地方。

蓄能器的类型有活塞式、气囊式、重锤式、弹簧式等多种，应用较广的是前两种。

图 9-160 为活塞式蓄能器的结构示意图。活塞缸体上部为压缩气体，活塞下部为高压油，高压油从下部进口进入，油压增加，活塞向上移动，上部气体压缩后，这样就使高压油的能量变成压缩气体的压力能储存起来。

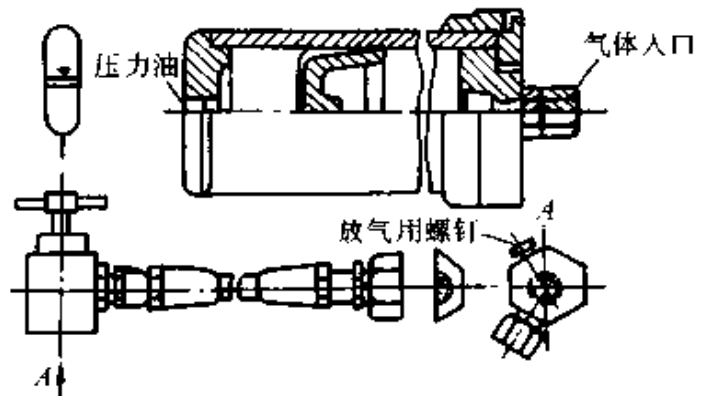


图 9-160 活塞式蓄能器

图 9-161 为气囊式蓄能器的结构示意图。蓄能器壳体上部装有特殊耐油橡胶制成的气囊，当高压油进入壳体下部后，压力增高，压缩气囊，高压油能量被储存起来。



图 9-161 气囊式蓄能器

(5) 密封装置

为了防止液压设备漏油，必须使用密封装置。密封装置主要有密封圈、活塞环以及机械密封等。

密封圈以 O 型圈应用最广，它具有结构简单、摩擦力小、工作可靠、易于制造等优点。O 型密封圈，见图 9-162，它是一个断面为圆形的圆环，用合成橡胶及其他弹性材料做成，适用于工作压力在 70MPa 以下，温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 条件

下的不同液体和气体介质中，作固定或运动状态的密封，因此，在液压与气动元件中广泛应用。

活塞环适用于液压缸的活塞或柱塞上，在工作压力 20MPa 以下的不同液体介质中，作运动状态的密封。

机械密封是利用轴的垂直面滑动接触进行密封的。图 9-163 是这种密封装置的结构示意图。图中件号 (3) ~ (9) 是固定在轴上并跟轴一起转动的部分，件号 (2)、(8) 是用密封盖进行固定的固定部分，这两部分的接触面 A 就是轴的垂直面。第一次轴封是用 O 型密封圈实现的，第二次轴封是靠 A 面滑动接触实现的。其密封原理是利用液体分子不能通过液体薄膜作为接触面的临界层，由于这个临界层的存在，一方面在接触面上进行临界润滑，另一方面阻止液体通过这个临界层，从而达到密封的目的。

机械密封的特点是：当设计合理时，能完全做到不漏油。从图左边与轴一起转动的部分看，上面装有弹簧，因此，在弹性作用范围内，能按磨损而自行调节接触状态，故使用寿命较长。从图右边固定部分看，与普通填料压盖相比，它只有垂直面接触滑动，没有普通填料压盖那种沿轴圆周面的摩擦滑动，因而节约动力，且不损伤轴。

(6) 指示、控制器械及仪表

为了使液压系统正常工作，除了上述各种液压元件外，还要有各种指示、控制器械及仪表来监督液压系统工作。最常见的指示仪表是压力表、温度计、液面计等。根据表上指示的数值，可判断液压系统是否处于工作状态，以便采取相应措施。

三、液压系统基本回路

液压传动设备，无论其系统多么复杂，但总是由一些基本回路组成。所谓基本回路，就是由若干个有关的液压元件组成的，用以完成特

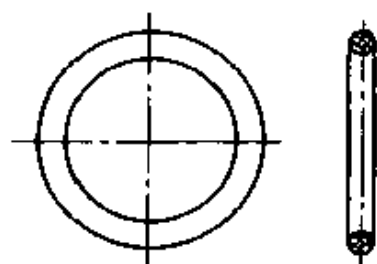


图 9-162 O 型密封圈

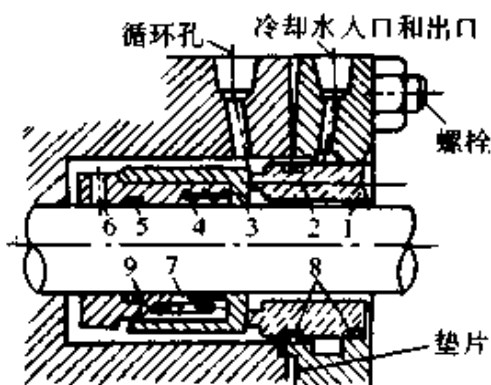


图 9-163 机械密封

- 1—密封压盖 2—固定环 3—回
转环 4—弹簧 5—O 型密封圈
6—定位螺钉 7—传动销
8—O 型密封圈 9—套环

定功能的典型油液系统。如用以调整系统压力的压力控制回路；用以改变运动方向的方向控制回路；用以调节运动速度的速度控制回路等。

1. 压力控制回路

压力控制回路是利用压力控制阀控制系统压力的回路，它可实现稳压、减压、增压、调压等目的，以满足执行元件（液压缸）的要求。根据使用目的的不同，压力控制回路的种类有以下几种。

(1) 稳压回路

图 9-164 为一种常见的用溢流阀保持系统压力的回路。液压泵的供油压力由溢流阀调节。当系统工作时，液压泵排出的油除满足系统的用油和补偿系统的油液泄漏外，一般用于液压泵流量不大的情况。

(2) 减压回路

对于只有一个液压泵的液压系统，如执行元件或某个支路上所需要的工作压力低于溢流阀的调定压力，那就要采用减压阀组成的减压回路，见图 9-165。

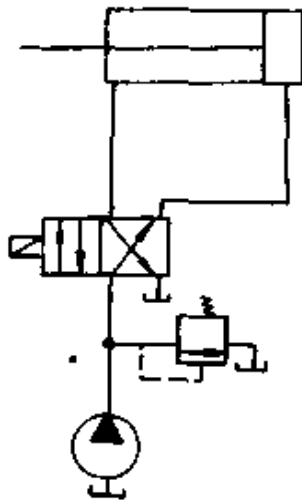


图 9-164 稳压回路

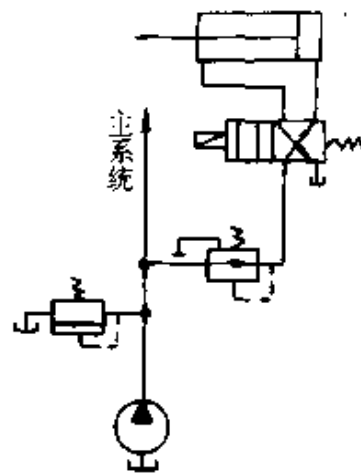


图 9-165 减压回路

液压泵的最大工作压力由溢流阀根据主油路所需压力调整。当液压缸 A 这个支路所需的压力比主轴路的压力低时，在这个支油路中加一个减压阀，就可获得所需要的压力。

2. 方向控制回路

方向控制回路是控制进入工作机构的油液流动的通、断来实现工作机构的起动、停止或换向的回路。

(1) 换向回路

换向回路是用换向阀来实现工作机构的换向的，见图 9-166。它是采用二位四通电磁换向阀的换向回路。当换向阀的电磁铁 DT 通电时，图示位置换向阀的左位接入系统，液压泵的输出油液经通道 $P \rightarrow A$ 进入液压缸左腔，而右腔的油液经通道 $B \rightarrow O$ 流回油箱，使活塞向右运动；当电磁铁断电时，电磁换向，来自液压泵的油液经通道 $P \rightarrow B$ 进入液压缸右腔，而左腔油液则经通道 $A \rightarrow O$ 流回油箱，使活塞向左运动。电磁阀不断的通电和断电，活塞则连续左右往复运动。

(2) 锁紧回路

为使液压缸能在移动过程中停在任何位置，并防止其停止后因外力作用而窜动，可采用锁紧回路。

图 9-167 为液控单向阀的双向锁紧回路。在图示位置时，液压泵输出油液通过换向阀流回油箱，系统无压力，液控单向阀 A 、 B 关闭，液压缸两腔均不能回油，于是活塞双向锁紧。如需活塞向右运动，则需换向阀 $1DT$ 通电，左位接入系统，压力油经单向阀 A 进入液压缸左腔，与此同时油液也进入液控单向阀 B 的控制油 DK ，打开阀 B ，液压缸右腔回油可经单向阀 B 及换向阀流回油箱，使活塞向右运动。反之， $1DT$ 断电而 $2DT$ 通电时，右位接入系统，油液经液控单向阀 B 进入液压缸右腔，同时也进入液控单向阀 A 的控制油 DK ，并打开阀 A ，使液压缸左腔的回油经阀 A 和换向阀流回油箱，使活塞向左运动。由于液控单向阀的密封性好，所以锁紧效果好。

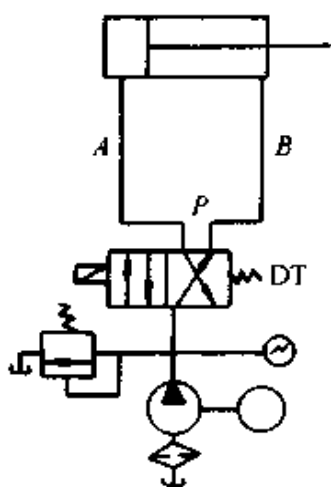


图 9-166 换向回路

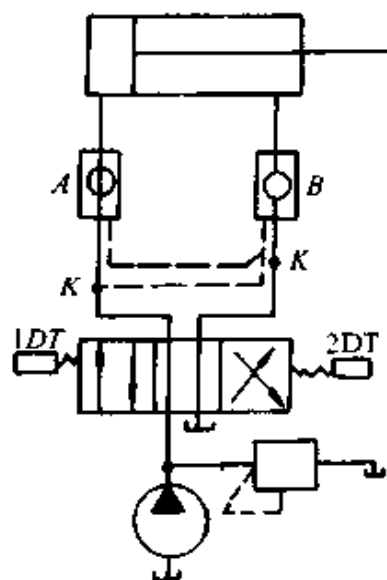


图 9-167 锁紧回路

3. 速度控制回路

速度控制回路是液压系统的重要组成部分，其作用是控制执行元件的运动速度。速度控制方法较多，现只介绍在定量泵的液压系统中，利用节流阀或调速阀来改变进入液压缸的流量，从而实现速度调节的目的，这种方法称为节流调速。它具有结构简单、成本低、使用维护方便等优点，应用较为广泛。由于节流阀或调速阀在油路中安装位置的不同，节流调速有以下几种。

(1) 进油调速回路

节流阀或调速阀串联在液压泵和液压缸之间的回路上，称为进油调速回路，见图 9-168。定量液压泵输出的流量是固定的，经节流阀进入液压缸左腔，调节节流阀通道截面积的大小。可调节进入液压缸的流量，从而调节工作机构的运动速度，多余的油液可经溢流阀流回油箱。

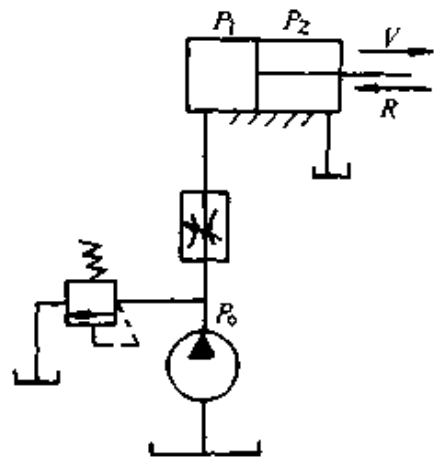


图 9-168 进油调速回路

在工作过程中，液压泵的供油压力 P_0 由溢流阀调节，基本保持一定。液压缸右腔直接插入油箱，故油压 P_2 接近于零；左腔油压 P_1 由活塞上的负载 F 的大小决定， F 大 P_1 也大， F 小 P_1 也小， P_0 与 P_1 的差值 ΔP 即为作用在节流阀前后的压力差。

由此可知，这种调速节流阀开口固定，而负载阻力 F 增大时，则 ΔP 压力差减小，活塞运动速度 V 亦随之减小，反之，当负载阻力 F 减小时，则速度 V 增加。这种调速回路的另一特点是：由于回油压力 $P_2 = 0$ ，活塞可获得较大的推力。

(2) 回路调速回路

节流阀或调速阀串连在回油路上，称为回油调速回路，见图 9-169。节流阀或调速阀接在回油路上，可以限制液压缸右腔的回油量，实际上等于限制进入液压缸左腔的流量，因此，同样可以达到调节活塞运动速度 V 的目的。

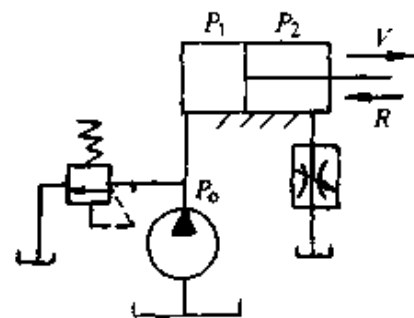


图 9-169 回油调速回路

在工作过程中，液压泵的供油压力 P_0 由

溢流阀调节，基本保持一定。液压缸左腔的压力 P_1 基本上等于液压泵的供油压力 P_0 ，即 $P_1 = P_0$ 。而液压缸右腔的压力 P_2 （称背压力）则由负载阻力 F 的大小决定，负载阻力 F 愈大， P_2 愈小， F 愈小， P_2 愈大。而节流阀前后的压力差 $\Delta P = P_2 - 0 = P_2$ ，因此，当负载阻力 F 增加时，压力差就减小，活塞运动的速度 V 亦随之减小；反之，当负载阻力 F 减小时，活塞运动的速度 V 就增加。这种回油调速的另一特点是由于在活塞上有背压力，因而当负载变化时，可起到缓冲作用，使运动速度较平稳。

(3) 旁路调速回路

节流阀或调速阀接在旁油路上的回路，称旁路调速回路，见图 9-170。液压泵输出的油液分成两路，一路通过节流阀流回油箱，另一路进入液压缸工作。由于输油量是一定的，因而可以通过调节节流阀的开口大小，使通过节流阀流回油箱的流量改变，从而调节进入液压缸的进油流量。当开大节流阀时，活塞移动速度 V 减小；当关小节流阀时，活塞移动速度

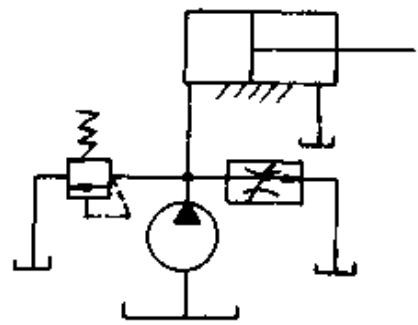


图 9-170 旁路调速回路

V 增加。此外，图中液压缸右腔的压力 P_2 接近于零，即 $P_2 = 0$ 。液压泵输出油压力 P_0 基本上等于液压缸左腔压力 P_1 ，而且它们的大小是随负载阻力 F 的大小而变化的。当负载阻力 F 增加时， P_1 随之增加， P_0 也增加；当负载阻力减小时， P_1 和 P_0 都减小。因此，这种旁路调速在能量利用上是比较合理的。在这种调速油路中，溢流阀只有过载时才打开，起安全阀的作用。

四、液压传动装置的调整与试车

一般来说，液压传动装置在出厂之前各种液压元件和管道均已基本安装完毕，除个别的进行调整外，绝大部分不需要逐件组装，但要掌握液压传动系统的基本要求，因为有些大型设备出厂时是半解体运到工地的，部分液压系统已拆开，因此，需要在现场进行调整和组装。此外，液压系统的重新冲洗、加油液等工作也要在安装工地上进行。

1. 油管组装注意点

(1) 吸油管与泵相联接的螺纹或法兰接合面处应严格密封，不得漏气。

(2) 泵的吸油高度一般不要大于 500mm, 以免造成吸油困难。

(3) 一般在吸油管上装过滤器, 滤网精度通常约为 100~200 目, 通过面积应为油管的两倍以上。

(4) 回油管要伸到油箱油面以下, 以防飞溅引起气泡。且回油管不能直接接到泵的入口, 一定要通过油箱, 否则油温将很快升高

(5) 当液压设备出厂后, 由于存放时间太长或保管不善引起油管锈蚀时, 一般应用 20% 的硫酸或盐酸溶液进行清洗, 再用 10% 的苏打水中和以后, 用温水冲洗, 然后干燥、涂油及试压, 合格后进行组装。不允许砂子、氧化铁皮、铁屑等污物存在于管道及阀件内。

(6) 部件之间的软管安装, 应按说明书规定对号接管, 不能扭转和相互摩擦。要适当考虑在长度上留有余量, 使它比较松弛, 因为软管进入压力油后, 要产生长度和直径的变化, 在长度方向上一般约有 $\pm 4\%$ 的变化。当软管较长或承受剧烈振动的情况下, 软管两接头在两个不同的平面上运动时, 可以在适当位置安装夹子。但在高压下使用软管时, 应尽量少用夹子, 因软管受压变形后, 在夹子处将产生摩擦。

2. 液压元件组装注意点

(1) 组装前, 液压元件应用煤油进行清洗, 并进行压力和密封性试验, 合格后才能组装。试验压力一般为工作压力的 1.5~2 倍。

(2) 应将各种控制仪表(如压力表、压力继电器等)进行校验, 以免不准确造成事故。

(3) 液压泵传动要符合设计和规范的规定。组装联轴器时, 不要用力敲打泵轴, 以免损伤泵的转子。

(4) 液压泵和阀件的进出口要正确联接。泵的旋转方向要正确。

(5) 液压元件的各联接处应保证密封良好, 低压系统的密封圈不要装的太紧, 以免阻力过大。金属密封圈重新组装前, 应经退火处理, 否则起不到可靠的密封作用。

(6) 用法兰联接的阀件, 应均匀拧紧各个螺钉, 以免螺钉受力不均造成密封不严。

(7) 液压缸安装要牢固, 为了防止热膨胀的影响, 在行程长和工作温度高的情况下, 液压缸的一端要保持浮动。

(8) 对于移动液压缸的中心线, 应与负载作用中心线同心, 否则会引起侧向力, 而侧向力易使密封件磨损及活塞损坏。对于物体的液压

缸，组装时应使液压缸与移动物体保持平行，其平行度一般不大于0.05/1000。

3. 液压系统的试车

(1) 试车前的准备工作

首先对液压系统进行清洗，具体步骤是：先用煤油冲洗油箱、床身等外露件，然后用系统中使用的油液进行清洗，较复杂系统可分区清洗。重要元件可在清洗前拆下，另用清洁油管接上，待其他管路和元件清洗后，再将其接上清洗。清洗合格的标准是：将清洗过的回油滴在白纸上，纸上没有脏晕现象，仅留下黄油迹，说明基本清洁。液压系统的清洗工作是很重要的，如不认真做好，往往会给试车工作带来很多故障，使试车难以顺利进行，因此，要十分重视此项工作。

清洗完毕后，按说明书的要求用油，并经过120目过滤网将油灌入油箱，使油液面达到规定高度。

检查各液压元件及其管道联接是否正确可靠，油泵旋转方向是否正确，泵和阀件的进出口是否联接正确。

检查调整压力的元件和电气控制元件是否操作方便，仪表是否便于观察，必要时指定专人看管。

(2) 空载试车

空载试车的目的是全面检查液压系统的各个通路、各液压元件和各辅助装置的工作是否可靠，工作循环或工作机构的动作是否符合要求。

空载试车的一般步骤如下：

1) 将开停阀放在“停止”位置，或将溢流阀旋松使其全开。开动液压泵，使其处于卸荷状态下运转。检查泵的卸荷压力是否在允许数值内，是否有刺耳的噪声。油箱中的液面是否有系统中吸入的空气泡沫，液面高度是否在规定范围内。

2) 将开停阀放在工作位置，或缓慢将溢流阀调节到规定压力值，使泵处于工作状态下运转。检查溢流阀在调节过程中有无异常现象。并使工作机构作空载运动，以排除液压系统中积存的空气。

3) 检查安全防护装置（如安全阀、压力继电器等）工作的可靠性和准确性。检查方法是使液压缸活塞抵死在液压缸盖上（或用其他方法使运动部件停止运动），然后从压力表上观察各工作通路的压力，并调整安全防护装置的压力到规定范围内。

4) 检查各液压元件及管路的外部 and 内部泄漏是否正常。空转一定时间后要检查油箱液面是否在规定高度的范围内，如低于高度应及时加油。

5) 与电气配合，调整自动工作循环或顺序动作，检查各动作的协调和顺序是否正确，并检查启动、换向和速度换接时运动是否平稳。

6) 液压系统在连续运转一段时间后，应检查油液的温度，一般不应超过 60°C 。

(3) 试车时的安全事项

液压系统试车的安全工作，除按一般设备试车安全规定外，还要注意下列事项：

1) 所有高速运动部件均需加防护罩。正对运动方向和高压管道附近不要站人。

2) 所有联接螺钉要装好拧紧。试车时如需拆卸液压缸压力腔的法兰时，要交叉均匀逐渐旋松各螺钉，使腔内压力油慢慢卸压，以免压力油突然喷出造成事故。

3) 所有联锁式锁紧装置要校准。对垂直组装的液压缸，如锁紧装置不灵，可能因自重下降引起事故。

4) 要仔细观察仪表读数，保证系统正常运转。特别是在运转时，压力表阀门要打开。

5) 开气阀放气时，操作人员不要面对喷射方向。

6) 系统中发生故障或高压部分出现微小泄漏时，都要停车修理。

7) 蓄能器注入气体后，各部分不准拆开或松动螺钉。如要拆修蓄能器，要先放掉内部的气体，确定无压力后，方可进行工作。

第十章 设备安装工程质量通病产生原因、危害性及其防治措施

第一节 设备基础、地脚螺栓和垫铁

一、设备基础

(一) 设备基础标高不符合要求

1. 现象

机械设备混凝土基础标高过高或过低，给机械设备安装带来一定影响。

2. 原因分析

设计施工图与设备尺寸不一致，施工时混凝土基础尺寸误差过大，施工作业不细心（模板尺寸有误）等。

3. 危害性

当混凝土基础过高时，要铲掉许多，这就造成材料和人力的浪费；如基础过低时，要加高基础，在加高基础的同时，如对原基础表面处理不好，就会影响设备基础的整体性，因而不能保证机械设备安装质量。另一方面，用钢材加高，将浪费大量钢材。

4. 防治措施

基础施工前，要仔细核对设计图上标注的尺寸与机械设备外形尺寸是否吻合，发现问题要及时加以解决，要严格按照设计标高尺寸施工，误差不能超过规定的标准。对重要复杂设备的混凝土基础进行加高时，必须制定切实可行的加高基础方案，经批准后，要严格按标准要求进行施工，以确保混凝土基础的良好性。

(二) 设备基础中心线失准

1. 现象

设备基础中心线偏移。

2. 原因分析

在基础放线时，把基准座标找错；放线或施工中尺寸误差过大。

3. 危害性

基础中心线偏移将导致机械设备中心偏移，因而改变了地脚螺栓的位置，使部分螺栓紧贴靠在预留孔壁上，影响预留孔二次灌浆，不能保证地脚螺栓质量。

4. 预防措施

在基础放线时要严格按施工图平面位置施工；对基准座标要反复核查，发现误差立即纠正。对基础中心偏移较小的，在不影响基础质量的前提下，可采取适当扩大预留孔的方法加以解决。

（三）基础地脚螺栓预留孔不准确

1. 现象

设备基础预留孔过大，孔内木盒清理不彻底。

2. 原因分析

施工中不仔细核对尺寸，预留孔偏差过大；基础灌浆时，预留孔木盒偏移。预留孔木盒清理不彻底是由于拆木盒时间过晚或采取的措施不当。

3. 危害性

基础预留孔过大影响整个设备基础的质量，也给安放垫铁带来不便，木盒清理不彻底，将会影响预留孔二次灌浆的质量，也保证不了地脚螺栓有足够的拉力。

4. 防治措施

施工中要仔细核实尺寸。在基础灌浆时，对木盒固定要采取可靠措施防止移动。抽出木盒时，应在基础混凝土凝固前进行，以保证清理木盒彻底和二次灌浆的质量。

（四）二次灌浆质量不良、基础整体性差

1. 现象

二次灌浆部位不铲麻面，不凿毛即行灌浆。

2. 原因分析

忽视基础施工质量，不按规定的施工程序和质量要求操作。

3. 危害性

灌浆部位的基础表面应在机械设备安装前，铲成麻面（即凿毛），目的是为了二次灌浆时，新、旧混凝土能很好地结合在一起，以保持基

础的整体性。如不铲麻面，两者结合不好，会使设备产生振动，影响安装质量和使用功能。

4. 防治措施

设备上位前，先将基础清理干净，被油沾污的混凝土应铲除，并在灌浆部位的基础表面铲成麻面。同时，在基础转角处，还应铲成缺口，使二次灌浆层更加牢固。一般铲麻面的方法是：利用尖铲在光滑的基础表面凿出一个个麻坑（直径约为30~50mm），麻坑的间距可根据基础大小决定。基础较小时，二次灌浆层起重要作用的，间距可小时，一般为55~100mm；基础较大时，取150mm。铲麻面时，应采取安全防护措施。

（五）二次灌浆层脆裂，与设备底座分离

1. 现象

二次灌浆层混凝土表面裂纹，产生麻面，泛砂与机械设备底座、垫铁剥离。

2. 原因分析

现场未配备计量工具，用锹、桶计量，误差过大；操作时工作马虎不认真，混凝土搅拌不均匀，拌合时间过短，未设内外模板，混凝土填捣不密实。

3. 危害性

二次灌浆混凝土配比标号低时，达不到混凝土强度等级的要求，加上混凝土填捣不实，地脚螺栓的承力强度小，保证不了设备的稳定性。

4. 防治措施

现场施工地点应配备符合计量要求的量具。二次灌浆用的混凝土的集料配比应正确（见表10-1），且标号应比基础混凝土的标号高一级。使用的水泥应是合格的，砂子应过筛，石子洗净；拌合应均匀充分，达到标准要求。灌浆前，灌浆处应清洗洁净。灌浆时，应捣固密实，但须注意不使地脚螺栓歪斜和影响设备的安装精度。灌浆层的厚度不应小于25mm；只起固定垫铁或防止油水进入等作用且灌浆没有困难时，可小于25mm。

灌浆前应安设外模板，外模板至设备底座底面外缘的距离 c （见图10-1）不应小于60mm。设备底座下不全部灌浆且灌浆层需承受设备负

表 10-1 常用混凝土配合比

项次	混凝土强度等级	水泥品种	水泥标号	石子规格/mm	每立方米用量及重量配合比						坍落度/cm
					水	水泥	黄砂	石屑	石子		
1	C10	矿渣水泥	400	5~40	180 0.98 49	183.7 1.0 50	339.4 1.847 92.4	339.4 1.847 92.4	1317.5 7.172 358.6	0~1	
2	C15	矿渣水泥	400	5~40	180 0.735 36.8	245 1.0 50	638.6 2.607 130.4		1296.4 5.291 264.6	1~2	
3	C15	矿渣水泥	400	5~70	175 0.671 38.1	230 1.0 50	312.8 1.36 68	312.8 1.36 68	1329.4 5.78 289	0~2	
4	C15	硅酸盐水泥	500	5~25	184 0.82 41	224.4 1.0 50	644 2.87 143.5		1307.6 5.827 291.4	1~0	
5	C20	矿渣水泥	400	5~40	183 0.64 32	285.9 1.0 50	624.1 2.183 109.2		1267 4.432 221.6	1~2	
6	C20	矿渣水泥	400	5~25	185.6 0.58 29	320 1.0 50	612 1.913 95.7		1242.4 3.883 194.2	1~3	
7	C20	硅酸盐水泥	500	5~40	183 0.71 35.5	257.7 1.0 50	633.4 2.458 122.9		1285.9 4.99 249.5	0~2	

注:表中数字:上列为 1m^3 混凝土所用材料的kg数;中列为水泥用料为1的配合比;下列为1袋水泥(50kg)为标准的材料用量(kg)。

荷，应安设内模板。内模板至设备底座底面外缘的距离 b （见图 10-1）应大于 100mm，并不应小于底座底面边宽 d （见图 10-1）。高度等于底座底面至基础或地平面的距离。

为使垫铁、设备底座底面与灌浆层的接触良好，宜采用压浆法施工。具体作法如下：

（1）应先在地脚螺栓上点焊一根小圆钢，作为支承垫铁的托架，小圆钢点焊的位置，应根据垫铁的升降块在最低极限位置时的厚度、设备底座地脚螺栓孔深度、螺母的厚度、垫圈厚度、地脚螺栓露出螺母的长度等累计计算；点焊应在小圆钢的下方，见图 10-2。点焊的强度应以保证在压浆时能胀脱为准。

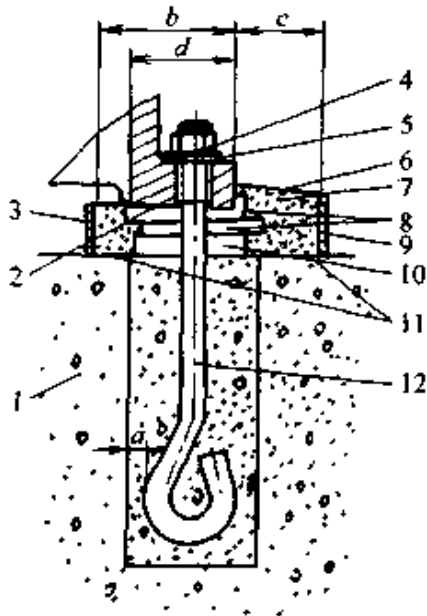


图 10-1 地脚螺栓、垫铁和灌浆层示意图

1—地坪或设备基础 2—设备底座底面
3—内模板 4—螺母 5—垫圈 6—浆灌
层斜面 7—灌浆层 8—斜垫铁 9—外模板
10—平垫铁 11—麻面 12—地脚螺栓

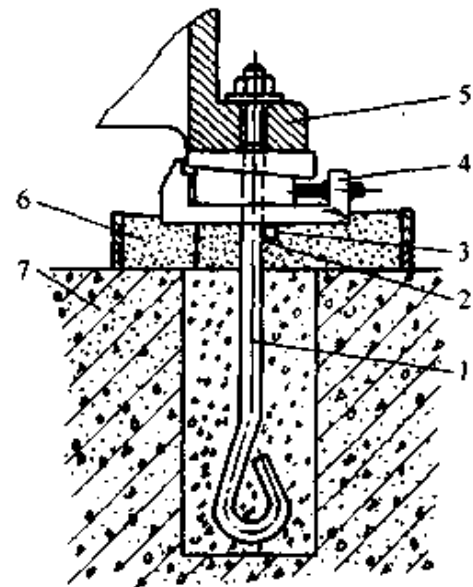


图 10-2 压浆法示意图

1—地脚螺栓 2—点焊位置
3—支承垫 铁网的小圆钢
4—螺栓调整垫铁 5—设备底座
6—压浆层 7—基础或地坪

（2）将焊有小圆钢的地脚螺栓穿入设备底座地脚螺栓孔。

（3）设备用临时垫铁组初步找正和找平。

（4）将调整垫铁的升降块调至最低位置，并将垫铁放到地脚螺栓的小圆钢上，将地脚螺栓的螺母稍稍拧紧，使垫铁与设备底座紧密接触，暂时固定在正确位置；

（5）灌浆时，一般应先灌满地脚螺栓孔，待混凝土达到规定强度的

75%后，再灌垫铁下面的压浆层，压浆层 a 处的厚度一般为 30 ~ 50mm；

(6) 压浆层达到初凝后期（手指撒压，还能略有凹印）时，调整升降块，胀脱小圆钢，将压浆层压紧；

(7) 压浆层达到规定强度的 75% 后，拆除临时垫铁组，进行设备的最后找正和找平；

(8) 当不能利用地脚螺栓支承调整垫铁时，可采用调整螺钉或斜垫铁支撑调整垫铁，待压浆层达到初凝后期时，松开调整螺钉或拆开斜垫铁，调整升降块，将压浆层压紧。

(六) 基础表面粗糙

1. 现象

混凝土基础抹面不平整光滑，垫铁外露，坡向不对。

2. 原因分析

抹面砂浆的水泥用量过少，未作仔细平整压光；抹面高度不够，尺寸不符合要求。

3. 危害性

抹面是设备基础施工的最后道工序，一般要求抹面尺寸准确，表面平整光滑，防止坡向基础体和设备底座内渗入油水，以延长设备和基础的使用寿命。抹面高度不够，不能将垫铁填塞密实，日久垫铁锈蚀并产生松动，直接影响设备的稳定性。

4. 防治措施

基础抹面应由操作熟练的人员进行操作，砂浆配比适当，并严格按尺寸要求施工，真正做到抹面密实，表面平整光滑，而且坡向朝外，能引到防止油水浸蚀设备底座及基础体的防护作用。

二、地脚螺栓

(一) 地脚螺栓螺纹外露长度不一致

1. 现象

地脚螺栓伸出设备底座螺栓孔的螺纹段长短不一。

2. 原因分析

地脚螺栓长度尺寸不标准；基础螺栓预留孔深度不符合要求；地脚螺栓在预留孔内安装高度不正确。

3. 危害性

地脚螺栓螺纹外露过长既不美观，而且螺纹易损伤，螺母就不容易倒扣；如果螺纹外露过短，受力达不到要求，影响机械设备的稳定性。

4. 防治措施

安装前要检查设备地脚螺栓是否符合设计要求，如有问题应及时更换。地脚螺栓在预留孔内的置放高度要适宜，螺栓头不要贴靠孔的底面，上部螺纹和伸出设备螺栓孔的长度须符合规范要求，一般地脚螺栓上紧螺母后螺纹外露长度为螺栓直径 $1/3$ 至 $2/3$ 。对于死地脚螺栓（同基础混凝土一起浇灌的螺栓）螺纹外露过

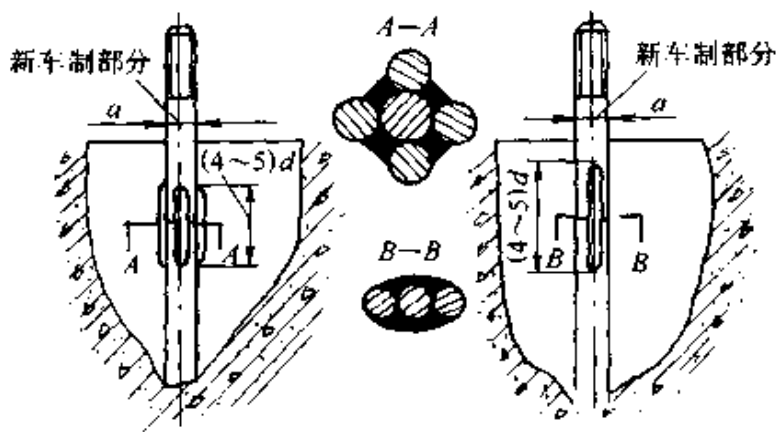


图 10-3 接长地脚螺栓

长的处理方法，可锯掉一部分长度，再套螺纹；如过短时（偏差较小），可将螺栓用氧乙炔焰烤红后稍稍拉长（拉长部分用 $2\sim 3$ 块钢板沿螺杆周边加固；如偏差过大，用拉长办法解决不了时，可将地脚螺栓周围的混凝土挖到一定深度，将地脚螺栓割断，另外焊上一个新加工的螺杆，并用钢板、圆钢加固，长度应为螺栓直径的 $4\sim 5$ 倍。见图 10-3。

（二）地脚螺纹受损及沾上污垢

1. 现象

地脚螺栓螺纹段螺线破断或沾上水泥、白灰等污垢。

2. 原因分析

由于施工配合不当，机械设备上位过早且未采取相应的防护措施。

3. 危害性

螺纹受损则不易上紧螺母；螺纹受到水泥、白灰污染，时间过长，硬化后不易除掉，影响螺母的松扣和拧紧，并对地脚螺栓产生腐蚀作用。

4. 防治措施

加强安装与土建施工的配合，合理安排施工程序，机械设备就位二次灌浆时，地脚螺栓上部螺纹段可用厚纸包紧，避免坏损螺纹或沾上灰浆。

(三) 地脚螺栓螺母未上紧

1. 现象

地脚螺栓螺母的拧紧力不够，达不到设备稳定性的要求。

2. 原因分析

施工作业马虎；手工操作螺母拧紧力掌握不准确。

3. 危害性

地脚螺栓拧紧力不够，机械设备将产生振动和失稳现象，轻者影响设备安装精度，严重时不能保证设备的正常运转和使用。

4. 防治措施

拧紧地脚螺栓时，应认真进行操作。当采用扭力搬手时，应按地脚螺栓的直径大小施加相应的扭力矩。一般地脚螺栓的拧紧力矩可参照表10-2。

表 10-2 地脚螺栓拧紧力矩

螺栓直径/mm	拧紧力矩/N·m	螺栓直径/mm	拧紧力矩/N·m
10	11	22	130
12	19	24	160
14	30	27	240
16	48		
18	66	30	320
20	95	36	580

