

钳工应用手册

Qiangong

YINGYONG
SHOUCE

孙庚午 编著

Qiangong



河南科学技术出版社

Qiangong

YINGYONG
SHOUCE

责任编辑 孟庆云
封面设计 霍维深
版式设计 栾亚平

Qiangong

ISBN 7-5349-2042-6



9 787534 920424 >

ISBN 7-5349-2042-6/T·426

定价:35.00元

Qiangong
YINGONG
SHOUCE

钳工应用手册

孙庚午 编著

河南科学技术出版社

Qiangong



图书在版编目(CIP)数据

钳工应用手册 / 孙庚午编著. — 郑州: 河南科学技术出版社, 1999.4

ISBN 7-5349-2042-6

I. 钳… II. 孙… III. 钳工-手册 IV. TG9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 06853 号

钳工应用手册

孙庚午 编著

责任编辑 王广照 版式设计 栾亚平

责任校对 徐小刚 王艳红

河南科学技术出版社出版

郑州市农业路 73 号

邮政编码: 450002 电话: (0371) 5721186

郑州永城印刷厂印刷

全国新华书店发行

开本: 850×1168 1/32 印张: 27.125 字数: 926 千字

2000 年 4 月第 2 次印刷

印数: 3 001—8 000

ISBN 7-5349-2042-6/T·426 定价: 35.00 元

前 言

在日常工作中，广大钳工很需要一本能解决他们经常遇到的一些基本问题的工具书。为此，我编写了这本《钳工应用手册》。

本手册的特点，也是与其他同类手册的不同之处，在于它不仅介绍了一般钳工常用的主要资料 and 各类钳工都需要掌握的基本操作技术，而且还介绍了各专业钳工所需要的技能，如装配技术、修理技术、机械设备安装技术以及工具（包括刀具、量具、夹具）、模具的制造和维修技术等。

本手册在选材上注重应用，把广大钳工和各专业钳工日常工作中遇到的各种问题和经常查找的基本资料作为本手册的主要内容，以数据、图表的形式进行说明，简明扼要。技术内容先进、可靠，均采用最新的国家标准和资料。

本手册由机械工业部第六设计研究院孙庚午高级工程师编著，马素英对本书收入的国家标准及有关资料进行了校对。此外，在编写过程中还得到不少同志热情的支持和帮助，在此一并表示感谢。

编著者

1997年

Qiangong

YINGYONG
SHOUCE



孙庚午，河南省郑州市人，机械工业部第六设计研究院高级工程师，河南省机械加工学会常务副秘书长。从事机床、设备设计和工厂设计，负责全国机床工具行业工艺发展规划。精通俄语、懂英语、德语、日语，曾兼任翻译赴俄罗斯等国考察。独自编著出版有《实用工具手册》、《简明机械设备安装手册》（获1992年度机械工业优秀科技图书奖）、《钳工手册》（1986年荣获中南五省优秀科技图书奖）、《金属切削加工俄语选读》、《机械设计基础》、《机械设备安装技术问答》等书；合编出版有《重型机床制造技术》（1982年荣获机械部科技成果二等奖）、《金属切削机床基础技术总论》、《全国通用机电产品手册》、《金属切削机床手册》等书；合译出版有《机械制造工厂和车间设计手册》；编辑过《机末制造工艺》、《装配技术》等期刊；发表论文30多篇（其中两篇在国际会议上发表，并分别载入了国际学术会议论文集）、发表专业译文40多篇。有十多项科技成果获奖，其中五项荣获部（省）以上奖。本人生平、业绩和成就已载入《中国当代高级专业技术人员大辞典》、《中国科技翻译家辞典》和《中国专家》辞典以及香港中国国际交流出版社出版的、国际大型权威辞书《世界名人录》。



内 容 提 要

本手册着重介绍钳工必备的基础知识和必须掌握的操作技术,以及日常工作中常用的各种资料。其内容主要有三个方面:一、钳工基础,包括常用资料、常用机械零件和机械传动、热处理知识以及公差配合与表面粗糙度;二、钳工操作,包括常用量具、常用工具和钳工基本操作(如錾削、锯削、刨削、刮削、研磨、划线、孔加工、攻套螺纹、锡焊、粘结、铆接以及矫正、弯曲和绕簧等);三、专业钳工,包括装配钳工、修理钳工、安装钳工、工具钳工和模具钳工。

本手册内容丰富,资料新颖可靠;选材实用,叙述简明扼要。可供广大钳工和各专业钳工以及有关工程技术人员、管理干部使用,也可供技工学校钳工专业的师生参考。

目 录

第一篇 钳工基础

第一章 常用资料	(1)
一、常用计算资料	(1)
1. 常用数学公式	(1)
2. 常用数学常数	(3)
3. 常用数值的计算	(4)
4. 三角函数表	(46)
5. 常用几何图形的计算	(93)
6. 圆锥体各部尺寸的计算	(96)
7. 正多边形的计算	(97)
二、常用一般资料	(98)
1. 常用金属材料的熔点	(98)
2. 常用材料的密度	(99)
3. 常用材料的摩擦系数	(100)
4. 常用金属材料的线膨胀系数	(101)
5. 常用金属材料的硬度	(101)
6. 各种硬度值的换算	(102)
7. 常用金属材料的理论质量	(104)
8. 温度对照表	(116)
第二章 公差、配合与表面粗糙度	(118)
一、公差与配合	(118)
1. 公差与配合的术语及定义	(118)
2. 公差与配合国家标准 (GB1800~1804—79)	(121)

3. 公差与配合新旧国家标准对照	(149)
二、形状和位置公差	(151)
1. 形状和位置公差的代号及注法 (GB1182—80)	(151)
2. 形位公差表	(155)
3. 未注形位公差的规定 (GB1184—80)	(159)
三、表面粗糙度	(160)
1. 表面粗糙度的符号及注法 (GB131—83)	(161)
2. 表面粗糙度的选择与应用	(163)
3. 新、旧国标的对照与代换	(167)
4. 各主要工业国表面粗糙度的对照	(169)
第三章 常用机械零件和机械传动	(171)
一、联接零件	(171)
1. 螺栓	(171)
2. 螺钉	(175)
3. 螺母	(179)
4. 垫圈	(183)
5. 销	(188)
6. 键	(191)
二、轴和轴承	(193)
1. 轴	(193)
2. 滑动轴承	(193)
3. 滚动轴承	(196)
三、联轴器	(205)
1. 联轴器的用途和种类	(205)
2. 联轴节	(205)
3. 离合器	(207)
四、带传动	(208)
1. 平带传动	(208)
2. V带传动	(210)
五、链传动	(212)

1. 套筒滚子链的基本尺寸	(212)
2. 套筒滚子链参数的选择与计算	(215)
3. 链轮 (GB1244—85)	(216)
六、齿轮传动	(219)
1. 齿轮的基本齿廓和模数系列	(219)
2. 渐开线圆柱齿轮传动	(221)
3. 齿轮传动的精度等级	(223)
七、蜗杆传动	(223)
1. 蜗杆的模数	(224)
2. 蜗杆的分度圆直径	(224)
3. 蜗杆的基本齿廓及其参数	(224)
4. 蜗杆传动的计算	(225)
第四章 热处理	(227)
一、热处理方法及其应用	(227)
二、常用钢材的热处理	(229)
三、常见零件的热处理	(230)
1. 齿轮	(230)
2. 蜗轮	(231)
3. 蜗杆	(232)
4. 轴	(232)
5. 丝杠	(233)
6. 弹簧	(233)
四、常用工具的热处理	(234)
1. 钳工手工具的热处理	(234)
2. 金属切削刀具的热处理	(238)
3. 量具的热处理	(241)
4. 模具的热处理	(242)

第二篇 钳工操作

第五章 常用量具	(244)
-----------------------	--------------

一、量具的分类	(244)
二、常用量具	(244)
1. 钢直尺	(244)
2. 卡钳	(246)
3. 塞尺	(247)
4. 90°角尺	(249)
5. 铸铁平尺	(251)
6. 游标卡尺	(254)
7. 深度游标卡尺	(256)
8. 外径千分尺	(258)
9. 万能角度尺	(260)
10. 百分表	(260)
11. 内径百分表	(262)
12. 量块	(264)
13. 光滑极限量规	(268)
14. 正弦规	(271)
15. 半径样板	(275)
16. 螺纹样板	(276)
17. 水平仪	(279)
18. 读数显微镜	(282)
三、量具的选用	(283)
四、量具的保养	(284)
第六章 钳工常用工具	(286)
一、虎钳	(286)
二、锤子	(288)
三、扳手	(290)
四、锉刀	(293)
1. 锉刀的构造	(293)
2. 锉刀的类型和代号	(293)
3. 锉刀的形状和尺寸	(294)

4. 锉刀的选择	(295)
五、手锯	(296)
1. 锯弓	(296)
2. 锯条	(296)
六、手钻	(297)
1. 手摇钻	(297)
2. 手扳钻	(298)
3. 手电钻	(298)
4. 手风钻	(299)
七、刮刀	(299)
1. 平面刮刀	(299)
2. 曲面刮刀	(300)
3. 刮刀的淬火与刃磨	(301)
八、划线工具	(301)
1. 划针	(301)
2. 划线盘	(302)
3. 划规	(303)
4. 样冲	(303)
5. 划线平台	(304)
6. V形架	(304)
7. 垫铁	(307)
九、锡焊工具	(308)
1. 烙铁	(308)
2. 电烙铁	(308)
3. 喷灯	(309)
十、扳手	(309)
1. 活扳手	(309)
2. 呆扳手	(309)
3. 专用扳手	(312)
十一、螺钉旋具	(312)

1. 木柄螺钉旋具	(312)
2. 塑料柄(胶柄)螺钉旋具	(312)
十二、拆卸器	(313)
十三、胀管器	(314)
十四、安装撬杠	(316)
十五、传送带用工具	(316)
1. 锥子	(316)
2. 冲子	(317)
3. 切割刀	(318)
十六、磨具	(318)
1. 普通磨料磨具	(319)
2. 超硬磨料磨具	(326)
3. 涂覆磨具	(329)
第七章 钳工基本操作	(334)
一、 整削	(334)
1. 整削原理	(334)
2. 整削类型	(335)
3. 整削方法	(336)
4. 整削安全技术	(337)
5. 整削时产生废品的原因及预防方法	(338)
二、 锯削	(338)
1. 锯削方法	(338)
2. 锯削时产生废品的原因及预防方法	(339)
3. 锯削时锯条损坏的原因及预防方法	(340)
三、 锉削	(340)
1. 锉削方法	(340)
2. 钳工工作中常遇到的锉削操作	(343)
3. 锉削时产生废品的原因及预防方法	(343)
四、 刮削	(344)
1. 刮削方法	(344)

2. 刮削余量	(347)
3. 显示剂	(347)
4. 刮削的精度检验	(348)
5. 刮削中产生的弊病和防止方法	(349)
6. 刮研工作的机械化	(349)
五、研磨	(350)
1. 研具	(350)
2. 研磨剂	(352)
3. 研磨方法	(355)
4. 研磨余量	(356)
5. 研磨时产生废品的原因及预防方法	(357)
六、划线	(358)
1. 划线前的准备	(358)
2. 划线基准的选择	(359)
3. 划线方法	(361)
4. 划线时产生废品的原因及预防方法	(370)
七、孔加工	(370)
1. 钻孔	(371)
2. 扩孔	(402)
3. 铰窝	(407)
4. 铰孔	(411)
八、攻、套螺纹	(421)
1. 攻螺纹	(421)
2. 套螺纹	(424)
3. 攻、套螺纹用的刀具	(426)
九、锡焊	(435)
1. 焊料和焊剂	(435)
2. 锡焊的方法	(436)
3. 焊缝	(437)
4. 焊接时应注意的事项	(437)

十、粘结	(438)
1. 概述	(438)
2. 无机粘结技术	(439)
3. 有机粘结技术	(441)
十一、铆接	(449)
1. 铆接的种类	(449)
2. 铆接工具	(450)
3. 铆钉	(450)
4. 铆接方法	(455)
5. 铆接时产生废品的原因及防止方法	(457)
十二、矫正、弯曲和绕簧	(458)
1. 矫正	(458)
2. 弯曲	(461)
3. 绕簧	(471)

第三篇 专业钳工

第八章 装配钳工	(475)
一、概述	(475)
1. 对装配工作的要求	(475)
2. 装配的一般过程	(476)
3. 装配的组织形式及其选择	(476)
4. 装配时联接的种类	(476)
二、装配前的准备工作	(477)
三、装配方法	(477)
1. 装配的一般方法	(477)
2. 过盈联接的装配	(478)
四、装配时零件的清理和洗涤	(485)
1. 装配时必须进行的主要清洗工作	(486)
2. 化学除锈	(486)
3. 机械零件的清洗	(488)

五、典型机构的装配	(491)
1. 螺纹联接的装配	(491)
2. 销联接的装配	(492)
3. 键联接的装配	(493)
4. 轴承的装配	(494)
5. 带传动机构的装配	(496)
6. 齿轮传动机构的装配	(496)
7. 蜗杆传动机构的装配	(498)
8. 曲轴、连杆、活塞机构的装配	(500)
六、部件装配	(508)
1. 装配程序	(508)
2. 装配注意事项	(509)
七、总装配	(509)
1. 总装配的任务	(509)
2. 总装配的组织形式	(509)
3. 总装配时应注意的事项	(510)
八、润滑	(510)
1. 润滑油	(510)
2. 润滑脂	(512)
九、调整和试验	(515)
1. 调整	(515)
2. 试验	(515)
十、装配后的整理和修饰	(516)
第九章 修理钳工	(517)
一、修理的基本概念	(517)
1. 小修	(517)
2. 中修	(517)
3. 大修	(517)
二、修理前的准备工作	(518)
三、拆卸	(518)

1. 拆卸前的准备	(518)
2. 拆卸方法	(518)
3. 几种常见联接的拆卸	(520)
4. 拆卸注意事项	(521)
四、清洗	(521)
1. 概述	(521)
2. 清洗前的准备	(522)
3. 清洗材料和用具	(522)
4. 清洗方法	(522)
5. 几种零部件的清洗	(524)
6. 修理设备装配前清洗的注意事项	(525)
五、更换或修复零件的原则	(525)
六、零件的修复方法	(526)
1. 机械修复法	(526)
2. 焊接法	(527)
3. 扣合法	(529)
4. 喷涂法	(530)
5. 电镀法	(538)
6. 粘结法	(538)
七、零件修复方法的选择	(538)
1. 修复方法对零件材料的适应性	(539)
2. 各种修复方法能达到的修补层厚度	(539)
3. 修复工艺过程对零件物理性能的影响	(539)
4. 零件结构对选择修复方法的影响	(540)
5. 零件修复后的强度	(540)
八、典型零件的修理	(541)
1. 轴的修理	(541)
2. 齿轮的修理	(542)
3. 孔的修理	(542)
4. 其他典型零件的修理	(543)

第十章 安装钳工	(544)
一、概述	(544)
1. 安装钳工的任务	(544)
2. 机械设备安装的两种类型	(544)
3. 机械设备的一般安装过程	(544)
二、设备安装前的准备	(545)
1. 组织、技术准备	(545)
2. 工具、材料准备	(545)
3. 设备的开箱、清点和保管	(545)
三、设备基础的检验和处理	(546)
1. 基础的种类、材料和浇灌	(547)
2. 中心标板和基准点的埋设	(547)
3. 基础的检验和处理	(549)
四、机械设备的安装方法	(551)
1. 设备的定位	(551)
2. 地脚螺栓的安装与处理	(561)
3. 垫铁的安放	(574)
4. 设备的找正	(577)
5. 浇灌砂浆	(583)
6. 设备的几种安装方法	(584)
五、机械设备的检验、调整和试运转	(588)
1. 检验和调整	(588)
2. 试运转	(604)
六、金属切削机床的安装	(606)
1. 金属切削机床的安装方法	(606)
2. 机床的精度检验	(610)
3. 金属切削机床安装的验收检验标准	(612)
七、设备安装中常用的起重、运输机具	(623)
1. 起重索具与吊具	(623)
2. 常用起重机械	(643)

3. 常用运输机械	(649)
第十一章 工具钳工	(652)
一、刀具及其制造和翻新	(652)
1. 刀具材料	(652)
2. 刀具的分类	(666)
3. 刀具的几何要素和名词解释	(668)
4. 刀具的制造	(669)
5. 刀具的翻新	(731)
二、量具的制造和修理	(734)
1. 量具的材料	(734)
2. 常用量具的制造	(735)
3. 量具的修理	(748)
三、夹具的制造和修理	(750)
1. 概述	(750)
2. 工件的定位	(752)
3. 工件的夹紧	(753)
4. 夹具的制造	(755)
5. 夹具的修理	(763)
第十二章 模具钳工	(766)
一、模具的分类	(766)
1. 冷冲压模	(766)
2. 热冲压模	(767)
二、常用模具	(767)
1. 冲裁模	(767)
2. 弯模	(770)
3. 压延模	(773)
4. 塑料模	(774)
三、模具的制造	(776)
1. 冷冲压模的制造	(776)
2. 锻模的制造	(783)

四、模具的修理	(785)
1. 冷冲压模的修理	(785)
2. 锻模的修理	(786)

附 录

一、我国法定计量单位	(788)
二、常用法定计量单位及其换算	(790)
三、主要元素的化学符号和原子量	(794)
四、可转位硬质合金刀片	(795)