(四) 地脚螺栓倾斜

1. 现象

地脚螺栓埋设时形成倾斜，不与基础面垂直。

2. 原因分析

在二次灌浆时，地脚螺栓未放正并固定好，捣固混凝土时碰歪。

3. 危害性

螺母底面不能和设备底座表面全部贴靠紧密，因而受力不均。

4. 防治措施

安装地脚螺栓时应保证螺栓垂直，必要时要加以固定，浇灌混凝土时要防止碰歪地脚螺栓，混凝土养护期间要随时进行检查。对一般设备地脚螺栓倾斜不严重时，可采用斜垫圈补偿调整。

(五) 紧固地脚螺栓程序不当

1. 现象

地脚螺栓紧固螺母时不按正确的拧紧顺序进行作业。

2. 原因分析

施工作业不认真，未严格按正确的拧紧螺母的顺序进行操作。

3. 危害性

由于不按操作规程进行操作，机械设备或部件受力不均，因而产生内应力，既影响设备应有的精度，也缩短使用寿命。

4. 防治措施

应使用标准长度的扳手拧紧螺母，一般可按图 10-4 所示的方法进行拧紧。

三、垫铁

(一) 垫铁安放位置不当

1. 现象

设备垫铁位置不正确，未按规定要求进行摆放。

2. 原因分析

对设备承垫垫铁的基本知识理解不清；未严格按合理的要求进行摆放；施工作业马虎。

3. 危害性

垫铁不能充分发挥承受合理负载和保持设备稳定的作用。垫铁如承垫过多，浪费大量钢材；承垫过少，使垫铁局部承受荷载过大，或传递荷载不均匀，破坏基础和机械设备运转的稳定性。

4. 防治措施

设备垫铁安装前要计算所需面积和数量，以及垫铁的合理分布。一般中、小型设备计算所得面积少于实际面积，故很少计算。重型设备垫铁面积要详细计算。通常垫铁敷设

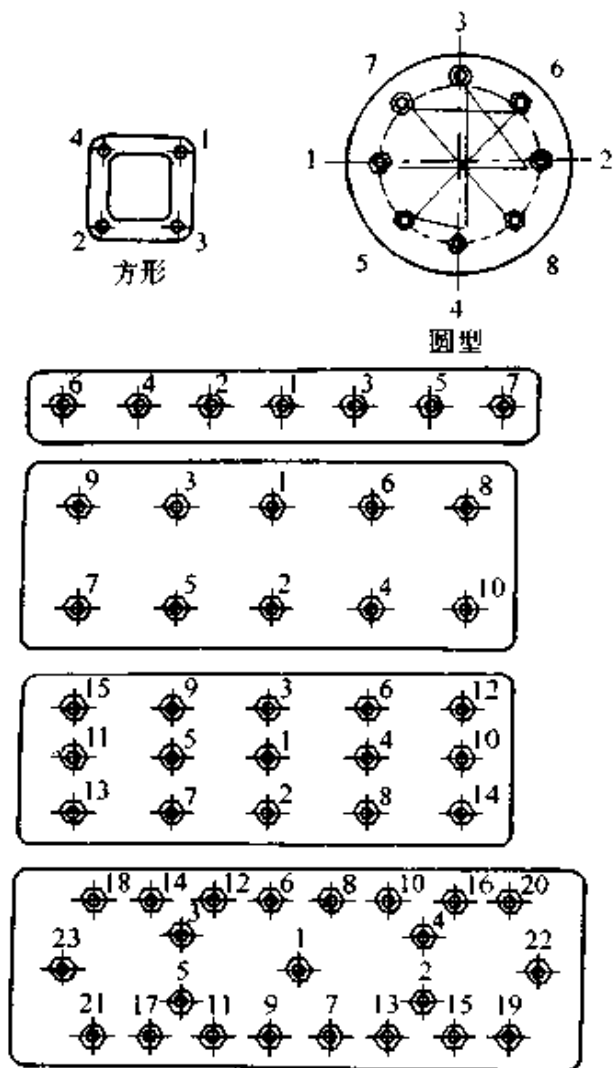


图 10-4 圆形、矩形、方形螺母旋紧顺序

方法，见第六章第二节。垫铁的负荷和面积计算方法如下：

$$A = C \frac{100 (Q_1 + Q_2)}{R}$$

式中 A ——垫铁面积 (mm)；

C ——安全系数，可采用 1.5~3；

Q_1 ——由于设备等重量加在该垫铁组上的负荷 (N)；

Q_2 ——由于地脚螺栓拧紧（可采用地脚螺栓的容许抗拉强度）后，所分布在垫铁组上的压力 (N)；

R ——基础或地坪混凝土的单位面积抗压强度 (MPa)。

(二) 垫铁安放过高

1. 现象

承垫垫铁块数过多而超高，且垫铁间未点焊成整体。

2. 原因分析

由于混凝土基础施工标高过低，为调整设备工作面高度，使用的薄垫铁过多；垫铁间不点焊是施工不严格未按规范规定执行，施工操作不认真。

3. 危害性

设备垫铁块数过多、过高时，使设备出现失稳状态，同时，又浪费钢材，加大工程成本。设备垫铁之间不进行点焊，设备运转过程中由于振动，容易使垫铁产生滑移，因而不能保证机械设备的加工精度。

4. 防治措施

设备垫铁的块数，应按照《机械设备安装工程施工及验收通用规范》(GB50231—98)中的要求进行摆放，垫铁组一般不应超过五块，并应少用薄垫铁。放置平垫铁时，最厚的放在下面，最薄的放中间，垫铁安放平稳且接触良好后（可用 0.25kg 小锤逐组轻击听声检查），要用电焊点牢，以防止滑移（铸铁垫铁可不点焊）。

(三) 垫铁露出设备底座长短不一

1. 现象

设备底座四周垫铁的外露长短不一，呈犬牙状。

2. 原因分析

使用的垫铁尺寸不标准，长的过长，短的过短；放垫铁时粗心大意，马虎不认真；不严格按照规定进行操作。

3. 危害性

垫铁露出底座过长，形成受力不均，同时浪费材料，又不美观。垫铁露出底座过短时，不便于调整设备。

4. 防治措施

安放垫铁时，应按规定尺寸露出底座，一般平垫铁露出设备底座为10~30mm，斜垫铁露出10~50mm。

第二节 拆卸、清洗和联轴器装配

一、拆卸、清洗

拆洗后装配精度降低。

1. 现象

设备机件拆卸清洗后不能恢复到原装的配合精度。

2. 原因分析

拆卸清洗工作不符合要求，卸下的零件保管不良、受潮或损伤；甚至丢失个别零件而改用替换件。

3. 危害性

使机械设备性能下降，甚至报废不能使用。

4. 防治措施

(1) 进行拆卸清洗的工作地点必须清洁，禁止在灰尘多的地点或露天进行，如必须在露天进行时，应采取防尘措施；

(2) 拆卸前必须熟悉图纸，拆卸时应对照图纸按步骤进行，并在相互配合的机件上进行打印或作记号，打印的字迹应清楚，位置必须一致和明显；若机件上已有记号，则应核对清楚后才能拆卸。

形状相同而数量很多的零件或部件，拆卸时应给示意图并按图上的编号打印；

(3) 拆下的零件必须妥善保管，不得受潮、损伤及丢失；

(4) 需加热后拆卸的机件，其加热温度应按设计或设备说明书的规定执行；

(5) 清洗机件一般均用煤油，但精密件或滚动轴承，用煤油洗净后必须再用汽油清洗一次；

(6) 所有油孔油路内的泥砂或污油等杂物，清除干净后用木塞堵

住，不得使用棉纱、布头代替木塞；

(7) 洗净后的机械设备零件或部件，如不能立即装配时，应盖严密，防止灰尘侵入；

(8) 设备部件装配时，应先检查零、部件与装配有关的外表形状和尺寸精度，确认符合要求后，方得装配。

二、联轴器的装配

(一) 联轴器的两轴心径向位移超差

1. 现象

机械设备两传动轴的两轴心径向位移，超过标准的要求。

2. 原因分析

测量工具不合格或精度等级不够；测量误差大；施工马虎不细心。

3. 危害性

设备同轴度超过技术标准要求时，在运转中可能产生振动，同时还使轴承磨损，损坏零、部件，使设备不能保持正常的运行。

4. 防治措施

施工安装中，应使用经过计量的合格量具进行测量，要严格按施工及验收规范的规定测量检验两轴心径向位移。一般可采用下述的方法：

如图 10-5 所示，测量联轴器两轴心径向位移时，先将联轴器端面和圆周上均匀分成四个位置，即 0° 、 90° 、 180° 、 270° 。

测量时，先将半联轴器 A 和 B 暂时相联接，然后装上专用工具或在圆周上划出对准线（如图 10-5a）。

将半联轴器 A 和 B 一起转动，使专用工具或对准线顺次转至 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个位置，并在每个位置上测得两半联轴器的径向数值 a （或间隙）和轴上数值 b （或间隙），并写成图 10-5b 的形式。

对测出数据进行核算：

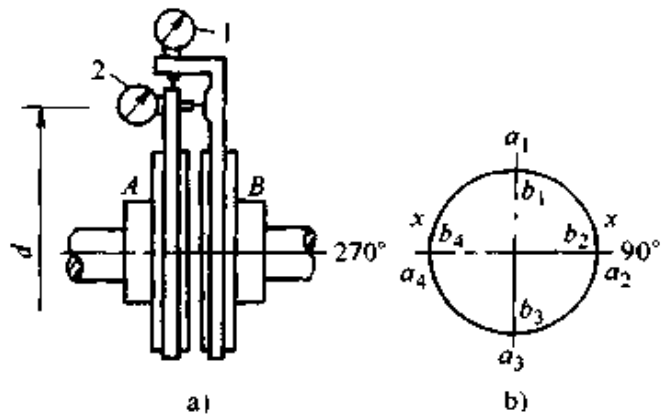


图 10-5 测量联轴器的同轴度

a) 使用专用工具测量 b) 记录形式

1—测量径向数值 a 的百分数

2—测量轴向数值 b 的百分数

将联轴器再向前转动，核对各位置的测量数值有无变动；即

$a_1 + a_3$ 应等于 $a_2 + a_4$ ；

$b_1 + b_3$ 应等于 $b_2 + b_4$ 。

如上述数值不等时，应查明原因，消除后重新进行测量。

两轴心径向位移应按下列公式进行计算：

$$a_x = \frac{a_2 - a_4}{2} \quad a_y = \frac{a_1 - a_3}{2} \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

式中 a_x ——两轴轴线在 $x-x$ 方向的径向位移；

a_y ——两轴轴线在 $y-y$ 方向的径向位移；

a ——两轴心的实际径向位移。

$$Q_x = \frac{b_2 - b_4}{d} \quad Q_y = \frac{b_1 - b_3}{d} \quad Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$$

式中 d ——测点处直径；

Q_x ——两轴轴线在 $x-x$ 方向的倾斜；

Q_y ——两轴轴线在 $y-y$ 方向的倾斜；

Q ——两轴轴线的实际倾斜。

(二) 联轴器端面间隙值超差

1. 现象

两半联轴器端面间隙过大或过小，不符合标准要求。

2. 原因分析

不按标准规定进行找正；施工马虎不认真；整体设备出厂验收不合格。

3. 危害性

两半联轴器端面间隙过大，使两传动轴扭力增大，增加不必要的外负荷，可导致设备运转不平稳。如两半联轴器端面间隙过小，不能满足轴向伸长窜动所需的间隙要求。

4. 防治措施

应按施工及验收规范的规定进行安装调整。对中、小型有共用底座的整体安装的设备，两半联轴器端面间隙过大时，可采取加长电动机底脚定位槽的办法解决。常用的联轴器端面间隙值，可按下面规定进行调整：

十字滑块联轴器见图 10-6 端面间隙 c ；当外形最大直径不超过

190mm 时, 应为 0.5~0.8mm, 当外径超过 190mm 时, 端面间隙应为 1~1.5mm。

挠性爪型联轴器, 见图 10-7, 端面间隙 c 约为 2mm。

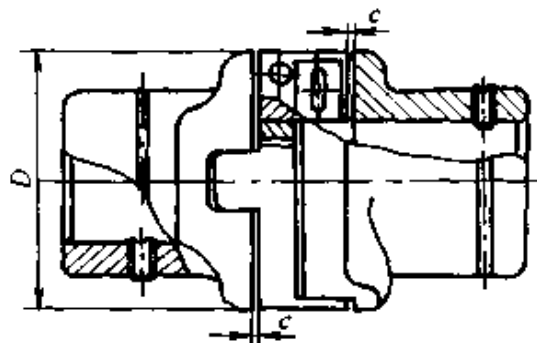


图 10-6 十字滑块联轴器

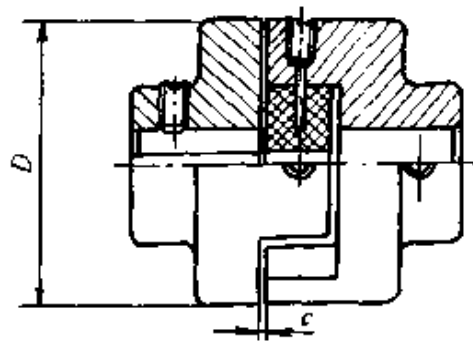


图 10-7 挠性爪型联轴器

蛇形弹簧联轴器的端面间隙, 见表 10-3。

表 10-3 蛇形弹簧联轴器端面间隙 (mm)

序号	联轴最大直径外形	端面间隙不应小于
1	≤ 200	1.0
2	$> 200 \sim 400$	1.5
3	$> 400 \sim 700$	2.0
4	$> 700 \sim 1350$	2.5
5	$> 1350 \sim 2500$	3.0

齿轮联轴器, 见图 10-8, 端面间隙 c 见表 10-4。

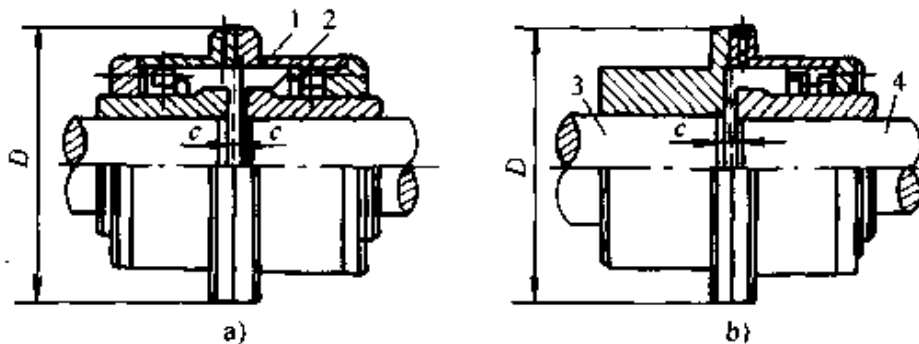


图 10-8 齿轮联轴

a) 普通型 b) 用于设备有中间轴者

1—外壳 2—外齿轴套 3—中间轴 4—主轴

表 10-4 齿轮联轴器端面处间隙 (mm)

序号	联轴器外形最大直径 D	端面间隙不应小于
1	170~185	2.5
	220~250	
2	290~430	5
3	490~590	5
4	680~780	7.5
5	900~1100	10
6	1250	15

弹性圈柱销联轴器，见图 10-9，端面间隙 c 见表 10-5。

表 10-5 弹性圈联轴器端面间隙 (mm)

序号	轴承直径 D	间隙
1	25~28	1~5
2	30~38	1~5
3	35~45	2~6
4	40~55	2~6
5	45~65	2~6
6	50~75	2~8
7	70~95	2~10
8	80~120	2~12
9	100~150	2~15

尼龙柱销联轴器，如图 10-10，端面间隙 c 见表 10-6。

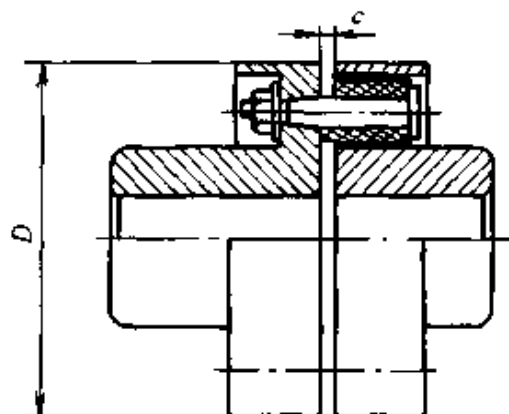


图 10-9 弹性圈柱销联轴器

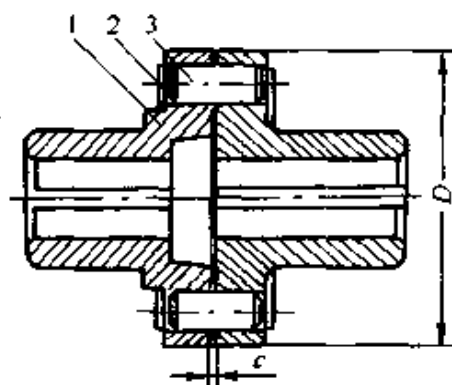


图 10-10 尼龙柱销联轴器

1—半联轴 2—挡板 3—尼龙柱销

表 10-6 尼龙柱销联轴器端面间隙 (mm)

序 号	联轴器外形最大直径	端面间隙不应小于
1	90~150	2
2	170~220	2.5
3	275~320	3
4	340~490	4
5	560~610	5
6	670	6
7	770	7
8	850	8
9	880	9

第三节 轴承的装配

一、滑动轴承轴瓦的接触角不符合要求

1. 现象

轴瓦与轴颈间接触角达不到标准要求。

2. 原因分析

不能严格按操作要点进行刮瓦，施工作业马虎，工艺基本功差。

3. 危害性

轴瓦与轴颈接触角过大，使润滑油膜不易形成，从而得不到良好的润滑效果，加快轴瓦的磨损。接触角过小，会增加轴瓦的压强，其结果也会使轴瓦很快磨损。

4. 防治措施

轴瓦与轴颈接触角大小要适宜，一般控制在 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间。高速轻载轴承接触角可取 60° ，低速重载轴承的接触角可取 90° ，轴瓦的刮研要在设备精平以后进行。刮研的范围包括轴瓦背面（瓦背）与轴承体接触面的刮研和轴瓦与轴颈接触面的刮研两部分。

瓦背与轴承体的刮研不应忽视。具体要求是：下瓦背与轴承座之间的接触面积不得小于整个面积的 50%，上瓦背与轴承盖间的接触面积不得少于 40%；瓦背与轴承座和轴承盖之间的接触点应为 1~2 点/ cm^2 。如果接触面积过小或接触点数过少，将会使轴瓦所承受的单位面

积压力增加，从而加速轴瓦的磨损。

刮研轴瓦时，应将轴上的零件全部装上。刮瓦一般先刮下瓦，后刮上瓦。研瓦时，可在轴颈上涂一层薄薄的红铅油，将轴颈轻轻地放入瓦内，然后盘动轴，使轴在轴瓦内正、反转各一周，轴瓦与轴颈相互摩擦，再将轴吊起，根据研瓦的情况，判定其接触角和接触点是否符合要求，如不符合要求应使用刮刀刮削。刮研时，在 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 接触角范围内，接触点应该中间密两侧逐渐变疏，不应该使接触面与非接触面间有明显的界限。上瓦的刮研方法与下瓦相同。在瓦上着色时，要装好上瓦，撤去瓦口上的垫片，将轴承盖用螺钉紧固好，保证上瓦能够良好地与轴颈接触。

二、轴颈与轴瓦接触点过少

1. 现象

轴瓦与轴颈间的接触点不符合施工及验收通用规范的规定。

2. 原因分析

刮瓦的程序和方法不妥当，操作时不细致，粗心大意忽视质量。

3. 危害性

由于轴瓦与轴颈间接触点标准达不到规定的要求，在设备运转过程中可导致轴瓦发热，使运转不能正常进行。

4. 防治措施

刮瓦时应按工艺程序进行，轴颈在轴瓦内反正转动一圈后，对呈现出的黑斑点用刮刀均匀刮去，每刮一次变换一个方向，使刮痕成 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的交错角，同时在接触部分与非接触部分不应有明显的界限，当用手触摸轴瓦表面时，应感到非常光滑。轴瓦接触点标准可参照表 10-7 的规定。

表 10-7 轴瓦接触点标准

序 号	轴承转速 / (r/min)	接触点 / (点/25mm × 25mm)
1	100 以下	3 ~ 5
2	100 ~ 500	10 ~ 15
3	500 ~ 1000	15 ~ 20
4	1000 ~ 2000	20 ~ 25
5	2000 以下	25

三、滚动轴承的装配通病

1. 现象

轴承间隙过大或过小。

2. 原因分析

对轴承间隙测量不仔细，测量工具或操作上误差过大。当采用螺钉调整时，未拧紧锁紧螺母；用止推环调整时，止动片未固定牢固。

3. 危害性

轴承间隙过大或过小，都会影响滚动体正常运转和润滑，同时，也满足不了热膨胀的要求，其结果使整台设备不能正常运转。

4. 防治措施

应按规定要求正确调整轴承的间隙。安装时需调整的一般都是径向止推式滚锥轴承。调整时，通过轴承外套进行，根据轴承部件的不同，主要有下面三种调整方法；

(1) 垫片调整法

如图 10-11 所示，先用螺钉将卡盖拧紧到轴承中没有任何间隙时为止，同时最好将轴转动，然后用塞尺量出卡盖与机体间的间隙再加上所要求的轴向间隙，即等于所需要垫片的厚度，垫片必须平整光滑洁净，不允许在垫的边缘或穿眼（螺钉穿过的孔洞）处有卷边或不平的现象。为了能精确地调整轴向间隙必须准备各种不同厚度的垫片，垫片以软金属片为最好，纸垫也可以。如果需要几层垫片叠起来用时，其总厚度一定要以螺钉拧紧之后，再卸下来量出的结果为准，不能以几层垫片直接相加的厚度计算，这样会造成误差。特别是多层叠在一起未经压紧前，弹性较大，量出来的数值总是偏大。

(2) 螺钉调整法

如图 10-12 所示，先把调整螺钉上的锁帽松开，然后拧紧调整螺钉，这时螺钉压到止推盘上，止推盘挤向外座圈，直到轴转动时发紧为止。最后根据轴向间隙的要求，将调整螺钉倒转一定的角度，并把锁帽拧紧，以防调整螺钉在设备运转中产生松动。

(3) 止推环调整法

如图 10-13 所示，先把具有外螺纹的止推环拧紧，到轴转动时发紧为止，然后根据轴向间隙的要求，将止推环倒拧一定的角度，最后用止动片加以固定。

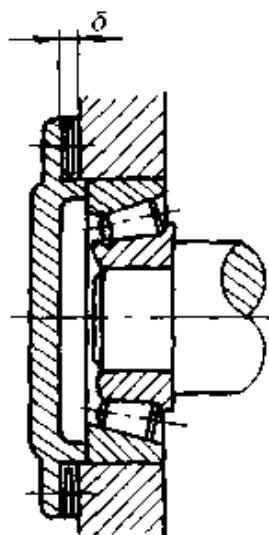


图 10-11 垫片调整法

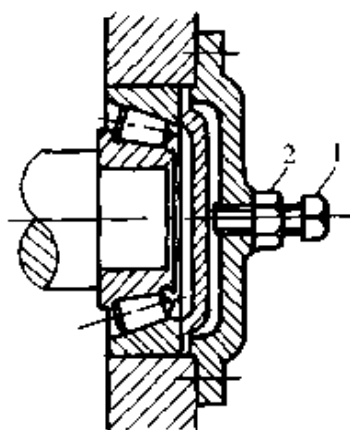


图 10-12 螺钉调整法

1—调整螺钉 2—锁母

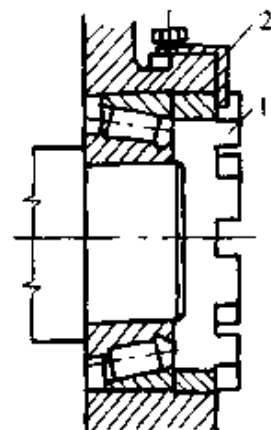


图 10-13 止推环调整法

1—止推环 2—止动片

四、轴承发热

1. 现象

在设备试运转中轴承温度逐渐增高超过规定的要求。

2. 原因分析

轴承内润滑油过多或过少，甚至轴承内无油；润滑油不洁净，也会使轴承发热；轴承装配不良（位置不正、歪斜，以及无间隙等）。

3. 危害性

轴承使用的材料强度和硬度，一般低于轴所用材料（如滑动轴承），当轴承过热时，会导致轴承合金的磨损，严重时可熔化合金，使正常运转停止；对滚动轴承来说，过热时，也会加快磨损，缩短使用寿命。

4. 防治措施

首先要清洗好润滑系统，然后按设计要求的牌号、用量的多少，添加符合要求的润滑油。对轴承装配不当者，应重新进行调整，一直达到设计和规范的要求为止。

五、轴发热

1. 现象

传动轴在运转过程中温度升高。

2. 原因分析

轴上的挡油毡垫或胶皮圈太紧，在转动中由于摩擦发热；另一方面轴承盖与轴的四周间隙大小不一，导致有磨轴现象发生，使轴发热。

3. 危害性

当轴发热温度增高时，会降低轴的硬度，加快轴的磨损，同时也会影响到与轴接触的其他的零、部件的损坏。

4. 防治措施

将胶皮圈内弹簧换松，或调松轴承盖螺钉，检查轴承盖与轴的间隙是否符合设备技术文件的规定，如不符规定，应进行认真调整。

六、轴承漏油

1. 现象

设备运转中轴承压盖处润滑油泄漏。

2. 原因分析

润滑系统供油过多，压力管道油压太高，超过规定标准；轴承回油孔或回油管尺寸太小，油封数量不够或油封装配不良，油封槽与其他部位贯通从轴承盖不严密处漏出。

3. 危害性

损耗润滑油，且不能很好地保证轴承本身的正常润滑，并造成对设备的污染。

4. 防治措施

要调整好润滑系统的供油量，油量要适宜；要增大回油管直径；修整好封油槽，装配好油封，要把紧轴承盖。

第四节 带、链和齿轮传动

一、带、链

(一) 传动轮在轴上装配不牢

1. 现象

传动轮在轴上未装配牢固，有松动，径向和轴向端面跳动量超标。

2. 危害性

严重影响传动效率，使机械运转不稳定。

3. 原因分析

传动轮孔与轴的配合精度不符合要求，紧固件未起到稳固作用，轮孔与轴之间有相对运动。

4. 防治措施

传动轮安装到轮上，一般应采用2~3级精度的过渡配合，装配前

必须加上润滑油，以免发生咬口现象。装配时，可采用锤击法和压入法，并用键或紧固螺钉予以固定。传动轮装配得是否正确，通常是采用划针盘或百分表来检查轮的径向和端面的跳动量。

(二) 两轮端面不平行

1. 现象

两轮中心面不在同一平面上（两轴平行时），如图 10-14 所示。

2. 原因分析

纵横向中心位置未找准，或两轮厚度不一致。

3. 危害性

在设备运转时，皮带或链条容易跑偏、掉带（链），同时增加了传动过程中的扭力，会引起传动带（链）的张紧不均和磨损加快。

4. 防治措施

传动轮装配后，必须检查和调整两个传动轮之间相互安装位置的正确性。首先应固定好从动轮，以它为基础找好纵横中心线和两轴平行度，检查方法如图 10-14 所示，如有偏移或倾斜时，应进行调整。偏移量 a 的标准为：

V 带轮（链轮）不应超过 1mm；

平带轮不应超过 1.5mm。

(三) 传动带（链）受力不一致

1. 现象

V 带（链）张紧程度不一致。

2. 原因分析

装带（链）时，两传动轮不平行；或是使用的带（链）规格不一，长度不同。

3. 危害性

由于各条带（链）的张紧程度不一样，形成受力不均，增加了短带（短链）的荷载，长带则产生较大的跳动和打滑现象，长链则产生与链轮齿的干涉现象。当带或链过紧，传动轮转动时，带或链的跳跃也比较剧烈，并产生振动，对传动轴的压力加大，运转不稳定，容易损坏机件。

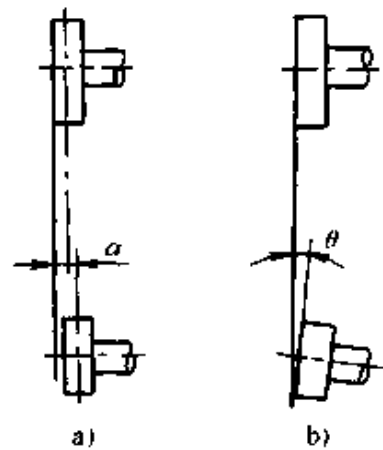


图 10-14 传动轮相互位置正确性的检查

a) 用长直尺检查

b) 用拉线法检查

4. 防治措施

在安装过程中，应仔细调整好两传动轮的轮距和平行度；对规格不相同的 V 带或链应进行调换。两轮的距离通过定期调节或采用自动压紧的张紧轮装置予以改善。

V 带的拉紧程度，一般以大拇指能把带掀下约 15mm 左右为合适（两轮的中心距约为 500~600mm）。

链传动的拉紧程度可通过弛垂度值予以检验。如果链传动是水平的，或稍微倾斜的（在 45°以内），可取弛垂度 f 等于 2% L （ L 为两传动链轮的轴心距离）；倾斜度增大时，就要减少弛垂度 [$f \approx (1\% \sim 1.5\%) L$]；在垂直传动中减少等于 0.2% L 。

（四）传动链产生干涉和跳动

1. 现象

链轮运转中，链节与轮齿接触不顺，产生干涉和跳动现象。

2. 原因分析

链轮的链齿数与链条的链节数不匹配，链节与轮齿不能循环接触。

3. 危害性

链节和轮齿磨损严重，并影响传动效率。

4. 防治措施

必须注意：链传动机构装配时，一般链轮的链齿采用奇数，而链条的链节都是偶数；如果链轮的链齿数是偶数，则链条的链节必须是奇数。这样在传动时，能使链节和轮齿循环接触良好，保持磨损均匀，传动平稳。

（五）V 带单边工作

1. 现象及危害性

在传动过程中，V 带单边与皮带槽接触，磨损严重，降低 V 带使用寿命。

2. 原因分析

安装 V 带轮时，虽然注意做到了两轮的中心线保持平行，但两对轮槽未在一个平面内，因而造成 V 带的单边工作。

3. 防治措施

V 带在轮槽中的位置应使胶带两侧面与轮槽内缘平齐或稍高一点即符合要求，如太高太深都不能起到有效的传动效果。因此，在调节两轮

的安装位置时，应使两轮的轮槽（各条带的轮槽）处在同一平面内。

二、齿轮传动

（一）圆柱齿轮轴孔松动

1. 现象

齿轮与齿轮轴配合不紧密。

2. 原因分析

齿轮内孔加工不正确（见图 10-15a）呈喇叭形。

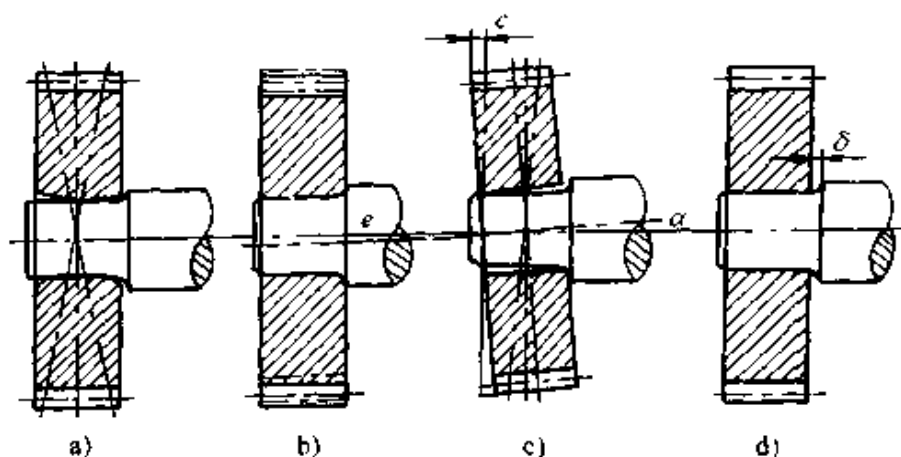


图 10-15 齿轮装配不正确

3. 危害性

运转时，会出现左右偏摆，加快孔、轴的磨损。同时，运转时振动大，传动效率低。

4. 防治措施

应重新进行齿轮内孔的加工，必要时，更换齿轮。

（二）齿轮偏摆

1. 现象

齿轮中心线与轴中心线不重合（见图 10-15b）。

2. 原因分析

装配尺寸误差大。

3. 危害性

当设备运转时，齿轮传动中将会产生径向跳动，同时，啮合齿部分由于不断变换节圆尺寸大小，因而产生冲击和噪声；当中心线偏心距过大时，可能发生卡死现象，影响设备的正常运转。

4. 防治措施

齿轮传动系统要正确地进行装配，并进行必要的检查和调整，特别应注意轴与齿轮间的定位键的对位和松紧适度。对已出现的问题，要进行妥善的修整，必要时更换有关部件。

(三) 齿轮歪斜

1. 现象

齿轮装配在轴上产生歪斜（见图 10-15c）。

2. 原因分析

装配时粗糙马虎；零、部件加工尺寸误差过大。

3. 危害性

齿轮在轴上装配歪斜时，在设备运转过程中将会产生端面跳动，齿轮对在啮合时，相互作用力集中在齿面的局部，并使其很快磨损。

4. 防治措施

应重新进行装配和调整，如经过检查确系由于齿轮轴孔加工误差过大，则更换其部件。

(四) 齿轮副啮合不良 (1)

1. 现象

齿轮装配时未贴靠到轴肩位置（见图 10-15d）。

2. 原因分析

传动轴轴头过长；齿轮加工时宽度不够；齿轮装配不正确。

3. 危害性

齿轮装配时未贴靠到轴肩位置，使啮合的两齿轮在轴向的相对位置不正。使一部分齿宽接触，而另一部分齿宽没有很好的啮合因而加重了部分齿的荷载，使设备运转时不平稳。

4. 防治措施

齿轮在轴上的位置应严格按照标准要求正确的进行装配，对部件存在的问题（如轴肩圆角太大等），做必要的修整。

(五) 齿轮副啮合不良 (2)

1. 现象

两齿轮啮合接触面积偏向齿顶（见图 10-16b）。正确的啮合接触部位见图 10-16a。

2. 原因分析

两齿轮在装配时中心距过大；也可能是齿加工厚度不够。

3. 危害性

由于两齿轮中心距过大，当啮合时，两齿间隙就会增大，因而在运转中，两齿会发生冲击和运转不平稳，并加快齿的损坏。

4. 防治措施

在安装调整中，可改变两啮合齿轮轴的位置，用刮研轴瓦、加工齿形等方法解决。

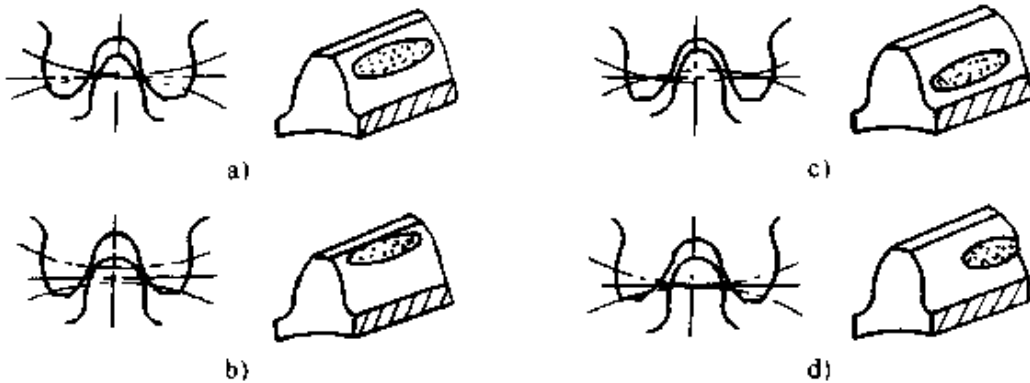


图 10-16 接触斑点位置偏差

(六) 齿轮副啮合不良 (3)

1. 现象

两齿轮啮合接触面积偏向齿根 (见图 10-16c)。

2. 原因分析

两齿轮在装配时，中心距过小，也可能齿在加工过程中厚度偏大。

3. 危害性

两齿轮中心距过小，当两齿啮合时，间隙也随之减小，这时，齿轮在运转中将会发生咬住或润滑不良等情况，其结果也会使齿很快损坏。

4. 防治措施

对两齿轮中心距位置进行调整，对轴瓦进行刮研，以及对齿轮的齿形进行加工等。

(七) 齿轮副啮合不良 (4)

1. 现象

两齿轮啮合接触面积偏向齿侧端部 (见图 10-16d)。

2. 原因分析

由于两齿轮中心线偏移所造成的。

3. 危害性

当两齿轮中心线偏移时，在设备运转中可能会出现两齿卡住或齿间润滑失去作用，使齿很快磨损，严重时齿断裂。

4. 防治措施

调整好两啮合齿轮轴的位置，刮瓦，修整齿形等。

(八) 齿轮副啮合不良 (5)

1. 现象

齿轮啮合接触面积在齿高方向不均。

2. 原因分析

两齿轮中心线发生扭斜，装配不当。

3. 危害性

两齿轮中心线扭斜，在齿高方向接触不均匀，并偏向齿的端部，因而也会产生两齿咬死或齿间润滑不良，由于齿局部受力较大，使齿很快磨损，甚至折断。

4. 防治措施

安装时，对齿轮应进行正确地装配，发生中心线扭斜时，应对其中心位置进行调整，还可通过研瓦、修刮齿形等方法解决。

(九) 圆锥齿轮啮合不良 (1)