第一篇 钳工基础

第一章 常用资料

一、常用计算资料

1. 常用数学公式

(1) 指数

$$1) a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$2) a^m \div a^n = a^{m-n}$$

$$3) (a^m)^n = a^{mn}$$

$$4) (ab)^m = a^m b^m$$

$$5) \left(\frac{a}{b}\right)^m = \frac{a^m}{b^m}$$

$$6) a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m$$

$$7) a^0 = 1$$

$$8) a^{-m} = \frac{1}{a^m}$$

(2) 对数

$$a > 0, a \neq 1$$

$$1) \text{若 } a^x = M, \text{ 则 } \log_a M = x$$

$$2) \log_a 1 = 0$$

$$3) \log_a a = 1$$

$$4) \log_a (MN) = \log_a M + \log_a N$$

$$5) \log_a \frac{M}{N} = \log_a M - \log_a N$$

$$6) \log_a (M^n) = n \log_a M$$

$$7) \log_a \sqrt[n]{M} = \frac{1}{n} \log_a M$$

$$8) \lg M = 0.4343 \ln M$$

(3) 直角三角形 (图 1-1)

$$1) \sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$2) \cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$3) \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$4) \operatorname{cot} \alpha = \frac{b}{a}$$

$$5) \sec \alpha = \frac{c}{b}$$

$$6) \operatorname{csc} \alpha = \frac{c}{a}$$

$$7) \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$8) \sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1$$

$$9) \operatorname{csc}^2 \alpha - \operatorname{cot}^2 \alpha = 1$$

$$10) \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$11) \operatorname{cot} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

12) 勾股定理

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

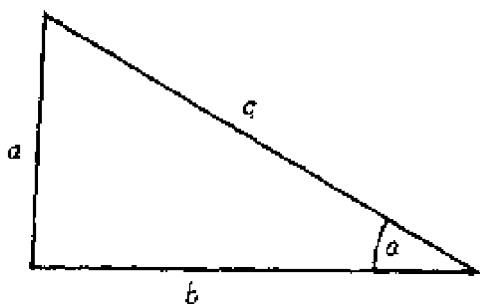


图 1-1 直角三角形

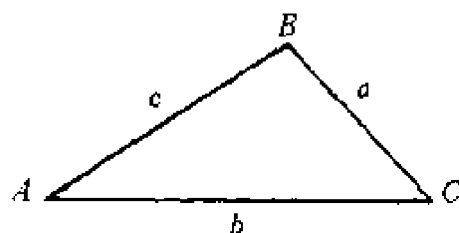


图 1-2 任意三角形

(4) 任意三角形 (图 1-2)

1) 正弦定理

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

(R 为外接圆半径)

2) 余弦定理

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

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

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

3) 正切定理

$$\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{a-b}{a+b} \cot \frac{C}{2}$$

$$\text{或} \quad \frac{a-b}{a+b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{A-B}{2}}{\operatorname{tg} \frac{A+B}{2}}$$

(5) 其他公式

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

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

3) $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$

4) $\cot 2\alpha = \frac{\cot^2 \alpha - 1}{2\cot \alpha}$

5) $\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\alpha)$

6) $\cos^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha)$

7) $\sin^3 \alpha = \frac{1}{4} (3\sin \alpha - \cos 3\alpha)$

8) $\cos^3 \alpha = \frac{1}{4} (\cos 3\alpha + 3\cos \alpha)$

2. 常用数学常数

表 1-1 常用数学常数

常 数	数 值	常 数	数 值
π	3.141593	e^2	7.389056

(续)

常 数	数 值	常 数	数 值
2π	6.283185	\sqrt{e}	1.648721
3π	9.424778	$\sqrt[3]{e}$	1.395612
4π	12.566371	$\frac{1}{\pi}$	0.318310
$\frac{\pi}{2}$	1.570796	$\frac{1}{2\pi}$	0.159155
$\frac{\pi}{3}$	1.047198	$\frac{1}{3\pi}$	0.106103
$\frac{\pi}{4}$	0.785398	$\frac{1}{4\pi}$	0.079577
$\frac{\pi}{6}$	0.523599	$\frac{2}{\pi}$	0.636620
$\frac{\pi}{180} (=1')$	0.017453	$\frac{3}{\pi}$	0.954930
π^2	9.869604	$\frac{4}{\pi}$	1.273240
$\sqrt{\pi}$	1.772454	$\frac{6}{\pi}$	1.909859
$\sqrt{2\pi}$	2.506628	$\frac{1}{\pi^2}$	0.101321
$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$	1.253314	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0.564190
$\sqrt[3]{\pi}$	1.464592	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0.797885
e	2.718282	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0.682784

3. 常用数值的计算

表 1-2 为常用数值计算表。表内包括数的平方、立方、平方根、立方根、倒数、对数、圆周长及圆面积八项数值，凡数 $n = 1 \sim 1000$ 或直径 $d = 0.1 \sim 100$ 范围内的，均可查到。该表的使用方法如下：

(1) 求数的平方 (n^2)、立方 (n^3)、平方根 (\sqrt{n}) 及立方根 ($\sqrt[3]{n}$)

先在表中 n 栏内找到这一数，横向右看，从 n^2 、 n^3 、 \sqrt{n} 及 $\sqrt[3]{n}$ 各栏内，即可分别求得这一数的平方、立方、平方根及立方根的数值。

〔例 1〕求 22 的平方、立方、平方根及立方根的数值。

先从表中 n 栏内找到 22，横向右看，从 n^2 栏内即可求得 $22^2 = 484$ ；同样从 n^3 、 \sqrt{n} 、 $\sqrt[3]{n}$ 各栏内可分别求得： $22^3 = 10648$ ， $\sqrt{22} = 4.6904$ ， $\sqrt[3]{22} = 2.8020$ 。

(2) 求数的倒数 $\left(\frac{1}{n}\right)$ 先在表中 n 栏内找到这一数，横向右看，从 $\frac{1000}{n}$ 栏内可以求得这一数的倒数的 1000 倍数值，然后用 1000 去除，即可求得这一数的倒数。

〔例 2〕求 $\frac{1}{351}$ 的数值。

先在表中 n 栏内找到 351 这一数，横向右看，从 $\frac{1000}{n}$ 栏内可以求得 $\frac{1000}{351} = 2.84900$ ，然后用 1000 来除，即可求得 $\frac{1}{351} = 0.002849$ 。

(3) 求数的对数 ($\lg n$) 先在表中 n 栏内找到这一数，横向右看，从 $\lg n$ 栏中即可求得这一数的对数。

〔例 3〕求 $\lg 200$ 的数值。

先从表中 n 栏内找到 200，从 $\lg n$ 栏中即可求得 $\lg 200 = 2.3010$ 。

(4) 求某一直径的圆周长 ($d\pi$) 及圆面积 $\left(\frac{d^2\pi}{4}\right)$ 先在表中 d 栏内找到这一直径 (或从 n 栏内找到这一直径的 10 倍数值，因为 $d = \frac{n}{10}$)，横向右看，从 $d\pi$ 及 $\frac{d^2\pi}{4}$ 两栏内，即可分别求得这一直径的圆周长和圆面积。

〔例 4〕求直径 22 的圆周长和圆面积。

先从表中 d 栏内找到 22 (或从 n 栏内找到 220)，从 $d\pi$ 和 $\frac{d^2\pi}{4}$ 两栏内即可分别求得直径 22 的圆周长为 69.12，其圆面积为 380.13。

表 1-2 常用数值计算表

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
1	1	1	1.0000	1.0000	1000.000	0.0000	0.1	0.314	0.0079
2	4	8	1.4142	1.2599	500.000	0.3010	2	0.628	0.0314
3	9	27	1.7321	1.4422	333.333	0.4771	3	0.942	0.0707
4	16	64	2.0000	1.5874	250.000	0.6021	4	1.257	0.1257
5	25	125	2.2361	1.7100	200.000	0.6990	5	1.571	0.1964
6	36	216	2.4495	1.8171	166.667	0.7781	6	1.885	0.2827
7	49	343	2.6458	1.9129	142.857	0.8451	7	2.199	0.3848
8	64	512	2.8284	2.0000	125.000	0.9031	8	2.513	0.5027
9	81	729	3.0000	2.0801	111.111	0.9542	9	2.827	0.6362
10	100	1000	3.1623	2.1544	100.000	1.0000	1.0	3.142	0.7854
11	121	1331	3.3166	2.2240	90.9091	1.0414	1	3.456	0.9503
12	144	1728	3.4641	2.2894	83.3333	1.0792	2	3.770	1.1310
13	169	2197	3.6056	2.3513	76.9231	1.1139	3	4.084	1.3273
14	196	2744	3.7417	2.4101	71.4286	1.1461	4	4.398	1.5394
15	225	3375	3.8730	2.4662	66.6667	1.1761	5	4.712	1.7672
16	256	4096	4.0000	2.5198	62.5000	1.2041	6	5.027	2.0106
17	289	4913	4.1231	2.5713	58.8235	1.2304	7	5.341	2.2698
18	324	5832	4.2426	2.6207	55.5556	1.2553	8	5.655	2.5447
19	361	6859	4.3589	2.6684	52.6316	1.2788	9	5.969	2.8353
20	400	8000	4.4721	2.7144	50.0000	1.3010	2.0	6.283	3.1416
21	441	9261	4.5826	2.7589	47.6190	1.3222	1	6.597	3.4636
22	484	10648	4.6904	2.8020	45.4545	1.3424	2	6.912	3.8013
23	529	12167	4.7958	2.8439	43.4783	1.3617	3	7.226	4.1548
24	576	13824	4.8990	2.8845	41.6667	1.3802	4	7.540	4.5239
25	625	15625	5.0000	2.9240	40.0000	1.3979	5	7.854	4.9087

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
26	676	17576	5.0990	2.9625	38.4615	1.4150	6	8.168	5.3093
27	729	19683	5.1962	3.0000	37.0370	1.4314	7	8.482	5.7256
28	784	21952	5.2915	3.0366	35.7143	1.4472	8	8.796	6.1575
29	841	24389	5.3852	3.0723	34.4828	1.4624	9	9.111	6.6052
30	900	27000	5.4772	3.1072	33.3333	1.4771	3.0	9.425	7.0686
31	961	29791	5.5678	3.1414	32.2581	1.4914	1	9.739	7.5477
32	1024	32768	5.6569	3.1748	31.2500	1.5052	2	10.05	8.0425
33	1089	35937	5.7446	3.2075	30.3030	1.5185	3	10.37	8.5530
34	1156	39304	5.8310	3.2396	29.4118	1.5315	4	10.68	9.0792
35	1225	42875	5.9161	3.2711	28.5714	1.5441	5	11.00	9.6211
36	1296	46656	6.0000	3.3019	27.7778	1.5563	6	11.31	10.179
37	1369	50653	6.0828	3.3322	27.0270	1.5682	7	11.62	10.752
38	1444	54872	6.1044	3.3620	26.3158	1.5798	8	11.94	11.341
39	1521	59319	6.2450	3.3912	25.6410	1.5911	9	12.25	11.946
40	1600	64000	6.3245	3.4200	25.0000	1.6021	4.0	12.57	12.566
41	1681	68921	6.4031	3.4482	24.3902	1.6128	1	12.88	13.203
42	1764	74088	6.4807	3.4760	23.8095	1.6232	2	13.19	13.854
43	1849	79507	6.5574	3.5034	23.2558	1.6335	3	13.51	14.522
44	1936	85184	6.6332	3.5303	22.7273	1.6435	4	13.82	15.205
45	2025	91125	6.7082	3.5569	22.2222	1.6532	5	14.14	15.904
46	2116	97336	6.7823	3.5830	21.7391	1.6628	6	14.45	16.619
47	2209	103823	6.8557	3.6088	21.2766	1.6721	7	14.77	17.349
48	2304	110592	6.9282	3.6342	20.8333	1.6812	8	15.08	18.096
49	2401	117649	7.0000	3.6593	20.4082	1.6902	9	15.39	18.857
50	2500	125000	7.0711	3.6840	20.0000	1.6990	5.0	15.71	19.635

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
51	2601	132651	7.1414	3.7084	19.6078	1.7076	5.1	16.02	20.428
52	2704	140608	7.2111	3.7325	19.2308	1.7160	2	16.34	21.237
53	2809	148877	7.2801	3.7563	18.8679	1.7243	3	16.65	22.062
54	2916	157464	7.3485	3.7798	18.5185	1.7324	4	16.96	22.902
55	3025	166375	7.4162	3.8030	18.1818	1.7404	5	17.28	23.758
56	3136	175616	7.4833	3.8259	17.8571	1.7482	6	17.59	24.630
57	3249	185193	7.5498	3.8485	17.5439	1.7559	7	17.91	25.518
58	3364	195112	7.6158	3.8709	17.2414	1.7634	8	18.22	26.421
59	3481	205379	7.6811	3.8930	16.9492	1.7709	9	18.54	27.340
60	3600	216000	7.7460	3.9149	16.6667	1.7782	6.0	18.85	28.274
61	3721	226981	7.8102	3.9365	16.3934	1.7853	1	19.16	29.225
62	3844	238328	7.8740	3.9579	16.1290	1.7924	2	19.48	30.191
63	3969	250047	7.9373	3.9791	15.8730	1.7993	3	19.79	31.172
64	4096	262144	8.0000	4.0000	15.6250	1.8062	4	20.11	32.170
65	4225	274625	8.0623	4.0207	15.3846	1.8129	5	20.42	33.183
66	4356	287496	8.1240	4.0412	15.1515	1.8195	6	20.73	34.212
67	4489	300763	8.1854	4.0615	14.9254	1.8261	7	21.05	35.257
68	4624	314432	8.2462	4.0817	14.7059	1.8325	8	21.36	36.317
69	4761	328509	8.3066	4.1016	14.4928	1.8388	9	21.68	37.393
70	4900	343000	8.3666	4.1213	14.2857	1.8451	7.0	21.99	38.485
71	5041	357911	8.4261	4.1408	14.0845	1.8513	1	22.31	39.592
72	5184	373248	8.4853	4.1602	13.8889	1.8573	2	22.62	40.715
73	5329	389017	8.5440	4.1793	13.6986	1.8633	3	22.93	41.854
74	5476	405224	8.6023	4.1983	13.5135	1.8692	4	23.25	43.008
75	5625	421875	8.6603	4.2172	13.3333	1.8751	5	23.56	44.179

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
76	5776	438976	8.7178	4.2358	13.1579	1.8808	6	23.88	45.365
77	5929	455533	8.7750	4.2543	12.9870	1.8865	7	24.19	46.566
78	6084	474552	8.8318	4.2727	12.8205	1.8921	8	24.50	47.784
79	6241	493039	8.8882	4.2908	12.6582	1.8976	9	24.82	49.017
80	6400	512000	8.9443	4.3089	12.5000	1.9031	8.0	25.13	50.266
81	6561	531441	9.0000	4.3267	12.3457	1.9085	1	25.45	51.530
82	6724	551368	9.0554	4.3445	12.1951	1.9138	2	25.76	52.810
83	6889	571787	9.1104	4.3621	12.0482	1.9191	3	26.08	54.106
84	7056	592704	9.1652	4.3795	11.9048	1.9243	4	26.39	55.418
85	7225	614125	9.2195	4.3968	11.7647	1.9294	5	26.70	56.745
86	7396	636056	9.2736	4.4140	11.6279	1.9345	6	27.02	58.088
87	7569	658503	9.3274	4.4310	11.4943	1.9395	7	27.33	59.447
88	7744	681472	9.3808	4.4480	11.3636	1.9445	8	27.65	60.821
89	7921	704969	9.4340	4.4647	11.2360	1.9494	9	27.96	62.211
90	8100	729000	9.4868	4.4814	11.1111	1.9542	9.0	28.27	63.617
91	8281	753571	9.5394	4.4979	10.9890	1.9590	1	28.59	65.039
92	8464	778688	9.5917	4.5144	10.8696	1.9638	2	28.90	66.476
93	8649	804357	9.6437	4.5307	10.7527	1.9685	3	29.22	67.929
94	8836	830584	9.6954	4.5468	10.6383	1.9731	4	29.53	69.398
95	9025	857375	9.7468	4.5629	10.5263	1.9777	5	29.85	70.882
96	9216	884736	9.7980	4.5789	10.4167	1.9823	6	30.16	72.382
97	9409	912673	9.8489	4.5947	10.3093	1.9868	7	30.47	73.898
98	9604	941192	9.8995	4.6104	10.2041	1.9912	8	30.79	75.430
99	9801	970299	9.9499	4.6261	10.1010	1.9956	9	31.10	76.977
100	10000	1000000	10.0000	4.6416	10.0000	2.0000	10.0	31.42	78.540

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
101	10201	1030301	10.0499	4.6570	9.90099	2.0043	10.1	31.73	80.110
102	10404	1061208	10.0995	4.5723	9.80392	2.0086	2	32.04	81.713
103	10609	1092727	10.1489	4.6875	9.70874	2.0128	3	32.35	83.323
104	10816	1124864	10.1980	4.7027	9.61536	2.0170	4	32.67	84.949
105	11025	1157625	10.2470	4.7177	9.52381	2.0212	5	32.99	86.590
106	11236	1191016	10.2956	4.7326	9.43396	2.0253	6	33.30	88.247
107	11449	1225043	10.3441	4.7475	9.34579	2.0294	7	33.62	89.920
108	11664	1259712	10.3923	4.7622	9.25926	2.0334	8	33.93	91.609
109	11881	1295029	10.4403	4.7769	9.17431	2.0374	9	34.24	93.313
110	12100	1331000	10.4881	4.7914	9.09091	2.0414	11.0	34.56	95.033
111	12321	1367631	10.5357	4.8059	9.00901	2.0453	1	34.87	96.769
112	12544	1404928	10.5830	4.8203	8.92857	2.0492	2	35.19	98.520
113	12769	1442897	10.6301	4.8346	8.84956	2.0531	3	35.50	100.287
114	12996	1481544	10.6771	4.8488	8.77193	2.0569	4	35.81	102.070
115	13225	1520875	10.7238	4.8629	8.69565	2.0607	5	36.13	103.869
116	13456	1560896	10.7703	4.8770	8.62069	2.0645	6	36.44	105.683
117	13689	1601613	10.8167	4.8910	8.54701	2.0682	7	36.76	107.513
118	13924	1643032	10.8628	4.9049	8.47458	2.0719	8	37.07	109.359
119	14161	1685159	10.9087	4.9187	8.40336	2.0755	9	37.38	111.220
120	14400	1728000	10.9545	4.9324	8.33333	2.0792	12.0	37.70	113.097
121	14641	1771561	11.0000	4.9461	8.26446	2.0828	1	38.01	114.990
122	14884	1815848	11.0454	4.9597	8.19672	2.0864	2	38.33	116.899
123	15129	1860867	11.0905	4.9732	8.13008	2.0899	3	38.64	118.823
124	15376	1906624	11.1355	4.9866	8.06452	2.0934	4	38.96	120.763
125	15625	1953125	11.1803	5.0000	8.00000	2.0969	5	39.27	122.718

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
126	15876	2000376	11.2250	5.0133	7.93651	2.1004	6	39.58	124.590
127	16129	2048383	11.2694	5.0285	7.87402	2.1038	7	39.90	126.677
128	16384	2097152	11.3137	5.0397	7.81250	2.1072	8	40.21	128.680
129	16641	2146689	11.3578	5.0528	7.75194	2.1106	9	40.53	130.698
130	16900	2197000	11.4018	5.0658	7.69231	2.1139	13.0	40.84	132.732
131	17161	2248091	11.4455	5.0788	7.63359	2.1173	1	41.15	134.782
132	17424	2299968	11.4891	5.0916	7.57576	2.1206	2	41.47	136.848
133	17689	2352637	11.5326	5.1045	7.51880	2.1239	3	41.78	138.929
134	17956	2406104	11.5758	5.1172	7.46269	2.1271	4	42.10	141.026
135	18225	2460375	11.6190	5.1299	7.40741	2.1303	5	42.41	143.139
136	18496	2515456	11.6619	5.1426	7.35294	2.1335	6	42.73	145.267
137	18769	2571353	11.7047	5.1551	7.29927	2.1367	7	43.04	147.411
138	19044	2628072	11.7473	5.1676	7.24638	2.1399	8	43.35	149.571
139	19321	2685619	11.7898	5.1801	7.19424	2.1430	9	43.67	151.747
140	19600	2744000	11.8322	5.1925	7.14286	2.1461	14.0	43.98	153.938
141	19881	2803221	11.8743	5.2048	7.09220	2.1492	1	44.30	156.145
142	20164	2863288	11.9164	5.2171	7.04225	2.1523	2	44.61	158.368
143	20449	2924207	11.9583	5.2293	6.99301	2.1553	3	44.92	160.606
144	20736	2985984	12.0000	5.2415	6.94444	2.1584	4	45.24	162.860
145	21025	3048625	12.0416	5.2536	6.89655	2.1614	5	45.55	165.130
146	21316	3112136	12.0830	5.2656	6.84932	2.1644	6	45.87	167.415
147	21609	3176523	12.1244	5.2776	6.80272	2.1673	7	46.18	169.717
148	21904	3241792	12.1655	5.2896	6.75676	2.1703	8	46.50	172.034
149	22201	3307949	12.2066	5.3015	6.71141	2.1732	9	46.81	174.366
150	22500	3375000	12.2474	5.3133	6.66667	2.1761	15.0	47.12	176.715

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
151	22801	3442951	12.2882	5.3251	6.62252	2.1790	15.1	47.44	179.079
152	23104	3511808	12.3288	5.3368	6.57895	2.1818	2	47.75	181.458
153	23409	3581577	12.3693	5.3485	6.53595	2.1847	3	48.07	183.854
154	23716	3652264	12.4097	5.3601	6.49351	2.1875	4	48.38	186.265
155	24025	3723875	12.4499	5.3717	6.45161	2.1903	5	48.69	188.692
156	24336	3796416	12.4900	5.3832	6.41026	2.1931	6	49.01	191.13
157	24649	3869893	12.5300	5.3947	6.36943	2.1959	7	49.32	193.59
158	24964	3944312	12.5698	5.4061	6.32911	2.1987	8	49.64	196.07
159	25281	4019679	12.6095	5.4175	6.28931	2.2014	9	49.95	198.56
160	25600	4096000	12.6491	5.4288	6.25000	2.2041	16.0	50.27	201.06
161	25921	4173281	12.6886	5.4401	6.21118	2.2068	1	50.58	203.58
162	26244	4251528	12.7279	5.4514	6.17284	2.2095	2	50.89	206.12
163	26569	4330747	12.7671	5.4626	6.13497	2.2122	3	51.21	208.67
164	26896	4410944	12.8062	5.4737	6.09756	2.2148	4	51.52	211.24
165	27225	4492125	12.8452	5.4848	6.06061	2.2175	5	51.84	213.82
166	27556	4574296	12.8841	5.4959	6.02410	2.2201	6	52.15	216.42
167	27889	4657463	12.9228	5.5069	5.98802	2.2227	7	52.46	219.04
168	28224	4741632	12.9615	5.5178	5.95238	2.2253	8	52.78	221.67
169	28561	4826809	13.0000	5.5288	5.91716	2.2279	9	53.09	224.32
170	28900	4913000	13.0384	5.5397	5.88235	2.2304	17.0	53.41	226.98
171	29241	5000211	13.0767	5.5505	5.84795	2.2330	1	53.72	229.66
172	29584	5088448	13.1149	5.5613	5.81395	2.2355	2	54.04	232.35
173	29929	5177717	13.1529	5.5721	5.78035	2.2380	3	54.35	235.06
174	30276	5268024	13.1909	5.5828	5.74713	2.2405	4	54.66	237.79
175	30625	5359375	13.2288	5.5934	5.71429	2.2430	5	54.98	240.53

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
175	30976	5451776	13.2665	5.6041	5.68182	2.2455	6	55.29	243.28
177	31329	5545233	13.3041	5.6147	5.64972	2.2480	7	55.61	246.06
178	31684	5639752	13.3417	5.6252	5.61798	2.2504	8	55.92	248.85
179	32041	5735339	13.3791	5.6357	5.58659	2.2529	9	56.23	251.65
180	32400	5832000	13.4164	5.6462	5.55556	2.2553	18.0	56.55	254.47
181	32761	5929741	13.4536	5.6567	5.52486	2.2577	1	56.86	257.30
182	33124	6028568	13.4907	5.6671	5.49451	2.2601	2	57.18	260.16
183	33489	6128487	13.5277	5.6774	5.46448	2.2625	3	57.49	263.02
184	33856	6229504	13.5647	5.6877	5.43478	2.2648	4	57.81	265.90
185	34225	6331625	13.6015	5.6980	5.40541	2.2672	5	58.12	268.80
186	34596	6434856	13.6382	5.7083	5.37634	2.2695	6	58.43	271.72
187	34969	6539203	13.6748	5.7185	5.34759	2.2718	7	58.75	274.65
188	35344	6644672	13.7113	5.7287	5.31915	2.2742	8	59.06	277.59
189	35721	6751269	13.7477	5.7388	5.29101	2.2765	9	59.38	280.55
190	36100	6859000	13.7840	5.7489	5.26316	2.2788	19.0	59.69	283.53
191	36481	6967871	13.8203	5.7590	5.23560	2.2810	1	60.00	286.52
192	36864	7077888	13.8564	5.7690	5.20833	2.2833	2	60.32	289.53
193	37249	7189057	13.8924	5.7790	5.18135	2.2856	3	60.63	292.55
194	37636	7301384	13.9284	5.7890	5.15464	2.2878	4	60.95	295.59
195	38025	7414875	13.9642	5.7989	5.12821	2.2900	5	61.26	298.65
196	38416	7529536	14.0000	5.8088	5.10204	2.2923	6	61.58	301.72
197	38809	7645373	14.0357	5.8186	5.07614	2.2945	7	61.89	304.81
198	39204	7762392	14.0712	5.8285	5.05051	2.2967	8	62.20	307.91
199	39601	7880599	14.1067	5.8383	5.02513	2.2989	9	62.52	311.03
200	40000	8000000	14.1421	5.8480	5.00000	2.3010	20.0	62.83	314.15

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
201	40401	8120601	14.1774	5.8578	4.97512	2.3032	20.1	63.15	317.31
202	40804	8242408	14.2127	5.8675	4.95050	2.3054	2	63.46	320.47
203	41209	8365427	14.2478	5.8771	4.92611	2.3075	3	63.77	323.65
204	41616	8489664	14.2829	5.8868	4.90196	2.3096	4	64.09	326.85
205	42025	8615125	14.3178	5.8964	4.87805	2.3118	5	64.40	330.06
206	42436	8741816	14.3527	5.9059	4.85437	2.3139	6	64.72	333.29
207	42849	8869743	14.3875	5.9155	4.83092	2.3160	7	65.03	336.54
208	43264	8998912	14.4222	5.9250	4.80769	2.3181	8	65.35	339.79
209	43681	9129329	14.4568	5.9345	4.78469	2.3202	9	65.66	343.07
210	44100	9261000	14.4914	5.9439	4.76190	2.3222	21.0	65.97	346.36
211	44521	9393931	14.5258	5.9533	4.73934	2.3243	1	66.29	349.67
212	44944	9528128	14.5602	5.9627	4.71698	2.3263	2	66.60	352.99
213	45369	9663597	14.5945	5.9721	4.69484	2.3284	3	66.92	356.33
214	45796	9800344	14.6287	5.9814	4.67290	2.3304	4	67.23	359.68
215	46225	9938375	14.6629	5.9907	4.65116	2.3324	5	67.54	363.05
216	46656	10077696	14.6969	6.0000	4.62963	2.3344	6	67.86	366.44
217	47089	10218313	14.7309	6.0092	4.60829	2.3365	7	68.17	369.84
218	47524	10360232	14.7648	6.0185	4.58716	2.3385	8	68.49	373.25
219	47961	10503459	14.7986	6.0277	4.56621	2.3404	9	68.80	376.68
220	48400	10648000	14.8324	6.0368	4.54545	2.3424	22.0	69.12	380.13
221	48841	10793861	14.8661	6.0459	4.52489	2.3444	1	69.43	383.60
222	49284	10941048	14.8997	6.0550	4.50450	2.3464	2	69.74	387.08
223	49729	11089567	14.9332	6.0641	4.48430	2.3483	3	70.06	390.57
224	50176	11239424	14.9666	6.0732	4.46429	2.3502	4	70.37	394.08
225	50625	11390625	15.0000	6.0822	4.44444	2.3522	5	70.69	397.61

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
226	51076	11543176	15.0333	6.0912	4.42478	2.3541	6	71.00	401.15
227	51529	11697083	15.0665	6.1002	4.40529	2.3560	7	71.31	404.71
228	51984	11852352	15.0997	6.1091	4.38596	2.3579	8	71.63	408.28
229	52441	12008989	15.1327	6.1180	4.36681	2.3598	9	71.94	411.87
230	52900	12167000	15.1658	6.1269	4.34783	2.3617	23.0	72.26	415.48
231	53361	12326391	15.1987	6.1358	4.32900	2.3636	1	72.57	419.10
232	53824	12487168	15.2315	6.1446	4.31034	2.3655	2	72.88	422.73
233	54289	12649337	15.2643	6.1534	4.29185	2.3674	3	73.20	426.38
234	54756	12812904	15.2971	6.1622	4.27350	2.3692	4	73.51	430.05
235	55225	12977875	15.3297	6.1710	4.25532	2.3711	5	73.83	433.74
236	55696	13144256	15.3623	6.1797	4.23729	2.3729	6	74.14	437.44
237	56169	13312053	15.3948	6.1885	4.21941	2.3747	7	74.46	441.15
238	56644	13481272	15.4272	6.1972	4.20168	2.3766	8	74.77	444.88
239	57121	13651919	15.4596	6.2058	4.18410	2.3784	9	75.08	448.63
240	57600	13824000	15.4919	6.2145	4.16667	2.3802	24.0	75.40	452.39
241	58081	13997521	15.5242	6.2231	4.14938	2.3820	1	75.71	456.17
242	58564	14172488	15.5563	6.2317	4.13223	2.3838	2	76.03	459.96
243	59049	14348907	15.5885	6.2403	4.11523	2.3856	3	76.34	463.77
244	59536	14526784	15.6205	6.2488	4.09836	2.3874	4	76.65	467.59
245	60025	14706125	15.6525	6.2573	4.08163	2.3892	5	76.97	471.44
246	60516	14886936	15.6844	6.2658	4.06504	2.3909	6	77.28	475.29
247	61009	15069223	15.7162	6.2743	4.04858	2.3927	7	77.60	479.16
248	61504	15252992	15.7480	6.2828	4.03226	2.3945	8	77.91	483.05
249	62001	15438249	15.7797	6.2912	4.01606	2.3962	9	78.23	486.95
250	62500	15625000	15.8114	6.2996	4.00000	2.3979	25.0	78.54	490.87

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
251	63001	15813251	15.8430	6.3080	3.98406	2.3997	25.1	78.85	494.81
252	63504	16003008	15.8745	6.3164	3.96825	2.4014	2	79.17	498.76
253	64009	16194277	15.9060	6.3247	3.95257	2.4031	3	79.48	502.73
254	64516	16387064	15.9374	6.3330	3.93701	2.4048	4	79.80	506.71
255	65025	16581375	15.9687	6.3413	3.92157	2.4065	5	80.11	510.91
256	65536	16777216	16.0000	6.3496	3.90625	2.4082	6	80.42	514.72
257	66049	16974593	16.0312	6.3579	3.89105	2.4099	7	80.74	518.75
258	66564	17173512	16.0624	6.3661	3.87597	2.4116	8	81.05	522.79
259	67081	17373979	16.0935	6.3743	3.86100	2.4133	9	81.37	526.85
260	67600	17576000	16.1245	6.3825	3.84615	2.4150	26.0	81.68	530.93
261	68121	17779581	16.1555	6.3907	3.83142	2.4166	1	82.00	535.02
262	68644	17984728	16.1864	6.3988	3.81679	2.4183	2	82.31	539.13
263	69169	18191447	16.2173	6.4070	3.80228	2.4200	3	82.62	543.25
264	69696	18399744	16.2481	6.4151	3.78788	2.4216	4	82.94	547.39
265	70225	18609625	16.2788	6.4232	3.77358	2.4232	5	83.25	551.55
266	70756	18821096	16.3095	6.4312	3.75940	2.4249	6	83.57	555.72
267	71289	19034163	16.3401	6.4393	3.74532	2.4265	7	83.88	559.90
268	71824	19248832	16.3707	6.4473	3.73134	2.4281	8	84.19	564.10
269	72361	19465109	16.4012	6.4553	3.71747	2.4298	9	84.51	568.32
270	72900	19683000	16.4317	6.4633	3.70370	2.4314	27.0	84.82	572.56
271	73441	19902511	16.4621	6.4713	3.69004	2.4330	1	85.14	576.80
272	73984	20123648	16.4924	6.4792	3.67647	2.4346	2	85.45	581.07
273	74529	20346417	16.5227	6.4872	3.66300	2.4362	3	85.77	585.35
274	75076	20570824	16.5529	6.4951	3.64964	2.4378	4	86.08	589.65
275	75625	20796875	16.5831	6.5030	3.63636	2.4393	5	86.39	593.96

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
276	76176	21024576	16.6132	6.5108	3.62319	2.4409	6	86.71	598.28
277	76729	21253933	16.6433	6.5187	3.61011	2.4425	7	87.02	602.6
278	77284	21484952	16.6733	6.5265	3.59712	2.4440	8	87.34	606.99
279	77841	21717639	16.7033	6.5343	3.58423	2.4456	9	87.65	611.36
280	78400	21952000	16.7332	6.5421	3.57143	2.4472	28.0	87.96	615.75
281	78961	22188041	16.7631	6.5499	3.55872	2.4487	1	88.28	620.16
282	79524	22425768	16.7929	6.5577	3.54610	2.4502	2	88.59	624.58
283	80089	22665187	16.8226	6.5654	3.53357	2.4518	3	88.91	629.02
284	80656	22906304	16.8523	6.5731	3.52113	2.4533	4	89.22	633.47
285	81225	23149125	16.8819	6.5808	3.50877	2.4548	5	89.54	637.94
286	81796	23393656	16.9115	6.5885	3.49650	2.4564	6	89.85	642.42
287	82369	23639903	16.9411	6.5962	3.48432	2.4579	7	90.16	646.92
288	82944	23887872	16.9706	6.6039	3.47222	2.4594	8	90.48	651.44
289	83521	24137569	17.0000	6.6115	3.46021	2.4609	9	90.79	655.97
290	84100	24389000	17.0294	6.6191	3.44828	2.4624	29.0	91.11	660.52
291	84681	24642171	17.0587	6.6267	3.43643	2.4639	1	91.42	665.08
292	85264	24897088	17.0880	6.6343	3.42466	2.4654	2	91.73	669.56
293	85849	25153757	17.1172	6.6419	3.41297	2.4669	3	92.05	674.26
294	86436	25412184	17.1464	6.6494	3.40136	2.4683	4	92.36	678.87
295	87025	25672375	17.1756	6.6569	3.38983	2.4698	5	92.68	683.49
296	87616	25934336	17.2047	6.6644	3.37838	2.4713	6	92.99	688.13
297	88209	26198073	17.2337	6.6719	3.36700	2.4728	7	93.31	692.79
298	88804	26463592	17.2627	6.6794	3.35570	2.4742	8	93.62	697.47
299	89401	26730899	17.2916	6.6869	3.34448	2.4757	9	93.93	702.15
300	90000	27000000	17.3205	6.6943	3.33333	2.4771	30.0	94.25	706.86