1. 现象

小齿轮接触面太高，大齿轮接触面太低，见图 10-17。

2. 原因分析

小齿轮轴向定位有误差。

3. 危害性

由于小齿轮接触面太高，大齿轮接触面太低，使两齿轮接触过程中受力不均，产生噪声大、齿磨损不均匀等现象。

4. 防治措施

可将小齿轮沿轴向移出；如间隙过大，可将大齿轮沿轴向移进。

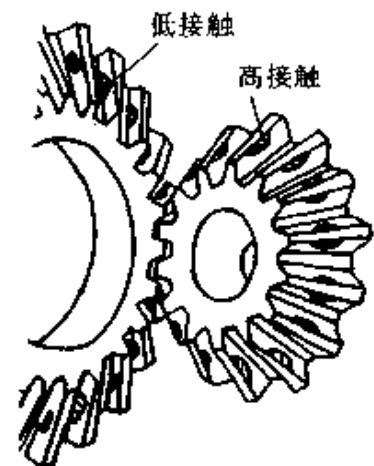


图 10-17 高低接触

(十) 圆锥齿轮啮合不良 (2)

1. 现象

小齿轮上接触面太低，在大齿轮上接触面太高。

2. 原因分析

小齿轮轴向定位有误差，但误差方向与小齿轮上接触面太高、大齿轮上接触面太低的误差，恰好相反。

3. 危害性

两传动齿轮在接触过程中将出现受力不均、噪声大等情况；同时，接触齿磨损不均。

4. 防治措施

将小齿轮沿轴向移进，如间隙过小时，可将大齿轮沿轴向移出。

(十一) 圆锥齿轮啮合不良 (3)

1. 现象

两齿轮在同一齿的一侧接触区高，而在另一侧接触区低。

2. 原因分析

如小齿轮定位正确且齿间隙正常，此时是由于齿加工不正确所致。

3. 危害性

两齿轮接触受力不均，产生噪声较大，并使齿磨损不均等。

4. 防治措施

必要时，可调换小齿轮；但圆锥齿轮副只作单向传动时，可按本节二、(一)或(二)的防治方法进行。

(十二) 圆锥齿轮啮合不良 (4)

1. 现象

小齿轮接触区高，大齿轮接触区低，如图 10-18。

2. 原因分析

由于齿高方向曲率关系，小齿轮凸侧略偏于大端，凹侧略偏小端，而在大齿轮上凸侧略偏小端，凹侧略偏大端，这主要是小齿轮定向有误差。

3. 危害性

由于接触不标准，使齿受力不均，可能引起局部齿的磨损加快，影响齿的寿命。

4. 防治措施

将小齿轮沿轴向移出，如间隙过大，可将大齿轮沿轴向移进。

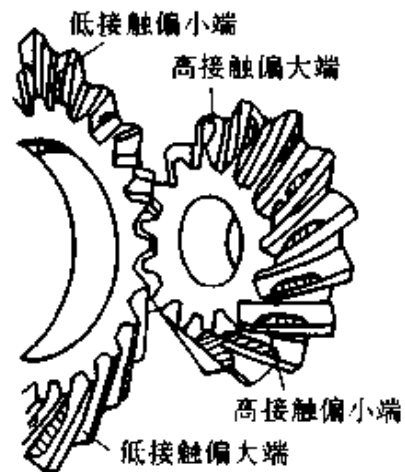


图 10-18 高低接触

(十三) 圆锥齿轮啮合不良 (5)

1. 现象

小齿轮接触区低，大齿轮接触区高。

2. 原因分析

由于齿长方向曲率关系，小齿轮凸侧略偏小端，凹侧略偏大端，而在大齿轮上凸侧略偏大端，凹侧略偏小端，其原因还是小齿轮定向有误差。

3. 危害性

两传动齿轮接触不符合要求，引起齿受力不均，局部磨损加快，不能保持正常运转。

4. 防治措施

可将小齿轮沿轴向移进，如间隙过小，可将大齿轮沿轴向移出。

(十四) 圆锥齿轮啮合不良 (6)

1. 现象

在同一齿的一侧接触区高，而在另一侧接触区低。

2. 原因分析

如小齿轮定位正确，且齿间侧隙正常，则原因是齿加工不标准。

3. 危害性

齿轮接触状况达不到要求时，齿将产生受力不均，磨损加快，大大降低使用效率。

4. 防治措施

要更换小齿轮。如单向传动时，可采取移出、移进大小齿轮的方法进行调整。

(十五) 圆锥齿轮啮合不良 (7)

1. 现象

两齿轮的齿轮两侧同在小端接触，如图 10-19。

2. 原因分析

由于轴线偏离太大而产生的。

3. 危害性

由于两齿轮接触偏向齿端，使齿轮在运转中不平稳，齿受力不均，振动大，磨损快。

4. 防治措施

可对轴瓦进行研磨。

(十六) 圆锥齿轮啮合不良 (8)

1. 现象

两齿轮的轮齿两侧同在大端接触。

2. 原因分析

两齿轮交角太小。

3. 危害性

两齿轮的轮齿两侧偏向大端时，齿轮传动不平稳，受力也不均，同时，振动加大，齿磨损加快。

4. 防治措施

必要时，对轴瓦进行刮瓦来改变两齿轮接触状况，以满足运转的要求。

(十七) 圆锥齿轮啮合不良 (9)

1. 现象

直齿锥齿轮及螺旋锥齿轮，大小齿轮在齿的一侧接触于大端，另一侧接触于小端，见图 10-20。

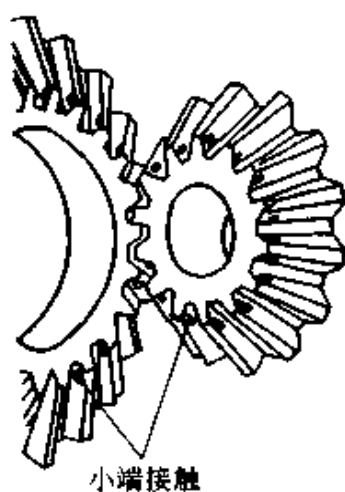


图 10-19 同向偏接触

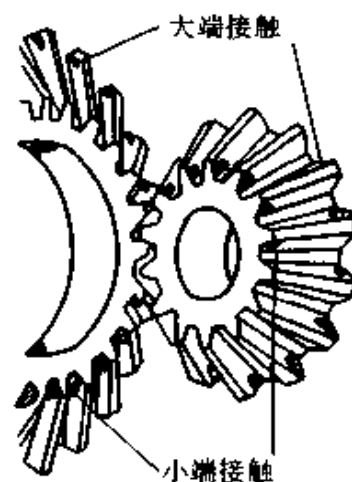


图 10-20 异向偏接触

2. 原因分析

由于两齿轮轴线有位移偏差。

3. 危害性

两齿轮接触一侧在大端，另一侧在小端时，将会产生齿接触受力不均，增加扭力，使运转不稳，振动大，齿易磨损。

4. 防治措施

应仔细检查齿轮加工偏差是否符合要求，必要性可修刮轴瓦。

(十八) 圆锥齿轮啮合不良 (10)

1. 现象

小齿轮齿凹侧接触于小端，齿凸侧接触于大端（零度螺旋锥齿轮）。

2. 原因分析

由于齿轮轴向定位不正确，或轴线产生位移。

3. 危害性

当两齿轮两齿端头接触时，将形成受力不均，加快两端头齿的损坏。

4. 防治措施

可将小轴齿轮沿轴向移进。

(十九) 圆锥齿轮啮合不良 (11)

1. 现象

小齿轮凹侧接触于大端，齿凸侧接触于小端。

2. 原因分析

齿轮轴向定位不准，或有位移偏差。

3. 危害性

同（十八）。

4. 防治措施

将小齿轮沿轴向移出，必要时，对轴瓦进行刮研调整。

(二十) 蜗轮、蜗杆接触偏斜

1. 现象

蜗轮接触面向左或右偏移，见图 10-21。

2. 原因分析

蜗轮与蜗杆中心线扭斜或中心距偏差过大。

3. 危害性

当中心线扭斜或中心距偏差过大时，将产生旋转力矩不等，局部受力大，齿易磨损。

4. 防治措施

可移动蜗轮中间平面位置来改变蜗轮与蜗杆啮合接触位置，或刮

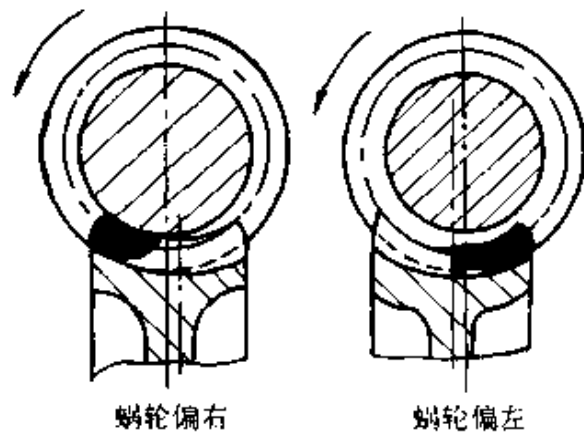


图 10-21 蜗轮齿面接触斑点

研蜗轮的轴瓦以校正中心线扭斜和中心距偏差。

(二十一) 齿轮传动不正常

1. 现象

齿轮传动不正常及起动困难。

2. 原因分析

齿轮固定键松动；齿轮齿形不标准或有破损；齿轮装配误差过大；油量过多。

3. 危害性

使齿轮加快磨损或断裂，不能正常的运转。

4. 防治措施

齿轮键松动时，应重新固定好；齿形超标过多或破损，应进行修整；对齿轮装配不当要加以调整；油量过多时，应按规定加以限量。

(二十二) 传动齿轮啮合的接触斑点，见表 10-8。

表 10-8 接触斑点百分值

齿轮类别		测量部位	精度等级								
			3	4	5	6	7	8	9	10	11
			接触斑点百分值，不应小于								
圆柱齿轮 (渐开线齿形)		齿高	65	60	55	50	45	40	30	25	20
		齿长	95	90	80	70	60	50	40	30	25
圆柱齿轮 (圆弧齿形)		齿高				70	65	60	50		
		齿长				90	85	80	75		
圆锥齿轮		齿高			75	70	60	50	40	30	30
		齿长			75	70	60	50	40	30	30
圆柱蜗杆	运动传动	齿高	60	60	60	50					
		齿长	75	75	75	60					
	动力传动	齿高			60	60	60	50	30		
		齿长			75	70	65	50	35		

第五节 液压、润滑系统与减速机

一、液压润滑系统

(一) 液压冲击

1. 现象

液压油在流动过程中，发生冲碰和撞击。

2. 原因分析

由一个稳定状态到另一个稳定工作状态中，油液压力突然变化，这是由于液体本身特性（惯性力）而产生的，如油液正在流动，突然使其停止，从而压力剧增。反之，静止的液体，突然使其流动，这时，也会由于惯性力的作用，使压力降低。

3. 危害性

由于液压油在流动过程中的液压冲击作用，可导致油管破裂，甚至使液压缸、过滤器等液压元件损坏，进而使整个液压系统停止正常工作。

4. 防治措施

在操作时动作要减慢，或限制油液流速的变化，在管路上可安装小惯性安全阀或缓冲器。

（二）系统漏油

1. 现象

系统中液油流失。

2. 原因分析

系统中供油过多，防油毡垫质量差，甚至损坏；部分螺钉未拧紧，减速机本身没有通气孔；系统内热量增高，将油挤出。

3. 危害性

使油量损失，造成浪费。同时，还不能满足润滑系统的正常进行。影响整机运转过程。

4. 防治措施

要按设备说明书要求填加润滑油；更换损坏和质量不合格的密封毡、垫；拧紧松动的螺钉；增加减速机通气孔。

（三）系统油液运行不畅

1. 现象

液压、润滑系统中管道清洗不彻底。

2. 原因分析

除锈措施无效，施工操作马虎，不认真。

3. 危害性

系统中管道清洗不洁净，影响油品的质量，使油液不干净，因而容

易造成各种阀类堵塞和磨损，破坏了系统的正常工作。

4. 防治措施

应严格按技术要求对管道进行彻底的去污除锈，一般可采用喷砂、酸洗等方法，要使金属表面达到金属光泽的要求。并用干净的白布拉擦干净后将两端封好，并抓紧时间进行安装。

(四) 润滑系统失效

1. 现象

试运转时，设备摩擦表面进油少。

2. 原因分析

润滑系统中油管、油沟堵死；油沟敷设太浅，油温过低，甚至有凝固现象；润滑系统零、部件损坏。

3. 危害性

摩擦表面进油少，将加大两摩擦表面的摩擦力，使设备零、部件加快损坏。

4. 防治措施

清洗疏通油管、油沟，并刮深油沟；提高润滑油温度，保持正常流动性；检查整个润滑系统，更换损坏的零、部件。

(五) 齿轮泵出入口装反

1. 现象

齿轮泵出油口与进油口装反，不能运转。

2. 原因分析

泵体上无进出口标志，安装时未仔细检查。

3. 危害性

泵运转时，液压油排不出，造成不能正常运转。

4. 防治措施

安装前，应认真检查泵体出入口的正确方向，仔细查对泵体上的流向标志。一般情况下，从轴端看，泵轴的转动按顺时针方向。

(六) 齿轮泵困油

1. 现象

齿轮泵困油，造成不能运转。

2. 原因分析

齿轮泵的两齿轮在啮合过程中，同时啮合的齿轮对数应多于一对，

齿转泵才能进行工作。如图 10-22 所示，表示齿同时啮合情况，此时，当转动的一对牙齿开始啮合时，而前面一对齿轮的啮合点尚未脱离啮合，这样，在同时两对啮合的齿轮之间就形成了一个封闭的容积，使两对啮合齿之间的油，困在封闭的容积内，形成了困油现象。

3. 危害性

困油现象的出现，可增加轴承的载荷，使油液温度增高，降低泵的寿命，同时，还会产生流量不均和泵振动，出现很大噪声。

4. 防治措施

可在齿轮两侧前后端盖的平面上铣两条沟槽（即卸荷槽）。当油受挤压或形成空穴时，可与油腔连通而得到缓解。

（七）齿轮泵欠压

1. 现象

齿轮泵油量不足，压力不高。

2. 原因分析

轴向和径向间隙过大。

3. 危害性

不能满足液压系统工艺要求，使设备运转不正常。

4. 防治措施

应正确的调整泵的轴向和径向间隙，一般轴向间隙控制在 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ ，径向间隙以不擦壳（即齿轮与泵体不接触）为准。

（八）齿轮泵密封故障

1. 现象

泵密封塞崩出来。

2. 原因分析

由于泵中回油孔堵塞所致。

3. 危害性

破坏密封系统，使泵不能正常运转。

4. 防治措施

清除液压油中脏物，或重新换油；在压入轴端密封塞时，不要将回

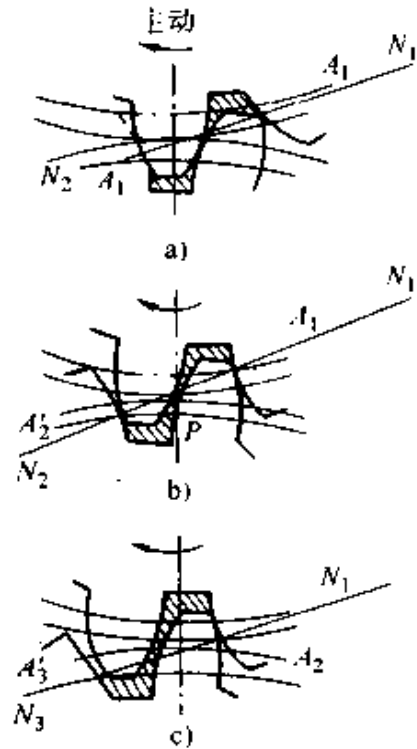


图 10-22 齿轮泵困油现象

油孔堵住。

(九) 齿轮泵运转卡阻

1. 现象

油泵咬死。

2. 原因分析

液压系统的油液不干净。

3. 危害性

油泵停转，液压系统不能正常供油，使设备停止运转，影响生产的进行。

4. 防治措施

应进行认真检查，必要时，更换新油，或换泵进行修复。

(十) 齿轮泵轴转速不匀

1. 现象

泵旋转时，时快时慢。

2. 原因分析

由于泵的端盖与轴不垂直，或螺钉孔位置不正，以及齿轮有毛刺等原因所造成。

3. 危害性

运转时，供油不正常，局部负荷大，易磨损。

4. 防治措施

对泵进行重新调整和装配。

(十一) 齿轮泵腔欠油

1. 现象

泵不吸油或油量不足。

2. 原因分析

油泵转向不对，或是过滤器、管道堵塞，联接接头未拧紧，吸入空气。

3. 危害性

泵不能正常作业。

4. 防治措施

应对泵进行仔细检查，找出原因后，妥善进行处理。

(十二) 叶片泵出力不足

1. 现象

液压泵油管漏气

2. 原因分析

系统中联接部件（法兰和螺纹）处不严密，密封填料不符合标准要求。

3. 危害性

由于形成漏气，使得泵的噪声增大，容积效率减少，部件易损坏，并使泵的寿命缩短。

4. 防治措施

要填充符合要求的密封填料，并拧紧系统中的联接部件。

（十三）叶片泵不转动

1. 现象

液压泵咬死。

2. 原因分析

泵与电动机不同心，或液压油不洁净。

3. 危害性

使液压泵不能作业，影响液压、润滑系统的正常运行。

4. 防治措施

要认真调整好泵与电动机的同心度，清洗系统中的油液，并保持液压及润滑油的洁净。

（十四）叶片泵不上油

1. 现象

叶片泵吸不上油。

2. 原因分析

采用的油液粘度过大；油的温度过低；液压泵叶片与转子槽配合过紧；电动机转向不对等。

3. 危害性

泵吸不上油，液压、润滑系统不能正常运转，影响生产的正常进行。

4. 防治措施

调换粘度小的油液；适当提高油温，修整叶片；调整叶片与转子间的配合间隙；校准电动机的转向。

(十五) 叶片泵油压不稳

1. 现象

油量不足，压力不够，表针摆动快。

2. 原因分析

液压、润滑油系统管路漏气，过滤器堵塞；个别叶片动作不灵活；轴向间隙过大；溢流阀失灵或系统漏油；叶片与转子装配相反或配油盘内孔磨损。

3. 危害性

达不到液压系统的设计要求，使机械不能正常运转。

4. 防治措施

要仔细堵住漏气处。清洗好过滤器，修整叶片，调整轴向间隙（一般为 0.005mm）。

(十六) 叶片泵运转噪声

1. 现象

泵运转噪声异常。

2. 原因分析

叶片高度不一，倾角太小，转子与叶片松紧不一致，配油盘产生困油现象。

3. 危害性

使操作人员不能正常作业，油泵寿命短，达不到正常工作状态的要求。

4. 防治措施

调整好叶片高度和倾角，一般高度差不超过 0.01mm，倾角为 $C0.5$ ；检查叶片在转子槽内的灵活性，松紧程度要适宜。修整好配油盘节流开口处相邻的叶片。

(十七) 液压缸运动状态失稳

1. 现象

液压缸爬行和局部速度不均。

2. 原因分析

液压缸内进入空气；两端盖板的油封圈装的松紧不一，并有泄漏现象；拉杆和活塞不同心；拉杆全长或局部弯曲；液压缸安装位置偏移或孔径直线度不直以及液压缸内壁锈蚀和拉毛；拉杆和床身台面固定的太

紧，使同心度超差。

3. 危害性

液压缸不能正常工作，影响设备的正常运转。

4. 防治措施

在液压缸的上部装排气阀，排出空气；调整封油圈，松紧要适宜，处理好泄漏现象；校正拉杆与活塞同心度（一般控制在0.04mm以内）；拉杆修整后弯曲不超过0.2mm；调整油缸位置，液压缸与导轨的平行度应在0.1mm范围内。修整活塞按油缸间隙选配，除掉油缸壁上的锈蚀和毛刺，适当旋松螺母，保证拉杆与支架接触。

（十八）活塞杆冲击动作

1. 现象

活塞杆往返过程中产生冲击现象。

2. 原因分析

活塞与液压缸间隙大；节流阀失去调节作用，单向阀失灵，不起缓冲作用；纸垫破损，造成泄漏。

3. 危害性

气缸不能正常作业。

4. 防治措施

应严格按标准调整活塞与液压缸之间的间隙，修整单向阀，更换纸垫。

（十九）缓冲时间过长

1. 现象

活塞杆在往返冲程过程中缓冲时间过长。

2. 原因分析

操作机构纸垫破损，回油不畅通；油缸及活塞杆变形；液压缸与活塞间隙过小；活塞上节流阀过短，使缓冲时间加长。

3. 危害性

缓冲时间过长，影响工艺流程有节奏地进行。

4. 防治措施

更换纸垫，调大回油接头，调整气缸活塞变形部位，开长节流槽。

（二十）活塞杆推力不足

1. 现象

活塞杆在往返冲程中推力弱，影响机构正常操作。

2. 原因分析

液压缸与活塞配合间隙过大，泄漏量过多；拉杆弯曲；封油圈过紧；缸体局部有腰鼓形缺陷等。

3. 危害性

压力满足不了使用要求，使设备不能正常运转。

4. 防治措施

调整液压缸与活塞间隙，应保持在 $0.04\sim 0.08\text{mm}$ 以内，清除泄漏处（更换纸垫和封油圈）；校正拉杆的弯曲部位，保持与活塞的同心度；放松压紧螺钉，使封油圈封住泄漏处，修配油缸活塞。

（二十一）溢流阀性能失控

1. 现象

溢流阀压力不稳定。

2. 原因分析

溢流阀中的弹簧弯曲，弹性不足；阀心与阀座接触不良；滑阀拉毛，变形弯曲；油液不洁，堵塞阻尼孔。

3. 危害性

使液压、润滑系统内的压力不稳定，不能起到良好的保护作用。

4. 防治措施

安装前应仔细检查溢流阀是否安装有误。当出现上述情况时，应更换弹簧，修整阀座，研磨清洗滑阀。

（二十二）溢流阀组装不良

1. 现象

运行过程中阀产生振动。

2. 原因分析

阀中螺母松动，弹簧变形；滑阀配合过紧等。

3. 危害性

系统内噪声大，影响操作人员正常作业，也使系统不能正常运行。

4. 防治措施

应及时拧紧螺母，更换合格的弹簧，并修理研磨滑阀。

（二十三）溢流阀部件失效

1. 现象

对阀件进行调整不起作用。

2. 原因分析

系统内弹簧断裂或漏装；阻尼孔堵塞；滑阀卡死；锥阀漏装；进、出油口漏装。

3. 危害性

破坏了液压、润滑系统的正常工作。

4. 防治措施

更换符合要求的弹簧或进行补装；检查和清洗好阻尼孔；修整滑阀，补装锥阀，检查油流方向，并调整出、入油口。

(二十四) 溢流阀节流失灵

1. 现象

节流阀调节失灵，流量无法控制。

2. 原因分析

阀与孔的间隙过大造成泄漏；节流孔堵塞，阀心卡住。

3. 危害性

由于节流阀失灵，在整个系统中不能起到正确调整流量的作用。

4. 防治措施

要更换损坏的零件，净化油或换油，修整阀心，使其滑动灵活。

(二十五) 溢流阀失稳

1. 现象

执行机构运动速度不稳定。

2. 原因分析

系统内的液压油不洁净，使节流面积减小，速度减慢；节流阀使用性能差，节流阀泄漏；使动作不稳定；油温过高，使速度加快；阻尼堵塞空气侵入。

3. 危害性

节流效果差，影响液压系统正常工作。

4. 防治措施

清洗滑阀，增加过滤器；增加节流装置；更换失灵部件；各联接处要严加密封；开车一段时间后，调整节流阀并增加散热装置；要清洗好零件保证阻尼畅通；在系统中装设排气阀。

(二十六) 换向阀不换向

1. 现象

滑阀不动作，不换向。

2. 原因分析

电磁铁损坏或吸力不够；弹簧折断或弹力超过电磁铁吸力，滑阀拉毛或卡住。

3. 危害性

不能有效地控制油流方向，使机械零、部件不能进行正确的动作。

4. 防治措施

更换损坏的电磁铁和弹簧，并对滑阀进行拆洗和研磨，确保零、部件的完好性。

(二十七) 换向阀动作失灵

1. 现象

电磁铁上的绕组发热过高或烧坏。

2. 原因分析

电磁铁绕组绝缘不良；电磁铁心吸附不牢；电磁线圈接通电压不符合要求；电极焊接质量差。

3. 危害性

使系统中换向不正常，甚至停止动作，不能进行正常运转。

4. 防治措施

更换符合要求的电磁铁；调整系统中的电压；重新焊接电极。

(二十八) 换向阀运行噪声

1. 现象

交流电磁铁发出噪声。

2. 原因分析

由于电磁铁衔铁接触不良所致。

3. 危害性

噪声大影响操作人员正常工作，同时，也使部件加快损坏。

4. 防治措施

拆开电磁铁，清除杂物，修整接触面；严重时，应更换电磁铁。

二、减速机

(一) 减速机密封不良

1. 现象

减速机漏油。

2. 原因分析

在封闭的减速机内，由于齿轮摩擦发热，使减速机箱内温度增高，油压力也随之增大，因而使减速箱内润滑油飞溅到内壁各处，在密封比较差的地方，油很快渗漏出来，特别是轴头部分，在运转中从轴缝隙处，容易向外渗漏。

3. 危害性

浪费油料，并污染设备和混凝土基础表面。

4. 防治措施

减速机本身应装设通风罩，以实现箱内均压；同时，要使箱内润滑油畅流，回收四壁飞溅的油料；减速机接合面处要密封良好，对损坏的密封垫要及时加以更换。

(二) 减速机运行噪声

1. 现象

齿轮啮合不标准，振动大。

2. 原因分析

减速机内传动齿轮啮合接触面和间隙不符合要求，多数是由于在厂内制造时，检查不严格、加工粗糙所致。并且装配时两轴中心线不符合设计要求；距离过大或过小。

3. 危害性

由于两齿轮啮合接触面和间隙不正确，因此在运转中噪声大，受力不均，齿磨损加快。

4. 防治措施

安装前，对可拆卸的减速机进行开盖检查，看齿轮组的啮合间隙和接触面是否符合要求，必要时，应进行刮研。对两齿轮中心距误差过大或过小无法调整时，应及时更换部件，保证其正常运转。

第六节 起重吊装设备

一、起重機（吊車）軌道墊層偏差

1. 現象

廠房內、外的混凝土吊車梁與軌道之間的混凝土墊層過厚或過薄。

2. 原因分析

土建和安装施工配合不密切，未进行图样会审，未严格按设计要求施工。

3. 危害性

当两者间混凝土垫层过厚时，容易产生轨道压板螺栓长度不够的弊病；垫层过薄时，轨道下部垫铁增多，浪费钢材，同时，使垫层强度减弱。

4. 防治措施

应严格按设计图样施工，并密切土建与安装工程的施工配合，认真搞好图样会审，确保吊车梁与轨道间垫层厚度适宜，满足吊车轨道安装的要求。

二、吊车梁预留孔偏差

1. 现象

混凝土吊车梁预留的轨道压板螺栓孔堵死或歪斜（不在同一中心线上）。

2. 原因分析

施工中，梁的中心线偏差过大；浇灌吊车梁时，未装螺栓孔处的木楔或薄铁皮。

3. 危害性

预留孔埋死，无法安装压板螺栓；螺孔中心线歪斜，将导致有的压板与轨道无法接触，有的过近，给稳压轨道带来很大困难。

4. 防治措施

应放好吊车梁中心线，偏差要符合技术标准要求；做预制梁时，要埋好木楔和铁皮，并及时取出；对已堵死的螺栓孔，可重新凿孔，但用力不能过大，防止损坏混凝土吊车梁强度。

三、吊车轨道安装偏差（1）

1. 现象

吊车轨道跨距大小、偏差不一。

2. 原因分析

施工中使用的钢盘尺误差过大；另一方面测量轨距时，以手拉的操作方法，尺过松过紧或力量大小悬殊，测值误差过大。

3. 危害性

两吊车轨距误差过小，在吊车运行时，容易出现卡轨，使车轮与轨道磨损加快；误差过大，车轮与轨道间隙大，有脱轨的危险；同时两者受力不均，形成局部受压。

4. 防治措施

在施工中要使用经过计量检测合格的钢盘尺，然后用同一规格的弹簧秤，两人进行操作。作业时，两人要在同一直线上，弹簧秤的拉力，在每个测点上应相同。吊车轨道的轨距偏差应符合下列要求：

(1) 桥式起重机与悬挂式起重机，不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ；

(2) 龙门起重机和装卸桥跨度小于或等于 30m ，不应超过 $\pm 8\text{mm}$ ；跨度大于 30m ，不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

四、吊车轨道安装偏差 (2)

1. 现象

吊车轨道不留设伸缩缝。

2. 原因分析

未严格按设计图样和轨道安装标准图进行施工安装；在安装排放轨道时，采用了从梁的一头向另一头铺设钢轨的方法。

3. 危害性

钢轨受热膨胀时，由于不留设伸缩缝，将使钢轨弯曲、变形，影响起吊设备的正常运行。

4. 防治措施

要严格按施工图和标准图进行正确施工。在安装轨道时，应从伸缩缝处向两端铺设。对未留膨胀缝的，可采取锯断的方法，并相应增加压板的数量；伸缩缝的允许误差，不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

五、吊车制动故障

1. 现象

吊车电动机制动器（抱闸）过松或过紧，制动失灵，影响刹车动作的平稳性。

2. 原因分析

抱闸内有污物和锈蚀未清理干净，衬料与闸瓦固定不牢，铆钉突出；闸轮与衬料接触面积，达不到规定的标准；弹簧节距和直径的误差过大；长冲程气缸不清洁，气孔未调节好。

3. 危害性

抱闸不能正常工作，影响起吊设备的正常运转；严重时，还会出现人身和设备事故。

4. 防治措施

要检查和清除所有小轴、闸轮上的污物、锈迹，保证小轴转动灵活；两端要有开口销；闸轮表面要确保无油漆；衬料与闸瓦应固定牢，铆钉应埋入衬料厚度的 25%；闸轮与衬料的接触面，应不小于衬料总面积的 75%；弹簧节距和直径的误差，不许超过 1mm；弹簧总长度误差，不准超过误差总和之半；长冲程抱闸磁铁下的气缸，应清洗干净，试运行时应检查气缸工作状态，并调整好气孔。

运行机构的制动器应能制动大车和小车，但不宜调得太紧，防止车轮打滑和引起振动冲击；起升机构的制动器必须能制止额定负荷的 1.25 倍，没有下滑和冲击现象。

六、吊车大梁与端梁联接不牢

1. 现象

大梁与端梁联接部位的钢板端部不平，联接螺栓孔未充分对正吻合。

2. 原因分析

组装时，未将车体大梁放到找好水平及轨距的临时轨道上进行组对，而是就地组装，在车体大梁及端梁变形的情况下，将联接螺栓穿孔把紧。

3. 危害性

车体存在变形应力，联接螺栓紧固不牢，在运行一个阶段后，大梁与端梁之间会产生松动，极易导致事故的发生。

4. 防治措施

组装时，应将车体大梁放到水平及轨距符合要求的临时轨道上进行组对，将大梁与端梁联接处的钢板端部调平，并检查联接螺栓孔是否吻合，如孔有错位，不准强行穿入，并应当仔细查明原因，不准任意修整螺栓孔，也不得随意更换联接螺栓或将螺杆的方台磨掉。螺栓孔对正后，穿上并把紧螺栓，测量大车的对角线是否相等，两对角线相比长度差不应超过 5mm。此外，还要测量大小车相对两轮中心距以及大车上小车轨距。端梁接头的焊缝应牢固，表面不应有裂纹、夹渣、气孔和弧坑，加强板的高度和宽度应均匀。

七、起重机轨道及电动桥式起重机安装质量验评标准

见表 10-9 和表 10-10。

表 10-9 起重机轨道安装质量验评标准

项别	项 目	质量标准	检验方法	检查数量
基 本 项 目	1. 钢桁车上安装轨道	(1) 每组垫铁不应超过 5 块, 长度不应小于 100mm, 宽度应比轨道底宽 10~20mm。两组垫铁间的距离不应小于 200mm。垫铁应与钢桁车梁焊接牢固	用钢卷尺和观察检查	接一个厂房、车间(场)内、外的跨(趟)数进行抽查。三跨(趟)数以下抽查一跨(趟), 四及以上及跨(趟)抽查二跨(趟)、七跨(趟)及其以上抽查三跨(趟)(双轨以跨为单位, 单轨以趟为单位)
		(2) 斜垫铁、平垫铁与轨道和桁车梁应接触紧密	用小锤轻击检查	
	2. 采用矩形或桥形垫板在混凝土梁上安装轨道	(1) 垫板应平整, 与轨道底面接触紧密, 面积应大于 60%, 局部间隙不应大于 1mm	用塞尺插试和观察检查	
		(2) 垫板与混凝土行车梁的间隙大于 25mm, 应用混凝土或水泥砂浆填实, 小于 25mm 应用开口型垫铁垫实。垫铁不应超过 5 块, 宽度应与桥形垫板相同, 长度应使其一边伸出桥形垫板外约 10mm 并焊牢固	用钢卷尺和观察检查	
		(3) 固定轨道、矩形或桥形垫板的螺栓, 其螺母下应加弹簧垫圈或用双螺母。螺栓应拧紧	用小锤轻击和观察检查	

(续)

项别	项 目		质量标准	检验方法	检查数量
允 许 偏 差	1. 轨道实际中心 线与安装基准线 的重合角		3mm	拉钢丝线、吊 线垂用钢板尺检 查	接一个厂房、 车间(场)内、 外的跨(趟)数 进行抽查。三跨 (趟)数以下抽 查一跨(趟)、 四及以上及跨 (趟)抽查二跨 (趟)、七跨 (趟)及其以上 抽查三跨(趟) (双轨以跨为单 位,单轨以趟为 单位)
	2. 轨 距	桥式起重 机、悬挂 式起重机	$\pm 5\text{mm}$	用弹簧秤拉钢 盘尺检查	
		龙门式起 重机	$\pm 10\text{mm}$		
	3. 轨 道纵向 倾斜度	轻轨、重 轨、方钢 轨全行程	1/1500	用水准仪和塔 尺每10m检查1 点	
			10mm		
		工字钢轨 全行程	1/1500	用水准仪和塔 尺在每个固定点 处检查	
			10mm		
	龙门式起 重机轨道	5/1000	用水准仪和塔 尺在每隔10m 检查1点		
	4. 两 根轨道 相对标 高	桥式起重 机	10mm	用水准仪和塔 尺检查	
		单梁悬挂 起重机	5mm	用水准仪和塔 尺在每个固定点 处检查	
项 目	龙门式起 重机		10	用水准仪和塔 尺每10m检查1 点	
	5. 轨道接头处上、 左、右三面的偏移		1	用钢板尺和塞 尺检查	
	6. 伸缩缝间隙		± 1	用钢板尺检查	
	7. 龙 门式起 重机同 一侧的 两根轨 道	轨距	± 2		
		相对标高	1.5		用铁水平和钢 板尺检查

表 10-10 电动桥式起重机安装质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	1. 端梁接头的焊缝	机械强度必须符合设备技术文件的要求	检查抽样试验记录	按轨道抽查 跨数中各抽查 1台
	2. 无负荷试运转	升降吊钩（抓斗）三次，小车、大车在全行程上往返三次，检查终端开关、缓冲器、制动器是否灵敏可靠。各电器控制器、限位开关和联锁装置的工作是否正常	检查试运转记录或试车检查	
	3. 静负荷试运转（起重量超过 50t 的起重机，先以额定负荷的 75% 进行试运转，合格后，进行静负荷试运转。起重量不超过 50t 的起重机，可直接进行静负荷试运转）	除下挠度和上拱度必须符合规定处，还必须达到下列要求： (1) 车轮与轨道顶面必须接触良好； (2) 主梁与端梁的联接牢固可靠； (3) 钢丝绳在绳槽中的缠绕位置正确不乱； (4) 制动器工作正常		
	4. 动负荷试运转	(1) 在额定负荷下，检查起重机、小车吊钩（抓斗）的运行，升降速度是否符合设备技术文件的要求； (2) 在超过额定负荷 10% 的情况下，升降吊钩（抓斗）三次，并将小行车行至起重机的一端，起重机行至轨道的一端，分别检验终端开关和缓冲器的灵敏可靠性		

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
基本项目	1. 端梁采用铆接与螺栓联接	端梁接头的铆钉孔、螺钉孔应对准；铆钉连接与螺栓联接应紧固	观察和用小锤轻击检查	
	2. 端梁焊接	端梁接头的焊缝应牢固，表面不应有裂纹、夹渣、气孔和尾坑，加强层的高度和宽度应均匀	用小锤轻击和放大镜观察检查	
允许偏差项目	项 目		允许偏差 /mm	检 验 方 法
	1. 起重机跨距	$\leq 19.5\text{m}$	± 4	用弹簧秤拉钢盘尺检查
		$> 19.5\text{m}$	± 6	
	2. 主动车轮和从动车轮的跨距	$\leq 19.5\text{m}$	4	
		$> 19.5\text{m}$	6	
	3. 桥架水平方向两对角线相等（以车轮为测点）	箱形梁	5	
		桁架梁	10	
	4. 小车轨距	$\leq 2.5\text{m}$	± 2	用钢盘尺检查
		$> 2.5\text{m}$	± 3	