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
301	90601	27270901	17.3494	6.7018	3.32226	2.4796	30.1	94.56	711.58
302	91204	27543608	17.3781	6.7092	3.31126	2.4800	2	94.88	716.31
303	91809	27818127	17.4069	6.7166	3.30033	2.4814	3	95.19	721.07
304	92416	28094464	17.4356	6.7240	3.28947	2.4829	4	95.50	725.83
305	93025	28372625	17.4642	6.7313	3.27869	2.4843	5	95.82	730.62
306	93636	28652616	17.4929	6.7387	3.26797	2.4857	6	96.13	735.42
307	94249	28934443	17.5214	6.7460	3.25733	2.4871	7	96.45	740.23
308	94864	29218112	17.5499	6.7533	3.24675	2.4886	8	96.76	745.06
309	95481	29503629	17.5784	6.7606	3.23625	2.4900	9	97.08	749.91
310	96100	29791000	17.6068	6.7679	3.22581	2.4914	31.0	97.39	754.77
311	96721	30080231	17.6352	6.7752	3.21543	2.4928	1	97.70	759.64
312	97344	30371328	17.6635	6.7824	3.20513	2.4942	2	98.02	764.54
313	97969	30664297	17.6918	6.7897	3.19489	2.4955	3	98.33	769.45
314	98596	30959144	17.7200	6.7969	3.18471	2.4969	4	98.65	774.37
315	99225	31255875	17.7482	6.8041	3.17460	2.4983	5	98.96	779.31
316	99856	31554496	17.7764	6.8113	3.16456	2.4997	6	99.27	784.27
317	100489	31855013	17.8045	6.8185	3.15457	2.5011	7	99.59	789.24
318	101124	32157432	17.8326	6.8256	3.14465	2.5024	8	99.90	794.23
319	101761	32461759	17.8606	6.8328	3.13480	2.5038	9	100.22	799.23
320	102400	32768000	17.8885	6.8399	3.12500	2.5051	32.0	100.53	804.25
321	103041	33076161	17.9165	6.8470	3.11526	2.5065	1	100.8	809.28
322	103684	33386248	17.9444	6.8541	3.10559	2.5079	2	101.2	814.33
323	104329	33698267	17.9722	6.8612	3.09598	2.5092	3	101.5	819.40
324	104976	34012224	18.0000	6.8683	3.08642	2.5105	4	101.8	824.48
325	105625	34328125	18.0278	6.8753	3.07692	2.5119	5	102.1	829.58

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
326	106276	34645976	18.0555	6.8824	3.06748	2.5132	6	102.4	834.69
327	106929	34965783	18.0831	6.8894	3.05810	2.5145	7	102.7	839.82
328	107584	35287552	18.1108	6.8964	3.04878	2.5159	8	103.0	844.96
329	108241	35611289	18.1384	6.9034	3.03951	2.5172	9	103.4	850.12
330	108900	35937000	18.1659	6.9104	3.03030	2.5185	33.0	103.7	855.30
331	109561	36264691	18.1934	6.9174	3.02115	2.5198	1	104.0	860.49
332	110224	36594368	18.2209	6.9244	3.01205	2.5211	2	104.3	865.70
333	110889	36926037	18.2483	6.9313	3.00300	2.5224	3	104.6	870.92
334	111556	37259704	18.2757	6.9382	2.99401	2.5237	4	104.9	876.16
335	112225	37595375	18.3030	6.9451	2.98507	2.5250	5	105.2	881.41
336	112896	37933056	18.3303	6.9521	2.97619	2.5263	6	105.6	886.68
337	113569	38272753	18.3576	6.9589	2.96736	2.5276	7	105.9	891.97
338	114244	38614472	18.3848	6.9658	2.95858	2.5289	8	106.2	897.27
339	114921	38958319	18.4120	6.9727	2.94985	2.5302	9	106.5	902.59
340	115600	39304000	18.4391	6.9795	2.94118	2.5315	34.0	106.8	907.92
341	116281	39651821	18.4662	6.9864	2.93255	2.5328	1	107.1	913.27
342	116964	40001688	18.4932	6.9932	2.92398	2.5340	2	107.4	918.63
343	117649	40353607	18.5203	7.0000	2.91545	2.5353	3	107.8	924.01
344	118336	40707584	18.5472	7.0068	2.90698	2.5366	4	108.1	929.41
345	119025	41063625	18.5742	7.0136	2.89855	2.5378	5	108.4	934.82
346	119716	41421736	18.6011	7.0203	2.89017	2.5391	6	108.7	940.25
347	120409	41781923	18.6279	7.0271	2.88184	2.5403	7	109.0	945.69
348	121104	42144192	18.6548	7.0338	2.87356	2.5416	8	109.3	951.15
349	121801	42508549	18.6815	7.0406	2.86533	2.5428	9	109.6	956.62
350	122500	42875000	18.7083	7.0473	2.85714	2.5441	35.0	110.0	962.11

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
351	123201	43243551	18.7350	7.0540	2.84900	2.5453	35.1	110.3	967.62
352	123904	43614208	18.7617	7.0607	2.84091	2.5465	2	110.6	973.14
353	124609	43986977	18.7883	7.0674	2.83286	2.5478	3	110.9	978.18
354	125316	44361864	18.8149	7.0740	2.82486	2.5490	4	111.2	984.23
355	126025	44738875	18.8414	7.0807	2.81690	2.5502	5	111.5	989.80
356	126736	45118016	18.8680	7.0873	2.80899	2.5514	6	111.8	995.38
357	127449	45499293	18.8944	7.0940	2.80112	2.5527	7	112.2	1000.98
358	128164	45882712	18.9209	7.1006	2.79330	2.5539	8	112.5	1006.60
359	128881	46268279	18.9473	7.1072	2.78552	2.5551	9	112.8	1012.23
360	129600	46656000	18.9737	7.1138	2.77778	2.5563	36.0	113.1	1017.87
361	130321	47045881	19.0000	7.1204	2.77008	2.5575	1	113.4	1023.54
362	131044	47437928	19.0263	7.1269	2.76243	2.5587	2	113.7	1029.22
363	131769	47832147	19.0526	7.1335	2.75482	2.5599	3	114.0	1034.91
364	132496	48228544	19.0788	7.1400	2.74725	2.5611	4	114.4	1040.62
365	133225	48627125	19.1050	7.1466	2.73973	2.5623	5	114.7	1046.35
366	133956	49027896	19.1311	7.1531	2.73224	2.5635	6	115.0	1052.09
367	134689	49430863	19.1572	7.1596	2.72480	2.5647	7	115.3	1057.85
368	135424	49836032	19.1833	7.1661	2.71730	2.5658	8	115.6	1063.62
369	136161	50243409	19.2094	7.1726	2.71003	2.5670	9	115.9	1069.41
370	136900	50653000	19.2354	7.1791	2.70270	2.5682	37.0	116.2	1075.21
371	137641	51064811	19.2614	7.1855	2.69542	2.5694	1	116.6	1081.03
372	138384	51478848	19.2873	7.1920	2.68817	2.5705	2	116.9	1086.87
373	139129	51895117	19.3132	7.1984	2.68097	2.5717	3	117.2	1092.72
374	139876	52313624	19.3391	7.2048	2.67380	2.5729	4	117.5	1098.58
375	140625	52734375	19.3649	7.2112	2.66667	2.5740	5	117.8	1104.47

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
376	141376	53157376	19.3907	7.2177	2.65957	2.5752	6	118.1	1110.4
377	142129	53582633	19.4165	7.2240	2.65252	2.5763	7	118.4	1116.3
378	142884	54010152	19.4422	7.2304	2.64550	2.5775	8	118.8	1122.2
379	143641	54439939	19.4679	7.2068	2.63852	2.5786	9	119.1	1128.1
380	144400	54872000	19.4936	7.2432	2.63158	2.5798	38.0	119.4	1134.1
381	145161	55306341	19.5192	7.2495	2.62467	2.5809	1	119.7	1140.1
382	145924	55742968	19.5448	7.2558	2.61780	2.5821	2	120.0	1146.1
383	146689	56181887	19.5704	7.2622	2.61097	2.5832	3	120.3	1152.1
384	147456	56623104	19.5959	7.2685	2.60417	2.5843	4	120.6	1158.1
385	148225	57066255	19.6214	7.2748	2.59740	2.5855	5	121.0	1164.2
386	148996	57512456	19.6469	7.2811	2.59067	2.5866	6	121.3	1170.2
387	149769	57960603	19.6723	7.2874	2.58398	2.5877	7	121.6	1176.3
388	150544	58411072	19.6977	7.2936	2.57732	2.5888	8	121.9	1182.4
389	151321	58863860	19.7231	7.2999	2.57069	2.5899	9	122.2	1188.5
390	152100	59319000	19.7484	7.3061	2.56410	2.5911	39.0	122.5	1194.6
391	152881	59776471	19.7737	7.3124	2.55754	2.5922	1	122.8	1200.7
392	153664	60236288	19.7990	7.3186	2.55102	2.5933	2	123.2	1206.9
393	154449	60698457	19.8242	7.3248	2.54453	2.5944	3	123.5	1213.0
394	155236	61162984	19.8494	7.3310	2.53807	2.5955	4	123.8	1219.2
395	156025	61629875	19.8746	7.3372	2.53165	2.5966	5	124.1	1225.4
396	156816	62099136	19.8997	7.3434	2.52525	2.5977	6	124.4	1231.6
397	157609	62570773	19.9249	7.3496	2.51889	2.5988	7	124.7	1237.9
398	158404	63044792	19.9499	7.3558	2.51256	2.5999	8	125.0	1244.1
399	159201	63521199	19.9750	7.3619	2.50627	2.6010	9	125.3	1250.4
400	160000	64000000	20.0000	7.3681	2.50000	2.6021	40.0	125.7	1256.6

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
401	160801	64481201	20.0250	7.3742	2.49377	2.6031	40.1	126.0	1262.9
402	161604	64964808	20.0499	7.3803	2.48756	2.6042	2	126.3	1269.2
403	162409	65450827	20.0749	7.3864	2.48139	2.6053	3	126.6	1275.6
404	163216	65939264	20.0998	7.3925	2.47525	2.6064	4	126.9	1281.9
405	164025	66430125	20.1246	7.3986	2.46914	2.6075	5	127.2	1288.2
406	164836	66923416	20.1494	7.4047	2.46305	2.6085	6	127.5	1294.6
407	165649	67419143	20.1742	7.4108	2.45700	2.6096	7	127.9	1301.0
408	166464	67917312	20.1990	7.4169	2.45098	2.6107	8	128.2	1307.4
409	167281	68417929	20.2237	7.4229	2.44499	2.6117	9	128.5	1313.3
410	168100	68921000	20.2485	7.4290	2.43902	2.6128	41.0	128.8	1320.3
411	168921	69426531	20.2731	7.4350	2.43309	2.6138	1	129.1	1326.7
412	169744	69934528	20.2978	7.4410	2.42718	2.6149	2	129.4	1333.2
413	170569	70444997	20.3224	7.4470	2.42131	2.6160	3	129.7	1339.6
414	171396	70957944	20.3470	7.4530	2.41546	2.6170	4	130.1	1346.1
415	172225	71473375	20.3715	7.4590	2.40964	2.6180	5	130.4	1352.7
416	173056	71991296	20.3961	7.4650	2.40385	2.6191	6	130.7	1359.2
417	173889	72511713	20.4206	7.4710	2.39808	2.6201	7	131.0	1365.7
418	174724	73034632	20.4450	7.4770	2.39234	2.6212	8	131.3	1372.3
419	175561	73560059	20.4695	7.4829	2.38663	2.6222	9	131.6	1378.9
420	176400	74088000	20.4939	7.4889	2.38095	2.6232	42.0	131.9	1385.4
421	177241	74618461	20.5183	7.4948	2.37530	2.6243	1	132.3	1392.0
422	178084	75151448	20.5426	7.5007	2.36967	2.6253	2	132.6	1398.7
423	178929	75686967	20.5670	7.5067	2.36407	2.6263	3	132.9	1405.3
424	179776	76225024	20.5913	7.5126	2.35849	2.6274	4	133.2	1412.0
425	180625	76765625	20.6155	7.5185	2.35294	2.6284	5	133.5	1418.6

(续)

n	π^2	π^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
426	181476	77308776	20.6398	7.5244	2.34742	2.6294	6	133.8	1425.3
427	182329	77854483	20.6640	7.5302	2.34192	2.6304	7	134.1	1432.0
428	183184	78402752	20.6882	7.5361	2.33645	2.6314	8	134.5	1438.7
429	184041	78953589	20.7123	7.5420	2.33100	2.6325	9	134.8	1445.5
430	184900	79507000	20.7364	7.5478	2.32558	2.6335	43.0	135.1	1452.2
431	185761	80062991	20.7605	7.5537	2.32019	2.6345	1	135.4	1459.0
432	186624	80621568	20.7846	7.5595	2.31481	2.6355	2	135.7	1465.7
433	187489	81182737	20.8087	7.5654	2.30947	2.6365	3	136.0	1472.5
434	188356	81746504	20.8327	7.5712	2.30415	2.6375	4	136.3	1479.3
435	189225	82312875	20.8567	7.5770	2.29885	2.6385	5	136.7	1486.2
436	190096	82881856	20.8806	7.5828	2.29358	2.6395	6	137.0	1493.0
437	190969	83453453	20.9045	7.5886	2.28833	2.6405	7	137.3	1499.9
438	191844	84027672	20.9284	7.5944	2.28311	2.6415	8	137.6	1506.7
439	192721	84604519	20.9523	7.6001	2.27790	2.6425	9	137.9	1513.6
440	193600	85184000	20.9762	7.6059	2.27273	2.6435	44.0	138.2	1520.5
441	194481	85766121	21.0000	7.6117	2.26757	2.6444	1	138.5	1527.5
442	195364	86350888	21.0238	7.6174	2.26244	2.6454	2	138.9	1534.4
443	196249	86938307	21.0476	7.6232	2.25734	2.6464	3	139.2	1541.3
444	197136	87528384	21.0713	7.6289	2.25225	2.6474	4	139.5	1548.3
445	198025	88121125	21.0950	7.6346	2.24719	2.6484	5	139.8	1555.3
446	198916	88716536	21.1187	7.6403	2.24215	2.6493	6	140.1	1562.3
447	199809	89314623	21.1424	7.6460	2.23714	2.6503	7	140.4	1569.3
448	200704	89915392	21.1660	7.6517	2.23214	2.6513	8	140.7	1576.3
449	201601	90518849	21.1896	7.6574	2.22717	2.6523	9	141.1	1583.4
450	202500	91125000	21.2132	7.6631	2.22222	2.6532	45.0	141.4	1590.4

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
451	203401	91733851	21.2368	7.6688	2.21729	2.6542	45.1	141.7	1597.5
452	204304	92345408	21.2603	7.6744	2.21239	2.6551	2	142.0	1604.6
453	205209	92959677	21.2838	7.6801	2.20751	2.6561	3	142.3	1611.7
454	206116	93576664	21.3073	7.6857	2.20264	2.6571	4	142.6	1618.8
455	207025	94196375	21.3307	7.6914	2.19780	2.6580	5	142.9	1626.0
456	207936	94818816	21.3542	7.6970	2.19298	2.6590	6	143.3	1633.1
457	208849	95443993	21.3776	7.7026	2.18818	2.6599	7	143.6	1640.3
458	209764	96071912	21.4009	7.7082	2.18341	2.6609	8	143.9	1647.5
459	210681	96702579	21.4243	7.7138	2.17865	2.6618	9	144.2	1654.7
460	211600	97336000	21.4476	7.7194	2.17391	2.6628	46.0	144.5	1661.9
461	212521	97972181	21.4709	7.7250	2.16920	2.6637	1	144.8	1669.1
462	213444	98611128	21.4942	7.7306	2.16450	2.6646	2	145.1	1676.4
463	214369	99252847	21.5174	7.7362	2.15983	2.6655	3	145.5	1683.7
464	215296	99897344	21.5407	7.7418	2.15517	2.6665	4	145.8	1690.9
465	216225	100544625	21.5639	7.7473	2.15054	2.6675	5	146.1	1698.2
466	217156	101194696	21.5870	7.7529	2.14592	2.6684	6	146.4	1705.5
467	218089	101847563	21.6102	7.7584	2.14133	2.6693	7	146.7	1712.9
468	219024	102503232	21.6333	7.7639	2.13675	2.6702	8	147.0	1720.2
469	219961	103161709	21.6564	7.7695	2.13220	2.6712	9	147.3	1727.6
470	220900	103823000	21.6795	7.7750	2.12766	2.6721	47.0	147.7	1734.9
471	221841	104487111	21.7025	7.7805	2.12314	2.6730	1	148.0	1742.3
472	222784	105154048	21.7256	7.7860	2.11864	2.6739	2	148.3	1749.7
473	223729	105823817	21.7486	7.7915	2.11416	2.6739	3	148.6	1757.2
474	224676	106496424	21.7715	7.7970	2.10970	2.6758	4	148.9	1764.6
475	225625	107171875	21.7945	7.8025	2.10526	2.6758	5	149.2	1772.1

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
476	226576	107850177	21.8174	7.8079	2.10084	2.6776	6	149.5	1779.5
477	227529	108531333	21.8403	7.8134	2.09644	2.6785	7	149.9	1787.0
478	228484	109215352	21.8632	7.8188	2.09205	2.6794	8	150.2	1794.5
479	229441	109902239	21.8861	7.8243	2.08768	2.6803	9	150.5	1802.0
480	230400	110592000	21.9089	7.8297	2.08333	2.6812	48.0	150.8	1809.6
481	231361	111284641	21.9319	7.8352	2.07900	2.6821	1	151.1	1817.1
482	232324	111980168	21.9545	7.8406	2.07469	2.6830	2	151.4	1824.7
483	233289	112678587	21.9773	7.8460	2.07039	2.6839	3	151.7	1832.2
484	234256	113379904	22.0000	7.8514	2.06612	2.6848	4	152.1	1839.8
485	235225	114084125	22.0227	7.8568	2.06136	2.6857	5	152.4	1847.5
486	236196	114791256	22.0454	7.8622	2.05761	2.6866	6	152.7	1855.1
487	337169	115501303	22.0681	7.8676	2.05339	2.6875	7	153.0	1862.7
488	238144	116214272	22.0907	7.8730	2.04918	2.6884	8	153.3	1870.4
489	239121	116930169	22.1133	7.8784	2.04499	2.6893	9	153.6	1878.1
490	240100	117649000	22.1359	7.8837	2.04082	2.6902	49.0	153.9	1885.7
491	241081	118370771	22.1585	7.8891	2.03666	2.6911	1	154.3	1893.4
492	242064	119095488	22.1811	7.8944	2.03252	2.6920	2	154.6	1901.2
493	243049	119823157	22.2036	7.8998	2.02840	2.6928	3	154.9	1908.9
494	244036	120553784	22.2261	7.9051	2.02429	2.6937	4	155.2	1916.7
495	245025	121287375	22.2486	7.9105	2.02020	2.6946	5	155.5	1924.4
496	246016	122023936	22.2711	7.9158	2.01613	2.6955	6	155.8	1932.2
497	247009	122763473	22.2935	7.9211	2.01207	2.6964	7	156.1	1940.0
498	248004	123505992	22.3159	7.9264	2.00803	2.6972	8	156.5	1947.8
499	249001	124251499	22.3383	7.9317	2.00401	2.6981	9	156.8	1955.6
500	250000	125000000	22.3607	7.9370	2.00000	2.6990	50.0	157.1	1963.5