第七节 电 梯

一、梯井导轨安装前不进行预装配

1. 现象

电梯轿厢和配重的导轨不做预装配，轨道的直线度和平面度以及接头的平顺性未做检查和相应的调整。

2. 原因分析

原因有二：

一是不编制施工技术措施，对要害工序不事前提出相应的技术措施和质量保证要求；二是施工班组不严格按程序做预装配，没有严格的工序检查与监督。

3. 危害性

电梯导轨是电梯运行的基础，采取导轨预装配是检查导轨制作及装配质量是否合格的必要措施。通过预装配可以及时发现导轨及其附件的制作、运输装卸时存在的缺陷和问题，并及时妥善地处理。反之，不做预装配即行安装就位，将会给整台设备的后续工序带来困难和麻烦，既保证不了施工质量，也会延误工期。

4. 防治措施

施工前应做好各项准备工作，特别应注意做好导轨材质、规格尺寸及平直度的检查，按照预装配技术措施，严格进行施工。对于预装配中发现的问题，应及时妥善处理，绝不能把隐患带到安装工作中去。

二、导轨支架预留孔不符合要求

1. 现象

预留孔深度不够；孔的内外端大小一样；孔内杂物未清扫干净。

2. 原因分析

安装与土建施工配合不当，施工图不会审，未严格按设计和规范的规定进行施工。

3. 危害性

支架埋设强度不符合要求，当导轨在运行过程中承受振动和外力作用时，降低了埋设固定螺栓的混凝土的强度和牢固性。

4. 防治措施

施工前应加强土建和安装之间的配合，搞好施工图的会审工作，预留孔应按设计或施工验收规范的要求，满足孔在深度、孔形及埋设混凝土强度方面的要求。导轨支架预留孔的形状，见图 10-23 所示。

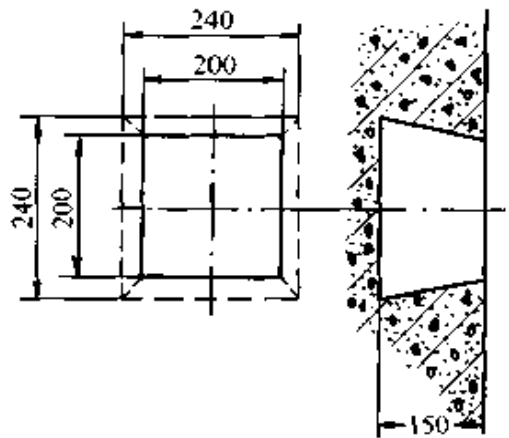


图 10-23 导轨支架预留孔

三、导轨支架水平度超差

1. 现象

导轨支架安装的不水平，超过技术标准要求。

2. 原因分析

放线时，量尺寸有误差；基准点不准确；支架的埋设混凝土固定不牢；操作不认真。

3. 危害性

导轨支架的水平超差过多，将影响到导轨的垂直度、跨距、接头等尺寸的正确性，因而影响电梯的运行。

4. 防治措施

施工前按正确的基准点进行放线和量测；支架的埋设混凝土，一定要固定牢，当混凝土养护合格后，才能安装导轨。导轨支架的平面度，不应超过 5mm。

四、导轨安装偏差

1. 现象

电梯轿厢、配重导轨的跨距和垂直度偏差过大。

2. 原因分析

在梯井井道放线时，基准线未找准；测量过程中尺寸数据误差过大；测量工具本身的误差；导轨未调直有变形状况存在。

3. 危害性

电梯导轨的跨距和垂直度是电梯安装工程中的关键尺寸。当电梯导轨的跨距、垂直度超差过大时，电梯将会出现晃动大、噪声大、振动大等不良现象，电梯运行时，舒适感大大降低；同时电梯许多零、部件的磨损也加大，使电梯寿命缩短，严重时，不能运行使用。

4. 防治措施

在整个电梯放线时，先找好基准线，并正确地放出纵横中心线；使用的测量工具必须是经过计量合格的；对变形的导轨在预装配时，应及时调整好，严重时，应进行更换。测量尺寸时，要一丝不苟，绝不能马虎从事。要加强安装过程中的检查和复测工作，严格把关，上道工序不符合要求，不能进行下道工序。电梯导轨的跨距和对铅垂线的偏差，见表 10-11。

五、电梯井门故障

1. 现象

关闭电梯井门时，门扇跳动（振动）大。

2. 原因分析

门扇滚轮磨损；偏心轴下间隙大；滑轨偏斜；地坎门滑道垃圾多或有障碍物卡住。

3. 危害性

门扇跳动或振动时，将产生很大噪声，影响乘坐人员的舒适度，同时，还会加快零、部件的磨损。

4. 防治措施

要仔细调整门扇滑轨和偏心轴的间隙；更换滑轮；彻底清除地坎内的障碍物和垃圾。

表 10-11 两导轨跨距和对铅垂线的偏差

电 梯 类 别	高 速 梯 (2、2.5、3m/s)		快速梯、低速梯 (0.25~1m/s、1~1.75m/s)	
	轿厢	对重	轿厢	对重
导轨用途				
偏差不应超过/mm	±0.5	±1	±1	±2

两导轨两侧工作面对铅垂线的偏差每 5m 不应超过 0.7mm。

六、电梯机件装配调整失误

1. 现象

电梯在运行过程中，轿厢产生抖动或晃动。

2. 原因分析

传动减速机的蜗轮侧间隙大，蜗杆推力轴承磨损；曳引机地脚螺栓、挡板、压板等松动；导轨架或压板螺栓松动；轨道接头不平；过渡台阶误差大。

3. 危害性

电梯轿厢出现抖动或晃动将增大噪声，乘坐人员无舒适度，电梯的零、部件磨损快，寿命缩短，严重时，将停止运行。

4. 防治措施

调整中心间距，在轴承盖处加调整垫片，更换推力轴承；检查地脚螺栓、挡板、压板、导轨支架等，并进行紧固；对两导轨接头处，应使用平锉修磨好，使其达到标准要求。

七、电梯限速器故障

1. 现象

限速器有时误动作和带有打点响声。

2. 原因分析

电梯限速机传动轴油路不通畅、锈蚀或磨损，弹簧或压紧螺栓松动。

3. 危害性

增加电梯运行中的噪声，影响正常运行。

4. 防治措施

对限速器油路彻底进行清洗通畅；磨损部位应仔细进行修整，使调整弹簧和压紧螺栓达到标准的要求。

八、电梯平层误差 (1)

1. 现象

平层误差过大（上行平层高，下行平层低）。

2. 原因分析

电动机抱闸弹簧过松，闸瓦与制动轮间隙大或接触不平，制动力不足。

3. 危害性

使乘坐人员进出不便，同时，使抱闸受力不均，局部加快磨损。

4. 防治措施

要按规定调整弹簧压力，保持弹簧不能过松，并使闸瓦与轮面接触均匀，其间隙不能过大，一般不大于 0.7mm。

九、电梯平层误差 (2)

1. 现象

平层误差过大（上行平层低，下行平层高）。

2. 产生原因

电动机抱闸弹簧过紧，闸瓦与制动轮间隙小或不平。

3. 危害性

电梯乘坐人员出、入不方便，闸瓦与制动轮加快磨损。

4. 防治措施

要正确调整电动机抱闸弹簧压力和闸瓦与制动轮的间隙，控制其不能过紧，同时，要调整好平层器与感应铁的距离间隙。

十、电梯平层误差 (3)

1. 现象

平层误差过大（上行平层高，下行平层也高）。

2. 原因分析

电梯配重（平衡砣）过重。

3. 危害性

电梯停止时，平层过高给出入轿厢造成不便。

4. 防治措施

对电梯的配重可按平衡系数计算，用电流表测量正反方向电动机制动时的电流值，调整对重砣块，平衡计算方法可参照本节十一的规定。

十一、电梯平层误差（4）

1. 现象

平层误差过大（上行平层低，下行平层也低）。

2. 原因分析

电梯配重（平衡砣）过轻。

3. 危害性

平层低，形成了一级台阶，给乘坐人员出入带来不便，不注意时，还会出现摔倒现象。

4. 防治措施

电梯的配重应进行计算，同时，用电流表测量正反方向电动机制动时的电流值，调整对重砣块。配重的平衡计算，可参照下面的规定。

配重平衡的计算方法如下：

将轿厢停在梯井全高的 $1/2$ 处，并使轿厢和对重在同等高度线上（可以绳头组合位置的高度一致为准）；在机房中松开抱闸，用摇车手轮反正摇车试验轿厢和对重的重量，并使轿厢和对重的重量相等。如摇车手轮正反转用力一致时，则表明两者相等；在增减砣块后，如果轿厢和对重的重量相等，摇车手轮反正摇动都很松快；在对重一方再加上轿厢额定重量的 $45\% \sim 50\%$ （例如载重量为 $1t$ 者加 $450kg \sim 500kg$ ）。

十二、电梯运行摩擦噪声

1. 现象

电梯运行时，轿厢中有摩擦声。

2. 原因分析

轿厢导轨尼龙衬磨损严重；油槽内有脏物；金属压板与导轨相摩

擦；安全钳楔块与导轨间隙小，有磨轨现象。

3. 危害性

轿厢在运行过程中有摩擦声，影响乘坐人员的舒适感，同时使轿厢的零、部件加快磨损，严重时，使电梯停止运行。

4. 防治措施

要及时更换导轨尼龙衬套，并调整弹簧压力，保持各处受力相等；清除导靴油沟内杂物；调整好安全钳楔块与导轨间隙，一般为 2 ~ 3mm。

十三、电梯运行碰撞噪声

1. 现象

电梯运行中轿厢与厅门有碰撞噪声。

2. 原因分析

开门刀与厅门地坎间隙小，出现摩擦，开门刀与门锁滚轮相碰。

3. 危害性

轿厢与厅门有碰撞摩擦声使电梯运行时产生噪声大，无舒适感。同时，由于碰撞、摩擦，使轿厢与厅门破损，影响运行和使用。

4. 防治措施

要仔细检查轿厢是否有倾斜现象。发现问题应予以调平，调整开门刀与门锁滚轮位置，保持其正确性。

十四、电梯导轨组装、轿厢、层门组装、试运转等验评标准

见表 10-12、表 10-13、表 10-14。

表 10-12 电梯导轨组装质量验评标准

项别	项 目		质量标准偏差值 /mm	检 验 方 法	检查数量	
保证项目	1. 两导轨相对内表面间的距离(全高)	甲	轿厢	+1 -0	在两轨内表面，用导轨检验尺、塞尺每2~3m检查一点	
			对重	+2 -0		
		乙 丙	轿厢			
			对重			

(续)

项别	项 目	质量标准偏差值 /mm	检 验 方 法	检查数量	
保 证 项 目	2. 两导轨的相互偏差 (全高) 3. 制导行程	1 当对重(或轿厢)将缓冲器完全压缩时,轿厢(或对重)导轨长度(m)必须有不小于 $0.1 + 0.035v^2$ 的进一步制导行程	检查安装记录或以 专用工具检查 尺量检查		
基 本 项 目	导轨架安装	合格: 安装牢固, 位置正确; 焊接时, 双面焊牢, 焊缝饱满 优良: 安装牢固, 位置正确; 横竖端正。焊接时, 双面焊牢, 焊缝饱满、焊皮均匀	观察检查		
允 许 偏 差 项 目	项 目	允许偏差尺寸要求 /mm			
	1. 导轨垂直度(每5m)	0.7	吊线、尺量检查		
	2. 接头处	局部间隙	0.5	用塞尺检查	
		台 阶	0.05	用钢板尺、塞尺检查	
	修光长度	甲	≥ 300	尺量检查	
		乙 丙	≥ 200	尺量检查	
3. 顶端导轨架距导轨顶端的距离	≤ 500	尺量检查			

注: 电梯额定速度分为三类:

甲类: 2、2.5、3m/s (简称高速梯);

乙类: 1.5、1.75m/s (简称快速梯);

丙类: 0.25、0.5、0.75、1m/s (简称低速梯)。

表 10-13 轿厢、层门组装质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	1. 轿厢地坎与各层门地坎间距	间距的偏差均严禁超过 + 2mm - 1	尺量检查	
	2. 开门刀在各层门地坎以及各层门开门装置的滚轮与轿厢地坎间	其间隙均必须在 5~8mm 范围以内		
基 本 项 目	1. 轿厢组装	合格：组装牢固，轿壁结合处平整，开门侧轿壁的垂直度偏差不大于 1% 优良：组装牢固，轿壁结合处平整，开门侧轿壁的垂直度偏差不大于 1%，轿厢洁净，无损伤	观察和吊线，尺量检查	全数检查
	2. 导轨组装	(1) 采用刚性结构 合格：能保证电梯正常运行 优良：能保证电梯正常运行，且轿厢轨顶面与两导轨内表面间隙之和不大于 2.5mm	观察和尺量检查	
		(2) 采用弹性机构 合格：能保证电梯正常运行 优良：能保证电梯正常运行，且导轨顶面与导轨滑块面无间隙，导轨弹簧的伸缩范围不大于 4mm		
(3) 采用滑轮导轨 合格：滑轮导轨不歪斜，压力基本均匀 优良：滑轮导轨不歪斜，压力均匀，中心接近一致，且在整个绝缘宽度上与导轨工作面均匀接触				

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
基本项目	3. 层门指示灯盒及 召唤盒安装	合格：位置正确，其面板与墙面 贴实，横竖端正 优良：位置正确，其面板与墙面 贴实，横竖端正，清洁美 观	观察检查	全数检查
	4. 门扇安装，调整	合格：门扇平整，启动时无摆 动，撞击和阻滞现象。 中分式门关闭时，上下 同时合拢 优良：门扇平整，洁净、无损 伤，启闭轻快平稳。中 分式门关闭时，上下部 同时合拢，门缝一致	做启闭观 察检查	
允许偏差	项 目	允许偏差或尺寸要求	尺量检查	
	1. 层门地坎高出 最终地面	2~5mm		
项 目	2. 层门地坎水平度	1/1000		
	3. 层门门套垂直度	1/1000	吊线、尺量检 查	
	4. 中分式门关闭时， 缝隙不大于	2mm	尺量检查	

表 10-14 电梯试运转验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保证项目	1. 运行试验	必须达到下列要求： (1) 电梯起动，运行停止，轿厢内 无较大的振动和冲击，制动器可靠； (2) 运行控制功能达到设计要求； 指令、召唤、定向、程序转换、开 车、截车、停车、平层等准确无 误，声范位号显示清晰、正确； (3) 减速器油的温升不超过 60℃， 且最高温度不超过 60℃	实际操作检查	

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量		
保 证 项 目	2. 超载试验	必须达到： (1) 电梯能安全启动、运行和停止； (2) 曳引机工作正常	实际操作检查 或检查试验记录			
	3. 安全钳试验	轿厢空载，以检修速度下降，使安全钳动作，电梯必须能可靠地停止，动作后能正常恢复	实际操作检查 (手动限速器夹住钢绳)			
允 许 偏 差 项 目	项 目		允许偏差/mm	检 验 方 法	检 查 数 量	
	平 层 准 确 度	甲	2、2.5、3m/s	± 5	尺 量 检 查	
		乙	1.5、1.75m/s	± 15		
			0.75、1m/s	± 30		
丙		0.25、0.5m/s	± 15			

第八节 锅 炉

一、锅炉钢架组装超差

1. 现象

锅炉钢架组装偏差超过标准的要求。

2. 原因分析

钢结构组装前各部件几何尺寸超差；钢架放线时基准线不正确；组装焊接时，变形过大；量尺误差超标。

3. 危害性

钢架组装时偏差如果过大，将影响下道工序安装部件数据的准确性（如锅筒、炉排、集箱、砌砖等）。

4. 防治措施

钢架组装前，应仔细检查各部件的尺寸，如有超标，要及时加以纠正；钢架放线时，要找好基准线；要使用经过计量的工具进行测量，以免误差过大，同时，在组装前，反复多次核对尺寸，防止产生偏差。锅炉钢架组装的允许偏差，见第九章表 9-31。

二、钢架螺孔加工粗劣

1. 现象

锅炉钢架用气焊割孔。

2. 原因分析

钢架组装前不进行预装配，现场不配备钻孔机具，操作人员忽视施工质量。

3. 危害性

钢结构用气焊割孔，孔形粗糙受力也不均匀；如割孔过大，还会影响到螺栓的联接强度。

4. 防治措施

钢架组装前，应进行预装配，在加工场地钻好孔；如现场割孔较大，且不是重要部位时，可用垫圈加以补偿后，用螺栓紧固。

三、锅筒与集箱相对位置偏移

1. 现象

锅筒和集箱位置超差。

2. 原因分析

锅筒和集箱放线时，没有找准纵、横座标和标高基准线；使用的测量仪器和量尺误差过大；两者位置找好后，未固定牢，出现位移误差。

3. 危害性

锅筒和集箱位置正确与否，直接影响到挂管和胀接的质量，如距离误差大，使管束长度不够，反之，距离过小，伸入锅筒和集箱内管头过长，同时还影响胀接时受力不均等。

4. 防治措施

锅筒和集箱放线时，先找好纵横中心和标高的基准位置，对使用的仪器和工具要经计量合格，测量时，要认真反复核实。当锅筒和集箱找好后，要在钢架上固定牢靠，再进行下道工序。锅筒和集箱的位置偏差，见第九章表 9-36。

四、炉排侧间隙过小

1. 现象

锅炉炉排外侧与墙板之间间隙过小。

2. 原因分析

炉膛墙板放线尺寸误差大。

3. 危害性

锅炉热运行后，炉排受热膨胀。当炉排与墙板间隙过小时，将影响炉排膨胀；严重时，还会出现卡住、损坏炉条等情况发生。

4. 防治措施

应严格按炉膛中心线尺寸进行放线，误差不能超过标准要求，一般炉排与墙板要求为 10~12mm。

五、钢架除锈油漆不符合要求

1. 现象

钢架除锈、油漆质量差。

2. 原因分析

钢架组装前未做好准备工作。除锈时，不认真操作，除锈和油漆方法不符合技术要求，施工马虎，不重视质量。

3. 危害性

钢架除锈不彻底，涂防锈漆时，质量无保证；涂面漆时，时间不长，油漆很快脱落，使钢架使用寿命缩短。

4. 防治措施

开工前，应做好钢架安装前的准备工作。下料后，应把铁锈除净，用手工除锈方法达不到要求时，可采用机械或化学方法处理。除锈合格后，才能涂刷防锈漆（底漆）。严格按工艺要求进行作业，绝不能减少工序，降低质量标准。

六、锅筒胀管管孔锈蚀、胀管不牢

1. 现象

铜筒管孔锈蚀严重。

2. 原因分析

锅炉设备在现场放置时，没有防雨、雪设施，造成设备锈蚀；另一方面，锅筒管孔不加防护油，或运输过程中遭到损坏。

3. 危害性

锅筒管孔锈蚀严重，经管孔打磨处理后，管孔直径加大，容易超过标准规定的尺寸，当沸腾管挂管胀接时，则会导致过胀现象出现，降低管子的使用寿命。如锅炉锅筒管孔偏差过大，且数量多时，将会造成锅筒报废不能使用的严重后果。

4. 防治措施

锅炉设备在运输过程中，要采取保护措施。在现场存放的设备管孔处要涂抹防护油，并安放在有防雨、雪的棚内，同时还要垫放到枕木上，防止受潮。对管孔超差不大者，可选用较大外径的管子，以保持胀管时，胀管率不超过标准的要求。

七、胀管失误

1. 现象

锅炉胀管率过大或过小，胀管管口有偏胀处。

2. 原因分析

锅筒管孔和管束外径偏差过大；管孔大小尺寸与管束外径尺寸不对号；胀管操作时，用力不均，胀紧程度未控制好；锅筒和集箱位置不正常。

3. 危害性

胀管率过小，容易出现管头胀不住，胀不紧，当水压试验时，可导致管头渗漏，保不住压力；同时，整个锅炉锅筒与管束之间拉力不够；胀管率过大，将出现管头过胀，影响锅炉使用寿命。管头偏胀，也会产生受力不均，胀接过大或过小和局部变形等缺陷。

4. 防治措施

锅炉受热面安装前，要仔细检查锅筒、集箱和管束，各部分尺寸不能超过标准，对不合格品要剔出，不能用在受热面安装中。胀接前，要做好放大样、排管工作，要认真做到“对号入座”要由熟练的工人进行操作，并采取控制胀管率的方法，防止出现过胀或欠胀等情况，胀管器要灵活可靠；对锅筒和集箱位置一定要找正好并固定牢。

八、水位计安装不符合要求

1. 现象

锅炉两水位计不在同一水平线上，并无照明设备和红色水位标记。

2. 原因分析

锅筒本体不水平或锅筒水位计接出管位置误差过大；无照明设备，多半属设计漏项；红色标记是施工人员马虎漏涂。

3. 危害性

不能反映正确的水位和看不清水位标记，影响锅炉安全运行。

4. 防治措施

对锅筒水位计不在同一水平面上应进行调整，使其保持一致；并增设照明设备和涂上红色标线。

九、压力表无存水弯

1. 现象

压力表下部不装设存水弯管。

2. 原因分析

不能严格按操作规程进行安装。

3. 危害性

压力表不装设存水弯时，蒸气和炉水直接进入压力表，损坏表内机件，使压力表失灵或指示错误，不能保证锅炉安全运行。

4. 防治措施

应严格按照规定标准要求安设压力表的存水弯管。

十、安全阀装配失误

1. 现象

锅炉安全阀漏水和有冲击情况出现。

2. 原因分析

由于安全阀的阀片不严而发生漏水，冲击现象是由于配用的安全阀过大。

3. 危害性

不能保持安全阀的正常工作状态。

4. 防治措施

应仔细研磨阀片，使其接触严密。对锅炉使用的安全阀，应按设计要求配备与直径、压力相适用的安全阀，以保证锅炉的安全运行。

十一、锅炉安装质量验评标准

见表 10-15。

表 10-15 锅炉安装质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	1. 胀管	(1) 管子表面不得有裂纹、刻痕、蚀点	观察检查	按一个站内锅炉的台数抽查30%，但不得少于1台
		(2) 胀口不得有过胀和挤偏现象，内壁不得有起鳞和折叠现象，翻边部分均匀圆滑，不得有裂纹	用放大镜观察检查	
		(3) 胀管率（注1）必须在1.0%~1.9%范围内	检查施工记录	

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	2. 水 压 试 验 (注 2)	(1) 渗水和有泪水的胀口数之和, 不得超过总胀口数的 3%; 有泪水的胀口数不得超过总胀口数的 1% (2) 焊缝、法兰、阀门、人孔和手孔等处不得渗漏	检查水压试验记录	
基 本 项 目	1. 钢架组装前	应检查和矫正构件因运输、堆放产生的挠曲、变形和胀焊等缺陷	拉线、用钢卷尺和观察检查	按一个站内锅炉的台数抽查 30%, 但不得少于 1 台
	2. 钢架组装	调整立柱的垫铁, 位置应正确, 接触紧密, 与底板应焊接牢固	用小锤轻击并观察检查	
	3. 炉排组装	炉排组装完毕并与传动装置连接后, 需进行冷态试运转, 在每级速度下各运转 2 个循环以上, 应达到下列要求: (1) 润滑油和轴承的温度均应正常; (2) 运转中应无杂音以及碰撞、抖动、卡住、凸起和偏往一侧等现象	转动炉排观察检查	
	4. 查炉	(1) 锅筒和联箱内部无锈蚀痕迹、油污和焊渣; (2) 锅筒和联箱内壁上用石棉布轻擦能露出金属本色	观察检查	

(续)

项别	项 目	质 量 标 准		检验方法	检查数量
允许 偏差 项目	项 目	允许偏差/mm		检验方法	按一个站 内锅炉的台 数 抽 查 30%，但不 得少于1台
	1. 设备安装基准线与建筑轴线距离	± 20		用钢卷尺检查	
	2. 钢架立柱位置	± 5		吊线锤用钢板尺检查	
	3. 钢架立柱垂直度	每米	1	用经纬仪或吊线锤以钢板尺检查	
		全高	15		
	4. 钢架立柱、横梁标高	± 5		用水准仪或经纬仪检查	
	5. 钢架横梁的平面度	每米	1		
		全高	3		

注：1. 胀管率计算式：

$$H = \frac{d_1 - d_2}{d_3} \times 100$$

式中 H ——胀管率（%）；

d_1 ——管子胀过后的内径（mm）；

d_2 ——管子初胀至管子与管孔间无间隙时的内径（mm）；

d_3 ——胀管前测得的管孔实际直径（mm）。

2. 水压试验：

(1) 锅炉上一切受到汽、水压力作用的元件和附属装置，在组装完毕后，均必须经过水压试验；

(2) 锅炉上水到最高水位时，检查是否漏水，然后把内部空气排尽，进行升压；

(3) 当压力升至0.3~0.4MPa时，应检查一次；升到工作压力时，暂停升压，检查各胀口有无漏水，然后再升至试验压力，保持5min，回降至工作压力，关闭进水阀再行检查；

(4) 水压试验和总体验收时，应有劳动部门参加。

第九节 大型电动机

一、电动机轴承温升过高

1. 现象

电动机运转后轴承温升超过设备说明书规定的标准要求。

2. 危害性

轴承在正常的工作条件下，是不会超过最高的允许温度值，当温升过高超过标准要求时，将出现“烧瓦”现象，使机械设备的运转不能正常进行。

3. 原因分析及防治措施

(1) 滑动轴承润滑系统不供油或供油不足

当进行压力循环润滑时，油泵和油管部分有漏气或堵塞现象；阀门未开或阀芯脱落；油箱低于油泵；系统内油的粘度大；当采用油环润滑时，油环卡住或转动慢，油环形状不规则；油面低，润滑油质量和油环材质不符合要求等。

防治措施

对油泵和管道漏气部分应连接好，密封好；堵塞处应清理疏通，使润滑油畅流；按工艺要求开好阀门，调整好阀心；当油箱低于油泵时，开车前，先将油箱灌满润滑油；对粘度大不易流动的润滑油，应使用油加热器，一般加热温度为 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ ；油环转动慢或卡住时，应及时清理油中杂物和异物；油环不标准应修整或更换；应按规定使用符合要求的润滑油和油环。

(2) 润滑系统供油压力不够

齿轮油泵间隙过大，使油液在油泵内形成短路回流，使供油压力不够；油泵填料函密封不严，促使油压降低；油箱内油位过低；安全溢流阀门的钢球或弹簧损坏，形成油路短路。

防治措施

油泵间隙过大可研磨泵侧盖或加垫调整，通常泵壳与侧盖间轴向间隙为 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ ，齿轮泵轴与轴套径向间隙为 $0.01\sim 0.05\text{mm}$ ；填料函不严，可重新装配或更换；油位低可增加润滑油。钢球或弹簧损坏，应进行更换。

(3) 润滑油不干净

使用的润滑油不符合要求，同时对轴未进行过滤。

防治措施

对设备使用的润滑油，应仔细清洗过滤，必要时换用符合要求的油料，以保证系统内正常供油。

(4) 轴承间隙过大或过小

当泵轴承间隙过大，使润滑油流失多，形不成油膜，增加部件的摩擦；如间隙过小，油流动慢，散热效果差。

防治措施

轴承间隙过大，可再浇铸一层轴承合金后，重新调整间隙；间隙过小时，可对轴瓦进行刮研，以得到标准间隙。

(5) 轴瓦压力角过大

轴瓦压力角过大，不易形成油膜，增加轴与瓦的摩擦力

防治措施

通过研瓦，减小压力角，使其达到设计和规范的要求。

(6) 轴中心线安装不正确

由于轴中心线安装不正确，因而不能形成光滑的弹性曲线，从而使轴承受力不均，加大某一轴承的负荷，并使很快损坏。

防治措施

要按标准的规定，调整好轴中心线。

(7) 轴承安装的不正确

轴承安装的不正确，可能产生歪斜现象，使轴与轴承出现单面摩擦，或使轴与密封环间隙过小，增加摩擦力。

防治措施

调整轴承位置，保持其正确性，对密封环可进行适应的刮研，但不能过大，以避免产生漏油现象。一般轴与密封环之间的间隙要求，要小于0.2mm。

(8) 转轴轴向排列不正确

转轴轴向排列不正确，使转轴抵住轴承端面或转子、定子间的磁力中心线未对正，产生转轴轴向窜动撞击；又由于传动机构安装不标准，使转轴承受轴心力，抵住轴承端面，使轴发热。

防治措施

调整好转轴的轴向排列，使轴与轴承端面不擦碰，并使定子、转子磁力线摆正。重新调整传动机构，使其达到标准要求。

(9) 产生轴电流

轴承部位绝缘处，安装的不符合设计和规范的规定。

防治措施

轴承座底部处绝缘层，应严格按设计和规范的要求进行安装，特别要注意洁净，没有短路的现象。

(10) 冷却器作用不大

冷却器的作用是降低润滑油温度，如冷却不起作用，或作用不大，将导致润滑油温升过快。

防治措施

应彻底清洗冷却器，排除所有的冷却障碍。

(11) 轴承材质不符合要求

在浇铸铅锡锑合金瓦时，内部混进杂质，或瓦的材质不符合标准的要求。

防治措施

对不符合标准要求的合金应去除，并重新浇铸，重新研瓦，使其达到标准的要求。

(12) 机组振动大

设备运转过程中，如振动过大，也会使轴承温度过高。

防治措施

通过动平衡试验仔细查明设备振动的原因后，进行排除。

(13) 滚动轴承润滑油脂过多、过少或油质不洁净。**防治措施**

应按规定标准填充润滑油脂，对不符合要求的油脂，应清洗掉，重新加入油脂。

(14) 轴承外套圈座孔太紧或太松**防治措施**

应按照轴承装配的标准，进行正确的装配。

(15) 轴承外圈和内圈平面安装的歪斜**防治措施**

要重新进行装配，保持内、外圈平面平行，并与机座正确配合。

(16) 杂物进入轴承**防治措施**

应检修油封，彻底清洗轴承，以保持轴承内部洁净。

(17) 轴承负荷过载

设备上使用的轴承，由于种类和尺寸选择不合理，或局部外力使轴承超载。

防治措施

重新选择符合要求的轴承，或调整轴承负荷情况，进行合理的分配。

(18) 轴承安装不正确，有歪斜现象，轴与轴承单面摩擦，轴与密封环间隙小。

防治措施

调整轴承位置或刮研密封环。

二、电动机轴承漏油

1. 现象

轴承漏油

2. 原因分析

系统内供油过多，使油管压力过高；轴承回油管孔尺寸太小；油封数量少或装配不当。

3. 危害性

由于轴承漏油，油量减少，因而不能很好起到润滑效果，同时还会造成设备表面污染，浪费油料。

4. 防治措施

应按设备说明书要求定量供油，增大回油管、回油孔，增加油封数量，并要正确装配轴承、油封等部件。

三、电动机出现轴电流

1. 现象

绝缘轴承座，不显示绝缘数据。

2. 原因分析

轴承座绝缘垫片破碎或不符合要求；地脚螺栓未装导管，或导管质量不合格；绝缘垫片、导管等不洁净；轴承漏油；油管未绝缘，有短路现象。

3. 危害性

电动机在运转过程中，由于绝缘不良，将会出现轴电流，严重时，造成烧毁轴承事故，使设备停止正常运转。

4. 防治措施

应使用合格的绝缘垫、绝缘导管，并保持洁净；轴承盖要密封；对短路现象要查明原因，及时进行处理。

四、电动机运行振动大

1. 现象

机组振动超过标准。

2. 原因分析

被驱动设备振动大传给电动机；轴与瓦间隙过大，使轴产生振动；轴瓦与轴承压盖间隙过大；进油温度低；机组各轴同心度偏差过大，形不成光滑的弹性曲线，使轴产生附加的弯曲应力，而形成振动；转轴刚度不够产生弯曲，其值超过标准要求，轴颈椭圆度超差也会引起振动；

转子、联轴器等部件不平衡，将导致机组振动，这主要是由于设备出厂前没有找好转子、联轴器的静平衡，或由于运输过程中造成松动而产生不平衡；此外运转中方法不当，也会产生不平衡现象；转轴与轴封环等挡油装置相碰，使部件发热和引起振动；基础上设备底座地脚螺栓紧固力不够；基础下沉不均匀，设备底座刚度不够；共振现象则是由于基础的自然频率和电动机转数相同时出现的振动。

3. 危害性

机组振动过大，将导致设备的联接部件损坏，转动部分碰擦断裂，轴承发热，换向器和集电环上跳火花等，严重时，将造成机械事故。

4. 防治措施

被驱动设备振动传给电动机，应首先应查明设备振动的原因后进行处理。轴瓦间隙过大，可重新浇铸一层轴承合金，并按标准进行研瓦，要调整瓦与轴承压盖间隙，使其达到标准的要求；油温低时，可采取升高措施，一般在循环油压力润滑时，进油温度要保持在 35℃ 左右；两轴心径向位移偏差过大，用百分表重新找正调整，要达到标准允许的范围；对于转轴弯曲及轴颈椭圆超差应进行仔细修整，严重时、要更换部件。由于部件松动产生的不平衡，应将部件重新固定好（检查的方法，使转子低速转动，这时内部发出敲击声或轧轧的声音，用听音器即可发现）。属于制造厂的原因，要重新做不平衡试验，并采取相应的措施。转轴与轴封环等挡油装置相碰时，应重新调整挡油环装置。基础和设备底座螺栓紧固力不够时，可用扭力扳手进行紧固。对于机组出现的共振现象，用加大基础的重量方法解决。

五、电动机轴向窜动

1. 现象

转子轴向窜动过大。

2. 原因分析

由于转子与定子磁力中心不重合，当机组运转时，转子磁力中心有尽量与定子磁力中心相重合的趋势，因而产生轴向窜动和冲击。

3. 危害性

转子轴向窜动过大，将出现冲击振动，加快磨损，影响正常运转。

4. 防治措施

调整定子的位置，使其向窜动方向相反的位置移动，初调可移动窜

动量的 50%，然后再调到全位置，直到窜动消失为止。

六、电机运转过热

1. 现象

电机温度过高。

2. 原因分析

(1) 过负荷运行 电机的温升与电机的总损耗成正比例增减，除铁损固定不变外，铜损和电流平方成正比，因此，电机过负荷运转，总损耗增加，容易引起电机发热；

(2) 冷却不良 大型电机一般采用空气和水冷却，当用空气冷却时，进风温度过高，对电机冷却不利；工作环境空气温度高和风口位置不当，也影响电机的冷却；另一方面，由于风道中空气滤清器阻塞，机身内气道不畅通，管道漏风等原因，造成的风量不足，都会使冷却效果降低。用水冷却时，水量不足是由于管道内受阻，水泵出故障，水池水量少等原因所致。除上述情况外，对电机风扇叶片安装不合适，旋转时，电机得不到风力冷却，风力吹不到发热处，这也是冷却不良的一种表现；

(3) 电机加负荷过快 当电机加负荷过快时，容易引起温度不均，因此，导致局部过热，使绝缘损坏，造成事故。

3. 危害性

在电机运转中，绕组的铜损和涡流以及硅钢片磁滞产生的铁损，这些损失都转化为热量。当电机温度过高时，超过绕组绝缘所能承受的温度和允许的持续时间，将使绝缘性能破坏，进而产生绕组匝间短路、接地等事故，最终烧坏线圈、烧坏铁芯，严重时，还会危及人身安全。

4. 防治措施

应按工艺要求，严格控制过负荷运行。对冷却不良，可采取降低进风和工作空间温度，使其达到标准要求。对管道堵塞和漏气等情况，应及时清理和修理，保持畅通；水冷却时，要有足够的水道，管道要清洗干净，排除水泵故障；对电机风扇叶片进行调整，导正送风方向。对电机运转时，增加负荷应按生产要求合理的进行。

七、电动机集流装置故障

1. 现象

集流装置产生故障；主要以直流电动机换向器上跳火花最为常见，同时也会出现过度磨损、过早腐蚀、过热及振动大等异常情况。3 级火

花会使换向器长期工作后变黑，电刷逐步烧伤损坏，故不允许这种“危险火花”存在，只有在电动机无变阻器直接接入或反向时，而换向器和电刷处于仍适合于长期工作状态时，在一瞬间内，允许3级火花存在。产生换向器上跳火花的原因，一是滑动接触上的缺陷，二是电路和磁路上的缺陷所致。

2. 原因分析和防治措施

对于由滑动接触上的缺陷造成跳火花的原因有：

(1) 电刷装的不正确。换向器上跳火花的程度又可分为：

1) 全部或部分电刷下冒火花，整个集流装置发热。这主要是电刷品种不好，电刷太软或太硬，电刷尺寸不合适，电刷过宽或过窄，遮盖换向片数太少，以及电刷数量少、断面小等；另一方面是由于电刷在刷握中配合不适当，不能自由滑动，不易安装，甚至摆动，电刷压力过大、过小，电刷研磨不好，刷架装的不一致等。

防治措施

电刷品种不对，应更换符合要求的电刷。电刷在刷握中配合太紧时，应用砂纸或锉刀修刮刷握内壁，但不能锉刮得过多。电刷压力过大、过小要调整弹簧，必要时，更换新弹簧。对电刷的研磨要仔细进行，安装刷架时，压力应一致，并采用同一牌号的电刷；