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
501	251001	125751501	22.3830	7.9423	1.99601	2.6998	50.1	157.4	1971.4
502	252004	126506008	22.4054	7.9476	1.99203	2.7007	2	157.7	1979.2
503	253009	127263527	22.4277	7.9528	1.98807	2.7016	3	158.0	1987.1
504	254016	128024064	22.4499	7.9581	1.98413	2.7024	4	158.3	1995.0
505	255025	128787625	22.4722	7.9634	1.98020	2.7033	5	158.7	2003.0
506	256036	129554216	22.4944	7.9686	1.97628	2.7042	6	159.0	2010.9
507	257049	130323843	22.5167	7.9739	1.97239	2.7050	7	159.3	2018.9
508	258064	131096512	22.5389	7.9791	1.96850	2.7059	8	159.6	2026.8
509	259081	131872229	22.5610	7.9843	1.96464	2.7067	9	159.9	2034.8
510	260100	132651000	22.5832	7.9896	1.96078	2.7076	51.0	160.2	2042.8
511	261121	133432831	22.6053	7.9948	1.95695	2.7084	1	160.5	2050.8
512	262144	134217728	22.6274	8.0000	1.95312	2.7093	2	160.8	2058.9
513	263169	135005697	22.6495	8.0052	1.94932	2.7101	3	161.2	2066.9
514	264196	135796744	22.6716	8.0104	1.94553	2.7110	4	161.5	2075.0
515	265225	136590875	22.6936	8.0156	1.94175	2.7118	5	161.8	2083.1
516	266256	137388096	22.7156	8.0208	1.93798	2.7126	6	162.1	2091.2
517	267289	138188413	22.7376	8.0260	1.93424	2.7135	7	162.4	2099.3
518	268324	138991832	22.7596	8.0311	1.93050	2.7143	8	162.7	2107.4
519	269361	139798359	22.7816	8.0363	1.92678	2.7152	9	163.0	2115.6
520	270400	140608000	22.8035	8.0415	1.92308	2.7160	52.0	163.4	2123.7
521	271441	141420762	22.8254	8.0466	1.91939	2.7168	1	163.7	2131.9
522	272484	142236648	22.8473	8.0517	1.91571	2.7177	2	164.0	2140.1
523	273529	143055667	22.8692	8.0569	1.91205	2.7185	3	164.3	2148.3
524	274576	143877824	22.8910	8.0620	1.90840	2.7193	4	164.6	2156.5
525	275625	144703125	22.9129	8.0671	1.90476	2.7202	5	164.9	2164.8

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
526	276676	145531576	22.9347	8.0723	1.90114	2.7210	6	165.2	2173.0
527	277729	146363183	22.9565	8.0774	1.89753	2.7218	7	165.6	2181.3
528	278784	147197952	22.9783	8.0825	1.89394	2.7226	8	165.9	2189.6
529	279841	148035889	23.0000	8.0876	1.89036	2.7235	9	166.2	2197.9
530	280900	148877000	23.0217	8.0927	1.88679	2.7243	53.0	166.5	2206.2
531	281961	149721291	23.0434	8.0978	1.88324	2.7251	1	166.8	2214.5
532	283024	150568768	23.0651	8.1028	1.87970	2.7259	2	167.1	2222.9
533	284089	151419437	23.0868	8.1079	1.87617	2.7267	3	167.4	2231.2
534	285156	152273304	23.1084	8.1130	1.87266	2.7275	4	167.8	2239.6
535	286225	153130375	23.1301	8.1180	1.86916	2.7284	5	168.1	2248.0
536	287296	153990656	23.1517	8.1231	1.86567	2.7292	6	168.4	2256.4
537	288369	154854153	23.1733	8.1281	1.86220	2.7300	7	168.7	2264.8
538	289444	155720872	23.1948	8.1332	1.85874	2.7308	8	169.0	2273.3
539	290521	156590619	23.2164	8.1382	1.85529	2.7316	9	169.3	2281.8
540	291600	157461000	23.2379	8.1433	1.85185	2.7324	54.0	169.6	2290.2
541	292681	1583340421	23.2594	8.1483	1.84843	2.7332	1	170.0	2298.7
542	293764	159220088	23.2809	8.1533	1.84502	2.7340	2	170.3	2307.2
543	294849	160103007	23.3024	8.1583	1.84162	2.7348	3	170.6	2315.7
544	295936	160989184	23.3238	8.1633	1.83824	2.7356	4	170.9	2324.3
545	297025	161878625	23.3452	8.1683	1.83486	2.7364	5	171.2	2332.8
546	298116	162771336	23.3666	8.1733	1.83150	2.7372	6	171.5	2341.4
547	299209	163667323	23.3880	8.1783	1.82815	2.7380	7	171.8	2350.0
548	300304	164566592	23.4094	8.1833	1.82482	2.7388	8	172.2	2358.6
549	301401	165469149	23.4307	8.1882	1.82149	2.7396	9	172.5	2367.2
550	302500	166375000	23.4521	8.1932	1.81818	2.7404	55.0	172.8	2375.8

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
551	303601	167284151	23.4734	8.1982	1.81488	2.7412	55.1	173.1	2384.5
552	304704	168196608	23.4947	8.2031	1.81159	2.7419	2	173.4	2393.1
553	305809	169112377	23.5160	8.2081	1.80832	2.7427	3	173.7	2401.8
554	306916	170031464	23.5372	8.2130	1.80505	2.7435	4	174.0	2410.5
555	308025	170953875	23.5584	8.2180	1.80180	2.7443	5	174.4	2419.2
556	309136	171879616	23.5797	8.2229	1.79856	2.7451	6	174.7	2427.9
557	310249	172808693	23.6008	8.2278	1.79533	2.7459	7	175.0	2436.7
558	311364	173741112	23.6220	8.2327	1.79211	2.7466	8	175.3	2445.4
559	312481	174676879	23.6432	8.2377	1.78891	2.7474	9	175.6	2454.2
560	313600	175616000	23.6643	8.2426	1.78571	2.7482	56.0	175.9	2463.0
561	314721	176558481	23.6854	8.2475	1.78253	2.7490	1	176.2	2471.8
562	315844	177504328	23.7065	8.2524	1.77936	2.7497	2	176.6	2480.6
563	316969	178453547	23.7276	8.2573	1.77620	2.7505	3	176.9	2489.5
564	318096	179406144	23.7487	8.2621	1.77305	2.7513	4	177.2	2498.3
565	319225	180362125	23.7697	8.2670	1.76991	2.7521	5	177.5	2507.2
566	320356	181321496	23.7908	8.2719	1.76678	2.7528	6	177.8	2516.1
567	321489	182284263	23.8118	8.2768	1.76367	2.7536	7	178.1	2525.0
568	322624	183250432	23.8328	8.2816	1.76056	2.7543	8	178.4	2533.9
569	323761	184220009	23.8537	8.2865	1.75747	2.7551	9	178.8	2542.8
570	324900	185193000	23.8747	8.2913	1.75439	2.7559	57.0	179.1	2551.8
571	326041	186169411	23.8956	8.2962	1.75131	2.7566	1	179.4	2560.7
572	327184	187149248	23.9165	8.3010	1.74825	2.7574	2	179.7	2569.7
573	328329	188132517	23.9374	8.3059	1.74520	2.7582	3	180.0	2578.7
574	329476	189119224	23.9583	8.3107	1.74216	2.7589	4	180.3	2587.7
575	330625	190109375	23.9792	8.3155	1.73913	2.7597	5	180.6	2596.7

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	kn	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
576	331776	191102976	24.0000	8.3203	1.73611	2.7604	6	181.0	2605.8
577	332929	192100033	24.0208	8.3251	1.73310	2.7612	7	181.3	2614.8
578	334084	193100552	24.0416	8.3300	1.73010	2.7619	8	181.6	2623.9
579	335241	194104539	24.0624	8.3348	1.72712	2.7627	9	181.9	2633.0
580	336400	195112000	24.0832	8.3396	1.72414	2.7634	58.0	182.2	2642.1
581	337561	196122941	24.1039	8.3443	1.72117	2.7642	1	182.5	2651.2
582	338724	197137368	24.1247	8.3491	1.71821	2.7649	2	182.8	2660.3
583	339889	198155287	24.1454	8.3539	1.71527	2.7657	3	183.2	2669.5
584	341056	199176704	24.1661	8.3587	1.71233	2.7664	4	183.5	2678.7
585	342225	200201625	24.1868	8.3624	1.70940	2.7672	5	183.8	2687.8
586	343396	201230056	24.2074	8.3682	1.70648	2.7679	6	184.1	2697.0
587	344569	202262003	24.2281	8.3730	1.70358	2.7686	7	184.4	2706.2
588	345744	203297472	24.2487	8.3777	1.70068	2.7694	8	184.7	2715.5
589	346921	204336469	24.2693	8.3825	1.69779	2.7701	9	185.0	2724.7
590	348100	205379000	24.2899	8.3872	1.69492	2.7709	59.0	185.4	2734.0
591	349281	206425071	24.3105	8.3919	1.69205	2.7716	1	185.7	2743.3
592	350464	207474683	24.3311	8.3967	1.68919	2.7723	2	186.0	2752.5
593	351649	208527857	24.3516	8.4014	1.68634	2.7731	3	186.3	2761.8
594	352836	209584584	24.3721	8.4061	1.68350	2.7738	4	186.6	2771.2
595	354025	210644875	24.3926	8.4108	1.68067	2.7745	5	186.9	2780.5
596	355216	211708736	24.4131	8.4155	1.67785	2.7752	6	187.2	2789.9
597	356409	212776173	24.4336	8.4202	1.67504	2.7760	7	187.6	2799.2
598	357604	213847192	24.4540	8.4249	1.67224	2.7767	8	187.9	2808.6
599	358801	214921799	24.4745	8.4296	1.66945	2.7774	9	188.2	2818.0
600	360000	216000000	24.4949	8.4343	1.66667	2.7782	60.0	188.5	2827.4

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
601	361201	217081801	24.5153	8.4390	1.66389	2.7789	60.1	188.8	2836.9
602	362404	218167208	24.5357	8.4437	1.66113	2.7796	2	189.1	2846.3
603	363609	219256227	24.5561	8.4484	1.65837	2.7803	3	189.4	2855.8
604	364816	220348864	24.5764	8.4530	1.65563	2.7810	4	189.8	2865.3
605	366025	221445125	24.5967	8.4577	1.65289	2.7818	5	190.1	2874.8
606	367236	222545016	24.6171	8.4623	1.65017	2.7825	6	190.4	2884.3
607	368449	223648543	24.6374	8.4670	1.64745	2.7832	7	190.7	2893.8
608	369664	224755712	24.6577	8.4716	1.64474	2.7839	8	191.0	2903.3
609	370881	225866529	24.6779	8.4763	1.64204	2.7846	9	191.3	2912.9
610	372100	226981000	24.6982	8.4809	1.63934	2.7853	61.0	191.6	2922.5
611	373321	228099131	24.7184	8.4856	1.63666	2.7860	1	192.0	2932.1
612	374544	229220928	24.7386	8.4902	1.63399	2.7868	2	192.3	2941.7
613	375769	230346397	24.7588	8.4948	1.63132	2.7875	3	192.6	2951.8
614	376996	231475544	24.7790	8.4994	1.62866	2.7882	4	192.9	2960.9
615	378225	232608375	24.7992	8.5040	1.62602	2.7889	5	193.2	2970.4
616	379456	233744896	24.8193	8.5086	1.62338	2.7896	6	193.5	2980.2
617	380689	234885113	24.8395	8.5132	1.62075	2.7903	7	193.8	2989.9
618	381924	236029032	24.8596	8.5178	1.61812	2.7910	8	194.2	2999.6
619	383161	237176659	24.8797	8.5224	1.61551	2.7917	9	194.5	3009.3
620	384400	238328000	24.8998	8.5270	1.61290	2.7924	62.0	194.8	3019.1
621	385641	239483061	24.9199	8.5316	1.61031	2.7931	1	195.1	3028.8
622	386884	240641848	24.9399	8.5362	1.60772	2.7938	2	195.4	3038.6
623	388129	241804367	24.9600	8.5408	1.60514	2.7945	3	195.7	3048.4
624	389376	242970624	24.9800	8.5453	1.60256	2.7952	4	196.0	3058.2
625	390625	244140625	25.0000	8.5499	1.60000	2.7959	5	196.4	3068.0

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
626	391876	245314376	25.0200	8.5544	1.59744	2.7966	6	196.7	3077.8
627	393129	246491883	25.0400	8.5590	1.59490	2.7973	7	197.0	3087.6
628	394384	247673152	25.0599	8.5635	1.59236	2.7980	8	197.3	3097.5
629	395641	248858189	25.0799	8.5681	1.58983	2.7987	9	197.6	3107.4
630	396900	250047000	25.0998	8.5726	1.58730	2.7993	63.0	197.9	3117.2
631	398161	251239591	25.1197	8.5772	1.58479	2.8000	1	198.2	3127.1
632	399424	252435968	25.1396	8.5817	1.58228	2.8007	2	198.5	3137.1
633	400689	253636137	25.1595	8.5862	1.57978	2.8014	3	198.9	3147.0
634	401956	254840104	25.1794	8.5907	1.57729	2.8021	4	199.2	3157.0
635	403225	256047875	25.1992	8.5952	1.57480	2.8028	5	199.5	3166.9
636	404496	257259456	25.2190	8.5997	1.57233	2.8035	6	199.8	3176.9
637	405769	258474853	25.2389	8.6043	1.56986	2.8041	7	200.1	3186.9
638	407044	259694072	25.2587	8.6088	1.56740	2.8048	8	200.4	3196.9
639	408321	260917119	25.2784	8.6132	1.56495	2.8055	9	200.7	3206.9
640	409600	262144000	25.2982	8.6177	1.56250	2.8062	64.0	201.1	3217.0
641	410881	263374721	25.3180	8.6222	1.56006	2.8069	1	201.4	3227.1
642	412164	264609288	25.3377	8.6267	1.55763	2.8075	2	201.7	3237.1
643	413449	265847707	25.3574	8.6312	1.55521	2.8082	3	202.0	3247.2
644	414736	267089984	25.3772	8.6357	1.55280	2.8089	4	202.3	3257.3
645	416025	268336125	25.3969	8.6401	1.55039	2.8096	5	202.6	3267.5
646	417316	269586136	25.4165	8.6446	1.54799	2.8102	6	202.9	3277.6
647	418609	270840023	25.4362	8.6490	1.54560	2.8109	7	202.3	3287.7
648	419904	272097792	25.4558	8.6535	1.54321	2.8116	8	203.6	3297.9
649	421201	273359449	25.4755	8.6579	1.54083	2.8122	9	203.9	3308.1
650	422500	274625000	25.4951	8.6624	1.53846	2.8129	65.0	204.2	3318.3

(续)

π	π^2	π^3	$\sqrt{\pi}$	$\sqrt[3]{\pi}$	$\frac{1000}{\pi}$	$\lg \pi$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
651	423801	275894451	25.5147	8.6668	1.53610	2.8136	65.1	204.5	3328.5
652	425104	277167808	25.5343	8.6713	1.53374	2.8142	2	204.8	3338.8
653	426409	278445077	25.5539	8.6757	1.53139	2.8149	3	205.1	3349.0
654	427716	279726264	25.5734	8.6801	1.52905	2.8156	4	205.5	3359.3
655	429025	281011375	25.5930	8.6845	1.52672	2.8162	5	205.8	3369.6
656	430336	282300416	25.6125	8.6890	1.52439	2.8169	6	206.1	3379.9
657	431649	283593393	25.6320	8.6934	1.52207	2.8176	7	206.4	3390.2
658	432964	284890312	25.6515	8.6978	1.51976	2.8182	8	206.7	3400.5
659	434281	286191179	25.6710	8.7022	1.51745	2.8189	9	207.0	3410.8
660	435600	287496000	25.6905	8.7066	1.51515	2.8195	66.0	207.3	3421.2
661	436921	288804781	25.7099	8.7110	1.51286	2.8202	1	207.7	3431.6
662	438244	290117528	25.7294	8.7154	1.51057	2.8209	2	208.0	3442.0
663	439569	291434247	25.7488	8.7198	1.50830	2.8215	3	208.3	3452.4
664	440896	292754944	25.7682	8.7241	1.50602	2.8222	4	208.6	3462.8
665	442225	294079625	25.7876	8.7285	1.50376	2.8228	5	208.9	3473.2
666	443556	295408296	25.8070	8.7329	1.50150	2.8235	6	209.2	3483.7
667	444889	296740963	25.8263	8.7373	1.49925	2.8241	7	209.5	3494.2
668	446224	298077632	25.8457	8.7416	1.49701	2.8248	8	209.9	3504.6
669	447561	299418309	25.8650	8.7460	1.49477	2.8254	9	210.2	3515.1
670	448900	300763000	25.8844	8.7503	1.49254	2.8261	67.0	210.5	3525.7
671	450241	302111711	25.9037	8.7547	1.49031	2.8267	1	210.8	3536.2
672	451594	303464448	25.9230	8.7590	1.48810	2.8274	2	211.1	3546.7
673	452929	304821217	25.9422	8.7634	1.48588	2.8280	3	211.4	3557.3
674	454276	306182024	25.9615	8.7677	1.48368	2.8287	4	211.7	3567.9
675	455625	307546875	25.9808	8.7721	1.48148	2.8293	5	212.1	3578.5

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
676	456976	308915776	26.0000	8.7764	1.47929	2.8299	6	212.4	3589.1
677	458329	310288733	26.0192	8.7807	1.47710	2.8306	7	212.7	3599.7
678	459684	311665752	26.0384	8.7850	1.47493	2.8312	8	213.0	3610.3
679	461041	313046839	26.0576	8.7893	1.47275	2.8319	9	213.3	3621.0
680	462400	314432000	26.0768	8.7937	1.47059	2.8325	68.0	213.6	3631.7
681	463761	315821241	26.0960	8.7980	1.46843	2.8331	1	213.9	3642.4
682	465124	317214568	26.1151	8.8023	1.46628	2.8338	2	214.3	3653.1
683	466489	318611987	26.1343	8.8066	1.46413	2.8344	3	214.6	3663.8
684	467856	320013504	26.1534	8.8109	1.46199	2.8351	4	214.9	3674.5
685	469225	321419125	26.1725	8.8152	1.45985	2.8357	5	215.2	3685.3
686	470596	322828856	26.1916	8.8194	1.45773	2.8363	6	215.5	3696.1
687	471969	324242703	26.2107	8.8237	1.45560	2.8370	7	215.8	3706.8
688	473344	325660672	26.2298	8.8280	1.45349	2.8376	8	216.1	3717.6
689	474721	327082769	26.2488	8.8323	1.45138	2.8382	9	216.5	3728.5
690	476100	328509000	26.2679	8.8366	1.44928	2.8388	69.0	216.8	3739.3
691	477481	329939371	26.2869	8.8408	1.44718	2.8395	1	217.1	3750.1
692	478864	331373888	26.3059	8.8451	1.44509	2.8401	2	217.4	3761.0
693	480249	332812557	26.3249	8.8493	1.44300	2.8407	3	217.7	3771.9
694	481636	334255384	26.3439	8.8536	1.44092	2.8414	4	218.0	3782.8
695	483025	335703375	26.3620	8.8578	1.43885	2.8420	5	218.3	3793.7
696	484416	337153536	26.3818	8.8621	1.43678	2.8426	6	218.7	3804.6
697	485809	338608873	26.4008	8.8663	1.43472	2.8432	7	219.0	3815.5
698	487204	340063392	26.4197	8.8706	1.43266	2.8439	8	219.3	3826.5
699	488601	341522099	26.4386	8.8748	1.43062	2.8445	9	219.6	3837.5
700	490000	343000000	26.4575	8.8790	1.42857	2.8451	70.0	219.9	3848.5

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
701	491401	344472101	26.4764	8.8833	1.42653	2.8457	70.1	220.2	3859.5
702	492804	345948408	26.4953	8.8875	1.42450	2.8463	2	220.5	3870.5
703	494209	347428927	26.5141	8.8917	1.42248	2.8470	3	220.9	3881.5
704	495616	348913664	26.5330	8.8959	1.42045	2.8476	4	221.2	3892.6
705	497025	350402625	26.5518	8.9001	1.41844	2.8482	5	221.5	3903.6
706	498436	351895816	26.5707	8.9043	1.41643	2.8488	6	221.8	3914.7
707	499849	353393243	26.5895	8.9085	1.41443	2.8494	7	222.1	3925.8
708	501264	354894912	26.6083	8.9127	1.41243	2.8500	8	222.4	3936.9
709	502681	356409829	26.6271	8.9169	1.41044	2.8506	9	222.7	3948.0
710	504100	357911000	26.6458	8.9211	1.40845	2.8513	71.0	223.1	3959.2
711	505521	359425431	26.6646	8.9253	1.40647	2.8519	1	223.4	3970.4
712	506944	360944128	26.6833	8.9295	1.40449	2.8525	2	223.7	3981.5
713	508369	362467097	26.7021	8.9337	1.40252	2.8532	3	224.0	3992.7
714	509796	363994344	26.7208	8.9378	1.40056	2.8537	4	224.3	4003.9
715	511225	365525875	26.7395	8.9420	1.39860	2.8543	5	224.6	4015.2
716	512656	367061696	26.7582	8.9462	1.39665	2.8549	6	224.9	4026.4
717	514089	368601813	26.7769	8.9503	1.39470	2.8555	7	225.3	4037.9
718	515524	370146232	26.7955	8.9545	1.39276	2.8561	8	225.6	4048.9
719	516961	371694959	26.8142	8.9587	1.39082	2.8567	9	225.9	4060.2
720	518400	373249000	26.8328	8.9628	1.38889	2.8573	72.0	226.2	4071.5
721	519841	374805361	26.8514	8.9670	1.38696	2.8579	1	226.5	4082.8
722	521284	376367048	26.8701	8.9711	1.38504	2.8585	2	226.8	4094.2
723	522729	377933067	26.8887	8.9752	1.38313	2.8591	3	227.1	4105.5
724	524176	379503424	26.9072	8.9794	1.38122	2.8597	4	227.5	4116.9
725	525625	381078125	26.9258	8.9835	1.37931	2.8603	5	227.8	4128.2

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
726	527076	382657176	26.9444	8.9876	1.37741	2.8609	6	228.1	4139.6
727	528529	384240583	26.9629	8.9918	1.37552	2.8515	7	228.4	4151.1
728	529984	385828352	26.9815	8.9959	1.37363	2.8621	8	228.7	4162.5
729	531441	387420489	27.0000	9.0000	1.37174	2.8627	9	229.0	4173.9
730	532900	389017000	27.0185	9.0041	1.36986	2.8633	73.0	229.3	4185.4
731	534361	390617891	27.0370	9.0082	1.36799	2.8639	1	229.7	4196.9
732	535824	392223168	27.0555	9.0123	1.36612	2.8645	2	230.0	4208.4
733	537289	393832837	27.0740	9.0164	1.36426	2.8651	3	230.3	4219.9
734	538756	395446904	27.0924	9.0205	1.36240	2.8657	4	230.6	4231.4
735	540225	397065375	27.1109	9.0246	1.36054	2.8663	5	230.9	4242.9
736	541696	398688256	27.1293	9.0287	1.35870	2.8669	6	231.2	4254.5
737	543169	400315553	27.1477	9.0328	1.35685	2.8675	7	231.5	4266.0
738	544644	401947272	27.1662	9.0369	1.35501	2.8681	8	231.9	4277.6
739	546121	403583419	27.1846	9.0410	1.35318	2.8686	9	232.5	4289.2
740	547600	405224000	27.2029	9.0450	1.35135	2.8692	74.0	232.5	4300.8
741	549081	406869021	27.2213	9.0491	1.34958	2.8698	1	232.8	4312.5
742	550564	408518488	27.2397	9.0532	1.34771	2.8704	2	233.1	4324.1
743	552049	410172407	27.2580	9.0572	1.34590	2.8710	3	233.4	4335.8
744	553536	411830784	27.2764	9.0613	1.34409	2.8716	4	233.7	4347.5
745	555025	413493625	27.2947	9.0654	1.34228	2.8722	5	234.0	4359.2
746	556516	415160936	27.3130	9.0694	1.34048	2.8727	6	234.4	4370.9
747	558009	416832723	27.3313	9.0735	1.33869	2.8733	7	234.7	4382.6
748	559504	418508992	27.3496	9.0775	1.33690	2.8739	8	235.0	4394.3
749	561001	420189749	27.3679	9.0816	1.33511	2.8745	9	235.3	4406.1
750	562500	421875000	27.3861	9.0856	1.33333	2.8751	75.0	235.6	4417.9

(续)

n	π^2	π^3	$\sqrt{\pi}$	$\sqrt[3]{\pi}$	$\frac{1000}{\pi}$	$\lg \pi$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
751	564001	423564751	27.4044	9.0896	1.33156	2.8756	75.1	235.9	4429.7
752	565504	425259008	27.4226	9.0937	1.32979	2.8762	2	236.2	4441.5
753	567009	426957777	27.4408	9.0977	1.32802	2.8768	3	236.6	4453.3
754	568516	428661064	27.4591	9.1017	1.32626	2.8774	4	236.9	4465.1
755	570025	430368875	27.4773	9.1057	1.32450	2.8779	5	237.2	4477.0
756	571536	432081216	27.4955	9.1098	1.32275	2.8785	6	237.5	4488.8
757	573049	433798093	27.5136	9.1138	1.32100	2.8791	7	237.8	4500.7
758	574564	435519512	27.5318	9.1178	1.31926	2.8797	8	238.1	4512.6
759	576081	437245479	27.5500	9.1218	1.31752	2.8802	9	238.4	4524.5
760	577600	438976000	27.5681	9.1258	1.31579	2.8808	76.0	238.8	4536.5
761	579121	440711081	27.5862	9.1298	1.31406	2.8814	1	239.1	4548.4
762	580644	442450728	27.6043	9.1338	1.31234	2.8820	2	239.4	4560.4
763	582169	444194947	27.6225	9.1378	1.31062	2.8825	3	239.7	4572.3
764	583696	445943744	27.6405	9.1418	1.30890	2.8831	4	240.0	4584.3
765	585225	447697125	27.6586	9.1458	1.30719	2.8837	5	240.3	4596.3
766	586756	449455096	27.6767	9.1498	1.30548	2.8842	6	240.6	4608.4
767	588289	451217663	27.6948	9.1537	1.30378	2.8848	7	241.0	4620.4
768	589824	452984832	27.7128	9.1577	1.30208	2.8854	8	241.3	4632.5
769	591361	454756609	27.7308	9.1617	1.30039	2.8859	9	241.6	4644.5
770	592900	456533000	27.7489	9.1657	1.29870	2.8865	77.0	241.9	4656.6
771	594441	458314011	27.7669	9.1696	1.29702	2.8871	1	242.2	4668.7
772	595984	460099648	27.7849	9.1736	1.29534	2.8876	2	242.5	4680.8
773	597529	461889917	27.8029	9.1775	1.29366	2.8882	3	242.8	4693.0
774	599076	463684824	27.8209	9.1815	1.29199	2.8887	4	243.2	4705.1
775	600625	465484375	27.8388	9.1855	1.29032	2.8893	5	243.5	4717.3

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
776	602176	467288576	27.8568	9.1894	1.28866	2.8899	6	243.8	4729.5
777	603729	469097433	27.8747	9.1933	1.28700	2.8904	7	244.1	4741.7
778	605284	470910952	27.8927	9.1973	1.28535	2.8910	8	244.4	4753.9
779	606841	472729139	27.9106	9.2012	1.28370	2.8915	9	244.7	4766.1
780	608400	474552000	27.9285	9.2052	1.28205	2.8921	78.0	245.0	4778.4
781	609961	476379541	27.9464	9.2091	1.28041	2.8927	1	245.4	4790.6
782	611524	478211768	27.9643	9.2130	1.27877	2.8932	2	245.7	4802.9
783	613089	480048687	27.9821	9.2170	1.27714	2.8938	3	246.0	4815.2
784	614656	481890304	28.0000	9.2209	1.27551	2.8943	4	246.3	4827.5
785	616225	483736625	28.0179	9.2248	1.27389	2.8949	5	246.6	4839.8
786	617796	485587656	28.0357	9.2287	1.27226	2.8954	6	246.9	4852.2
787	619369	487443403	28.0535	9.2326	1.27065	2.8960	7	247.2	4864.5
788	620944	489303872	28.0713	9.2365	1.26904	2.8965	8	247.6	4876.9
789	622521	491169069	28.0891	9.2404	1.26743	2.8971	9	247.9	4889.3
790	624100	493039000	28.1069	9.2443	1.26582	2.8976	79.0	248.2	4901.7
791	625681	494913671	28.1247	9.2482	1.26422	2.8982	1	248.5	4914.1
792	627264	496793088	28.1425	9.2521	1.26263	2.8987	2	248.8	4926.5
793	628849	498677257	28.1603	9.2560	1.26103	2.8993	3	249.1	4939.0
794	630436	500566184	28.1780	9.2599	1.25945	2.8998	4	249.4	4951.4
795	632025	502459875	28.1957	9.2638	1.25786	2.9004	5	249.8	4963.9
796	633616	504358336	28.2135	9.2677	1.25628	2.9009	6	250.1	4976.4
797	635209	506261573	28.2312	9.2716	1.25471	2.9015	7	250.4	4988.9
798	636804	508169592	28.2489	9.2754	1.25313	2.9020	8	250.7	5001.4
799	638401	510082390	28.2666	9.2793	1.25156	2.9025	9	251.0	5014.0
800	640000	512000000	28.2843	9.2832	1.25000	2.9031	80.0	251.3	5026.5

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
801	641601	513922401	28.3019	9.2870	1.24844	2.9036	80.1	251.6	5039.1
802	643204	515849608	28.3196	9.2909	1.24688	2.9042	2	252.0	5051.7
803	644809	517781627	28.3373	9.2948	1.24533	2.9047	3	252.3	5064.3
804	646416	519718464	28.3549	9.2986	1.24378	2.9053	4	252.6	5076.9
805	648025	521660125	28.3725	9.3025	1.24224	2.9058	5	252.9	5089.6
806	649636	523606616	28.3901	9.3063	1.24069	2.9063	6	253.2	5102.2
807	651249	525557943	28.4077	9.3102	1.23916	2.9069	7	253.5	5114.9
808	652864	527514112	28.4253	9.3140	1.23762	2.9074	8	253.8	5127.6
809	654481	529475129	28.4429	9.3179	1.23609	2.9079	9	254.2	5140.3
810	656100	531441000	28.4605	9.3217	1.23457	2.9085	81.0	254.5	5153.0
811	657721	533411731	28.4781	9.3255	1.23305	2.9090	1	254.8	5165.7
812	659344	535387328	28.4956	9.3294	1.23153	2.9096	2	255.1	5178.5
813	660969	537367797	28.5132	9.3332	1.23001	2.9101	3	255.4	5191.2
814	662596	539353144	28.5307	9.3370	1.22850	2.9106	4	255.7	5204.0
815	664225	541343375	28.5482	9.3408	1.22699	2.9112	5	256.0	5216.8
816	665856	543338496	28.5657	9.3447	1.22549	2.9117	6	256.4	5229.6
817	667489	545338513	28.5832	9.3485	1.22399	2.9122	7	256.7	5242.4
818	669124	547343432	28.6007	9.3523	1.22249	2.9128	8	257.0	5255.3
819	670761	549353259	28.6182	9.3561	1.22100	2.9133	9	257.3	5268.1
820	672400	551368000	28.6356	9.3599	1.21951	2.9138	82.0	257.6	5281.0
821	674041	553387561	28.6531	9.3637	1.21803	2.9143	1	257.9	5293.9
822	675684	555412248	28.6705	9.3675	1.21655	2.9149	2	258.2	5306.8
823	677329	557441767	28.6880	9.3713	1.21507	2.9154	3	258.6	5319.7
824	678976	559476224	28.7054	9.3751	1.21359	2.9159	4	258.9	5332.7
825	680625	561515625	28.7228	9.3789	1.21212	2.9165	5	259.2	5345.6

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
826	682276	563559976	28.7402	9.3827	1.21065	2.9170	6	259.5	5358.6
827	683929	565609283	28.7576	9.3865	1.20919	2.9175	7	259.8	5371.6
828	685584	567663552	28.7750	9.3902	1.20773	2.9180	8	260.1	5384.6
829	687241	569722789	28.7924	9.3940	1.20627	2.9186	9	260.4	5397.6
830	688900	571787000	28.8097	9.3978	1.20482	2.9191	83.0	260.8	5410.6
831	690561	573856191	28.8271	9.4016	1.20337	2.9196	1	261.1	5423.7
832	692224	575930368	28.8444	9.4053	1.20192	2.9201	2	261.4	5436.7
833	693889	578009537	28.8617	9.4091	1.20048	2.9206	3	261.7	5449.8
834	695556	580093704	28.8791	9.4129	1.19904	2.9212	4	262.0	5462.9
835	697225	582182875	28.8964	9.4166	1.19760	2.9217	5	262.3	5476.0
836	698896	584277056	28.9137	9.4204	1.19617	2.9222	6	262.6	5489.1
837	700569	586376253	28.9310	9.4241	1.19474	2.9227	7	263.0	5502.3
838	702244	588480472	28.9482	9.4279	1.19332	2.9232	8	263.3	5515.4
839	703921	590589719	28.9655	9.4316	1.19190	2.9238	9	263.6	5528.6
840	705600	592704000	28.9828	9.4354	1.19048	2.9243	84.0	263.9	5541.8
841	707281	594823321	29.0000	9.4391	1.18906	2.9248	1	264.2	5555.0
842	708964	596947688	29.0172	9.4429	1.18765	2.9253	2	264.5	5568.2
843	710649	599077107	29.0345	9.4466	1.18624	2.9258	3	264.8	5581.4
844	712336	601211584	29.0517	9.4503	1.18483	2.9263	4	265.2	5594.7
845	714025	603351125	29.0689	9.4541	1.18343	2.9269	5	265.5	5607.9
846	715716	605495736	29.0861	9.4578	1.18203	2.9274	6	265.8	5621.2
847	717409	607645423	29.1033	9.4615	1.18064	2.9279	7	266.1	5634.5
848	719104	609800192	29.1204	9.4652	1.17925	2.9284	8	266.4	5647.8
849	720801	611960049	29.1376	9.4690	1.17786	2.9289	9	266.7	5661.2
850	722500	614125000	29.1548	9.4727	1.17647	2.9294	85.0	267.0	5674.5