2) 只在某一转数下才出现火花，当转数减少或增大时，火花减弱；这是由于电刷装置的自身振动频率与换向器使电刷产生的振动频率相一致所造成的。

防治措施

要加强电刷装置的刚性，减小其自身的振动。

3) 改变可逆电动机的旋转方向时，电刷被刷握卡住而产生火花，原因是电刷在刷握中露出太长。

防治措施

调整刷握离换向器表面不高于2~4mm。

4) 在旋转方向固定的电动机内，电刷被刷握卡住出现火花；原因是刷握倾斜方向不对。

防治措施

改变全部刷握的方向，使换向器与电刷的锐角相迎或改变电枢转向。

(2) 换向器的缺陷

1) 冒火花发热，换向片部分变黑，原因是换向片松动，片间绝缘突出等。

防治措施

紧固换向片，重新磨光换向器表面，剔出云母槽等。

2) 冒火花发热，在某些相互间有一定距离的换向片变黑，这是由于电枢线圈端面焊接质量差所致。

防治措施

应重新进行焊接。

3) 冒火花发热，但电刷正确，换向器清洁，云母片也不突出，这时应检查电动机温升，如温升正常，则可能是换向片磨损超过极限，如温升过高，则是电动机过载的原故。

防治措施

更换新的换向器，消除电动机过载现象。

4) 电刷颤动，响声大，换向器上有烧伤痕迹，沿圆周全变黑，并成波纹状，冒火花发热，这种情况是由于换向器不圆或表面不平，个别换向片突出，导致磨损不一致所造成的。

防治措施

应进行车磨加工处理，并剔出云母槽。

5) 换向器表面蒙上一层氧化物，造成冒火花发热，这往往是因为车间内有酸性气体所致。

防治措施

要进行清理，并可改用硬炭刷或改装新的遮蔽式电动机。

6) 发生轻微环形火花，沿圆周由一极性电刷跳到另一极性电刷，其原因是换向器不洁净，电刷磨损大，润滑油过多之故。

防治措施

加强清刷和刷洗，或换用新电刷。

7) 在运转中发生火花的同时，整个电动机振动，这是由于振动引起的。

防治措施

应清除产生振动的原因。

对于电路、磁路上的缺陷造成跳火花的原因：

a. 空载时电刷无火花，电动机稍有负荷就冒火花，随负荷增加，火花加大，甚至超过极限程度；这主要是电刷位置，主极或换向极极性顺序不对，换向极与主极间发生连接。

防治措施

纠正电刷位置和极性顺序，并检查主极及换向极间绝缘电阻是否符合要求

b. 负载运转时，发生均匀的火花，有时非常严重，而空载时无火花，原因是换向极磁场强度太强或太弱，电极与个别或全部换向极间的间隙太大或太小。

防治措施

调整电枢与换向极之间的间隙，缩小间隙可用加垫片法。

c. 某一极电刷下较别的电刷下火花剧烈，这是因为电刷距离不均，火花强烈处的主极与换向极间发生匝间连接或短路。

防治措施

调整换向极上电刷距离，重绕线圈。

d. 换向器周围发生环火，原因是电刷位置不对，主极与换向极排序有误，电刷太软，电枢短路等。

防治措施

调整电刷位置，纠正主极与换向极顺位，换硬电刷，安装速断断路器，防止电枢短路。

e. 对可逆转的电极，当转向改变时，剧烈冒火，或火花剧烈，转数改变，这是因为反转太快或电刷位置不在中性区范围内。

防治措施

限制反转速度，纠正电刷位置。

八、运转火花及异响

1. 现象

电动机冒火花并有异响。

2. 原因分析与防治措施

(1) 电动机转子的引线上产生剧烈火花；原因是引线连接不紧，接触不良所致。

防治措施

紧固转子引线的螺栓，对接触不良处要认真加以修磨。

(2) 转子与定子碰擦发生火花，并有异常响声；这是由于转子与定子间间隙过小，定子的磁极与电枢突出部分碰擦所造成的。

防治措施

调整空气间隙后，紧固全部螺栓，并用防松垫片和定位销点焊固定。

(3) 定子与转子间，空气间隙正常，但两者间冒火花，并有碰擦声，其原因是有杂物（塞尺片、螺钉、垫圈、金属零件等）落入，起动后，摩擦阻卡之故。

防治措施

在安装中应仔细进行，防止杂物落入，安装完认真检查后，装上电动机防护罩。

(4) 转子外罩与其他静止件碰擦冒火花，励磁滑环与其密封外罩碰擦也要出现火花。

防治措施

检查各部间隙是否符合要求，在电动机起动前，用手盘车，观察有否碰擦和阻卡现象，并及时加以处理。

九、电动机安装接线质量验评标准

见表 10-16。

表 10-16 电动机安装、接线质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	1. 试验调整	电动机的试验调整结果必须符合施工规范的规定	实测或检查 试验调整记录	高压电动机 全数检查，低 压电动机抽查 30%，但不少 于 5 台
	2. 电动机接线	电动机接线端子与导线端子必须连接紧密、不受外力。连接用紧固件的锁紧装置完整齐全。在电动机接线盒内，裸露的不同相的导线间和导线对地间最小距离必须符合施工规范规定	观察检查和 检查安装记录	

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
基本项目	1. 电动机抽芯检查	<p>合格：(1) 线圈绝缘层完好，无伤痕，绑线牢靠，槽楔无断裂，不松动，引线焊接牢固；内部清洁，通风孔道无堵塞；</p> <p>(2) 轴承工作面光滑清洁，无裂纹或锈蚀；注油（脂）的型号、规格和数量正确，转子平衡块紧固，平衡螺钉锁紧，风扇叶片无裂纹</p> <p>优良：在合格基础上，电动机油漆完整、均匀，抽芯检查记录齐全</p>	观察检查和检查电动机抽芯记录	抽查抽芯电动机的 30% 但不少于 5 台，重点检查大容量电动机
	2. 电动机电刷安装	<p>合格：(1) 电刷与换向器或集电环接触良好，在刷握内能上、下活动，电刷的压力正常，引线与刷架连接紧密可靠；</p> <p>(2) 绕线电动机的电刷拉起装置动作可靠，短路刀片接触良好，动作方向与标志一致</p> <p>优良：在合格基础上，运行时电刷无明显火花</p>	观察和试运行检查	检查 5 台
	3. 电动机外壳接触（接零）支线敷设	<p>合格：联接紧密、牢固，接地（接零）线截面选用正确，需防腐的部分涂漆均匀无遗漏</p> <p>优良：在合格基础上，线路走向合理，色标准确，涂刷后不污染设备和建筑物</p>	观察检查	抽查 5 处

第十节 连续运输设备

一、设备构件切割加工粗糙

1. 现象

设备承力钢结构部件采用气割下料，螺孔也采取气割开孔成形，割口粗糙，尺寸不能严格保证。

2. 原因分析

现场未配备剪切机和钻孔设备。

3. 危害性

影响焊接质量和外形美观，割孔过大还会使联接强度减小。

4. 防治措施

应尽量采用预制加工的方法，用剪切机和钻床进行切断和钻孔，如用气割时，必须用操作熟练人员，进行仔细的切割和钻孔，以保证焊接质量和外形美观。

二、构件不规整

1. 现象

轨道和型钢不进行调查。

2. 原因分析

不配备调直工具，单纯抢进度，忽视施工质量。

3. 危害性

影响整个结构组装质量，在运行中可能出现摩擦、振动、卡阻、不平稳等现象。

4. 防治措施

安装前对不符合要求的部件，应用专用工具进行调查，达到要求后，才能进行装配，一般轨道直线度，每米为1mm，全长不应超过全长的0.5/1000。

三、轨道组对不符合要求

1. 现象

两平行轨道接头位置不错开。

2. 原因分析

在下料和铺轨时，没有妥善留设接头位置。

3. 危害性

在设备运行时，可能产生较大振动，使传动不平稳。

4. 防治措施

安装时，应将两轨道接头位置错开，其错开距离不应等于行走部分前、后两支承滚轮的间距。

四、螺栓紧固不牢

1. 现象

螺栓螺纹外露长短不一，并不加垫圈。

2. 原因分析

施工准备工作差，没有仔细核实螺栓长度是否符合要求和准备必要的垫圈。当工期紧迫时，不能严格按照规定要求进行施工。

3. 危害性

螺栓螺纹外露过长，既不美观又容易挂伤或划伤其他机件；螺纹过短，易受振而松扣，影响受力；不放垫圈则影响接触受力面积和螺栓的紧度。

4. 防治措施

施工前应做好准备工作，对使用的紧固件要根据螺孔仔细核实，发现问题及时解决，不能凑和使用，以保证安全、质量和进度。对螺纹外露段过长部分，可以锯掉，使螺纹伸出螺母外 $1/3 \sim 2/3$ 螺栓直径。

五、设备活动件不灵活

1. 现象

托辊、滚轮、辊子转动不灵活。

2. 原因分析

转轴弯曲，或活动件未进行清洗，滚子间内部有异物，产生摩擦和卡阻现象。

3. 危害性

不能正常运转，或降低使用效率和使用寿命。

4. 防治措施

应对托辊、滚轮、辊子进行检查、清洗，并作适当调整。问题严重无法修理的部件，要进行更换。

六、带跑偏

1. 现象

固定式带式输送机的传送带在运转中跑偏。

2. 原因分析

带的中心线与传动设备托辊中心线不重合，误差过大，托辊间不平行，形成交角。

3. 危害性

正常的运送作业受阻，使生产不能顺利进行。

4. 防治措施

调整好带的中心线与托辊中心线，并使托辊间保持平行。

七、部件运转擦碰

1. 现象

斗式提升机料斗与外壳相擦碰。

2. 原因分析

提升机外壳垂直度误差过大，外壳与提升机同心度超差。

3. 危害性

提升机料斗与外壳磨损大，使部件易损坏，同时产生噪音大，影响操作。

4. 防治措施

调整好料斗与外壳的同心度和外壳本身的垂直度（一般不超过 $1/1000$ ，全高不应超过高度的 $1/2000$ ）。

八、传送带接头不严密

1. 现象

输送粉状物料的提升机，接头不严密。

2. 原因分析

接头螺栓未拧紧，使用的垫圈厚度不够或损坏。

3. 危害性

粉状物料泄漏，污染工作场地。

4. 防治措施

要拧紧接头联接处的螺栓，并更换垫料。

九、气动装置漏风

1. 现象

气动输送装置接头处漏风。

2. 原因分析

螺栓或法兰联接处不紧密，填料有问题，施工粗糙马虎。

3. 危害性

漏风使压力降低，影响生产效率。

4. 防治措施

接头施工时联接要紧密，填料符合要求，损坏时要及时更换。

十、牵引索偏离轮槽

1. 现象

架空索道牵引索上、下股绳在滑轮轮槽中偏斜。

2. 原因分析

牵引索中心与滑轮轮槽不在同一条中心线上，偏差过大。

3. 危害性

牵引索跑偏，摩擦轮槽边缘，使两者损坏加快。

4. 防治措施

调整滑轮位置，使两者中心线保持同心。

十一、传动链跳动

1. 现象

架空索道卸料系统中的链条跳动剧烈。

2. 原因分析

链条与托轮间的距离尺寸过大，运行时不稳定。

3. 危害性

由于产生剧烈跳动，增大链条与链轮间的磨损，链条易损坏。

4. 防治措施

缩小链条与托轮间的距离，增设托轮。

十二、带式输送机、板式和链式输送机安装质量验评标准

见表 10-17、10-18。

表 10-17 带式输送机安装质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保证项目	1. 胶带安装	橡胶布带接头必须对准、牢固，不得有破裂现象，松紧程度适当。拉紧滚轮的位置必须留有松紧行程	观察检查	按一个厂房、车间内、外的输送机台数抽查 10%，但不得小于 1 台

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	2. 试运转	(1) 无负荷试运转2h, 滚筒轴承温度不得超过70℃, 滑动轴承温度不得超过60℃ (2) 滚筒和托轮转动灵活, 运转中胶带不打滑、不跑偏、运行平稳	检查试运转记录或试车检查	按一个厂房、车间内、外的输送机台数抽查10%, 但不得小于1台
基 本 项 目	1. 联轴器两轴心径向位移	符合《连续输送设备安装工程施工及验收规范》(GB50270—1998)的规定	用量尺和专用工具测量	
	2. 清扫装置	刮板的清扫面与胶带接触, 其面积不应小于85%, 回转式清扫刷子应与滚筒平行并与胶带接触, 其面积不少于90%	用钢卷尺检查	
允 许 偏 差 项 目	项 目	允许偏差	检验方法	
	1. 输送机(头尾架、中间架、滚筒)纵、横向中心线与安装基准线的重合度	3mm	拉钢丝线、吊线锤, 用钢板尺检查	
	2. 驱动、拉紧滚筒轴线对输送机纵向中心线的垂直度	2/1000	拉钢丝线用角尺和钢板尺检查	
	3. 各托辊的上母线应在同一平面上	±3mm	用平尺和钢板尺检查	
	4. 滚筒平面度	0.5/1000	用铁水平检查	
5. 托辊平面度	2/1000			

表 10-18 板式和链式输送机安装质量验评标准

项别	项 目		质量 标准	检验方法	检查数量
保 证 项 目	1. 试运转		(1) 无负荷试运转 2h, 滚动轴承的温度不得超过 80℃, 滑动轴承的温度不得超过 70℃ (2) 链轮及链条必须啮合良好, 运行平稳, 不得有卡阻和撞击现象	检查试运转记录或试车检查	按一个厂房、车间内的输送机台数抽查 10%, 但不得少于 1 台
基 本 项 目	1. 链条安装		应平直, 松紧适当	观察检查	
	2. 联轴器同轴度		符合《连续输送设备安装工程施工及验收规范》(GB50270—1998) 的规定	用塞尺和专用工具测量	
	3. 清洗		滑动和滚动轴承应清除干净	观察检查	
允 许 偏 差 项 目	项 目		允许偏差	检验方法	
	1. 机架中心线对输送机纵向中心线重合度		2mm	拉钢丝线用钢板尺检查	
	2. 轨道直线度	每 5m	3mm		
		全长	5mm		
	3. 轨距及两轨道的相对标高	轨距 ≤ 500mm	1mm	轨距用卡尺检查; 相对标高用水准仪、钢板尺检查	
		轨距 > 500mm	2mm		
	4. 轨道纵向倾斜度全长		1/1500	用水准仪和钢板尺检查	
			10mm		
	5. 轨道接头处偏移	左右	1mm	用钢板尺检查	
高低		0.5mm			
6. 轨道横向中心线对输送机纵向中心线重合度		3mm	拉钢丝线用钢板尺检查		
7. 驱动和拉紧滚轮轴平面度		0.5/1000	用铁水平检查		

第十一节 压 缩 机

一、活塞式压缩机气缸响声不正常

1. 现象

气缸内发生敲击和异响。

2. 危害性

加快气缸的磨损，影响压缩机正常运转。

3. 原因分析和防治措施

(1) 活塞碰撞气缸内端面。这是气缸余隙不合适。在安装压缩机时，没留出气缸余隙，因此，在运转过程中，活塞碰气缸端面，发生沉闷的金属声。当气缸余隙过小时，压缩机运转后，连杆、活塞杆受热膨胀而伸长，也会使活塞与气缸相碰，发出碰击声；再一方面是活塞螺母松动，由于螺母未拧紧，当压缩机活塞向气缸方向运动时，发出强烈的敲打声，同时，冲击力逐渐加大。

防治措施

应按设备技术文件的要求，调整好气缸与活塞的余隙，对活塞螺母的松动，应及时拧紧，特别要在压缩机运行前作好此项工作。

(2) 水进入气缸。当气缸水套破裂将导致水进入气缸，引起水力冲击；水冷却系统泄漏，也会使水进入气缸，出现液体碰撞声；油水分离器失灵，使气体带水，油进入气缸，造成冲击；当压缩机冷却水中断后，气缸温度上升，这时突然供给冷却水，也会使气缸断裂，水进入气缸；在冬季压缩机停车后，不及时放出气缸中的水，也会冻坏气缸，使水流进。

防治措施

气缸水套和水冷却系统，应在安装前进行认真的外观检查，并用1.5倍工作压力进行压力试验，合格后才能运转使用；对油、水分离器应及时进行清洗，吹除聚集在底部的油、水分，保持其效能；对温度高的气缸，待降温后，才能通入冷却水；在冬季运转停止后，及时放掉气缸水套中的水，防止发生冻裂事故。

(3) 杂物落入气缸。在压缩机刚启动时，突然发出金属卡碰声，这表明某种工具或零件落入气缸内。如果活塞在行程的一个方向发出一种碎块似的敲打声，则可能是某个阀片破碎脱落，掉入气缸。

防治措施

当发现异常响声，应立即停车，打开阀座口，清除杂物，重新装阀，并仔细检查后，封闭气缸，再行开车。

(4) 气缸润滑油过多。润滑油过多时，多余的油液聚积在缸内，活塞往复运动时，击溅油液，发出双向的、不太明显的液体冲击声。

防治措施

应使用符合要求的润滑油，并定量供油，当压缩机起动前，开动油泵时间不要过长。

(5) 空心活塞内有型砂窜响。铸造时内部型砂和型砂碎末没有清理干净，当活塞动作时，发出沙沙响声。

防治措施

将活塞上螺塞盲堵旋开，彻底清理型砂和杂物，洁净后拧紧堵头，并加上自动防松装置。拧紧堵头时，不能高出活塞端面。

(6) 活塞与气缸中心不一致。当中心不准确，压缩机运行时，活塞组件擦碰气缸内壁，使气缸发热，并产生冲击碰撞声。

防治措施

应按设备技术文件和规范要求找正活塞与气缸中心。

二、传动部件异响

1. 现象

机体内发生敲击和异响。

2. 危害性

使主轴与瓦、曲柄与连杆、十字头等部件磨损或破裂，导致传动系统的破坏。

3. 原因分析与防治措施

(1) 主轴颈与瓦出现响声，这主要表现在当曲轴每转一转就发出沉重而嘶哑的撞击声，同时，轴承盖和轴承座有振动现象，其原因是：第一，轴瓦间隙过大，瓦间隙不合适，不便于轴转动和形成油膜，这将会引起发热、跳动冲击；第二，主轴装配不当，主轴加工几何尺寸超过偏差，当平面度达不到要求时，也会出现发热、振动等情况；第三，斜铁贴合不良，当主轴承和整体式连杆头装用可调轴承时，由于轴瓦与斜铁贴合不良，而出现沉重的碰击声。

防治措施

应重新调整主轴与瓦的径向和轴向的间隙，使其达到规范要求；主轴安装前要认真检查几何尺寸是否符合要求；超差时，应及时处理和更换；对主轴水平要按要求找平、找正；对轴瓦与斜铁的贴合接触面要求达到75%以上。

(2) 曲柄销与连杆大头发出异响。当连杆大头瓦径向间隙过大时，将引起敲击、振动和烧瓦；间隙过小也会烧瓦、抱轴，破坏合金层，造成钢瓦背直接磨轴颈。当连杆大头瓦轴向间隙过大时，容易使连杆横向窜动、歪偏，产生敲击冲动；间隙过小，曲轴热伸长推移连杆，使其歪斜，曲轴工作失常或卡死、烧瓦、抱轴等。

防治措施

要正常调整曲柄与连杆大头瓦的径向和轴向间隙，一直达到设备技术文件和施工验收规范的规定。

(3) 十字头发出不正常的响声。

1) 压缩机转向不对：十字头的结构是按侧向力向下设计的，当转向不对时，十字头侧向力向相反方向作用，这时听到的是十字头对上滑块的敲击声，使上滑道加速磨损，这种情况多出现于卧式压缩机；

2) 十字头跑偏或横移：一般情况下，十字头在机身滑道内的位置应居中，并与机身滑道中心线重合；相反，在滑道内歪斜，跑偏或横向跑偏，都将引起敲击和发热；

3) 滑道间隙过大，容易产生十字头跳动，敲击的导响声；

4) 十字头零件紧固不够：零件不紧，出现松动，发生异响。

5) 连杆小头与十字头销的装配间隙不合适。当径向间隙过大时，运转中十字头发发出敲击声，径向间隙过小也会发热、烧瓦和抱轴；当轴向间隙过大时，也容易引起敲击和冲击，轴向间隙过小，膨胀时，容易咬住，也会产生发热和烧瓦；

6) 曲轴中心与滑道气缸中心不垂直，容易发热产生异响。

防治措施

1) 要保证压缩机的转向正确，必须使电动机转向正确；

2) 要正确装配十字头，对机身、中体和气缸，应以钢丝线找正定心，特别是长系列压缩机尤为重要，必须使其中心线重合，用内径千分尺检查十字头在滑道内位置是否正确，然后，将活塞杆慢慢插入十字头

体内，并检查其平面度后，慢慢盘车，看其转动是否灵活；

3) 滑道间隙过大。可利用十字头体与滑板之间的垫片进行调整；

4) 对十字头螺栓要逐个均匀对称拧紧，并加上制动防松垫圈；

5) 安装时，要严格控制连杆小头与十字头销的径向间隙使其达到标准的要求；

6) 调整好曲轴中心与滑道气缸中心的垂直度。

三、阀件异响

1. 现象

吸、排气阀产生敲击声。

2. 危害性

使吸、排气阀破裂以至损坏，使气缸停止工作。

3. 原因分析与防治措施

(1) 阀片折断 表现特征是产生异响，甚至碎片落入气缸，拉毛气缸镜面，损坏活塞和活塞环，在气缸内发出敲击声；严重时，损坏气缸；阀片折断是由于材料和制造质量不符合要求造成的；另一方面是阀簧弹力不均匀，使阀片开关不一致，产生歪斜与升降导向块相互卡阻，阀片冲击升程限制器，阀片产生异响，应力集中极易损坏。

防治措施

安装前，对阀片的材质和加工质量应进行仔细的检查，发现问题，及时采取措施。对阀簧弹力不均者，应进行调整，并对每个阀簧至少要压缩三次，使圈与圈接触；要检查阀簧在压缩前后的自由高度，允许误差为0.5%。

(2) 阀座装入阀室时，没有放正或阀室上压紧螺栓未拧紧，阀座不正或螺栓不紧，当气流通过时，易产生漏气和阀座跳动，并发出沉重的响声。

防治措施

安装时，要仔细检查配气阀，特别是阀杆螺栓装入阀座或阀盖孔以后，要检查螺栓中心线是否与阀座平面垂直，其标准不大于0.05/100，螺栓与孔配合应符合规定。

四、机组异常振动

1. 现象

压缩机组和基础异常振动。

2. 危害性

基础和机组的振动可传到邻近机组或更远的地方。强烈的振动不仅使压缩机组正常运转受到影响，长期作用会使机组下沉，联接管路断裂，使运转中断。

3. 原因分析

1) 设计不合理。表示在工作时，产生不平衡的惯性力和惯性力矩，它的大小和方向是周期性变化的；由于压缩机组结构设计不合理或基础设计有问题，使振动增大和剧烈；

2) 卧式压缩机安装不当。曲轴本身安装不正或气缸杆等中心线不垂直，或十字头、活塞与气缸的中心线不同心等，都是产生振动的因素。另一方面，地脚螺栓未拧紧，机座窜动也会产生振动；垫铁面积太小，不平整，过高、位置摆设不合理，以及压缩机两轴心径向位移超差过大等，都将引起振动。

3) 电动机安装不当。使转子铁心与定子摩擦，导致振动；

4) 皮带轮不同心。用三角形皮带传动时，两轮中心偏差过大。

4. 防治措施

1) 属于机组本身不平衡，惯性力过大引起的振动，可以在安装时，增大设备基础来补偿；

2) 安装偏差过大者，应进行调整，直达到标准规定时为止；

3) 安装前，对零件应仔细检查，不符合标准的应加以修整或更换。

五、系统管路振动

1. 现象

压缩机运转时，压缩系统管路产生异常振动。

2. 危害性

使各联接部分松动，支承部件移位，甚至造成管路破裂。

3. 原因分析

一方面由于压缩机组本身不平衡的惯性力引起的，另一方面是气流脉动性所致，惯性力不平衡引起机组和基础振动，可由管路和土壤传到远方，而气流脉动引起的振动，只限于它产生的部位，当产生的振动频率恰和自然振动频率相同时，就会产生共振，使振动剧烈。

4. 防治措施

一般采取缩短管路支承长度，以有效地提高自振频率，消除共振现象；在工作中，当发现管路振动大时，应把与压缩机连接的管路用管卡

紧固；同时，管卡的安装数量要合适，对大、中型压缩机的排气管要有水泥墩座，把排气管固定在水泥墩座上，可减小振动。

六、运行过热

压缩机在正常的运行中，由于压缩机气体而产生大量的热量；此外，压缩机部件由于摩擦也产生很多热量，这些因素都会使机体润滑温度升高，凡温度超过允许范围的皆为过热和发热，用一般仪器检查、观察和手摸都可以发现。

（一）轴承部位运行温度过高

1. 现象

压缩机曲轴的主轴颈和主轴瓦的运转温度超过标准要求。

2. 危害性

当轴承部位温度过高，容易产生烧瓦、抱轴等故障，使机组不能正常运转。

3. 原因分析和防治措施

（1）主轴瓦间隙不合适

当径向间隙过小或不均匀时，将会破坏润滑油膜，产生偏摩擦、发热、烧瓦、抱轴等。而轴向间隙过小，轴受热膨胀，也容易出现卡住、烧瓦、过热等不正常现象。

防治措施

应按设备技术文件的规定，正确调整主轴瓦的径向和轴向间隙。

（2）主轴瓦润滑不良

1) 油质不佳；

2) 供油量不足或中断供油造成部件磨损；

3) 油压不够，不能形成一定油膜，使温度升高；

4) 油质污染。不经过滤，杂质多容易研瓦；

5) 油分配不均。润滑油应分布合理，形成油楔，产生油压平衡荷载等；当分布不均，将造成轴瓦温度升高，直至烧坏轴瓦。

防治措施

1) 油质应符合标准要求。

2) 应定量供油，不能任意中断供油，油箱上一般有油位标示，以保证有足够的油量；

3) 要保持一定的油压，一般情况下油泵出口油压用回油阀调节到

0.2~0.4MPa 的范围内；

4) 保持润滑油的清洁，对有杂质的油应经过滤后使用，当油中含水量超过 2.5% 时，应予更换；

5) 润滑油分布要合理均匀，以保证正常的油楔和油压。

(3) 曲轴装配偏差过大

曲轴装配的偏差，包括曲轴的平面度，曲轴与气缸中心线垂直度，主轴颈与主轴瓦间隙等；由于偏差过大，将会使轴承发热，超过规定的要求。

防治措施

要正确的装配曲轴，使其达到设备技术文件规定的偏差，以保证运转的顺利进行。

(二) 缸体过热

1. 现象

气缸过热或排气温度过高。

2. 危害性

当气温过高时，气缸壁和气缸盖的温度也随之增高，从而破坏活塞机件的正常润滑，使活塞孔在槽内烧损或卡阻。

原因分析

(1) 供水不足：冷却水供应不足将造成冷却效果不佳，一般回水温度高于 35~40℃ 时，即表明冷却水供量不足；

(2) 水垢厚度大：气缸表面沉积着从冷却水中带去的沉淀物，这就是“水垢”，当它厚度过大时，将妨碍热的传导，降低冷却效果，并浪费电能，严重时，使气缸过热，出现爆炸的恶性事故。

3. 防治措施

供水量充足时，正常的排气温度不应高于 140~160℃，冷却水供给量可参照表 10-19。

表 10-19 空气压缩机平均耗水量

气缸直径/mm	300	400	500	600	700
供水量/(L/h)	700	1500	3000	5000	7500

中间冷却器耗水量，均为气缸冷却水量的 110%~120%。对气缸壁水垢应定期检查，一般不应超过 2mm。为了避免产生过多的水垢，应采用较好的水质，它的技术指标可参照表 10-20。

(三) 活塞杆与密封器过热

1. 现象

活塞杆与密封器过热。

2. 危害性

由于活塞杆与密封器过热，如不能及时加以解决，将导致工作面损坏、发热、漏气等，影响压缩机正常的运转。

3. 原因分析与防治措施

(1) 由于密封器与活塞杆安装不当：1) 两者不同心。当压缩机运转时，产生严重的摩擦，造成异常发热和漏气；2) 压紧角装错，摩擦发热漏气；3) 密封圈弹簧安装歪斜，压力不均发生过热现象；4) 密封器内有杂物，引起磨损发热；5) 新安装的压缩机活塞杆与密封器未经“磨合”，产生配合密封不够。

表 10-20 冷却用水技术指标

说 明	指 标				
	有机质	悬浮机械杂质	暂时硬度	含油量	反应性质
不超过量	25mm/mg/L	25mm/mg/L	10°	5mm/mg/L	中 性
改善方法	沉淀和过滤净化	沉淀和过滤净化	化学软化	回收燃油	中 和

防治措施

1) 安装密封器于气缸孔内时，不要放歪斜，特别是当密封器底部有垫片时，更要均匀、对称地拧紧螺栓，避免产生歪斜现象；

2) 密封器压紧角安装时要仔细检查，不要装错；

3) 安装密封圈弹簧时，可涂粘一些黄干油，放入弹簧座孔内，以免歪斜；

4) 装密封器时，必须仔细清洗干净，防止杂物落入；

5) 压缩机在无负荷试运转时，对密封器的“磨合”时间不应少于表 10-21 的要求。

表 10-21 密封器磨合时间

气缸压力(表压)/MPa	最少磨合时间/h	备 注
<15	4	无负荷
15~200	8	无负荷
>200	24	8 h 后少量升压

除遵照表 10-21 要求外，对密封器应进行充分的润滑。同时，为了达到逐步磨合，可分阶段加强密封力量。

(2) 由于润滑油孔道（冷却水通路）受到阻塞，使润滑油（冷却水）不能进入密封器内部，造成活塞杆与密封器过热。

防治措施

安装密封器时，应用压缩空气吹洗润滑油孔道（冷却水通路），以确保畅通。

七、运行漏气

漏气是压缩机运转中不正常现象，特别是压缩有毒、易燃、易爆气体，更不能出现漏气，否则将造成不良后果。漏气的检验方法，可采用手试、肥皂水试验和嗅气味等。

（一）气阀漏气

1. 现象

气阀漏气

2. 危害性

气阀漏气，可使阀盖异常发热，温度升高，气阀前冷却器内压力升高，后冷却器内压力降低、排气量下降等，使压缩机不能正常运转。

3. 原因分析与防治措施

（1）气阀不严密

1) 阀片与阀座接触不好。当接触不严时，气体吸入压出后发热，然后又从气阀回流一部分，造成气压升高或排气量不足；

2) 阀座螺栓不严密，这时气体从阀座中心倒泄回去，造成故障；

3) 阀组件与气缸阀座口处不严密。当阀组件装入气缸阀座口时，由于偏斜或本身接触不良，使气体在气缸和阀室之间短路串通，而不经阀片进行吸气和排气；

4) 阀片翘曲变形，它将形成气阀关闭不严，造成泄漏；

5) 气阀装配不当。当装配不当时，就产生偏斜、阻卡，使阀片关闭不严，造成过热。

防治措施

1) 阀片与阀座接触不好应进行研磨，直到密封不漏气为止；

2) 阀座螺栓配合要严密，防止气体倒泄；

3) 阀组件与气缸阀座口处不严密时，首先应将密封垫圈的接口处，修磨平整，对阀组件密封垫圈的把紧程序不能搞错：第一，将阀组件套上密封圈，对准气缸上的阀孔座口平整地放入；第二，装入阀组件的压

筒；第三，将阀盖密封圈正确地放入，并将阀组件压筒的顶丝松开，扣上阀盖；第四，对角均称地把紧阀盖螺栓的螺母，然后再把紧压筒顶丝；第五，阀组压筒顶丝的螺母下应放入密封垫圈，以防气体漏出。因顶丝孔是通气缸阀室的；

4) 安装阀片时，应认真检查，对变形要妥善处理，必要时要进行更换；

5) 要调整阀的装配偏差。

(2) 阀片开闭时间和开启高度不对

气阀的开启是靠气缸与管道的压力差，而开关是靠阀簧的弹力，开启的大小受升程限制器制约。因此，弹簧弹力是否合适，升程高度是否妥当，都将会引起漏气，排气量下降，缩短气阀寿命等弊病。

防治措施

对气阀的阀簧要认真检查和装配，对阀片的升程高度不符合要求时，经检查后，应进行调整，对没有进行调节装置的气阀，可加工阀片的升高限制器；对有调节装置的，可调节气阀内间距垫圈的厚度。

(二) 安全阀漏气

1. 现象

安装阀漏气。

2. 原因分析

(1) 安全阀阀簧支承面与弹簧中心线不垂直。

当阀簧中心线与支承面不垂直，阀簧受压时，就产生偏斜，造成安全阀的阀瓣受力不均，发生翘曲，引起漏气、振荡，甚至安全阀失灵。

(2) 安全阀与阀座间接触面不严密

安全阀与阀座间如有杂质和污物，使阀接触面不严密，产生发热、漏气等。

(3) 安全阀阀簧未压紧

联接螺纹及密封表面损坏等，都会引起安全阀的漏气。

防治措施

调整安全阀阀簧支承面与弹簧中心线垂直度，保持其相互垂直，对安全阀与阀座间的杂质、污物要清理干净，必要时，重新研磨，确保接触面严密。安全阀阀簧要压紧，对螺纹和密封表面要保护好，有损坏处应修刮和研磨。

八、主要零、部件损坏

(一) 曲轴损坏

1. 现象

曲轴产生裂纹或折断。

2. 危害性

曲轴是压缩机的主要部件，一旦产生裂纹或折断，将使压缩机停止运行。

3. 原因分析与防治措施

(1) 安装不正确

曲轴与轴瓦间隙过小或接触不均，都会引起曲轴异常发热、振动和冲击，从而使合金瓦熔化，轴瓦与轴径咬住或拉成沟槽，曲轴产生弯曲变形，甚至断裂；另一方面，当联轴器同心度偏差过大，也会造成曲轴异常发热、跳动、变形、折断等。

防治措施

要认真检查曲轴与瓦间隙和接触情况，必须达到技术标准的要求。对联轴器同心度要用百分表反复测试，一直到符合标准要求为止。

(2) 制造工艺不当

曲轴有砂眼和裂纹存在，当运转时，缺陷部分逐渐扩大，以致造成断裂事故。

防治措施

安装前，应对部件进行认真检查，有怀疑的重要零、部件，要组织有关人员进行鉴定，对不符合要求的产品，不能进行安装，以确保施工质量。

(3) 曲轴承受意外剧烈冲击

压缩机往往由于突然的起动和紧急制动，基础不均匀下沉等，都会给设备带来意外冲击荷载，引起曲轴变形、裂纹或折断。

防治措施

对压缩机的起动、停止、运行应严格按操作规程正确的进行操作，要防止意外冲击载荷的出现。对设备基础情况，可经常进行观测，发现问题，应及时处理。

(二) 连杆螺栓折断

1. 现象

连杆螺栓折断。

2. 危害性

连杆螺栓在压缩机运行中承受很大的交变荷载，它是受力较大的部件，如连杆螺栓折断，将造成停机事故。

3. 原因分析与防治措施

(1) 安装质量差

安装时，连杆螺栓与螺母拧得过紧、过松或操作方法不对所造成的。当拧得过紧时，一旦起动运转易被拉断；过松时，连杆晃动，产生冲击，一方面开口销易损，而连杆螺栓也易折断；当操作不当，使连杆螺栓在连杆螺栓孔内产生偏斜，形成受力不均而折断。

防治措施

安装连杆螺栓时，松紧要适宜，要使用测力扳手，或用卡规等工具检测预紧力。正确的操作方法，可通过涂色法检查连杆螺母端面与连杆体上的接触面是否密封配合，必要时要进行刮研。

(2) 材质不符合要求，使用维护差

由于连杆轴承过热，活塞被卡阻或压缩机进行超负荷运行，连杆螺栓承受过大载荷而折断。连杆螺栓材质不符合设备技术文件的要求，也会出现折断现象。长时间运行，零、部件产生疲劳过度，而导致连杆螺栓损坏。

防治措施

连杆螺栓材质一定要符合标准要求；不合格者，坚决更换。要加强设备运行中的维护工作，严格按技术操作规程进行作业，发现问题要及时处理。

(三) 连杆损坏

1. 现象

连杆折断、弯曲。

2. 原因分析

由于连杆螺栓松动，折断脱扣，活塞冲击气缸，使连杆突然承受过大的应力而弯曲或折断。另一方面锁紧十字头销的卡环脱扣或开口销折断，十字头销窜出，致使连杆撞弯。

3. 危害性

由于连杆折断、弯曲，影响曲轴的正常运转。

4. 防治措施

安装连杆螺栓时要仔细拧紧，并反复检查，防止事故发生，装十字头销卡环也要装紧，防止十字头销窜出。

(四) 气缸损坏 (1)

1. 现象

气缸或气缸盖破裂。

2. 危害性

气缸或盖破裂时，将使压缩机停止工作。

3. 原因分析与防治措施

(1) 冬施施工时，冷却水未放出，形成结冰膨胀，使气缸破裂。

防治措施

压缩机停止工作后，应及时排出气缸的冷却水。

(2) 压缩机运转中突然停水，这时使气缸温升过高，同时又突然放入冷却水，因而由于热胀冷缩的原因，使气缸破裂。

防治措施

当冷却水停止，气缸温度过高时，不能立刻通入冷却水，应在气缸适当降温后，再通入冷却水。

(3) 活塞与气缸相撞，把气缸盖撞裂。

1) 活塞杆与十字头连接不牢，活塞杆脱开十字头；

2) 活塞与活塞杆上的防松螺母松动；

3) 气缸内掉入金属物或流入一定量的液体。

4) 气缸的前后余隙太小。

防治措施

安装时，要严格检查活塞与活塞杆，活塞杆与十字头的连接及防松垫片的翻边情况，仔细核对前后气缸的余隙。安装完毕后，用盘车装置盘动活塞，再次检查有无杂物落入气缸和异常响声。