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
851	724201	616295051	29.1719	9.4764	1.17509	2.9299	85.1	267.4	5687.9
852	725904	618470208	29.1890	9.4801	1.17371	2.9304	2	267.7	5701.2
853	727609	620650477	29.2062	9.4838	1.17233	2.9309	3	268.0	5714.6
854	729316	622835864	29.2233	9.4875	1.17096	2.9315	4	268.3	5728.0
855	731025	625026375	29.2404	9.4912	1.16959	2.9320	5	268.6	5741.5
856	732736	627222016	29.2575	9.4949	1.16822	2.9325	6	268.9	5754.9
857	734449	629422793	29.2746	9.4986	1.16686	2.9330	7	269.2	5768.3
858	736164	631628712	29.2916	9.5023	1.16550	2.9335	8	269.5	5781.8
859	737881	633839779	29.3087	9.5060	1.16414	2.9340	9	269.9	5795.8
860	739600	636056000	29.3258	9.5097	1.16279	2.9345	86.0	270.2	5808.3
861	741321	638277381	29.3428	9.5134	1.16144	2.9350	1	270.5	5822.3
862	743044	640503928	29.3598	9.5171	1.16009	2.9355	2	270.8	5835.9
863	744769	642735647	29.3769	9.5207	1.15875	2.9360	3	271.1	5849.4
864	746496	644972544	29.3939	9.5244	1.15741	2.9365	4	271.4	5863.0
865	748225	647214625	29.4109	9.5281	1.15607	2.9370	5	271.7	5876.5
866	749956	649461896	29.4279	9.5317	1.15473	2.9375	6	272.1	5890.1
867	751689	651714363	29.4449	9.5354	1.15340	2.9380	7	272.4	5903.8
868	753424	653972032	29.4618	9.5391	1.15207	2.9385	8	272.7	5917.4
869	755161	656234909	29.4788	9.5427	1.15075	2.9390	9	273.0	5931.0
870	756900	658503000	29.4958	9.5464	1.14943	2.9395	87.0	273.3	5944.7
871	758641	660776311	29.5127	9.5501	1.14811	2.9400	1	273.6	5958.4
872	760384	663054848	29.5296	9.5537	1.14679	2.9405	2	273.9	5972.0
873	762129	665338617	29.5466	9.5574	1.14548	2.9410	3	274.3	5985.7
874	763876	667627624	29.5635	9.5610	1.14416	2.9415	4	274.6	5999.5
875	765625	669921875	29.5804	9.5647	1.14286	2.9420	5	274.9	6013.2

(续)

π	π^2	π^3	$\sqrt{\pi}$	$\sqrt[3]{\pi}$	$\frac{1000}{\pi}$	$\lg \pi$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
876	767376	672221376	29.5973	9.5683	1.14155	2.9125	6	275.2	6027.0
877	769129	674526133	29.6142	9.5719	1.14025	2.9430	7	275.5	6040.7
878	770884	676836152	29.6311	9.5756	1.13895	2.9435	8	275.8	6054.5
879	772641	679151439	29.6479	9.5792	1.13766	2.9440	9	276.1	6058.3
880	774400	681472000	29.6648	9.5828	1.13636	2.9445	88.0	276.5	6082.1
881	776161	683797841	29.6816	9.5865	1.13507	2.9450	1	276.8	6096.0
882	777924	686128968	29.6985	9.5901	1.13379	2.9455	2	277.1	6109.8
883	779689	688465387	29.7153	9.5937	1.13250	2.9460	3	277.4	6123.7
884	781456	690807104	29.7321	9.5973	1.13122	2.9465	4	277.7	6137.5
885	783225	693154125	29.7489	9.6010	1.12994	2.9469	5	278.0	6151.4
886	784996	695506456	29.7658	9.6046	1.12867	2.9474	6	278.3	6165.3
887	786769	697864103	29.7825	9.6082	1.12740	2.9479	7	278.7	6179.3
888	788544	700227072	29.7993	9.6118	1.12613	2.9484	8	279.0	6193.2
889	790321	702595369	29.8161	9.6154	1.12486	2.9489	9	279.3	6207.2
890	792100	704969000	29.8329	9.6190	1.12360	2.9494	89.0	279.6	6221.1
891	793881	707347971	29.8496	9.6226	1.12233	2.9499	1	279.9	6235.1
892	795664	709732288	29.8664	9.6262	1.12108	2.9504	2	280.2	6249.1
893	797449	712121957	29.8831	9.6298	1.11982	2.9509	3	280.5	6263.1
894	799236	714516984	29.8998	9.6334	1.11857	2.9513	4	280.9	6277.2
895	801025	716917375	29.9166	9.6370	1.11732	2.9518	5	281.2	6291.2
896	802816	719323136	29.9333	9.6406	1.11607	2.9523	6	281.5	6305.3
897	804609	721734273	29.9500	9.6442	1.11483	2.9528	7	281.8	6319.4
898	806404	724150792	29.9666	9.6477	1.11359	2.9533	8	282.1	6333.5
899	808201	726572699	29.9833	9.6513	1.11235	2.9538	9	282.4	6347.6
900	810000	729000000	30.0000	9.6549	1.11111	2.9542	90.0	282.7	6361.7

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
901	811801	731432701	30.0167	9.6585	1.10988	2.9547	90.1	283.1	6375.9
902	813604	733870808	30.0333	9.6620	1.10865	2.9552	2	283.4	6390.0
903	815409	736314327	30.0500	9.6656	1.10742	2.9557	3	283.7	6404.2
904	817216	738763264	30.0666	9.6692	1.10619	2.9562	4	284.0	6418.4
905	819025	741217625	30.0832	9.6727	1.10497	2.9566	5	284.3	6432.6
906	820836	743677416	30.0998	9.6763	1.10375	2.9571	6	284.6	6446.8
907	822649	746142643	30.1164	9.6799	1.10254	2.9576	7	284.9	6461.1
908	824464	748613312	30.1330	9.6834	1.10132	2.9581	8	285.3	6475.3
909	826281	751089429	30.1496	9.6870	1.10011	2.9586	9	285.6	6489.6
910	828100	753571000	30.1662	9.6905	1.09890	2.9590	91.0	285.9	6503.9
911	829921	756058031	30.1828	9.6941	1.09769	2.9595	1	286.2	6518.2
912	831744	758550528	30.1993	9.6976	1.09649	2.9600	2	286.5	6532.5
913	833569	761048497	30.2159	9.7012	1.09529	2.9605	3	286.8	6546.8
914	835396	763551944	30.2324	9.7047	1.09409	2.9609	4	287.1	6561.2
915	837225	766060875	30.2490	9.7082	1.09290	2.9614	5	287.5	6575.5
916	839056	768575296	30.2655	9.7118	1.09170	2.9619	6	287.8	6589.9
917	840889	771095213	30.2820	9.7153	1.09051	2.9624	7	288.1	6604.3
918	842724	773620632	30.2985	9.7188	1.08932	2.9628	8	288.4	6618.7
919	844561	776151559	30.3150	9.7224	1.08814	2.9633	9	288.7	6633.2
920	846400	778688000	30.3315	9.7259	1.08696	2.9638	92.0	289.0	6647.6
921	848241	781229961	30.3480	9.7294	1.08578	2.9643	1	289.3	6662.1
922	850084	783777448	30.3645	9.7329	1.08460	2.9647	2	289.7	6676.5
923	851929	786330467	30.3809	9.7364	1.08342	2.9652	3	290.0	6691.0
924	853776	788889024	30.3974	9.7400	1.08225	2.9657	4	290.3	6705.5
925	855625	791453125	30.4138	9.7435	1.08108	2.9661	5	290.6	6720.1

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
926	857476	794022776	30.4302	9.7470	1.07991	2.9666	6	290.9	6734.6
927	859329	796597083	30.4467	9.7505	1.07875	2.9671	7	291.2	6749.2
928	861184	799178752	30.4631	9.7540	1.07759	2.9675	8	291.5	6763.7
929	863041	801765089	30.4795	9.7575	1.07643	2.9680	9	291.9	6778.3
930	864900	804357000	30.4959	9.7610	1.07527	2.9685	9b.0	292.2	6792.9
931	866761	806954491	30.5123	9.7645	1.07411	2.9689	1	292.5	6807.5
932	868624	809557568	30.5287	9.7680	1.07296	2.9694	2	292.8	6822.2
933	870489	812166237	30.5450	9.7715	1.07181	2.9699	3	293.1	6836.8
934	872356	814780504	30.5614	9.7750	1.07066	2.9703	4	293.4	6851.5
935	874225	817400375	30.5778	9.7785	1.06952	2.9708	5	293.7	6866.1
936	876096	820025856	30.5941	9.7819	1.06838	2.9713	6	294.1	6880.8
937	877969	822656953	30.6105	9.7854	1.06724	2.9717	7	294.4	6895.6
938	879844	825293672	30.6268	9.7889	1.06610	2.9722	8	294.7	6910.3
939	881721	827936019	30.6431	9.7924	1.06496	2.9727	9	295.0	6925.0
940	883600	830584000	30.6594	9.7959	1.06383	2.9731	94.0	295.3	6939.8
941	885481	833237621	30.6757	9.7993	1.06270	2.9736	1	295.6	6954.6
942	887364	835896888	30.6920	9.8028	1.06157	2.9741	2	295.9	6969.3
943	889249	838561807	30.7083	9.8063	1.06045	2.9745	3	296.3	6984.1
944	891136	841232384	30.7246	9.8097	1.05932	2.9750	4	296.6	6999.0
945	893025	843908625	30.7409	9.8132	1.05820	2.9754	5	296.9	7013.8
946	894916	846590536	30.7571	9.8167	1.05708	2.9759	6	297.2	7028.7
947	896809	849278123	30.7734	9.8201	1.05597	2.9763	7	297.5	7043.5
948	898704	851971392	30.7896	9.8236	1.05485	2.9768	8	297.8	7058.4
949	900601	854670849	30.8058	9.8270	1.05374	2.9773	9	298.1	7073.3
950	902500	857375000	30.8221	9.8305	1.05263	2.9777	9b.0	298.5	7088.2

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
951	904401	860085351	30.8383	9.8339	1.05152	2.9782	95.1	298.8	7103.1
952	906304	862801408	30.8545	9.8374	1.05042	2.9786	2	299.1	7118.1
953	908209	865523177	30.8707	9.8408	1.04932	2.9791	3	299.4	7133.1
954	910116	868250664	30.8869	9.8443	1.04822	2.9795	4	299.7	7148.0
955	912025	870983875	30.9031	9.8477	1.04712	2.9800	5	300.0	7163.0
956	913936	873722816	30.9192	9.8511	1.04603	2.9805	6	300.3	7178.0
957	915849	876467493	30.9354	9.8546	1.04493	2.9809	7	300.7	7193.1
958	917764	879217912	30.9516	9.8580	1.04384	2.9814	8	301.0	7208.1
959	919681	881974079	30.9677	9.8614	1.04275	2.9818	9	301.3	7223.2
960	921600	884736000	30.9839	9.8648	1.04167	2.9823	96.0	301.6	7238.2
961	923521	887503681	31.0000	9.8683	1.04058	2.9827	1	301.9	7253.3
962	925444	890277128	31.0161	9.8717	1.03950	2.9832	2	302.2	7268.4
963	927369	893056347	31.0322	9.8751	1.03842	2.9836	3	302.5	7283.5
964	929296	895841344	31.0483	9.8785	1.03734	2.9841	4	302.8	7298.7
965	931225	898632125	31.0644	9.8819	1.03627	2.9845	5	303.2	7313.8
966	933156	901428696	31.0805	9.8854	1.03520	2.9850	6	303.5	7329.0
967	935089	904231063	31.0966	9.8888	1.03413	2.9854	7	303.8	7344.2
968	937024	907039232	31.1127	9.8922	1.03306	2.9859	8	304.1	7359.4
969	938961	909853209	31.1288	9.8956	1.03199	2.9863	9	304.4	7374.6
970	940900	912673000	31.1448	9.8990	1.03093	2.9868	97.0	304.7	7389.8
971	942841	915498611	31.1609	9.9024	1.02987	2.9872	1	305.0	7405.1
972	944784	918330048	31.1769	9.9058	1.02881	2.9877	2	305.4	7420.3
973	946729	921167317	31.1929	9.9092	1.02775	2.9881	3	305.7	7435.6
974	948676	924010424	31.2090	9.9126	1.02669	2.9886	4	306.0	7450.9
975	950625	926859375	31.2250	9.9160	1.02564	2.9890	5	306.3	7466.2

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
976	952576	929714176	31.2410	9.9194	1.02459	2.9894	6	306.6	7481.5
977	954529	932574833	31.2570	9.9227	1.02354	2.9899	7	306.9	7496.9
978	956484	935441352	31.2730	9.9261	1.02249	2.9903	8	307.2	7512.2
979	958441	938313739	31.2890	9.9295	1.02145	2.9908	9	307.6	7527.6
980	960400	941192000	31.3050	9.9329	1.02041	2.9912	98.0	307.9	7543.0
981	962361	944076141	31.3209	9.9363	1.01937	2.9917	1	308.2	7558.4
982	964324	946966168	31.3369	9.9396	1.01833	2.9921	2	308.5	7573.8
983	966289	949862087	31.3528	9.9430	1.01729	2.9926	3	308.8	7589.2
984	968256	952763904	31.3688	9.9464	1.01626	2.9930	4	309.1	7604.7
985	970225	955671625	31.3847	9.9497	1.01523	2.9934	5	309.4	7620.1
986	972196	958585256	31.4006	9.9531	1.01420	2.9939	6	309.8	7635.6
987	974169	961504803	31.4166	9.9565	1.01317	2.9943	7	310.1	7651.1
988	976144	964430272	31.4325	9.9598	1.01215	2.9948	8	310.4	7666.6
989	978121	967361659	31.4484	9.9632	1.01112	2.9952	9	310.7	7682.1
990	980100	970299000	31.4643	9.9666	1.01010	2.9956	99.0	311.0	7697.7
991	982081	973242271	31.4802	9.9699	1.00908	2.9961	1	311.3	7713.2
992	984064	976191488	31.4960	9.9733	1.00806	2.9965	2	311.6	7728.8
993	986049	979146657	31.5119	9.9766	1.00705	2.9969	3	312.0	7744.4
994	988036	982107784	31.5278	9.9800	1.00604	2.9974	4	312.3	7760.0
995	990025	985074875	31.5436	9.9833	1.00503	2.9978	5	312.6	7775.6
996	992016	988047936	31.5595	9.9866	1.00402	2.9983	6	312.9	7791.3
997	994009	991026973	31.5753	9.9900	1.00301	2.9987	7	313.2	7806.9
998	996004	994011992	31.5911	9.9933	1.00200	2.9991	8	313.5	7822.6
999	998001	997002999	31.6070	9.9967	1.00100	2.9996	9	313.8	7838.3
1000	1000000	1000000000	31.6228	10.0000	1.00000	3.0000	100.0	314.2	7854.0

4. 三角函数表

表 1-3 为度数间隔 $2'$ 的五位三角函数表, 表内包含有从 0° 到 90° 的正弦、余弦、正切和余切四个函数值。用法说明:

1) $0^\circ \sim 45^\circ$ 的度数排在表的上方, 左面一行表示分, 由上往下排列; $46^\circ \sim 90^\circ$ 的度数排在表的下方, 右面一行表示分, 由下往上排列。

2) 若需求带有分或秒的角度, 或从表上不能直接查到时, 可用比例法求近似值。

3) 表中无正割 \sec 和余割 \csc 的函数值, 需要时可按倒数关系算出, 即

$$\sec A = \frac{1}{\cos A}$$

$$\csc A = \frac{1}{\sin A}$$

[例 1] 求 $\sin 30^\circ 15' = ?$

先求出 $\sin 30^\circ 20' = 0.505$, $\sin 30^\circ 10' = 0.5025$ 。

再求出 $\sin 30^\circ 20'$ 和 $\sin 30^\circ 10'$ 的差数 $= 0.5050 - 0.5025 = 0.0025$, 由此得知当角度增加 $10'$ 时, 数值增加 0.0025 ; 现在角度只增加 $5'$, 于是可以根据下式求出它的增加数值:

$$10 : 0.0025 = 5 : x,$$

$$x = \frac{0.0025 \times 5}{10} = 0.0012,$$

$\therefore \sin 30^\circ 15' = 0.5025 + 0.0012 = 0.5037$ 。

[例 2] 求 $\cos 38^\circ 40' = ?$

先在表上找出表上面注明 38° 的一页, 从左面“分”的一栏下面找出 $40'$, 再从 $40'$ 横向右看, 找出同第二行(余弦 \cos)相交的数值是 0.78079 ; 于是得出 $\cos 38^\circ 40' = 0.78079$ 。

[例 3] 求 $\operatorname{tg} 65^\circ 15' = ?$

在表 1-3 的栏底查出 65° , 在右分栏中查出 $14'$ 和 $16'$, 再向左, 在底端正切 tg 栏中分别查得:

$$\operatorname{tg} 65^\circ 14' = 2.1675$$

$$\operatorname{tg} 65^\circ 16' = 2.1708$$

取 $\operatorname{tg} 65^\circ 14'$ 和 $\operatorname{tg} 65^\circ 16'$ 的平均值, 即可得

$$\operatorname{tg}65^{\circ}15' = \frac{2.1675 + 2.1708}{2} \approx 2.16915。$$

[例 4] 求 $\sec 28^{\circ}30' = ?$

$$\because \sec A = \frac{1}{\cos A}$$

先查出 $\cos 28^{\circ}30' = 0.8788$, 将此数值代入上式, 得

$$\sec 28^{\circ}30' = \frac{1}{\cos 28^{\circ}30'} = \frac{1}{0.8788} = 1.1379。$$

[例 5] 已知 $\operatorname{tg} A = 0.5824$, 求 $\angle A$?