(五) 气缸损坏 (2)

1. 现象

气缸镜面被拉伤，活塞被卡住。

2. 危害性

损坏气缸精度，使气缸停止使用。

3. 原因分析与防治措施

(1) 滤清器失灵 当滤清器失灵，不洁物被吸入气缸，润滑油不干净等，使气缸镜面拉伤。

防治措施

对滤清器应经常进行清洗，防止异物进入气缸。

(2) 气缸润滑油中断 当润滑油中断后，活塞与气缸形成干摩擦，阻力增大，使活塞卡住或拉伤气缸镜面。

防治措施

按规定供给合格的润滑油，并经常检查供油情况是否正常，发现问题，及时加以解决。

(3) 气缸活塞装配间隙过小或不均匀当曲轴、连杆、十字头等运动机构偏斜，都将导致活塞与气缸发生偏摩擦，因而划破气缸镜面。

防治措施

安装时，十字头、活塞与气缸同心，活塞周围间隙要符合设备技术文件的规定。

九、离心式压缩机压力、流量低于设计规定

1. 现象

过滤网阻塞，形成吸入负压增大。

2. 原因分析与危害性

- (1) 季节性风尘造成吸入空气含尘量超过过滤器过滤能力；
- (2) 过滤网运行不正常，使灰尘积厚，影响空气流量；
- (3) 气温降低，油粘度增大，造成阻塞和冻结。

3. 防治措施

调整过滤网的过滤能力，并经常清洗，保持空气的正常流量。当气温降低时，应采取升温措施，保持油的正常流动。

十、离心式压缩机密封失效

1. 现象

密封间隙过大。

2. 原因分析

由于安装过程中修刮密封片不良和试运转的磨损，使密封间隙过大。

3. 危害性

密封间隙过大将造成漏气，或因轴向移动而损坏密封。

4. 防治措施

应进行必要的检查和修理，以保证密封间隙。

十一、离心式压缩机冷却失效

1. 现象

各段冷却器效率降低。

2. 原因分析

供水量不足，供水温度高，以及冷却器水垢堵塞，影响换热效率。

3. 危害性

由于冷却器效率低，影响压缩机的正常出力。

4. 防治措施

检查各段冷却器，增大供水量和降低水温。

十二、滑动轴承故障 (1)

1. 现象

径向轴承出现故障。

2. 危害性

轴承过热破坏巴氏合金层，使轴停止运行。

3. 原因分析

(1) 润滑油不足或中断，油不足或中断，引起轴承升温，严重时将瓦烧坏，这主要是主油泵损坏，管路及法兰连接处漏油或破裂、堵塞、油箱油位低等所致；

(2) 润滑油不清洁，脏物带入轴瓦内，破坏了油膜；

(3) 轴承振动大，引起合金脱落或裂纹；

(4) 冷却器冷却水供应不足或中断，油温度过高，油精度下降，形不成良好油膜；

(5) 润滑油中有水分，轴端轴封间隙过大，漏气窜入轴承内，流经冷却器中冷却水压力大于油压，当油管泄漏时，水漏入油中；

(6) 轴承外壳过度热变形，使轴颈与轴瓦接触面受力不均，引起合金磨损和轴承发热。

4. 防治措施

(1) 检查修理润滑系统，并增加供油量；

(2) 清洗过滤润滑油，保持其清洁干净；

(3) 调整好轴承装配间隙；

- (4) 增加供水量，并消除管路系统中存在的问题；
- (5) 调整轴端、轴封间隙，使其达到规定的标准；
- (6) 调整轴颈与瓦的受力情况，保持受力分配均匀。

十三、滑动轴承故障 (2)

1. 现象

止推轴承出现故障。

2. 危害性

损坏局部或全部巴氏合金，使轴承停止运转。

3. 原因分析与防治措施

(1) 轴向推力增加 由于推力增加，使止推轴承超负荷运行，致使止推块的巴氏合金熔化。

防治措施

调整轴向推力，减小轴向负荷，保持合金层，使其正常运行。

(2) 润滑油系统不畅通 油内有杂质，油质差，进油口孔板及管路堵塞，油冷却器失灵等。

防治措施

要使用符合要求的润滑油，并经常检查润滑系统的工作情况，疏通油路，修整冷却器等。

(3) 巴氏合金质量差 合金脱落、裂纹、松动，使止推瓦块与止推面间隙发生变化，以及止推轴承内个别部件变形等，均将造成止推瓦块巴氏合金磨损和熔化。

防治措施

要正确地浇铸巴氏合金层，一般手工操作可按下面要求进行：

清洗残油：可用 10% 的苛性钠溶液（每升水放入 120~150g 的苛性钠）清洗，然后即可进行轴承的酸蚀。由于酸蚀结果，在轴承衬的表面上，形成极细小的不平度（它可以保证轴衬体与巴氏合金连接强度），进行酸蚀可用 50% 盐酸水溶液或 15% 的硫酸水溶液做为酸蚀剂。

经过酸蚀的轴衬，先在热的碱性液（含 10% 苛性钠）中清洗，以除掉残余的酸，然后在热水中去掉残余的碱。

镀锡：经过上面准备以后，再把轴衬体上涂一层薄的金属，这层金属和轴衬表面浇铸的轴承合金能很好的连在一起，镀锡可采用锡铅合金（合金中含锡 30%，含铅 70%），镀完锡后和开始浇铸轴承合金的时间，

不应超过 7~10s，如时间长会使镀锡层上发生氧化薄膜，这样会削弱轴承合金和轴衬表面的连接强度。

轴承合金应在坩埚中熔化，为了防止熔融的轴承合金表面冷却与氧化起见，在熔融的轴承合金上盖上一层 25~35mm 厚的过筛细木炭。另一方面为了使轴承合金在熔化时减少熔渣，最好在熔化前用少量的氧化锌溶液浸润轴承合金。

为了使轴承合金层在工作时不易脱落，通常在轴衬上应开出纵槽或环形槽，最好是有燕尾形剖面的槽，见图 10-24。

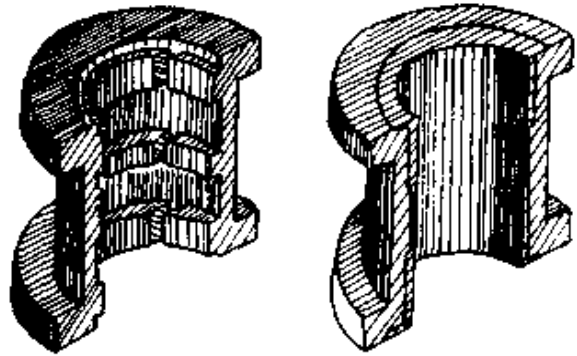


图 10-24 轴衬槽剖面

十四、机组振动超常

1. 现象

机组运转过程中，振频及振幅均超过标准。

2. 危害性

强烈而持久的振动，将促使机械材料疲劳，导致机件过早的损坏；造成转动和静止部件间的快速磨损；也可使各连接件松动、脱落及基础松动等，使压缩机不能运行。

3. 原因分析与防治措施

(1) 转子不平衡 表 10-22 所列为转子动平衡校准用的计算数据，转数愈高，偏心距愈小，如转子的偏心距大于规定数值，转子转动时产生离心力，就会引起过大的振动。如是转子不平衡产生的振动，表现在单位时间内振动次数等于转数，而在不同转数下的振幅与转数平方成正比。

表 10-22 动平衡允许的偏心距

转子转数 / (r/min)	≤1500	≤3000	≤5500	≤8000	≤10000	>10000
偏心距 / μm	8.0	5.0	3.0	2.0	1.5	1.0

防治措施

在专用设备上进行转子平衡试验，并采取相适应的措施，必要时，更换部件。

(2) 安装调整不符要求 在安装调整过程中搞不好也会引起振动，如基础与易振构件相连，地脚螺栓松动，轴承间隙过大，机组找平、找

正不精确，以及热膨胀等。

防治措施

安装前要做好各项准备工作；安装过程中要保证每道工序、每个部件的装配正确，要严格按设计、规范施工。

(3) 共振 当转子在某一转数下旋转时，如产生的离心力频率与轴的固有频率相一致时，轴即产生共振。产生强烈振动结果使转子以及整个机械遭到破坏，这时的转数为临界转数。

防治措施

当压缩机启动时，不要在临界转数附近停留，使转子尽快跨越临界转数。

十五、活塞式压缩机安装质量验评标准

见表 10-23。

表 10-23 活塞式气体压缩机安装质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	1. 整体安装机身 纵横向平面度	允许偏差不得大于 0.1/ 1000	见注 1	按一个厂 房、车间或 站内气体压 缩机的台数 抽 查 20% (其中包括 各类别中的 大型设备)。 但不得少于 1 台
	2. 解体安装机身 纵、横向平面度	允许偏差不得大于 0.05/ 1000	见注 2	
	3. 解体安装机身 双列两中心线平行度	允许偏差不得大于 0.1/ 1000	拉钢丝线，用 内径百分尺和耳 机检查或检查施 工记录	
	4. 无负荷试运转 (运转 4~8h)	(1) 润滑油转入分配管 系之前的压力不得低于 0.1MPa (2) 曲轴箱或机身内润 滑油温度，有十字头的不得 超过 60℃，无十字头的不得 超过 70℃； (3) 各运动部件声音正 常，无较大振动； (4) 各连接部件、紧固 件不得松动； (5) 注油器有供油正常， 无溢出	检查试运转记 录或试车检查	

(续)

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	5. 空气负荷运转 (注3)		<p>(1) 各油、气、水系统应无泄漏现象;</p> <p>(2) 气缸冷却水最高排水温度不得超过40℃;</p> <p>(3) 各级排气温度和压力必须符合设备技术文件的要求;</p> <p>(4) 安全阀灵敏可靠</p>		
基 本 项 目	1. 地脚螺栓		应垂直, 螺母应拧紧, 扭力矩一致。螺母与垫圈和垫圈与设备底座的接触应紧密	用扳手插试和观察检查	按一个厂房、车间或站内气体压缩机的台数抽查20% (其中包括各类别中的大型设备)。但不得少于1台
	2. 垫铁		垫铁组应放置平稳, 位置正确, 接触紧密, 0.1mm塞尺不应插入。每组不应超过5块, 并应继续焊接牢固	用小锤转击、塞尺插试和观察检查	
	3. 整体安装	带组装	三角皮带的力量应适当, 松紧程度一致	用手拉动检查	
		联轴器组装	符合《压缩机、泵、风机安装工程施工及验收规范》(GB50275—1998) 的规定	用塞尺和专用工具检查	
4. 解体安装	曲轴和轴承安装	<p>(1) 轴瓦背轴瓦座应接触紧密。薄壁轴瓦, 轴径小于或等于180mm, 接触面积不应小于85%; 轴径大于180mm, 接触面积不应小于70%。接触点应分布均匀</p> <p>(2) 对开式轴瓦与轴颈的弧面接触角度为90°~120°, 接触面积不应小于该接触弧面的60%。四开式轴瓦、轴颈与下瓦和侧瓦的接触面积不应小于该瓦面积的70%。接触点分布均匀</p>	用着色法检查或检查施工记录		

(续)

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
基 本 项 目		(3) 轴瓦和轴颈的径向和轴向间隙, 应符合设备技术文件的要求	用压铅法和塞尺插试或检查施工记录	按一个厂房、车间或站内气体压缩机的台数抽查 20% (其中包括各类别中的大型设备)。但不得少于 1 台
		(4) 曲轴应转动灵活	盘车检查	
	气缸和中体组装	气缸与机身、中体的法兰面应接触紧密, 局部间隙不应大于 0.05mm	用塞尺插试检查	
	连杆组装	连杆大头轴瓦与曲轴拐销的径向和轴向间隙, 连杆小头轴瓦(套)与十字头销的径向间隙, 以及小头轴瓦(套)与十字头体的轴向间隙, 均应符合设备技术文件的要求	用压铅法和塞尺插试检查或检查施工记录	
	十字头组装	(1) 下滑履与下滑道的接触面积不应少于滑履面积的 60%, 接触点分布均匀, 0.05mm 塞尺不应插入	用塞尺插试和着色法检查或检查施工记录	
		(2) 上滑履与上滑道的间隙, 在全行程下应一致, 间隙值应符合设备技术文件的要求	用塞尺插试检查	
	活塞组装	活塞在汽缸中两端死点的间隙应符合设备技术文件的要求	用压铅法检查或检查施工记录	
	5. 清洗		(1) 各工作面, 接合面和部件内部的气腔, 油道应清(吹)洗干净; (2) 润滑系统的油管、油箱、过滤器和阀等应清洗干净	

(续)

项别	项 目		质量标准	检验方法	检查数量	
	项 目		允许偏差/mm	检验方法		
允许 偏差 项目	1. 安装基准线与建筑轴线距离		± 20	用钢卷尺检查	按一个厂 房、车间或 站内气体压 缩机的台数 抽查 20% (其中包括 各类别中的 大型设备)。 但不得少于 1 台	
	2. 安装基准线与设备平面位置		± 10	用水准仪和钢板 尺检查		
	3. 安装基准线与设备标高		+ 20 - 10			
	4. 整体 安装	带轮端面铅垂度	0.5/10000	吊线用钢板尺检 查		
		两带轮端面在同一平 面内		0.5		拉线用钢板尺检 查
	5. 解体 安装	曲轴的平面度		0.1/1000		用水平仪在轴 颈上每转 90° 检 查 1 次, 取其平 均值
		曲轴中心线与机身中 心线垂直度		0.1/1000		检查施工记录
		气缸 直径 /mm	≤ 100 平行位移	0.05mm		(1) 拉钢丝线用 内径百分尺和耳 机检查或检查施 工记录
			> 100 平行位移	0.07mm		
			100 ~ 300 倾斜	0.2/1000		
> 300 平行位移			0.10mm			
	300 ~ 500 倾斜	0.4/1000	(2) 气缸水 平度的允许偏差 值等于倾斜值, 如发生矛盾应服 从同心度要求			
	> 500 平行位移	0.15				
	500 ~ 1000 倾斜	0.6/1000				
	> 1000 平行位移	0.20				
	1000 ~ 1500 倾斜	0.8/1000				

注: 1. 用水平仪在下列部位检查:

- (1) 卧式压缩机: 纵向在滑道上或气缸中检查; 横向在主轴或带轮上检查。
- (2) 立式压缩机: 在气缸顶平面上检查。
- (3) 其他型式的压缩机: 在外露的主轴或其他平面上检查。

2. 用水平仪在下列部位上检查:

- (1) 卧式压缩机: 纵向在滑道上检查; 横向在曲轴轴承座上检查。
- (2) 立式压缩机: 在曲轴箱接合面上检查。
- (3) L 型压缩机: 在机身法兰接合面上检查。

3. 空气负荷试运转: 在排气压力为公称压力的 1/4 下运转 1h、1/2 下运转 2h、3/4 下运转 2h 和在公称压力下运转 4~8h。组装的大型高压压缩机, 在公称压力下的运转时间不得少于 24h。

第十二节 风机和泵

一、风机

(一) 风机出风口装错

1. 现象

风机出口方向不符合要求。

2. 原因分析

风机出厂装配有误，设计与施工管道连接不吻合。

3. 危害性

出风口风管无法安装，或要增加多余的弯头和接头。

4. 防治措施

要按照施工图样的要求，重新装配机壳，校正好风机出口方向，以便于风管的顺利连接。

(二) 风机运转擦碰

1. 现象

机壳与叶轮圆周间隙不均。

2. 原因分析

一方面是由于风机出厂时装配不当，另一方面可能在运输过程中碰撞所造成的。

3. 危害性

由于机壳与叶轮间隙不均，风机在运转过程中，间隙过小处容易发生摩擦和碰撞，使风机部件磨损，甚至损坏。

4. 防治措施

应按设备技术文件的要求，调整机壳和叶轮之间的间隙，保证运转正常。一般轴向间隙应为叶轮外径的 $1/100$ ，径向间隙应均匀分布，其数值应为叶轮外径的 $1.5/1000 \sim 3/1000$ 。

(三) 机壳擦伤

1. 现象

搬运风机时，机壳受到损伤。

2. 原因分析

搬运和吊装风机时，钢丝绳与机壳接触处，未加衬垫，因此损伤机

壳和破坏了表面油漆。

3. 危害性

划坏机壳影响使用寿命，破坏表面防锈漆层，降低机壳防腐能力和影响外形美观。

4. 防治措施

搬运和吊装风机时，钢丝绳与机壳或其他部位接触处，应垫以衬料，防止设备表面受到损伤。

(四) 风机润滑、冷却系统泄漏

1. 现象

风机的润滑和冷却系统未进行压力试验，产生泄漏。

2. 原因分析

不严格按标准施工，任意减少施工工艺程序。

3. 危害性

不能保证润滑和冷却系统长期运行过程中的严密性，出现漏油、漏水等弊病。

4. 防治措施

应按设计或规范要求强度试验，试验压力当用水作介质时为工作压力的 1.25~1.5 倍；用气做介质时，为工作压力的 1.05 倍。

(五) 风机管路安装不当

1. 现象

风机上的润滑及冷却管路和阀件等负载，直接由机壳承担。

2. 原因分析

设计考虑不周，施工不严格按施工规范要求进行。

3. 危害性

由于负载过大使风机壳变形，严重时影响风机的正常运转。

4. 防治措施

应增设管道支架，以消除加到机壳上的负荷。

(六) 风机防护装置不全

1. 现象

风机的吸风口和传动部位不加防护罩。

2. 原因分析

设计上规定不明确，施工中未严格按安全操作的要求加防护。

3. 危害性

不加防护罩，违反安全操作规定，容易出现人身和机械事故。

4. 防治措施

应严格按安全操作规程的规定，增设必要的防护装置，以避免事故的发生。

(七) 风机运转振动异常

1. 现象

风机转子振动大，响声异常。

2. 原因分析

风机叶轮制造和安装不符合要求，或叶轮损坏，破坏转子体平衡而引起振动。

3. 危害性

加快部件的磨损，严重时，使风机停止运转。

4. 防治措施

如叶轮本身有缺陷，应进行修整，必要时予以更换；如系安装精度不高，应重新进行调整，达到要求后，再投入正常运转。

(八) 风压不足

1. 现象

风压降低，电流减小。

2. 原因分析

风机叶轮被棉纱或其他杂物缠住，送不出风。

3. 危害性

达不到设计要求，影响生产使用效果。

4. 防治措施

要认真彻底清理叶轮上的棉纱或其他杂物，保持风机叶轮的正常运转。

(九) 风机负荷超载

1. 现象

锅炉鼓风机的电动机过载。

2. 原因分析

由于炉管、过热器、省煤器及空气预热器损坏，使排烟量突加，引起负载。

3. 危害性

降低电动机使用寿命，严重时，造成设备事故。

4. 防治措施

应停炉检查，检修炉管、过热器、省煤器、空气预热器等部件，保持其正常运转。

(十) 风机轴承振幅超过要求

1. 现象

风机运转中轴承径向振幅超过要求。

2. 原因分析

设备部件制造质量差，或安装精度达不到要求。

3. 危害性

振幅过大将引起部件碰撞和磨损，降低使用寿命。

4. 防治措施

应仔细调整轴承的安装精度，使其达到规范规定的要求。风机运转中轴承的径向振幅应符合表 10-24 的标准。

表 10-24 离心、轴流风机、罗茨、叶氏鼓风机按幅值

转数/r/min	≤375	375-550	750-1000	1000-1450	1450-3000	>3000
振幅不超过/mm	0.18	0.15	0.10	0.08	0.06	0.04

(十一) 风机负压运转

1. 现象

锅炉引风机冷态运转时间长。

2. 原因分析

不按施工安装说明书的要求进行冷态运转。

3. 危害性

加大电机负荷，严重时，将烧坏电机，造成设备事故。

4. 防治措施

应严格按施工安装说明书的要求进行运转，一般不应超过 5min。

(十二) 风机安装质验评标准

见表 10-25。

表 10-25 风机安装质量验评标准

项别	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
保 证 项 目	1. 离心式风机轴承座平面度	纵、横向平面度的允许偏差不得大于 0.2/1000	用水平仪在轴承水平中分面上检查	按一个厂房、车间或站内风机的台数检查 20% (其中应包括各组别中的大型风机), 但不得少于 1 台
	2. 轴流式风机机身的平面度	机身纵、横向平面度的允许偏差不得大于 0.2/1000	用水平仪在轴承水平中分面上检查	
	3. 罗茨式和叶式鼓风机机身的平面度	机身纵、横向平面度的允许的偏差不得大于 0.2/1000	用水平仪在机壳水平中分面上或外露的主轴上检查	
	4. 罗茨式和叶式鼓风机转子间的间隙、转子机壳间	必须符合设备技术文件的要求	用塞尺插试检查	
	5. 试运转 (离心式和轴流式通风机不得少于 2h, 罗茨式和叶式鼓风机不得少于 4h。正常运转后, 调整至公称压力下, 电动机的电流不得超过额定值。如无异常现象, 将风机调整到最小负荷 (罗茨式和叶式除外, 继续运转到规定时间为止)	必须达到下列要求: (1) 运行平稳, 转子与机壳无摩擦声音; (2) 径向振幅, 如无规定不得超过表 10-26 的规定; (3) 轴承温度, 如无规定, 滑动轴承最高温升不得超过 35℃, 最高温度不得超过 70℃; 滚动轴承最高温升不得超过 40℃, 最高温度不得超过 80℃ (4) 油路、水路不得漏油、漏水	检查试运转记录或试车检查	
基 本 项 目	1. 地脚螺栓	应垂直, 螺母应拧紧, 扭力矩一致。螺母与垫圈和垫圈与设备底座的接触应紧密	用扳手拧试和观察检查	
	2. 垫铁	垫铁组应放置平稳, 位置正确, 接触紧密, 每组不应超过 5 块	用小锤转击和观察检查	

(续)

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
基 本 项 目	3. 消音和防振装置		应符合设计要求	观察检查	按一个厂房、车间或站内风机的台数抽查20% (其中应包括各组别中的大型风机), 但不得少于1台
	4. 皮带轮组装		V带的张力应适当、松紧程度应一致	用扳手拧试和观察检查	
	5. 联轴器组装		联轴器同轴度的允许偏差和检验方法见《机械设备安装工程施工及验收通用规范》(GB50231—1998)	用塞尺和专用工具检测	
	6. 离心式通风机轴承座		轴承座与底座应紧密, 局部间隙不应大于0.1mm	用塞尺插试检查	
	7. 离心式通风机机壳中心线重合度		机壳中心线与转子中心线重合度的允许偏差不应大于2mm	以轴承注窝为准, 拉中心线网钢桥尺检测	
	8	离心式通风机 机壳进风口接管	叶轮进风口与机壳进风口接管的间隙应符合设备技术文件的要求, 如无规定, 其轴向间隙为叶轮外径的1/100	用塞尺插试检查	按一个厂房、车间或站内风机的台数抽查20% (其中应包括各组别中的大型风机), 但不得少于1台
	9	主轴与轴瓦组装	轴颈与轴瓦的间隙应符合设备技术文件的要求, 如无规定顶间隙应为轴颈直径的1.5/1000~2.5/1000	用压铅法和塞尺插试检查或检查施工记录	
	10	轴流式通风机	(1) 轴承与轴颈的间隙、叶轮与主体风筒的间隙, 应符合设备技术文件的要求	用压铅法和塞尺插试检查或检查施工记录	
			(2) 主体风筒上部接缝、前后风筒和扩散筒的连接法兰均应接合严密。前后风筒与扩散筒应与基础连接牢固	观察检查	

(续)

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量	
基本项目	11	清 洗	(1) 润滑系统和轴承应清(吹)洗干净 (2) 离心式和轴流式通风机的机壳、轴承箱和转子应拆下清洗。直连传动的风机可不清洗; (3) 罗茨式和叶式鼓风机的机壳、齿轮箱及齿轮、叶轮和机壳内部应清洗干净。如有齿轮油泵和过滤器亦应清洗干净	观察检查或检查清洗记录	按一个厂房、车间或站内风机的台数抽查20% (其中应包括各组别中的大型风机), 但不得少于1台	
			项 目	允许偏差/mm		检 验 方 法
允许偏差项目	1	安 装 基 准 线	与建筑轴线距离	± 20	用钢卷尺检查	
	2		与设备	平面位置	± 10	用水准仪和钢桥尺检查
	3			标 高	+ 20 - 10	

(十三) 风机试运转允许径向振幅
见表 10-26。

表 10-26 风机试运转允许径向振幅表

风机转速 (r/min)	≤ 375	> 375 ~ 500	> 500 ~ 600	> 600 ~ 750	> 750 ~ 1000	> 1000 ~ 1450	> 1450 ~ 3000
振幅/mm	0.25	0.18	0.16	0.13	0.10	0.08	0.05

二、泵

(一) 泵体安装处于受力状态

1. 现象

管道和阀门的重量加在泵体上。

2. 原因分析

不严格按照规定架设管道或设计不合理。

3. 危害性

泵体承受额外负荷、会产生断裂，甚至损坏，严重时不能运转。

4. 防治措施

应在管道和阀门的连接件上增设支撑，解除加到泵体上的载荷。

(二) 泵不吸水 (1)

1. 现象

水泵不吸水，压力表和真空表指针剧烈摆动。

2. 原因分析

(1) 起动前未注水或未注满水；(2) 水温过高；(3) 吸水高度超过泵的吸程；(4) 吸水管漏气或存有空气泡，使真空度不够；(5) 水龙头堵塞；(6) 水泵转速太低。

3. 危害性

影响送水工作正常进行。

4. 防治措施

(1) 起动前应给水泵注满水；(2) 降低水的温度；(3) 降低吸水高度；(4) 检查吸水管堵塞和漏气处，并及时进行处理；(5) 要彻底疏通水龙头；(6) 检查电动机能力是否符合要求，必要时应进行更换。

(三) 泵不吸水 (2)

1. 现象

水泵不吸水，但真空表指示高度真空。

2. 原因分析

(1) 吸水龙头（单流阀）未打开，阀门转轴锈住或采用的单流阀闸板过重；(2) 吸水管存有杂物，阻力过大；(3) 吸程太高。

3. 危害性

水泵不能正常作用。

4. 防治措施

检查修整或更换单流阀，清洗水管；降低吸程高度。

(四) 不泵水

1. 现象

水泵排水口压力表有指示压力，但水泵不出水。

2. 原因分析

(1) 出水管阻力太大；

(2) 水泵叶轮被堵塞；

(3) 泵转数不够。

3. 危害性

不能达到正常出水要求。

4. 防治措施

- (1) 检查清洗并截短出水管段长度；
- (2) 取下吸水管接头，疏通叶轮；
- (3) 增加水泵的转数；

(五) 泵水不畅

1. 现象

水泵排水量过小。

2. 原因分析

- (1) 叶轮进水口被杂物堵塞；
- (2) 叶轮破损；
- (3) 单流阀堵塞；
- (4) 水温突然升高；
- (5) 吸水管接头不严密；
- (6) 盘根处漏气。

3. 危害性

降低水泵工作效率。

4. 防治措施

- (1) 清除水泵进出口杂物；
- (2) 修整或更换叶轮；
- (3) 疏通单流阀；
- (4) 降低水温；
- (5) 拧紧吸水管接头；
- (6) 修整或更换盘根。

(六) 消耗动力过大

1. 现象

水泵消耗动力过大。

2. 原因分析

- (1) 填料函压的过紧，使填料发热；
- (2) 水泵叶轮破坏；

(3) 水泵供水量加大。

3. 危害性

消耗动力过大，影响电动机使用寿命，也造成一定的浪费。

4. 防治措施

(1) 放松填料函，或将填料函取出，重新进行安装；

(2) 更换叶轮；

(3) 增加出水口阻力，降低流量。

(七) 有异响不泵水

1. 现象

水泵内响声异常，泵不上水。

2. 原因分析

(1) 流量太大；

(2) 吸水管阻力过大；

(3) 吸水管有空气渗入；

(4) 液体温度过高。

3. 危害性

加快水泵部件的磨损。

4. 防治措施

(1) 增加出水管阻力以减少流量；

(2) 检查修理吸水管及吸水龙头；

(3) 降低输送液体的温度。

(八) 运转振动

1. 现象

水泵运转时产生振动。

2. 原因分析

(1) 水泵与电动机的二机轴轴心径向位移超差过大；

(2) 水管未固定牢固；

(3) 水泵轴出现弯曲；

(4) 叶轮或平衡盘歪斜；

(5) 地脚螺栓松动；

(6) 基础不稳固。

3. 危害性

噪声大，严重时，影响水泵零件的使用寿命。

4. 防治措施

- (1) 调整好水泵与电动机的二轴心径向位移，使其达到规范要求；
- (2) 把水管固定牢，必要时，增加支撑；
- (3) 修理或更换水泵轴、叶轮及平衡盘；
- (4) 拧紧地脚螺栓；
- (5) 固定好水泵基础。

(九) 轴承过热

1. 现象

泵座轴承过热。

2. 原因分析

润滑油内有杂质或油量不足，油环转动不灵活，轴承间隙太小。

3. 危害性

损坏轴承，使水泵停止运转。

4. 防治措施

应仔细清洗轴承，加油或换油，修整或更换油环，调整好轴承间隙。

(十) 电动机过载 (1)

1. 现象

水泵电动机电流过大。

2. 原因分析

- (1) 电动机启动时，排水闸门未关严；
- (2) 平衡环板倾斜太大，并有卡住现象，对称连接不正或橡胶圈过紧。

3. 危害性

影响电动机使用寿命。

4. 防治措施

启动电动机水泵时，应关闭出口阀门，对平衡环板，联轴器、橡皮圈进行检查和调整。

(十一) 电动机过载 (2)

1. 现象

电动机过热。

2. 原因分析

水泵进行超载运行，导致电动机过热。

3. 危害性

加快电动机损坏，严重时，停止运行。

4. 防治措施

降低负荷，并检查电动机轴承温度是否正常。

填料函漏水

1. 现象

水泵填料函处泄漏过大。

2. 原因分析

填料函压盖过松。

3. 危害性

浪费水，严重时，影响正常供水。

4. 防治措施

应适当拧紧压盖螺栓，一般普通软填料的泄漏量为每分钟不超过 10~20 滴，机械密封泄漏量不大于 10mL/h（每分钟约 3 滴）。

三、泵安装质量验评标准

见表 10-27。

表 10-27 泵安装质量验评标准

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量	
保 证 项 目	1	离 心 泵、 轴 流 泵 泵 体	平 面 度	允许偏差每米不得 大于 0.1mm	用水平仪在泵 的底座、泵壳水 平中分面、轴颈 或主轴外露部分 检查	按一个厂 房、车间或 站内泵的台 数抽查 20%（其中 应包括各组 别中的大型 泵），但不 得少于 1 台
	2		垂 直 度			
	3	深 井 泵	泵 的 出 水 管 联 接	出水管与水泵节的 联接必须对正、牢固 可靠	观察检查	
	4		叶 轮 与 导 水 壳 的 轴 向 间 隙	必须按设备技术文 件和传动轴的长度准 确计算后进行调整。 在首次运转 20min 后 再次调整其间隙	检查施工记录	

(续)

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量	
保 证 项 目	5	往复泵	泵体平面度	泵体纵、横向平面度的允许偏差不得大于 0.1/1000	用水平仪在机身滑道、水(气)缸镜面或其顶端平面、轴承座或其他光洁平面检查	按一个厂房、车间或站内泵的台数抽查 20% (其中应包括各组别中的大型泵), 但不得少于 1 台
	6		轴瓦与轴颈间隙	轴瓦与轴径的径向间隙(顶间隙和侧间隙)和轴向间隙必须符合设备技术文件的要求	用压铅法和塞尺插试检查或检查施工记录	
	7	往复泵	联轴器二轴心径向位移	电动机、减速器、泵体曲轴以联轴器相连接、其同轴度的允许偏差必须符合设备技术文件要求	用塞尺或专用工具检测	
	8		轴颈平面度	轴颈平面度的允许偏差不得大于 0.1/1000	用水平仪检查	
	9		曲轴中心垂直度	曲轴中心与机身滑道中心线垂直度的允许偏差必须符合设备技术文件的要求	以机身滑道为准, 拉中心线用内径百分尺检查	
	10		活塞组装	活塞在水(气)缸内两端死点的间隙, 必须符合设备技术文件的要求	用压铅法检查或检查施工记录	
11	深井泵清洗		深井泵的橡胶轴承应用水清洗, 不得污染油脂	观察检查或检查清洗记录		

(续)

项别	项 目	质量标准	检验方法	检查数量	
保 证 项 目	12 试运转	离心泵、轴流泵和深井泵 (在额定负荷下, 离心泵、轴流泵运转 8h, 深井泵运转 24h)	<p>(1) 填料函压盖松紧应适当, 只允许有滴状泄漏, 温度不得过高;</p> <p>(2) 电动机的电流不得超过额定值;</p> <p>(3) 运转中无较大振动, 声音正常; 各联接部分不得松动或泄漏;</p> <p>(4) 滚动轴承最高温度不得超过 80℃, 滑动轴承不得超过 70℃</p>	检查试运转记录或试车检查	按一个厂房、车间或站内泵的台数抽查 20% (其中应包括各组别中的大型泵), 但不得少于 1 台
	13	往复泵 (在轻负荷下运转 10min, 在 1/2 和 3/4 公称压力各运转 1h, 最后在公称压力下运转不少于 8h)	<p>(1) 联接法兰和密封装置不得有渗漏现象;</p> <p>(2) 润滑油温度不得超过 60℃, 压力不得低于设备技术文件的要求值;</p> <p>(3) 各运转部件不得有不正常的声响和摩擦现象;</p> <p>(4) 冷却水供应正常, 进出口水温不得超过设备技术文件的要求;</p> <p>(5) 电动机的电流不得超过额定值</p>		
	1	地脚螺栓	应垂直, 螺母应拧紧, 扭力矩一致。螺母与垫圈和垫圈与设备底座的接触应紧密	用查手拧试和观察检查	

(续)

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量
基 本 项 目	2	垫 铁	垫铁组应放置平稳, 位置正确, 接触紧密, 每组不应超过5块	用小锤轻击和观察检查	
	3	离心泵及轴流泵解体 组装	(1) 叶轮吐出口的中线与蜗室的中线应对准。多级泵在平衡盘与平衡环靠紧的情况下, 叶轮吐出口外缘的位置应在导翼进口宽度范围内	用钢板尺和观察检查	按一个厂房、车间或站内的泵的台数抽查20% (其中应包括各组别中的大型泵), 但不得少于1台
			(2) 叶轮和密封环或轴流泵叶片外圆与泵壳的间隙应均匀, 每测径向实际最小间隙, 不应小于设备技术文件要求值的40%, 但径向两测间隙之和不应大于要求的最大值。输送含有固体颗粒悬浮物质的离心泵, 叶轮壁两测与蜗室的间隙, 应调整到设备技术文件的要求值	用塞尺插试检查	
			(3) 填料环应对准水封管。填料压盖与泵轴的间隙应均匀, 不应互相摩擦	用塞尺插试和观察检查	
4	深井泵	泵管互相联接	泵管互相联接, 管端与轴承支架端面应联接紧密, 如无轴承支架, 两管端应位于螺旋联管节中心位置, 允许偏差为5~8mm	用扳手拧试, 钢板尺和观察检查	

(续)

项别	项 目		质 量 标 准	检 验 方 法	检 查 数 量	
基 本 项 目	5	底座与传动轴、泵管	底座与传动轴、泵管的中心线应垂直, 与泵管的联接法兰应对准, 螺栓紧固	用水平仪、扳手持试和观察检查	按一个厂房、车间或站内泵的台数抽查20% (其中应包括各别组别中的大型泵), 但不得少于1台	
	6	电动机轴孔间隙	电动机转子轴孔与传动轴的间隙应均匀	用塞尺插试检查		
	7	往复泵 轴瓦与轴颈接触面	接触面不应小于60°, 接触面积不应小于接触弧面的70%, 接触点分布均匀	用着色法检查或检查施工记录		
			十字头、滑块和连杆			(1) 连杆大头轴瓦与轴柄销和连杆小头轴瓦(套)与十字头销的接触面积, 分别不应小于大头轴瓦和小头轴瓦(套)面积的80% (2) 滑履与机身滑道接触面积, 不应小于滑履面积的60%, 接触点分布均匀
	8		(3) 全部联接螺栓应拧紧, 全部锁紧装置应锁牢	用扳手拧试和观察检查		
				(1) 离心泵和轴流泵, 只清洗外表面和组装件。出厂时已装配完善的部件不应拆卸清洗; (2) 往复泵组装部分和润滑系统的油箱、油管、阀件、过滤器和部件中的油路等应清洗干净		观察检查和检查清洗记录
	9	清 洗				

(续)

项别	项 目		质 量 标 准		检 验 方 法	检 查 数 量	
允许偏差项目	项 目		允许偏差/mm		检 验 方 法	按一个厂房、车间或站内泵的台数抽查20% (其中包括各组别中的大型泵), 但不得少于1台	
	1	安 装 基 准 线	与建筑轴线距离		± 20		用钢卷尺检查
	2		与 设 备	平面位置	± 10		用水准仪和钢 板尺检查
	3			标 高	+ 20 - 10		

第十一章 施工组织设计和工程预算的编制

第一节 施工组织设计的制定

施工组织设计是指导施工准备及组织好施工安装的重要技术、经济文件。也可以说是一种施工法规。对施工企业实现科学管理、提高施工技术水平有着重要的意义。

施工组织设计应根据施工项目的具体情况，编制的内容要繁简适当，抓住工程的关键问题，做到深度、广度适宜，指导施工措施有力。

施工组织设计可分为单位工程施工组织设计和施工方案。施工组织设计是以一个单位工程为对象，在施工图纸到达后，单位工程开工前，确定具体的施工组织管理、施工方法和具体的技术措施。其内容详细具体，适用于指导单位工程的施工和管理。施工方案是以一个分部、分项或一个专业工程为对象。其内容比施工组织设计更为具体而简明扼要。它主要根据工程特点和具体要求，对施工中的主要、关键工序，在施工方法、工序配合等方面进行合理安排。

根据有关规定：对于大型、复杂、关键的工程项目，施工组织设计应由工程项目总工程师组织领导编制，中、小型工程的施工组织设计应由工程处（工区）主任工程师组织编制，并报公司审批，一般单位工程和分部、分项工程的施工方案，由施工队技术队长负责组织编制，并报工程处（工区）审批。

施工组织设计经批准后，施工现场的生产活动必须按照施工组织设计的规定，认真贯彻执行，要严格检查和督促各项施工和管理工作的落实。施工过程中，各方面条件如有变化，应对施工组织设计及时进行修改和补充。

一、施工组织设计编制的依据

(1) 施工图：承建工程的全部施工图，安装说明书以及各专业所需要的标准图。

(2) 施工图预算：应有详细分部、分项工程量，必要时需提供分部位的工程量。

(3) 土建工程的施工进度计划，以及对本工程开竣工时间的规定和工期要求，其他工程项目穿插施工的要求等。

(4) 施工组织总设计对所承建工程规定的有关内容。

(5) 有关工程建设的各项规定、国家规范、规程，各地区的规定、规程，预算定额等。

(6) 生产设备和主要材料的定货资料（包括引进设备的到货日期）。

(7) 有关技术革新成果和同类型工程的经验资料等。

(8) 施工机械、精密量具、特殊材料等技术手册。

施工方案是单位工程施工组织设计的简化，编制依据与施工组织设计基本相同。

二、编制内容

1. 工程概况

承建工程的特点，简要生产流程，各项经济技术指标，安装技术关键和要点。

2. 安装施工程序的部署

要制定最科学、最合理的施工程序，确保在要求的工期内竣工，达到生产使用的要求。

3. 施工总平面的布置

施工平面布置包括的主要内容有：施工用临建工程、运输道路、加工预制清洗场地、行政管理及生活用设施、临时供水、供电及保安和消防设施等。施工平面布置的原则是：

(1) 要根据建筑总平面图、单位工程施工图、已确定的施工方法、施工进度计划进行布置。

(2) 在满足施工需要的条件下，尽可能减少施工用地，要求布置紧凑，减少管线的敷设。

(3) 在确保顺利施工的情况下，尽量少建临时设施。要充分利用施工现场附近的新旧建筑物（暂不具备交工条件的）。

(4) 最大限度地减少场内运输。各种材料可按计划分期分批进场。材料堆放场地，要按使用时间的要求，尽量靠近使用地点。

(5) 生活设施要靠近施工现场，便于职工的生产 and 生活的安排，福

利设施也应在生活区范围内。

(6) 要符合劳动保护、保安、防火等方面的规定和要求

4. 主要施工方法及技术措施、质量检验标准

主要施工方法要选择符合承建工程最科学、最先进、最合理、最经济的方法，以达到高质量、低成本、提高劳动效率的预期效果。在设备安装上可采取预组装整体吊装和集中清洗的方法，在管道、通风空调工程上，要大力采取预制加工，充分发挥先进机具的作用，这样可大大节约劳力、提高工程质量、缩短工期。

5. 实物工程量

实物工程量要反映各专业的设备规格、型号、数量，管材和阀门多少，电线、电缆、各种钢材的规格、数量等。

6. 主要施工机具

根据承建工程的特点和要求，提出所需使用的机具品种、规格、数量以及机具进场时间和使用时间，对于特殊量具和仪器、仪表要提前做好购货准备。

7. 各工种的劳动力计划

各专业工种劳动力计划，应以国家颁发的劳动定额，每工产量计算出耗用工日数，并根据施工进度计划，定出劳动力进场计划，并分别提出开工时、工程高峰时、竣工收尾阶段等不同时期的劳动力计划，尽量做到工程均衡施工。

8. 施工进度计划的安排

施工进度计划是正确地指导工程按照合理的程序，以最短的时间，充分利用工业化施工条件，均衡组织施工。施工进度计划编制的依据是：

- (1) 工程设计图样及其他技术经济资料。
- (2) 合同或主管部门规定的开、竣工日期。
- (3) 主要施工过程中的施工方案。
- (4) 土建工程施工进度计划。
- (5) 建筑安装工期定额。
- (6) 技术资料 and 设备的交付时间。

施工进度计划内容，包括从施工准备工作至工程竣工为止的全部施工过程，它是控制工程施工进程和工程竣工期限等施工活动的依据，从

计划中应反映出施工过程中安装工程与土建工程的配合关系。在编制施工组织设计时，其它有关项目，都要考虑施工进度计划的要求。在制定月、旬作业计划时，劳动力计划、施工机具和材料供应计划，均以施工进度计划为依据。

9. 材料、加工件供应计划

材料和加工件计划是指工程所用的主材、辅材、加工件数量和供应时间。材料供应数量计算应考虑施工图预算工程量的多少，材料的损耗计算要充分考虑节约措施、合理化建议等因素。并应小于工程预算定额规定的损耗率。

10. 质量与安全措施

在整个安装施工过程中，工程质量和安全生产主要严格遵守设计图样和各专业施工验收规范、质量检验评定标准的规定以及建筑安装工程安全操作规程的有关条款，并结合承建工程的具体情况，制定工程质量和安全生产的具体措施。制定措施时，应侧重以下内容：

(1) 质量方面：

1) 要保证压力（水压、气压、抽真空）试验的准确性，必须达到标准的要求。

2) 要制定各工种之间紧密配合的技术组织措施，以确保工程的整体质量。

3) 对施工的关键部位和薄弱环节，要设立质量控制点，以确保施工质量。

4) 要严格控制电气绝缘试验和工程的防腐处理，必须达到标准的规定。

5) 各专业工程试运行必须达到设计和施工验收规范的各项规定，保证生产使用的要求。

6) 要严格把好设备、材料、成品、半成品的质量验收关。不符合标准要求的，绝不能用在工程上。

(2) 安全方面：

1) 要绝对保证吊装作业安全，防止设备、人身事故的发生。

2) 高空作业要制定可靠的技术组织措施。

3) 工程整体试运行要制定切实可行的安全保证措施。

4) 在易燃、易爆、有毒等场地施工时，要有确保安全施工的具体

措施。

三、编制的原则

编制施工组织设计，应根据承建工程的特点，突出重点（关键项和关键工序），解决施工中主要矛盾，防止千篇一律，只求形式，不求实效的做法。在编制过程中要贯彻以下原则：

- (1) 要严格遵守合同规定的建设项目竣工和交付使用的期限。
- (2) 科学合理地安排施工程序，在保证工程质量的前提下，缩短工期，加快建设进度。
- (3) 大力采用工厂化、预制化、装配化的施工方法，不断提高工业化施工程度，提高劳动生产率。
- (4) 制定技术和组织措施，要切合实际，因地制宜，讲求经济效益，而且要通过方案比较和技术、经济分析来确定。
- (5) 尽量利用正式工程和附近已有的设施，少建临设工程。
- (6) 充分考虑协调施工，综合平衡，并注意留有余地。
- (7) 全面平衡人力、物力，减少施工高峰，做到均衡组织施工。
- (8) 改善劳动条件，确保施工安全，杜绝施工公害。
- (9) 采取革新、挖潜措施，努力降低成本。
- (10) 根据施工安装进程，分期进行施工平面规划，做到现场文明施工。
- (11) 落实季节性施工措施，确保全年连续施工。

四、编制程序及图表

- (1) 施工组织设计编制程序。编制程序见图 11-1。
- (2) 施工组织设计所用图表。施工组织设计为了方便使用、直观简明，应尽量减少文字叙述，多采用图表说明。常用的施工组织设计编制形式，一种是“一图、一表、一案”式，即：施工平面布置图、综合进度计划表、施工方案；另一种是“一图、一表、一案、一算”式。即在前种形式基础上，增加“施工预算”。

五、实例

1. 工程概况

锻压车间建筑面积 2000m^2 （长 90m，宽 21m），室内安装大中型设备，其中引进的两台大型设备，一台为双柱闭式曲柄压床，另一台为单动一点式偏心轴锻压机。这两台大型设备部件大，吨位重，起重吊装比

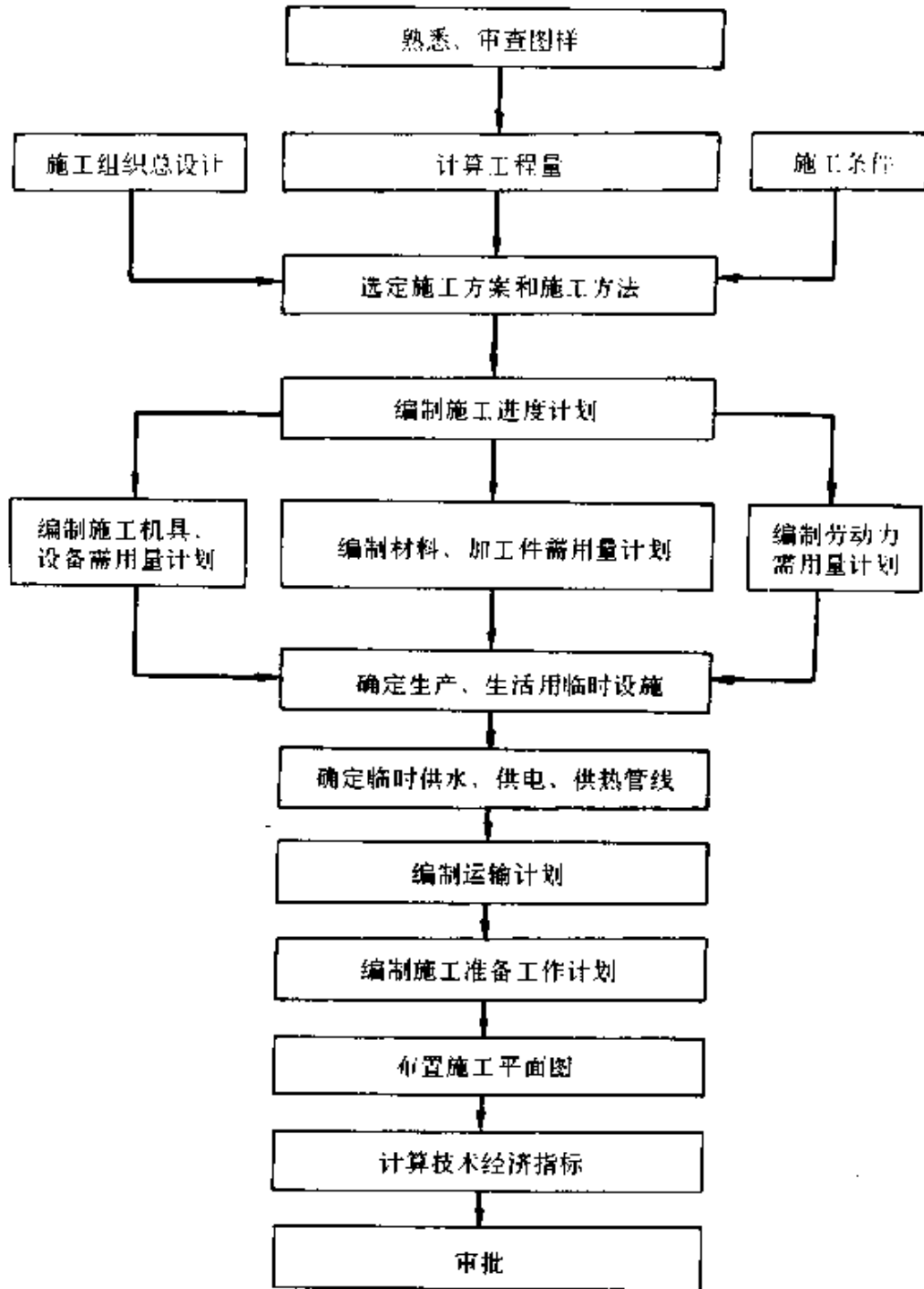


图 11-1 施工组织设计编制程序

较复杂，自动调整技术要求也比较高，整个车间安装周期短，投产紧迫。

2. 主要设备工程量

车间内主要设备是两台大型锻压机及一台 50/10t 桥式起重机，其他还有中小型压力机、桥式起重机、空压机及相配套的管道、电气等。

主要设备的规格、尺寸及重量数据:

(1) 6300/1900/450 双柱闭式曲柄压床:

公称负荷——6300t (6300kN);

滑块行程——450mm (尺寸为前后 1700mm、左右 1800mm);

封闭高度——1300mm (调节量 28mm);

工作台尺寸——前后 1900mm;

立柱间距——1900mm;

传动电动机——315kW, 1450r/min;

拉紧螺栓间距——前后 1900mm, 左右 2700mm;

压机外形尺寸——高 9600mm, 长 5200mm, 宽 6680mm;

压机总重——442t;

其中主要大件:

底座——70.80t;

上横梁——28.70t;

滑块——70t;

大齿轮——17.50t;

飞轮——11.75t;

主轴——26.34t;

左立柱——3.80t;

右立柱——4.10t;

拉杆——10.6t;

联杆销——8.80t;

主轴承——7.0t;

(2) 3000t 顶部驱动单动一点式偏心轴驱动式机械压力机:

公称压力——3000t (30000kN);

闭合高度——950mm (行程 360mm);

滑块下面尺寸——左右 1300mm, 前后 1350mm;

工作台尺寸——左右 1400mm, 前后 1740mm;

立柱间距——1480mm;

主电动机——150kW;

压机外形尺寸——7515mm×4925mm×4975mm;

设备总重——220t;

其中机身——95t;
 滑块——18.40t;
 偏心轴——12t;
 传动轴——5t;
 飞轮——4.70t;
 大齿轮——8.20t;
 离合器——8.10t;
 刹车——9.30t。

(3) 50/10t 桥式起重机:

车间跨距——21000mm (大车轨距 19500mm);
 屋架下弦标高——15600mm;
 柱距——6000mm;
 轨道标高——12600mm;
 吊车总重——46.50t (其中大车 28.30t、小车 15.40t)。

3. 主要技术要求

(1) 基础强度、外形尺寸、中心线标高、平面度偏差、吊车梁抹面压板螺钉位置等, 均应符合设计和规范的规定。

(2) 设备安装前, 地脚螺栓孔应清理干净, 锚定式活动地脚螺栓的锚板埋设应平整牢固, 方向要正确。

(3) 起重机轨道连接板, 压板螺栓, 要均匀拧紧。

(4) 设备底座面与垫铁间接触应良好, 用 0.2mm 塞尺检查, 局部插入深度不得大于 15mm, 且垫铁不得有松动现象。

(5) 压力机的不水平度:

6300t 型——1/1000 底座宽;

3000t 型——不大于 0.1/1000, 垫铁间高差不大于 0.2/1000;

(6) 滑块导轨间隙:

6300t 型——单边 0.8~1mm;

3000t 型——上部前后 0.3~0.4mm, 左右 0.48~0.58mm;

下部前后 0.68~0.78mm;

左右 0.87~0.97mm。

(7) 传动系统皮带轮应在同一平面上, 皮带松紧程度要适宜。

(8) 离合器制动器的摩擦片必须保证不沾油, 离合器活塞行程调整

为 4mm。

(9) 拉杆的加热预紧, 轴承的间隙、齿轮的啮合以及飞轮刹车内套、离合器内套的锁紧等, 均应符合设计说明书的规定。

(10) 压缩空气管路, 润滑管路应清洁畅通。

(11) 桥式起重机:

轨距允差——5mm;

相对标高——柱子处 10mm, 其它处 15mm;

轨道接头——允差 1mm, 间隙 1~2mm;

大车组装——水平方向对角线不等长为 5mm;

小车轨距——7mm。

4. 主要施工方法

(1) 50/10t 桥式起重机

采用 $\phi 478\text{mm} \times 10\text{mm}$ 、高为 17.2m 无缝钢管桅杆进行整体吊装, 并根据:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} + \frac{M}{W} \text{ 公式核算,}$$

$$\sigma < [\sigma] \text{ 即}$$

$$102.1 < 140\text{MPa}$$

经验算桅杆安全可靠。

(2) 6300t 压力机安装。6300t 压力机是由部件进行组装, 其组装顺序如下:

拉杆下螺母放在基础坑内 → 装底座 → 地脚螺栓灌浆 → 安装左右立柱 → 装上横梁 → 安装四根拉杆 → 拧紧螺母 → 加热预紧四拉杆 → 传动轴安装 → 安装曲轴 → 飞轮、小齿轮、刹车离合器 → 滑块组装 → 附属设备 → 调整试车。

(3) 3000t 压力机安装 (机身为整体件)。机身采用 $\phi 426\text{mm} \times 10\text{mm}$ 、长 15m 无缝钢管人字架进行整体吊装, 并经安全核算。

$$\sigma = \frac{P}{\varphi A} + \frac{M}{W} = 80.7\text{MPa} < (\sigma)$$

安装程序: 机身 → 滑块 → 曲轴 → 离合器、制动器 → 传动轴 → 平衡缸 → 顶出装置 → 管道系统 → 调整试车。

5. 设备开箱检查与清洗

- (1) 按装箱单清点设备，检查有无锈蚀和损坏现象，做好记录。
- (2) 开箱时要确保不损坏部件，对有防锈油处，未清洗前不要动作，防止损坏加工面。
- (3) 不准用金属刮具清除防锈油脂。
- (4) 清洗场地，要保持清洁和安全。对清洗的部件，加防护油包好。

6. 安全技术措施

- (1) 严格执行安全生产的各项规章制度，做好班前交底，明确分工，搞好预防为主。
- (2) 对施工机械和索具要仔细检查，发现不安全因素，要及时加以纠正。
- (3) 设备的运输，吊装要统一指挥，步调一致，坚守岗位。
- (4) 高空作业系好安全带，交叉作业戴好安全帽。
- (5) 运转设备要有接地线，防止触电事故。
- (6) 清洗现场要做好防火工作。

7. 施工机具、施工进度、劳动力计划

(1) 主要施工机具：

- 卷扬机 (5t) ——7 台；
- 桅杆 ($\phi 478\text{mm} \times 10\text{mm}$) ——1 套；
- 人字架 ($\phi 426\text{mm} \times 10\text{mm}$) ——1 套；
- 钢丝绳 ($3/8'' \sim 2''$) ——4000m³；
- 单 (复) 滑轮 ——20 个；
- 链式起重机 (1~10t) ——18 个；
- 千斤顶 (10~50t) ——12 个；
- 卡环绳夹 ——100 个；
- 水平仪 ——1 台；
- 方水平 ($200\text{mm} \times 0.02\text{mm}$) ——2 个；
- 平尺 (3m~1.5m) ——2 个；
- 外径千分尺 ——1 套；
- 内径千分尺 ——1 套；
- 游标卡尺 ——2 套；
- 百分表 ——2 个；

塞尺——5 个。

(2) 进度计划:

作业日数——120 天;

(3) 劳动力:

安装钳工——20 人;

设备起重工——30 人;

安装电工——1 人;

电焊工——1 人;

气焊工——1 人;

普工——10 人。

第二节 工程预算的编制

建筑安装单位工程预算的编制主要是施工图预算和施工预算。

施工图预算是施工单位与建设单位签订合同、结算工程价款的依据，也是施工单位进行各项经济活动分析的基础资料。

施工预算也是施工单位内部编制的控制工程成本的预算资料。

一、施工图预算

施工图预算是施工单位在工程开工前，根据已批准和会审过的设计图纸等技术资料，参照已定的施工组织设计（施工方案），按现行的统一的建筑安装工程预算定额和工程量计算规则，以及施工管理费取费标准，逐次计算汇总编制而成的工程费用文件。

(一) 施工图预算的作用

(1) 施工图预算是确定安装工程造价的具体文件。正确地编制施工图预算，有利于施工单位加强施工管理和经济核算。

(2) 施工图预算是建设单位和施工单位签订经济合同，结算工程费用的依据。

(3) 施工图预算是施工单位编制计划（包括施工进度计划、材料计划、劳动力计划、机械台班计划同财务计划等），进行施工准备和统计完成投资依据。

(4) 施工图预算是施工单位加强经济核算的依据，可据此促进改善劳动组织，推行先进、科学的施工方法，提高劳动生产率。

(二) 施工图预算编制的依据

(1) 经过会审的施工图和安装说明书, 必要的施工标准图, 以及施工组织设计(施工方案)等。

(2) 国家主管部门制定的建筑安装工程预算定额。

(3) 单位工程价目表。单位工程价目表是根据现行的工程预算定额即 2000 年版《全国统一安装工程预算定额》, 结合所在地区的工资标准、材料价格、机械台班费以及水电价格编制成的。它是工程预算定额在工程所在地区的具休取量标准, 是编制工程预算直接使用的基基础资料。

(4) 所在地区的材料预算价格表。材料费用占工程造价的比重很大。由于工程所在地区不同, 材料的运价也有很大的差别, 因此, 不同地区的材料价格费用相差较大。

(5) 有关施工管理费定额、计划利润和税金等的规定标准。

(6) 五金材料手册。

(7) 合同或协议书。

(三) 工程费用的组成

建筑安装工程费用由直接工程费、间接费、计划利润和税金四个部分组成。

1. 直接工程费: 它由直接费、其他直接费、现场经费等组成。

(1) 直接费: 是指施工过程中耗费的构成工程实体和有助于工程形成的各项费用。包括人工费、材料费、施工机械使用费。

1) 人工费: 是指直接从事工程施工的生产工人开支的各项费用, 内容包括:

基本工资: 是指发放从事安装工程施工生产工人的基本工资(包括物价补贴、交通补贴、煤燃气补贴等)。

工资性补贴: 是指按规定标准发放的冬煤补贴、住房补贴、流动施工津贴等。

生产工人辅助工资: 是指生产工人有效施工天数以外非作业天数的工资, 包括职工学习、培训期间工资, 调动工作、探亲、休假期间的工资, 因气候影响停工的工资, 女工哺乳时间的工资, 病假在六个月以内的工资及产、婚、丧假期的工资。

职工福利费: 是指按规定标准计提的职工福利费。

生产工人劳动保护费: 是指按规定标准发放的劳动保护用品的购置

费及修理费、徒工服装补贴、防暑降温费等。

2) 材料费及机械使用费：按 2000 年版《全国统一安装工程预算定额地区价目表》及配套动态调价文件精神执行。

(2) 其他直接费：是指直接费从外施工过程发生的其他费用，内容包括：

1) 冬雨期施工增加费。

2) 夜间施工增加费。

3) 二次搬运费。

4) 生产工具用具使用费：是指施工生产所需不属于固定资产的生产工具及检验用具的购置、摊销和维修费，以及支付工人自备工具补贴费。

5) 检验试验费：是指对建筑安装工程所用主料、辅料、构件和建筑安装成品进行一般鉴定，检查所发生的费用，包括自设试验室所耗用的材料和化学药品等费用以及技术革新和研究试制试验费。

6) 工程定位复测、工程点交、场地清理等费用。某地区其他直接费费率见表 11-1。

表 11-1 安装工程其他直接费费率表

工程类别	企业级别	取费基础	费率 (%)	
			一环内	一环外
一类	县及县以上	人工费	13.98	13.22
二类			12.84	12.02
三类			12.07	11.31
不分工程类别	县以下		9.94	9.18
	包工不包料		3.93	

注：1. “一环”指环城路，除西安市外其他地（市）均按一环外费率执行。

2. 榆林、延安地区冬季时间较长，按下例规定增加冬雨季施工增加费，并入其他直接费中：包工不包料为 0.24%；县以下及一、二、三类工程为 0.8%。

(3) 现场经费：是指为施工准备、组织施工生产和管理所需费用，包括：

1) 临时设施费。是指施工企业为进行建筑安装工程施工所必需的生活和生产用的临时建筑物、构筑物和其他临时设施费用。包括临时宿舍、文化福利及公用事业房屋与构筑物、仓库、办公室、加工厂、围栏以及规定范围内的道路、水、电管线等临时设施和小型临时设施的搭投、维修、拆除费和摊销费。

2) 现场管理费 内容包括:

a. 现场管理人员的基本工资、工资性补贴、职工福利费、劳动保护费等。

b. 办公费。是指现场管理办公用的文具、纸张、帐表、印刷、邮电、书报、会议、水、电、烧水和集体取暖(包括现场临时取暖)用煤等费用。

c. 差旅交通费。是指职工因公出差期间的旅费、住勤补助费、市内交通费和误餐补助费,职工探亲路费,劳动力招募费,职工离退休、退职一次性路费,工伤人员就医路费,工地转移以及现场管理使用的交通工具的油料、燃料、养路费及牌照费。

d. 固定资产使用费。是指现场管理及试验部门使用的属于固定资产的设备、仪器等的折旧、大修理、维修费或租赁费等。

e. 工具用具使用费。是指现场管理使用的不属于固定资产的工具、器具、家具、交通工具和检验、试验、测绘、消防用具的购置、维修和摊销费。

f. 保险费。是指施工管理用财产、车辆保险,高空、井下、海上作业等特殊工种安全保险等。

g. 工程保修费。是指工程竣工交付使用后,在规定保修期以内的修理费用。

h. 工程排污费。是指施工现场按规定缴纳的排污费用。

i. 其他费用。

某地区现场经费费率见表 11-2。

表 11-2 安装工程现场经费费率表

工程类别	企业级别	取费基础	费率(%)	其中	
				临时设施费	现场管理费
一类	县及县以上	人工费	36.45	8.55	27.90
二类			31.80	8.55	23.25
三类			23.73	8.55	15.18
不分工程	县以下		16.55	5.70	10.85
类别	包工不包料		8.72	甲乙双方商	8.72

2. 间接费。由企业管理费、财务费和其他费用组成。

(1) 企业管理费。是指施工企业为组织施工生产经营活动所发生的

管理费用，内容包括：

1) 管理人员（包括政治、行政、经济、技术、试验、警卫、消防、炊事、勤杂人员及行政管理部门汽车司机等）的基本工资、工资性补贴及按规定标准计提的职工福利费。

2) 差旅交通费。是指企业职工因公出差，工作调动的差旅费、住勤补助费，市内交通及误餐补助费、职工探亲路费，劳动力招募费，离退休职工一次性路费及交通工具油料、燃料、牌照、养路费等。

3) 办公费。是指企业办公用文具、纸张、帐表、印刷、邮电、书报、会议、水、电、燃气等费用。

4) 固定资产折旧修理费。是指企业属于固定资产的房屋、设备、仪器等折旧及维修等费用。

5) 工具用具使用费。是指企业管理使用不属于固定资产的工具、用具、家具、交通工具、检验、试验、消防等的摊销及维修费用。

6) 工会经费。是指企业按职工工资总额 2% 计提的工会经费。

7) 职工教育经费。是指企业为职工学习先进技术和提高文化水平按职工工资总额的 1.5% 计提的费用。

8) 保险费。是指企业财产保险，管理用车辆等保险费用。

9) 税金。是指企业按规定缴纳的房产税、车船使用税、土地使用税、印花税及土地使用费等。

10) 其他。

(2) 财务费用。是指企业为筹集资金而发生的各项费用，包括企业经营期间发生的短期贷款利息净支出，金融机构手续费，以及企业筹集资金发生的其他财务费用。

(3) 其他费用。是指按规定支付劳动定额管理部门的定额测定费，以及按有权部门规定支付的上级管理费。

某地区间接费费率见表 11-3。

3. 计划利润是指按规定应计入安装工程造价的利润，依据工程类别实施差别利率。计划利润率见表 11-4。

4. 税金。是指国家税法规定的应计入安装工程造价内的营业税、城市维护建设税及教育费附加，按直接工程费、间接费、计划利润三项之和为计算基数。根据有关税法及税务部门计算含税工程造价的方法规定如下：

表 11-3 安装工程间接费率表

工程类别	企业级别	取费基础	费率(%)	其中		
				企业管理费	财务费用	其它费用
一类	县及县以上	人工费	35.48	26.63	7.76	1.09
二类			29.57	22.19	6.47	0.91
三类			21.69	15.49	5.47	0.73
不分工程类别	县以下		17.38	10.66	5.58	1.14
包工不包料	包工不包料		11.50	8.73	2.43	0.34

表 11-4 安装工程差别利润费率表

工程类别	企业级别	取费基础	费率(%)
一类	县及县以上	人工费	75
二类			50
三类			20
不分工程类别	县以下		/
	包工不包料		/

注：1. 利率中 40% 用于技术装备费。

2. 地方财政出资及集资兴建的“希望工程”在同类利率基础上下浮 20%，即利率乘 0.8 系数。

(1) 纳税人所在地在市区的计算式：

$$\text{含税工程造价} = \frac{\text{不含税工程造价}}{1 - 3\% - 3\% \times 7\% - 3\% \times 3\%}$$

应纳税额 = 不含税工程造价 × 3.41%。

(2) 纳税人所在地在县城、镇的计算式：

$$\text{含税工程造价} = \frac{\text{不含税工程造价}}{1 - 3\% - 3\% \times 5\% - 3\% \times 3\%}$$

应纳税额 = 不含税工程造价 × 3.34%。

(3) 纳税人所在地不在市区、县城和镇的计算式：

$$\text{含税工程造价} = \frac{\text{不含税工程造价}}{1 - 3\% - 3\% \times 1\% - 3\% \times 3\%}$$

5. 若干问题说明：

(1) 关于流动资金贷款利息：在《费用定额》以按建设单位提供备料款方式将流动资金贷款利息计入财务费内，如果建设单位不提供备料款，施工企业不分隶属关系按下列规定计取贷款利息。

建设单位供应三材或六材时，按人工费的 8.60% 计取；

全部材料均由施工单位供应时，按人工费的 14.37% 计取。

(2) 关于施工用水电：施工现场的水、电源由建设单位接到第一个

阀门，第一个闸刀，第一个阀门以内的水表，第一个闸刀以内的电表及管线设施，已计入临时设施费内，由施工单位负担。

现场生产用水、电，施工单位应单独设置水、电表，如不单独设置水、电表时，按预算人工费的3%付给建设单位（其中水费1.8%，电费1.2%），生活用水、电，按现场实际统计人数，每人每月3kW/h，3t水计算。

(3) 关于劳动保险费，职工养老保险费及待业保险费：

按照建设部，中国建设银行建标（1993）894号文件精神，劳动保险费，职工养老保险费及待业保险费应列入间接费中。某些地区已实行行业劳保统筹，故《费用定额》的间接费部分未包括上述内容。在陕西省地区，行业劳保统筹机构按建安工程造价3.2%收取的劳保统筹基金，旨在解决已离退休人员的劳动保险费，在职职工的养老保险金积累及待业保险费均不包括在内。考虑到地区经济发展水平及定额水平和有利于养老保险等社会保障制度的改革，将在职职工的养老保险费及待业保险费按建安工程造价的0.35%并入地区行业劳保统筹基金中，两项合计为建安工程造价的3.55%，由行业劳保统筹机构统一收取，统筹拨付返还给建安施工企业和用于在职职工养老保险金的积累。

劳保统筹基金的结算按地区《关于印发建筑业实行统筹后劳保基金结算问题的有关规定》精神执行。但进入工程造价的劳保费率由人工费的32%调整为35.5%，建设单位应交纳的统筹基金费率由含税工程造价的3.2%调整为3.35%。

(4) 关于停、窝工的计算：因建设单位原因（包括一些社会因素）造成停工，窝工在一天以上（不含一天），无法安排其他工作时，其费用由建设单位负担。停、窝工数量（包括人工工日和大、中型机械台班数量）按建设单位指定的工地代表签字为准。停、窝工单价：包括民工在内的现场工人平均工资、机械台班预算价 $\times 0.4$ 为停滞机械台班单价。

具体公式为：

$$(\text{日平均工资} \times \text{停窝工数量}) + [\text{一线工人平均日工资} \times (\text{现场经费} + \text{间接费}) \times \text{停窝工数量}] + (\text{机械台班停滞单价} \times \text{停滞台班数量})$$

(5) 关于概、预算定额编制管理费：根据建设部、中国建设银行建标（1993）894号文件规定，定额编制管理费在间接费“其他费用”项下列支，为了适应招标承包制及各级定额管理部门分级收取，现改由

《工程建设其它费用定额》中建设单位管理费（或预备费）项下列支。

以陕西省地区为例，定额编制管理费的收费标准为建安工程造价的1.5%，建设项目开工前按年度计划一次预交，年终调整。

(6) 关于单位之间零星借用工：单位之间零星借用工不分企业隶属关系统一按每工日15.00元计算人工费，借用工管理费国有企业为40%；县及县以上集体企业为30%；县以下（不含县）为10%。

(7) 关于企业性上级管理费：经有关部门批准应由企业负担的企业性上级管理费及劳动定额测定费在间接费“其他费用”项下列支。

(8) 关于总分包配合费问题：

1) 由总包单位统一向建设单位签订总包合同并对工程实行全面负责，总包单位不得向建设单位收取总包管理费，可向分包单位收取一定的分包管理费，费率由总分包双方协商确定，但最高不得超过分包部分直接费的1%（以人工费取费的不得超过4.5%）。

2) 签订工程总包合同后，建设单位又将其中部分工程项目分包或指定分包单位，总包单位应按整栋工程收取规定各项费用。签订合同时，注明由建设单位直接将总包单位有能力施工的部分工程项目分包，总包单位可向建设单位收取分包部分直接费的1.5%（以人工费取费的为6%）的配合费，总包单位不再向分包单位收取总包管理费。

3) 总包管理费及配合费仅指现场管理费开支部分，总分包之间所发生的相互借用人工、材料、机械属直接费内容，发生时按有关规定处理。

表11-5为某地区设备安装工程费用标准综合表。

表11-5 设备安装工程费用标准综合表 (%)

工程类别	贷款利息计取类别	企业级别	取费基础	其他直接费		现场经费	其中		综合费用合计	含下列费用						
				一环内	一环外		临时设施费	现场管理费		间接费	其中			计划利润	劳保统筹基金	贷款利息
											企业管理费	财务费用	其他费用			
一类	1. 建设单位供备料款	县及县以上	人工费	13.98	13.22	36.45	8.55	27.90	145.98	35.48	26.63	7.76	1.09	75	35.5	
	2. 建设单位不提供备料款供三材或六材			13.98	13.22	36.45	8.55	27.90	154.58	35.48	26.63	7.76	1.09	75	35.5	8.60
	3. 建设单位不提供备料款施工单位供全部材料			13.98	13.22	36.45	8.55	27.90	160.35	35.48	26.63	7.76	1.09	75	35.5	14.37

(续)

工程类别	贷款利息计取类别	企业级别	取费基础	其他直接费		现场经费	其中		综合费用合计	含下列费用						
				一环内	一环外		临时设施费	现场管理费		间接费	其中			计划利润	劳保统筹基金	贷款利息
											企业管理费	财务费用	其他费用			
二类	1.	县及县以上	人工费	12.84	12.02	31.80	8.55	23.25	115.07	29.57	22.19	6.47	0.91	50	35.5	
	2.			12.84	12.02	31.80	8.55	23.25	123.67	29.57	22.19	6.47	0.91	50	35.5	8.60
	3.			12.84	12.02	31.80	8.55	23.25	129.44	29.57	22.19	6.47	0.91	50	35.5	14.37
三类	1.	县以下	人工费	12.07	11.31	23.73	8.55	15.18	77.19	21.69	15.49	5.47	0.73	20	35.5	
	2.			12.07	11.31	23.73	8.55	15.18	85.79	21.69	15.49	5.47	0.73	20	35.5	8.60
	3.			12.07	11.31	23.73	8.55	15.18	91.56	21.69	15.49	5.47	0.73	20	35.5	14.37
不分工程类别	1.	县以下	包工不包料	9.94	9.18	16.55	5.70	10.85	17.38	17.38	10.66	5.58	1.14	/	/	
	2.			9.94	9.18	16.55	5.70	10.85	25.98	17.38	10.66	5.58	1.14	/	/	8.60
	3.			9.94	9.18	16.55	5.70	10.85	31.75	17.38	10.66	5.58	1.14	/	/	14.37
				3.93		8.72	甲乙双方商定	8.72	11.50	11.50	8.73	2.43	0.34	/	/	/

说明：1. 凡招标、投标工程，施工单位以直接工程费为基数计取0.5%的招标、投标管理费，列入投标报价中（直接工程费=直接费+其他直接费+现场经费）。

2. 榆林、延安地区增加冬雨季施工增加费，包工不包料为0.24%；县以下及一、二、三类工程为0.8%，并入其他直接费中。

3. 远地施工增加费，实际发生时，由甲、乙双方自行商定。

(四) 编制的步骤和方法

1. 首先要进一步熟悉施工技术资料，弄清现场的实际情况，其中主要是对照设计与现场实际是否有出入，以确保预算编制的全面性和准确性。

2. 计算工程量。计算工程量的依据是2000年版《全国统一安装工程预算定额》中的工程量计算原则。工程量是预算的主要数据，其准确性直接影响预算编制的质量，计算工程量是整个预算工作中最为繁重一道工序，要花费较大的精力和较长的时间，因此，要认真、细致地对待这项工作。

3. 工程量汇总。工程量计算完毕，逐项核算无误后，根据地区价目表计量单位的要求，分项汇总，整理列表，为套用地区价目表提供方

便条件。

4. 套用地区价目表和预算单价。套用相应地区价目表时，要注意分项工程的名称、规格、计量单位要与地区价目表所列内容全部一致，以避免重套、漏套和错套情况的发生。在套用单价时，若遇到与工程项目规格不一致时，在定额允许换算的条件下，要将价目表中的单价换算成所需的单价，并在定额编号上注明“换”字。同时套用相近似的预算定额单价时，也要加以说明。这样都便于引起审核单位的注意，以便得到合理的解决。对不能换算又不能套用近似的预算定额单价时，要根据具体情况编制补充价目表。

要维护预算定额和单价的严肃性，除预算定额（价目表）说明允许换算（套用）者外，其他项目都应按预算定额（价目表）的规定执行，不得随意修改。在执行定额过程中，如发现问题，可向当地建设工程主管部门反映，以求得妥善解决。

5. 计算各项费用。套完单价并经核对无误后，着手计算分项工程的各项费用，即取各项工程量与相应单价的乘积。再将分项工程的各项费用进行汇总，从而得出人工费、机械费、材料费（计价材料费加主材费）、其他费用，按费别小计，然后求得直接费费用之和。再逐项用人工费或直接费乘以当地规定的管理费率和计划利润及税金，即求得管理费（间接费）、计划利润和税金。最后将上述四项费用相加，就得出该项建设工程的预算价格。

（五）预算的工作程序

预算工作程序见图 11-2。

施工图预算表式见表 11-6。

二、施工预算

施工预算是施工准备工作的重要组成部分，它与施工组织设计有密切关系，一般由施工准备部门负责编制。对于小型或零星工程可由施工工长负责编制。施工预算也是施工单位控制工程成本的预算，应规定单位工程或分部、分项工程的人工、材料、施工机械台班的消耗量和直接费的标准。

（一）施工预算的作用

- （1）控制施工企业各项成本的支出，促进工程成本的降低。
- （2）施工预算是编制施工作业计划的主要依据。施工作业计划及形

象进度的安排，要利用施工预算中所列的项目及计算的单位工程或分部、分项工程的工程量、加工件和劳动力计划。

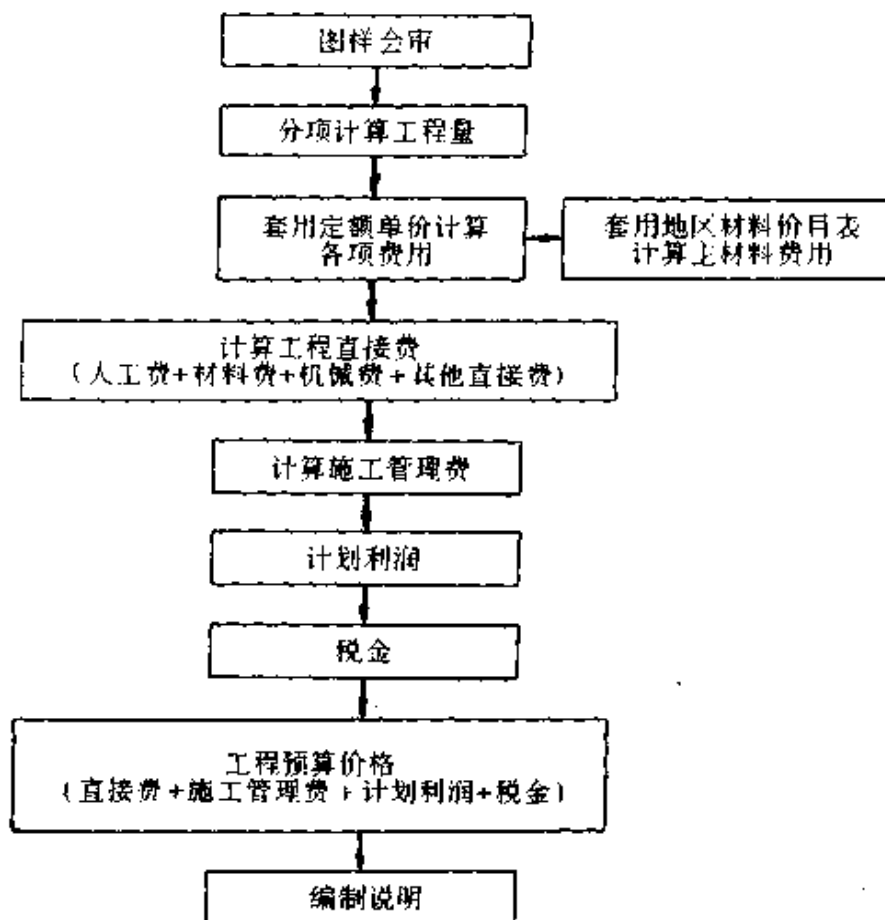


图 11-2 预算工作程序图

(3) 劳资部门根据施工预算，安排各工种的用工人数计划和进场时间；材料部门根据施工预算提供的材料计划，进行备料和按时供料。

(4) 施工预算也是签发施工任务书和限额领料单的依据。

(5) 施工预算也是施工企业开展经济活动分析的依据。经济活动分析主要是以施工预算中的人工、材料和机械台班数量等与实际消耗量对比，同时与施工图预算的直接费对比，分析费用超支、节约的原因，以改进技术操作和组织管理，有效地控制施工中的人力、物力消耗，节约施工成本。

(6) 施工预算是衡量工人劳动成果，计算应得报酬，实行按劳分配的依据。

(二) 施工预算编制的依据

施工预算内容包括：材料计划、加工件计划、主要劳动力计划及主要机具计划。

1. 材料计划

根据设计施工图样和有关的计算规定计算出工程量，并依照国家规定的材料消耗定额标准，计算出主要材料的需用量计划，进而再确定辅助材料和消耗材料需用量计划。主要材料用量不仅要按施工图上标出的尺寸确定，而且还应考虑到实际安装的合理损耗和检修需要的备用量以及由于结构上的原因而增加的工程量。

辅助材料计划一般按照施工图、标准图和施工组织设计（施工方案）中所确定的施工方法以及质量标准、材料消耗定额等统筹考虑，有时也要凭借施工经验来确定。但是辅材消耗的总金额不能大于预算金额中所规定的数字。

消耗材料虽不是施工中的主要材料，也不列入工程量内，但在整个施工过程中也是不可缺少的，如棉纱、破布、锯条、氧气、电石、砂纸、塑料带等。在一般情况下应根据施工预算定额中的控制数字提出，但有时也要凭借施工经验，综合考虑工程项目各方面因素，编制消耗材料需用计划。

材料计划是施工预算中最基本最重要的构成内容，编制时也要求做到准确及时，不能超付冒算，以免造成材料积压。同时要考虑凡是能利用施工图预算确定工程量的就不必再算，但工程项目、名称和单位要符合施工定额中的规定，以便套算。

2. 加工件计划

加工件计划应写明加工件规格、数量、使用的材料和采用的图样（如国家标准图、专业部标准图及设计院标准图等），并注明工程名称、提货日期等。对于重复使用的标准图，可复制一定数量的图、表，用时即可填写，减少加工件计划编制的手续。

3. 劳动力计划

按分部、分项工程，依照工程量套用劳动定额计算出主要工种和辅助工种的耗用工日数，再加上必要的辅助用工和不可预见用工，配合工及不包括在定额范围内的准备用工，然后按照工程项目的计划施工周期，提出主要工种和辅助工种的需用量计划。劳动力计划是安排施工班组按期进入施工现场和签发施工任务书或办理班组劳动报酬结算、考核

成本的依据。

4. 主要机具计划

主要机具计划应包括预制加工和现场安装机具等两部分。根据施工组织设计（施工方案）确定的主要施工方法和质量标准要求，提出主要施工机具计划，尤其是大型、特殊机具、仪表等，要详细提出型号、规格、性能要求、需用数量和使用日期等。

在制定机具计划时，为使施工机具充分发挥作用，在常规施工方法中，机械台班的计算应以施工周期为依据，并参照 2000 年版《全国统一安装工程预算定额》中的机械台班进行累计，再对预制加工的机械设备进行配套。对于施工中使用的较大、特殊机械设备，应根据工程具体情况计算其台班消耗量。

（四）施工预算编制的步骤和方法

编制施工预算是一项细致工作，在编制过程中尽量利用施工图预算中的工程量，要避免重复计算，但工程项目和计量单位应符合施工预算定额中的要求。

1. 施工预算编制的步骤

（1）熟悉编制施工预算基础资料：基础资料是编制施工预算的依据，它包括有：施工图纸及配套使用的标准图；施工预算定额；施工组织设计（施工方案）；材料手册。要熟练使用这些基础资料。

（2）计算、汇总实物工程量：这一步骤是编制施工预算的基础，要做到不重、不漏、不错。

（3）套用施工定额和劳动定额。

（4）工料分析。

（5）编制说明书：编制说明书内容包括编制依据、遗留项目和暂估项目以及存在的问题和处理方法等。

2. 施工预算编制方法

施工预算的编制方法，通常采用“实物法”和“实物金额法”。

“实物法”是根据施工图和安装说明书，按劳动定额和施工预算定额的规定计算工程量，汇总分析人工和材料的耗用量，人工数量一般应低于施工图预算人工数的 10%~15%；主要材料消耗应低于施工图预算消耗量。计算出的人工和材料消耗，用来向施工班组签发施工任务书和限额领料单，以此进行施工班组经济核算。并与施工图预算的人工和

材料进行对比。如施工预算的人工、材料等消耗数量超过施工图预算的数量，应进行原因分析，并采取必要的改进措施。

“实物金额法”是根据“实物法”编制的施工预算，将人工和材料分别乘以单价金额，计算出施工中发生的直接费。实物数量用来向施工班组签发施工任务书和限额领料单，实行施工班组经济核算。“实物金额法”计算出的直接费与施工图预算的直接费进行对比，从中分析施工过程中超支或节约的原因，为提高施工企业管理水平，提出比较可靠的依据。

三、《全国统一安装工程预算定额》第一册“机械设备安装工程”工程量计算规则

1. 说明

(1) 本册定额除另有说明者外，均以“台”为计量单位，以设备重量“t”划分定额项目。设备重量均以设备的铭牌重量为准；如无铭牌重量的，则以产品目录、样本、说明书所注的设备净重量为准。

(2) 计算设备重量时，除另有规定者外，应按设备本体及联体的平台、梯子、栏杆、支架、屏盘、电机、安全罩和设备本体第一个法兰以内的管道等全部重量计算。

2. 切削设备安装

(1) 金属切削设备安装以“台”为计量单位，以设备重量“t”分列定额项目。

(2) 气动踢木器以“台”为计量单位，按单面卸木和双面卸木分列定额项目。

(3) 带锯机保护罩制作与安装以“个”为计量单位，按规格分列定额项目。

3. 锻压设备安装

(1) 空气锤、模锻锤、自由锻锤及蒸汽锤以“台”为计量单位，按落锤重量（kg 以内或 t 以内）分列定额项目。

(2) 锻造水压机以“台”为计量单位，按水压机公称压力“t”分列定额项目。

4. 铸造设备安装

(1) 铸造设备中抛丸清理室的安装，以“室”为计量单位，回转台、斗式提升机、螺旋输送机、电动小车及框架、平台、梯子、栏杆、

漏斗、漏管等金属结构件的总重量。

(2) 铸铁平台安装以“t”为计量单位，按方形平台或铸梁式平台的安装方式（安装在基础上或支架上）及安装时灌浆与不灌浆分列定额项目。

5. 起重设备安装

(1) 起重机安装以“台”为计量单位，按起重机主钩的起重量“t”和跨距“m”分列定额项目。

(2) 双小车起重机以“台”为计量单位，按两个小车的起重量“t”分列定额项目。

(3) 双钩挂梁桥式起重机以“台”为计量单位，按两个钩的起重量“t”分列定额项目。

(4) 梁式起重机、臂行及旋臂起重机、电动葫芦及单轨小车安装，以“台”为计量单位，按起重机的起重量“t”和不同类型及名称的起重机分列定额项目。

6. 起重机轨道安装

(1) 起重机轨道安装以单根轨道长度每“10m”为计量单位，按轨道的标准图号、型号、固定型式和纵、横向孔距安装部位等来分列定额项目。

(2) 车档制作按施工图示尺寸，以“t”为计量单位。车档安装以“每组4个”为计量单位，按每个重量“t”分列定额项目。

7. 输送设备安装

(1) 斗式提升机以“台”为计量单位，按提升机型号及提升高度分列定额项目。

(2) 刮板输送机以“组”为计量单位，按输送长度除以双驱动装置组数及槽宽分列定额项目。

(3) 板式（裙式）以“台”为计量单位，按链轮中心距和链板宽度分列定额项目。

(4) 螺旋输送机以“台”为计量单位，按公称直径和机身长度分列定额项目。

(5) 悬挂式输送机以“台”为计量单位，按驱动装置、转向装置、接紧装置和重量分列定额项目。

(6) 链条安装以“m”为计量单位，按链片式、链板式、链环式、

试运转、抓取器分列定额项目。

(7) 固定式胶带输送机以“台”为计量单位，按带宽和输送长度分列定额项目。

(8) 卸矿车及皮带称以“台”为计量单位，按带宽分列定额项目。

8. 电梯安装

(1) 电梯安装均以“部”为计量单位，按层、站数分列定额项目。厅门按每层一门、轿厢门按每部一门为准，如需增减时，按增减厅门、轿厢门的相应定额项目计算；电梯提升高度，以每层4m以内为准，超过4m时，按增减提升高度相应定额计算。

(2) 电梯增减厅门、轿厢门以“个”为计量单位，按手动、电动和小型杂物电梯分列定额项目，增减提升高度以“m”为计量单位，按每提升1m计算。

(3) 辅助项目的金属门套安装以“套”为计量单位，直流电梯发电机组安装以“组”为计量单位；角钢牛腿制作安装以“个”为计量单位；电梯机器钢板底座制作以“座”为计量单位；按交流电梯和直流电梯分列定额项目。

9. 风机、泵安装

(1) 风机、泵安装以“台”为计量单位，以设备重量“t”分列定额项目。在计算设备重量时，直联式风机、泵，以本体及电机、底座的总重量计算；非直联式的风机和泵，以本体和底座的总重量计算，不包括电动机重量。

(2) 深井泵的设备重量以本体、电动机、底座及设备扬水管的总重量计算。

(3) DB型高硅铁离心泵以“台”为计量单位，按不同设备型号分列定额项目。

10. 压缩机安装

(1) 压缩机安装以“台”为计量单位，以设备重量“t”分列定额项目。在计算设备重量时，按不同型号分别计算。

(2) 活塞式V、W、S型压缩机及压缩机组的设备重量，按同一底座上的主机、电动机、仪表盘及附件、底座等的总重量计算。

(3) 活塞式L型及Z型压缩机、螺杆式压缩机、离心式压缩机，不包括电动机等动力机械的重量。电动机应另执行电动机安装定额项

目。

(4) 活塞式 D、M、H 型对称平衡压缩机的设备重量，按主机、电动机及随主机到货的附属设备的总重量计算，不包括附属设备的安装，附属设备的安装应按相应定额另行计算。

11. 工业炉设备安装

(1) 电弧炼钢炉、无心工频感应电炉安装，以“台”为计量单位，以设备容量“t”分列定额项目。

(2) 冲天炉安装以“台”为计量单位，按设备熔化率（t/h）分列定额项目。

(3) 加热炉及热处理炉在计算设备重量时，如为整体结构（炉体已组装并有内衬砌体），应包括内衬砌体的重量，如为解体结构（炉体为金属结构件，需要现场组合安装，无内衬砌体）时，则不包括内衬砌体的重量。对内衬砌体部分，执行第四册《炉窑砌筑工程》定额相应项目及工程量计算规则。

12. 煤气发生设备安装

(1) 煤气发生设备安装以“台”为计量单位，按炉膛内径和设备重量分列定额项目。

(2) 在安装煤气发生炉时，如其炉膛内径与定额规定相近、重量超过 10% 以上时，按下列公式求得重量差系数，按表 11-7 调整。

$$\text{重量差系数} = \frac{\text{设备实际重量}}{\text{定额设备重量}}$$

表 11-7 定额调整系数

设备重量差系数（以内）	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8
定额调整系数	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4

(3) 洗涤塔电器滤清器竖管附属设备安装以“台”为计量单位，按设备名称、规格型号分列定额项目。

(4) 乙炔发生器以“台”为计量单位，按设备规格（m³/h 以内）分列定额项目。

(5) 煤气发生设备的附属设备及其他容器构件以“t”为计量单位，按单位重量在 0.5t 以内和大于 0.5t 分列定额项目。

(6) 煤气发生设备分节容器外壳组焊，以“台”为计时单位，按设

备外径 (m 以内/组成节数) 分列定额项目。

13. 其他机械及附属设备安装

(1) 制冰设备、润滑油处理设备以“台”为计量单位, 按设备类别、名称、型号及重量分列定额项目。

(2) 冷风机以“台”为计量单位, 按设备名称、冷却面积及重量分列定额项目。

(3) 地脚螺栓孔灌浆、设备底座与基础间灌浆, 以“ m^3 ”为计量单位, 按设备灌浆体积“ m^3 以内”分列定额项目。

(4) 立式、卧式管壳式冷凝器、蒸发器、淋水式冷凝器、蒸发式冷凝器、立式蒸发器、中间冷却器均以“台”为计量单位, 按设备冷却或蒸发面积 (m^2 以内) 分列定额项目。

(5) 立式低压循环储液器和卧式高压储液器 (排液桶) 以“台”为计量单位, 按设备名称和设备容积 (m^3 以内) 分列定额项目。

(6) 氨油分离器以“台”为计量单位, 按设备直径 (mm 以内) 分列定额项目。

(7) 氨液分离器和空气分离器以“台”为计量单位, 按设备名称、规格分列定额项目。

(8) 氨气过滤器和氨液过滤器以“台”为计量单位, 按设备名称及设备直径 (mm 以内) 分列定额项目。

(9) 玻璃钢冷却塔以“台”为计量单位, 按设备处理水量 (m^3/h 以内) 分列定额项目。

(10) 集油器、油视镜、紧急泄氨器以“台”或“支”为计量单位, 按设备名称及设备直径 (mm 以内) 分列定额项目。

(11) 制冷容器单体试密与排污以“每次/台”为计量单位, 按设备容量 (m^3 以内) 分列定额项目。

(12) 储气罐以“台”为计量单位, 按设备容量 (m^3 以内) 分列定额项目。

(13) 小型空气分离塔以“台”为计量单位, 按设备型号规格分列定额项目。

(14) 小型制氧机械附属设备中, 洗涤塔、加热器、储氧器、充氧台、干烧器、碱水拌和器以“组”为计量单位, 纯化器以“套”为计量单位。以上附属设备均按设备名称及型号分列定额项目。

(15) 零星小型金属结构件制作与安装，以“每 100kg”为定额计量单位，按金属结构件单体重量 (kg) 分制作与安装。

(16) 冷风机的设备重量按冷风机本体、电动机及底座的总重量计算。柴油发电机组的设备重量按机组的总重量计算，凡是在同一底座上的机组，按主机、辅机及底座的总重量计算。

附 录

一、功率单位换算 (见附表 1)

附表 1 功率单位换算

瓦 (W)	千瓦 (kW)	英制马力	公制马力	kgf·m/s
1	0.001	0.00134	0.00136	0.102
1000	1	1.34	1.36	102
746	0.746	1	0.014	76
735	0.735	0.985	1	75
9.81	0.00981	0.0131	0.0133	1

二、常用金属材料的摩擦系数 (见附表 2)

附表 2 常用金属材料的摩擦系数

材料名称	摩擦系数 (f)			
	静 摩 擦		动 摩 擦	
	无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢—钢	0.16	0.1~0.12	0.15	0.05~0.10
钢—软钢	—	—	0.20	0.1~0.2
钢—铸铁	0.3	—	0.18	0.05~0.15
钢—青铜	0.15	0.1~0.15	0.15	0.1~0.15
软钢—铸铁	0.2	—	0.18	0.05~0.15
软钢—青铜	0.2	—	0.18	0.07~0.15
铸铁—铸铁	—	0.18	0.15	0.07~0.12
铸铁—青铜	—	—	0.15~0.20	0.07~0.15
青铜—青铜	—	0.1	0.20	0.07~0.1
皮革—铸铁	0.3~0.5	0.15	0.60	0.15
橡皮—铸铁	—	—	0.80	0.5

三、常用金属的线膨胀系数 (见附表 3)

附表 3 常用金属线膨胀系数 Q ($1/^\circ\text{C}$)

材料名称	温度范围 ($^\circ\text{C}$)		
	20~100	20~200	20~300
工程用铜	$(16.6 \sim 17.1) \times 10^{-6}$	$(17.1 \sim 17.2) \times 10^{-6}$	17.6×10^{-6}
紫 铜	17.2×10^{-6}	17.5×10^{-6}	17.9×10^{-6}
黄 铜	17.8×10^{-6}	18.8×10^{-6}	20.9×10^{-6}
锡 青 铜	17.6×10^{-6}	17.9×10^{-6}	18.2×10^{-6}
铝 青 铜	17.6×10^{-6}	17.9×10^{-6}	19.2×10^{-6}
碳 钢	$(10.6 \sim 12.6) \times 10^{-6}$	$(11.3 \sim 13) \times 10^{-6}$	$(12.1 \sim 13.5) \times 10^{-6}$
铬 钢	11.2×10^{-6}	11.8×10^{-6}	12.4×10^{-6}
40CrSi	11.7×10^{-6}	—	—
30CrMoSiA	11×10^{-6}	—	—
3CrMo	10.2×10^{-6}	11.1×10^{-6}	11.6×10^{-6}
1Cr18Ni9Ti	16.6×10^{-6}	17×10^{-6}	17.2×10^{-6}
铸 铁	$(8.7 \sim 11.1) \times 10^{-6}$	$(8.5 \sim 11.6) \times 10^{-6}$	$(10.1 \sim 12.2) \times 10^{-6}$
镍铬合金	14.5×10^{-6}	—	—

四、金属材料的熔点、热导率 (见附表 4)

附表 4 金属材料的熔点、热导率

名称	熔点/ $^\circ\text{C}$	热导率 $/\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	名称	熔点/ $^\circ\text{C}$	热导率 $/\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
灰口铁	1200	167.47~334.94	铝	658	732.69
铸铁	1425		铅	327	125.61
软钢	1400~1500	167.47	锡	232	226.09
黄铜	950	334.94	锌	419	397.75
青铜	995	230.27	镍	1452	213.53
紫铜	1083	1415.14			

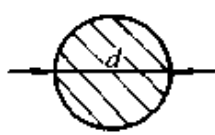
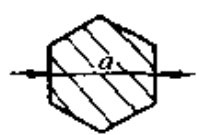
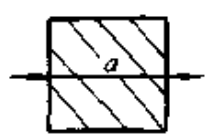
五、压力单位换算表 (见附表 5)

附表5 压力单位换算表

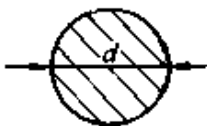

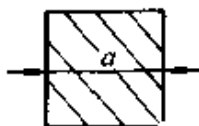
兆帕 (MPa)	kgf/cm ²	大气压	水银柱高度/mm	水柱高度/m
0.1	1	0.9678	753.56	10.00
1.0333×10^3	1.0333	1	760.00	10.3333
1.36	0.00136	0.00131	1	0.0136
100	0.1	0.0968	73.556	1
1.02	0.00102	0.000987	0.76863	0.0102
70.3	0.0703	0.068	51.715	0.703
2.54	0.00254	0.00246	1.87	0.0254

六、热轧圆钢、方钢及六角钢理论重量 (见附表6)

附表6 热轧圆钢、方钢及六角钢理论重量

b a			
	理论质量 / (kg/m)		
5	0.154	0.196	—
5.6	0.193	—	—
6	0.222	0.283	—
6.3	0.245	—	—
7	0.302	0.385	—
8	0.395	0.502	0.435
9	0.499	0.636	0.551
10	0.617	0.785	0.680
11	0.746	0.950	0.823
12	0.888	1.13	0.979
13	1.04	1.33	1.15
14	1.21	1.54	1.33
15	1.39	1.77	1.53
16	1.58	2.01	1.74
17	1.78	2.27	1.96
18	2.00	2.54	2.20
19	2.23	2.82	2.45
20	2.71	3.14	2.72
22	2.98	2.98	3.29

(续)

b a			
mm	理论质量 / (kg/m)		
24	3.85	3.85	3.29
26	4.17	4.17	4.59
28	4.83	4.83	5.33
30	5.55	5.55	6.12
34	7.13	7.13	7.86
36	7.99	7.99	8.81
40	9.87	9.87	10.88
45	12.48	12.48	13.77
50	15.42	15.42	16.99
56	19.33	19.33	21.32
60	22.19	22.19	24.50
65	26.05	26.05	28.70
70	30.21	30.21	33.30
75	34.68	34.68	—
80	39.46	39.46	—
85	49.55	49.55	—
90	49.94	49.94	—

七、热轧等边角钢理论重量 (b = 边宽, d = 边厚) (见附表 7)附表 7 热轧等边角钢理论重量 (b = 边宽, d = 边厚)

型号	尺寸/mm		理论质量 / (kg/m)	型号	尺寸/mm		理论质量 / (kg/m)
	b	d			b	d	
2.5	25	3	1.123	7	70	6	6.395
		4	1.460			7	7.392
3	30	4	1.780		8	8.373	
4	40	3	1.864		7.5	75	7
		4	2.162	8			9.024
4.5	45	4	2.733	9		10.068	
		5	3.369	8	6	7.630	
5	50	4	3.054		80	7	8.513
		5	3.769			8	9.652
6.3	63	4	3.896				
		6	5.720				

(续)

型号	尺寸/mm		理论质量 /(kg/m)	型号	尺寸/mm		理论质量 /(kg/m)
	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>b</i>	<i>d</i>	
9	90	6	8.327	12.5	125	8	15.546
		7	9.638			9	17.286
		8	10.933			10	19.099
		9	12.213			12	22.678
						14	26.195
10	100	8	12.246	14	140	16	29.649
		10	15.104			9	19.405
		12	17.898			10	21.454
		14	20.630			12	25.504

八、热轧工字钢理论重量(*h* = 高度、*b* = 腿宽、*d* = 腰宽)(见附表 8)附表 8 热轧工字钢理论重量 (*h* = 高度, *b* = 腿宽, *d* = 腰宽)

型号	尺寸/mm			理论质量 /(kg/m)	型号	尺寸/mm			理论质量 /(kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	
10	100	68	4.5	11.2	28b	280	124	10.5	47.9
12	120	74	5.0	14.0	30a	300	124	9.0	48.0
12.6	126	74	5.0	14.2	30b	300	128	11.0	52.7
14	146	80	5.5	16.9	30c	300	130	13.0	57.4
16	160	88	6.0	20.5	32a	320	130	9.5	52.7
18	180	94	6.5	24.1	32b	320	132	11.5	57.7
20a	200	100	7.0	27.9	32c	320	134	13.5	62.8
20b	200	102	9.0	31.1	36a	360	136	10.0	59.8
22a	220	110	7.5	33.0	36b	360	138	12.0	65.6
22b	220	112	9.5	36.4	36c	360	140	14.0	71.2
24a	240	116	8.0	37.4	40a	400	142	10.5	67.6
24b	240	118	10.0	41.2	40b	400	144	12.5	73.8
25a	250	116	8.0	38.1	40c	400	146	14.5	81.1
25b	250	118	10.0	42.0	45a	450	150	11.5	80.4
27a	270	122	8.5	42.8	45b	450	152	13.5	81.4
27b	270	124	10.5	47.1	45c	450	154	15.5	94.5
28a	280	122	8.5	43.4					

九、热轧槽钢理论重量(h = 高度、 b = 腿宽、 d = 腰厚)(见附表 9)附表 9 热轧槽钢理论重量 (h = 高度, b = 腿宽, d = 腰厚)

型号	尺寸/mm			理论质量 /(kg/m)	型号	尺寸/mm			理论质量 /(kg/m)
	h	b	d			h	b	d	
8	80	43	5.0	8.04	25a	250	78	7.0	27.47
10	100	48	5.3	10.00	25b	250	80	9.0	31.39
12	120	53	5.5	12.06	25c	250	82	11.0	35.32
12.6	126	53	5.5	12.37	27a	270	82	7.5	30.87
14a	140	58	6.0	14.53	27b	270	84	9.5	35.07
14b	140	60	8.0	16.73	27c	270	86	11.5	39.30
16a	160	63	6.5	17.23	28a	280	82	7.5	37.42
16	160	65	8.5	19.74	28b	280	84	9.5	35.81
18a	180	68	7.0	20.17	28c	280	86	11.5	40.21
18	180	70	9.0	22.99	30a	300	85	7.5	34.45
20a	200	73	7.0	22.63	30b	300	87	9.5	39.16
20	200	75	9.0	25.77	30c	300	89	11.5	43.81
22a	220	77	7.0	24.99	32a	320	88	8.0	38.22
22	220	79	9.0	28.45	32b	320	90	10.0	43.25
24a	240	78	7.0	26.55	32c	320	92	12.0	48.25
24b	240	80	9.0	30.62	36a	360	96	9.0	47.80
24c	240	82	11.0	34.37	36b	360	98	11.0	53.45

十、线架长度与钢丝自重挠度的关系 (见附表 10)

附表 10 线架长度与钢丝自重挠度的关系

从测点 到最近 线架间 的距离 /m	两线架间的长度/m																									
	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	
0.5	4	5.5	7	8.5	10	11	12	13	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	18	19	19.5	20	21	22	23	24	25	26	
0.6	4.6	6.4	8.2	10	11.8	13	14.2	15.3	16.4	17	17.6	18.2	18.8	19.5	20.2	21	21.3	22.4	23	23.6	24.7	25.8	26.9	28	29.3	30.6
0.7	5.2	7.3	9.4	11.5	13.6	16	16.4	17.6	18.8	19.5	20.2	20.9	21.6	22.5	23.4	24.6	25.8	26.5	27.2	28.4	29.6	30.8	32	33.6	35.2	
0.8	5.8	8.2	10.6	13	15.4	17	18.6	19.9	21.2	22	22.8	23.6	24.4	25.5	26.6	27.9	29.2	30	30.8	32.1	33.4	34.7	36	37.9	39.8	
0.9	6.4	9.1	11.8	14.5	17.2	19	20.8	22.2	23.6	24.5	25.4	26.3	27.2	28.5	29.8	31.2	32.6	33.5	34.4	35.8	37.2	38.6	40	42.2	44.4	
1.0	7	10	13	16	19	21	23	24.5	26	27	28	29	30	31.5	33	34.5	36	37	38	39.5	41	42.5	44	46.5	49	
1.1	7.4	10.8	14.2	17.3	20.4	22.5	24.6	26.3	28	29.2	30.4	31.65	32.6	34.1	35.6	37.2	38.8	40	41.2	42.8	44.4	46.1	47.8	50.2	52.6	
1.2	7.8	11.6	15.4	18.6	21.8	24	26.2	28.1	30	31.4	32.8	34	35.2	36.7	38.2	39.9	41.6	43	44.4	46.1	47.8	49.7	51.6	53.9	56.2	
1.3	8.2	12.4	16.6	19.9	23.2	25.5	27.8	29.9	32	33.6	35.2	36.5	37.8	39.3	40.8	42.5	44.4	46	47.6	49.4	51.2	53.3	55.4	57.6	59.8	
1.4	8.6	13.2	17.8	21.2	24.6	27	29.4	31.7	34	35.8	37.6	39	40.4	41.9	43.4	45.3	47.2	49	50.8	52.7	54.6	56.9	59.2	61.3	63.4	
1.5	9	14	19	22.5	26	28.5	31	33.5	36	38	40	41.65	43	44.5	46	48	50	52	54	56	58	60.5	63	65	67	

(续)

从测点到 较近线架 间的距离 /m	两线架间的长度/m																									
	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	
1.6	9.2	14.5	19.8	23.6	27.4	30.1	32.8	35.4	38	40.1	42.2	43.8	45.4	47	48.6	50.7	52.8	54.9	57	59.2	61.4	63.9	66.4	68.5	70.6	
1.7	9.4	15	20.6	24.7	28.8	31.7	34.6	37.3	40	42.2	44.4	46.1	47.8	49.5	51.2	53.4	55.6	57.8	60	62.4	64.8	67.3	69.8	72	74.2	
1.8	9.6	15.5	21.4	25.8	30.2	33.3	36.4	39.2	42	44.3	46.6	48.4	50.2	52	53.8	56.1	58.4	60.7	63	65.6	68.2	70.7	73.2	75.5	77.8	
1.9	9.8	16	22.2	26.9	31.6	34.9	38.2	41.1	44	46.4	48.8	50.7	52.6	54.5	56.4	58.8	61.2	63.6	66	68.8	71.6	74.1	76.6	79	81.4	
2.0	10	16.5	23	28	33	36.5	40	43	46	48.5	51	53	55	57	59	61.5	64	66.5	69	72	75	77.5	80	82.5	85	
2.1			23.2	28.6	34	37.7	41.4	44.5	47.6	50.3	53	55.1	57.2	59.3	61.4	64	66.6	69.2	71.8	74.8	77.8	80.4	83	85.5	88	
2.2			23.4	29.2	35	38.9	42.8	46	49.2	52.1	55	57.2	59.4	61.6	63.8	66.5	69.2	71.9	74.6	77.6	80.6	83.3	86	88.5	91	
2.3			23.6	29.8	36	40.1	44.2	47.5	50.8	53.9	57	59.3	61.6	63.9	66.2	69	71.8	74.6	77.4	80.4	83.4	86.2	89	91.5	94	
2.4			23.8	30.4	37	41.3	45.6	49	52.4	55.7	59	61.4	63.8	66.2	68.6	71.5	74.4	77.3	80.2	83.2	86.2	89.1	92	96.5	97	
2.5			24	31	38	42.5	47	50.5	54	57.5	61	63.5	66	68.5	71	74	77	80	83	86	89	92	95	97.5	100	
2.6					38.4	43.3	48.2	51.9	55.6	59.2	62.8	65.4	68	70.7	73.4	76.4	79.4	82.5	85.6	88.7	91.8	94.8	97.8	100.4	103	
2.7					38.8	44.1	49.4	53.3	57.2	60.9	64.6	67.3	70	72.9	75.8	78.8	81.8	85	88.2	91.4	94.6	97.6	100.6	103.3	106	
2.8					39.2	44.9	50.6	54.7	58.8	62.6	66.4	69.2	72	75.1	78.2	81.2	84.2	87.5	90.8	94.1	97.4	100.4	103.4	106.3	109	
2.9					39.6	45.7	51.3	56.1	60.4	64.3	68.2	71.1	74	77.3	80.6	83.6	86.6	90	93.4	96.8	100.2	103.2	106.2	109.2	112	
3.0					40	46.5	53	57.5	62	66	70	73	76	79.5	83	86	89	92.5	96	99.5	103	106	109	112	115	
3.1						53.4	58.3	63.2	67.3	71.4	74.6	77.8	81.5	85.2	88.3	91.4	94.6	98.4	102	105.6	108.8	112	114.9	117.8		
3.2						53.8	59.1	64.4	68.8	72.8	76.2	79.6	83.5	87.4	90.6	93.8	97.3	100.8	104.5	108.3	111.6	115	117.8	120.6		
3.3						54.2	59.3	65.6	69.9	74.2	77.8	81.4	85.5	89.6	92.9	96.2	99.7	103.2	107	110.8	114.4	118	120.7	123.4		
3.4						54.6	60.7	66.8	71.2	75.6	79.4	83.3	87.5	91.8	95.2	98.6	102.1	105.6	109.3	113.4	117.2	121	123.6	126.2		
3.5						55	61.5	68	72.5	77	81	85	89.5	94	97.5	101	104.5	108	112	116	120	124	126.5	129		
3.6							68.4	73.3	78.2	82.4	86.6	91.1	95.6	99.3	103	106.5	110	114.2	118.4	122.3	126	128.6	131.2			
3.7							68.8	74.1	79.4	83.8	88.2	92.7	97.2	101.6	105	108.5	112	116.4	120.8	124.4	128	130.7	133.4			
3.8							69.2	74.9	80.6	85.2	89.8	94.3	98.8	102.9	107	110.5	114	118.6	123.2	126.6	130	132.8	135.6			
3.9							69.6	75.7	81.8	86.6	91.4	95.9	100.4	104.7	109	112.5	116	120.8	125.6	128.8	132	134.9	137.8			
4.0							70	76.5	83	88	93	97.5	102	106.5	111	114.5	118	123	128	131	134	137	140			
4.1										83.6	88.8	94	98.7	103.4	108.1	112.8	116.5	120.2	124.9	129.6	132.8	136	139	142		
4.2										84.2	89.6	95	99.9	104.8	109.7	114.6	118.5	122.4	126.8	131.4	134.6	138	141	144		
4.3										84.8	90.4	96	101.1	106.3	111.3	116.4	120.5	124.6	128.8	132.4	136.4	140	143	146		
4.4										85.4	91.2	97	102.3	107.6	112.9	118.2	122.5	126.8	130.6	134.4	138.2	142	145	148		
4.5										86	92	98	103.5	109	114.5	120	124.5	129	132.5	136	140	144	147	150		