表 1-3 中正切值无 0.5824, 与它相近的函数值是 0.58201 和 0.58279, 它们的角度是:

$$\operatorname{tg}30^{\circ}12' = 0.58201$$

$$\operatorname{tg}30^{\circ}14' = 0.58279$$

$$0.58279 - 0.58201 = 0.00078$$

当正切值增加 0.00078 时, 角度增加 $2'$ 。现在某角的正切值 0.5824 比 $\operatorname{tg}30^{\circ}12' = 0.58201$ 增加:

$$0.5824 - 0.58201 = 0.00039$$

设相应的角度增加为 x , 列出比例式:

$$0.00078 : 0.00039 = 2 : x$$

$$x = \frac{0.00039 \times 2}{0.00078} = 1'$$

$$\therefore \angle A = 30^{\circ}12' + 1' = 30^{\circ}13'。$$

表 1-3 三角函数表

0°

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.00000	1.0000	0.00000	∞	60
2	00058	0000	00058	1718.9	58
4	00116	0000	00116	859.44	56
6	00175	0000	00175	572.96	54
8	00233	0000	00233	429.72	52
10	0.00291	1.0000	0.00291	343.77	50
12	00349	99999	00349	236.48	48
14	00407	99999	00407	245.55	46
16	00465	99999	00465	214.86	44
18	00524	99999	00524	190.98	42
20	0.00582	0.99998	0.00582	171.89	40
22	00640	99998	00640	156.26	38
24	00698	99998	00698	143.24	36
26	00756	99997	00756	132.22	34
28	00814	99997	00815	122.77	32
30	0.00873	0.99996	0.00873	114.59	30
32	00931	99996	00931	107.43	28
34	00989	99995	00989	101.11	26
36	01047	99995	01047	95.489	24
38	01105	99994	01105	90.463	22
40	0.01164	0.99993	0.01164	85.940	20
42	01222	99993	01222	81.847	18
44	01280	99992	01280	78.126	16
46	01338	99991	01338	74.729	14
48	01396	99990	01396	71.615	12
50	0.01454	0.99989	0.01455	68.750	10
52	01513	99989	01513	66.105	8
54	01571	99988	01571	63.657	6
56	01629	99987	01629	61.383	4
58	01687	99986	01687	59.266	2
60	0.01745	0.99985	0.01746	57.290	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

89°

1°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.01745	0.99985	0.01746	57.290	60
2	01803	99984	01804	55.442	58
4	01862	99983	01862	53.709	56
6	01920	99982	01920	52.081	54
8	01978	99980	01978	50.549	52
10	0.02036	0.99979	0.02036	49.104	50
12	02094	99978	02095	47.740	48
14	02152	99977	02153	46.449	46
16	02211	99976	02211	45.226	44
18	02269	99974	02269	44.066	42
20	0.02327	0.99973	0.02328	42.964	40
22	02385	99972	02386	41.916	38
24	02443	99970	02444	40.917	36
26	02501	99969	02502	39.965	34
28	02560	99967	02560	39.057	32
30	0.02618	0.99966	0.02619	38.188	30
32	02676	99964	02677	37.358	28
34	02734	99963	02735	36.563	26
36	02792	99961	02793	35.801	24
38	02850	99959	02851	35.070	22
40	0.02908	0.99958	0.02910	34.368	20
42	02967	99956	02968	33.694	18
44	03025	99954	03026	33.045	16
46	03083	99952	03084	32.421	14
48	03141	99951	03143	31.821	12
50	0.03199	0.99949	0.03201	31.242	10
52	03257	99947	03259	30.683	8
54	03316	99945	03317	30.145	6
56	03374	99943	03376	29.624	4
58	03432	99941	03434	29.122	2
60	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

88°

2°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	60
2	03548	99937	0.3550	28.166	58
4	03606	99935	03609	27.712	56
6	03664	99933	03667	27.271	54
8	03723	99931	03725	26.845	52
10	0.03781	0.99929	0.03783	26.432	50
12	03839	99926	03842	26.031	48
14	03897	99924	03900	25.642	46
16	03955	99922	03958	25.264	44
18	04013	99919	04016	24.898	42
20	0.04071	0.99917	0.04075	24.542	40
22	04129	99915	04133	24.196	38
24	04188	99912	04191	23.859	36
26	04246	99910	04250	23.532	34
28	04304	99907	04308	23.214	32
30	0.04362	0.99905	0.04366	22.904	30
32	04420	99902	04424	22.602	28
34	04478	99900	04483	22.308	26
36	04536	99897	04541	22.022	24
38	04594	99894	04599	21.743	22
40	0.04653	0.99892	0.04658	21.470	20
42	04711	99889	04716	21.205	18
44	04769	99886	04774	20.946	16
46	04827	99883	04833	20.693	14
48	04885	99881	04891	20.446	12
50	0.04943	0.99878	0.04949	20.206	10
52	05001	99875	05007	19.970	8
54	05059	99872	05066	19.740	6
56	05117	99869	05124	19.516	4
58	05175	99866	05182	19.296	2
60	0.05234	0.99863	0.05241	19.081	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

87°

3°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.05234	0.99863	0.05241	19.081	60
2	05292	99860	05299	18.871	58
4	05350	99857	05357	18.666	56
6	05408	99854	05416	18.464	54
8	05466	99851	05474	18.268	52
10	0.05524	0.99847	0.05533	18.075	50
12	05582	99844	05591	17.886	48
14	05640	99841	05649	17.702	46
16	05698	99838	05708	17.521	44
18	05756	99834	05766	17.343	42
20	0.05814	0.99831	0.05824	17.169	40
22	05873	99827	05883	16.999	38
24	05931	99824	05941	16.832	36
26	05989	99821	05999	16.668	34
28	06047	99817	06058	16.507	32
30	0.06105	0.99813	0.06116	16.350	30
32	06163	99810	06175	16.195	28
34	06221	99806	06233	16.043	26
36	06279	99803	06291	15.895	24
38	06337	99799	06350	15.748	22
40	0.06395	0.99795	0.06408	15.605	20
42	06453	99792	06467	15.464	18
44	06511	99788	06525	15.325	16
46	06569	99784	06584	15.189	14
48	06627	99780	06642	15.056	12
50	0.06685	0.99776	0.06700	14.924	10
52	06743	99772	06759	14.795	8
54	06802	99768	06817	14.669	6
56	06860	99764	06876	14.544	4
58	06918	99760	06934	14.421	2
60	0.06976	0.99756	0.06993	14.301	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

86°

4°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0	0.06976	0.99756	0.06993	14.301	60
2	07034	99752	07051	14.182	58
4	07092	99748	07110	14.065	56
6	07150	99744	07168	13.951	54
8	07208	99740	07227	13.838	52
10	0.07266	0.99736	0.07285	13.727	50
12	07324	99731	07344	13.617	48
14	07382	99727	07402	13.510	46
16	07440	99723	07461	13.404	44
18	07498	99719	07519	13.300	42
20	0.07556	0.99714	0.07578	13.197	40
22	07614	99710	07636	13.096	38
24	07672	99705	07695	12.996	36
26	07730	99701	07753	12.898	34
28	07788	99696	07812	12.801	32
30	0.07846	0.99692	0.07870	12.706	30
32	07904	99687	07929	12.612	28
34	07962	99683	07987	12.520	26
36	08020	99678	08046	12.429	24
38	08078	99673	08104	12.339	22
40	0.08136	0.99668	0.08163	12.251	20
42	08194	99664	08221	12.163	18
44	08252	99659	08280	12.077	16
46	08310	99654	08339	11.992	14
48	08368	99649	08397	11.909	12
50	0.08426	0.99644	0.08456	11.826	10
52	08484	99639	08514	11.745	8
54	08542	99635	08573	11.664	6
56	08600	99630	08632	11.585	4
58	08658	99625	08690	11.507	2
60	0.08716	0.99619	0.08749	11.430	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

85°

5°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.08716	0.99619	0.08749	11.430	60
2	08774	99614	08807	11.354	58
4	08831	99609	08866	11.279	56
6	08889	99604	08925	11.205	54
8	08947	99599	08983	11.132	52
10	0.09005	0.99594	0.09042	11.059	50
12	09063	99588	09101	10.988	48
14	09121	99583	09159	10.918	46
16	09179	99578	09218	10.848	44
18	09237	99572	09277	10.780	42
20	0.09295	0.99567	0.09335	10.712	40
22	09353	99562	09394	10.645	38
24	09411	99556	09453	10.579	36
26	09469	99551	09511	10.514	34
28	09527	99545	09570	10.449	32
30	0.09585	0.99540	0.09629	10.385	30
32	09642	99534	09688	10.322	28
34	09700	99528	09746	10.260	26
36	09758	99523	09805	10.199	24
38	09816	99517	09864	10.138	22
40	0.09874	0.99511	0.09923	10.078	20
42	09932	99506	09981	10.019	18
44	09990	99500	10040	9.9601	16
46	10048	99494	10099	9.9021	14
48	10106	99488	10158	9.8448	12
50	0.10164	0.99482	0.10216	9.7882	10
52	10221	99476	10275	9.7322	8
54	10279	99470	10334	9.6768	6
56	10337	99464	10393	9.6220	4
58	10395	99458	10452	9.5679	2
60	0.10453	0.99452	0.10510	9.5144	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

84°

6°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.10453	0.99452	0.10510	9.5144	60
2	10511	99446	10569	4614	58
4	10569	99440	10628	4090	56
6	10626	99434	10687	3572	54
8	10684	99428	10746	3060	52
10	0.10742	0.99421	0.10805	9.2553	50
12	10800	99415	10863	2051	48
14	10858	99409	10922	1555	46
16	10916	99402	10981	1065	44
18	10973	99396	11040	0579	42
20	0.11031	0.99390	0.11099	9.0098	40
22	11089	99383	11158	8.9623	38
24	11147	99377	11217	9152	36
26	11205	99370	11276	8686	34
28	11263	99364	11335	8225	32
30	0.11320	0.99357	0.11394	8.7769	30
32	11378	99351	11452	7317	28
34	11436	99344	11511	6870	26
36	11494	99337	11570	6427	24
38	11552	99331	11629	5989	22
40	0.11609	0.99324	0.11688	8.5555	20
42	11667	99317	11747	5126	18
44	11725	99310	11806	4701	16
46	11783	99303	11865	4280	14
48	11840	99297	11924	3863	12
50	0.11898	0.99290	0.11983	8.3450	10
52	11956	99283	12042	3041	8
54	12014	99276	12101	2636	6
56	12071	99269	12160	2234	4
58	12129	99262	12219	1837	2
60	0.12187	0.99255	0.12278	8.1443	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

83°

7°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.12187	0.99255	0.12278	8.1443	60
2	12245	99248	12338	1054	58
4	12302	99240	12397	0667	56
6	12360	99233	12456	0285	54
8	12418	99226	12515	7.9906	52
10	0.12476	0.99219	0.12574	7.9530	50
12	12533	99211	12633	9158	48
14	12591	99204	12692	8789	46
16	12649	99197	12751	8424	44
18	12706	99189	12810	8062	42
20	0.12764	0.99182	0.12869	7.7704	40
22	12822	99175	12929	7348	38
24	12880	99167	12988	6996	36
26	12937	99160	13047	6647	34
28	12995	99152	13106	6301	32
30	0.13053	0.99144	0.13165	7.5958	30
32	13110	99137	13224	5618	28
34	13168	99129	13284	5281	26
36	13226	99122	13343	4947	24
38	13283	99114	13402	4615	22
40	0.13341	0.99106	0.13461	7.4287	20
42	13399	99098	13521	3962	18
44	13456	99091	13580	3639	16
46	13514	99083	13639	3319	14
48	13572	99075	13698	3002	12
50	0.13629	0.99067	0.13758	7.2687	10
52	13687	99059	13817	2375	8
54	13744	99051	13876	2066	6
56	13802	99043	13935	1759	4
58	13860	99035	13995	1455	2
60	0.13917	0.99027	0.14054	7.1154	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

82°

8°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.13917	0.99027	0.14054	7.1154	60
2	13975	99019	14113	0855	58
4	14033	99011	14173	0558	56
6	14090	99002	14232	0264	54
8	14148	98994	14291	6.9972	52
10	0.14205	0.98988	0.14351	6.9682	50
12	14263	98978	14410	9395	48
14	14320	98969	14470	9110	46
16	14378	98961	14529	8828	44
18	14436	98953	14588	8548	42
20	0.14493	0.98944	0.14648	6.8269	40
22	14551	98936	14707	7994	38
24	14608	98927	14767	7720	36
26	14666	98919	14826	7448	34
28	14723	98910	14886	7179	32
30	0.14781	0.98902	0.14945	6.6912	30
32	14838	98893	15005	6646	28
34	14896	98884	15064	6383	26
36	14954	98876	15124	6122	24
38	15011	98867	15183	5863	22
40	0.15069	0.98858	0.15243	6.5606	20
42	15126	98849	15302	5350	18
44	15184	98841	15362	5097	16
46	15241	98832	15421	4846	14
48	15299	98823	15481	4596	12
50	0.15356	0.98814	0.15540	6.4348	10
52	15414	98805	15600	4103	8
54	15471	98796	15660	3859	6
56	15529	98787	15719	3617	4
58	15586	98778	15779	3376	2
60	0.15643	0.98769	0.15838	6.3138	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

81°

9°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0	0.15643	0.98769	0.15838	6.3138	60
2	15701	98760	15898	2901	58
4	15758	98751	15958	2666	56
6	15816	98741	16017	2432	54
8	15873	98732	16077	2200	52
10	0.15931	0.98723	0.16137	6.1970	50
12	15988	98714	16196	1742	48
14	16046	98704	16256	1515	46
16	16103	98695	16316	1290	44
18	16160	98686	16376	1066	42
20	0.16218	0.98676	0.16435	6.0844	40
22	16275	98667	16495	0624	38
24	16333	98657	16555	0405	36
26	16390	98648	16615	0188	34
28	16447	98638	16674	5.9972	32
30	0.16505	0.98629	0.16734	5.9758	30
32	16562	98619	16794	9545	28
34	16620	98609	16854	9333	26
36	16677	98600	16914	9124	24
38	16734	98590	16974	8915	22
40	0.16792	0.98580	0.17033	5.8708	20
42	16849	98570	17093	8502	18
44	16906	98561	17153	8298	16
46	16964	98551	17213	8095	14
48	17021	98541	17273	7894	12
50	0.17078	0.98531	0.17333	5.7694	10
52	17136	98521	17393	7495	8
54	17193	98511	17453	7297	6
56	17250	98501	17513	7101	4
58	17308	98491	17573	6906	2
60	0.17365	0.98481	0.17633	5.6713	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

80°

10°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.17365	0.98481	0.17633	5.6713	60
2	17422	98471	17693	6521	58
4	17479	98461	17753	6329	56
6	17537	98450	17813	6140	54
8	17594	98440	17873	5951	52
10	0.17651	0.98430	0.17933	5.5764	50
12	17708	98420	17993	5578	48
14	17766	98409	18053	5393	46
16	17823	98399	18113	5209	44
18	17880	98389	18173	5026	42
20	0.17937	0.98378	0.18233	5.4845	40
22	17995	98368	18293	4665	38
24	18052	98357	18353	4486	36
26	18109	98347	18414	4308	34
28	18166	98336	18474	4131	32
30	0.18224	0.98325	0.18534	5.3955	30
32	18281	98315	18594	3781	28
34	18338	98304	18654	3607	26
36	18395	98294	18714	3435	24
38	18452	98283	18775	3263	22
40	0.18509	0.98272	0.18835	5.3093	20
42	18567	98261	18895	2924	18
44	18624	98250	18955	2755	16
46	18681	98240	19016	2588	14
48	18738	98229	19076	2422	12
50	0.18795	0.98218	0.19136	5.2257	10
52	18852	98207	19197	2092	8
54	18910	98196	19257	1929	6
56	18967	98185	19317	1767	4
58	19024	98174	19378	1606	2
60	0.19081	0.98163	0.19438	5.1446	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

79°

11°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.19081	0.98163	0.19438	5.1446	60
2	19138	98152	19498	1286	58
4	19195	98140	19559	1128	56
6	19252	98129	19619	0970	54
8	19309	98118	19680	0814	52
10	0.19366	0.98107	0.19740	5.0658	50
12	19423	98096	19801	0504	48
14	19481	98084	19861	0350	46
16	19538	98073	19921	0197	44
18	19595	98061	19982	0045	42
20	0.19652	0.98050	0.20042	4.9894	40
22	19709	98039	20103	9744	38
24	19766	98027	20164	9594	36
26	19823	98016	20224	9446	34
28	19880	98004	20285	9298	32
30	0.19937	0.97992	0.20345	4.9152	30
32	19994	97981	20406	9006	28
34	20051	97969	20466	8860	26
36	20108	97958	20527	8716	24
38	20165	97946	20588	8573	22
40	0.20222	0.97934	0.20648	4.8430	20
42	20279	97922	20709	8288	18
44	20336	97910	20770	8147	16
46	20393	97899	20830	8007	14
48	20450	97887	20891	7867	12
50	0.20507	0.97875	0.20952	4.7729	10
52	20563	97863	21013	7591	8
54	20620	97851	21073	7453	6
56	20677	97839	21134	7317	4
58	20734	97827	21195	7181	2
60	0.20791	0.97815	0.21256	4.7046	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

78°

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.20791	0.97815	0.21256	4.7046	60
2	20848	97803	21316	6912	58
4	20905	97791	21377	6779	56
6	20962	97778	21438	6646	54
8	21019	97766	21499	6514	52
10	0.21076	0.97754	0.21560	4.6382	50
12	21132	97742	21621	6252	48
14	21189	97729	21682	6122	46
16	21246	97717	21743	5993	44
18	21303	97705	21804	5864	42
20	0.21360	0.97692	0.21864	4.5736	40
22	21417	97680	21925	5609	38
24	21474	97667	21986	5483	36
26	21530	97655	22047	5357	34
28	21587	97642	22108	5232	32
30	0.21644	0.97630	0.22169	4.5107	30
32	21701	97617	22231	4983	28
34	21758	97604	22292	4860	26
36	21814	97592	22353	4737	24
38	21871	97579	22414	4615	22
40	0.21928	0.97566	0.22475	4.4494	20
42	21985	97553	22536	4374	18
44	22041	97541	22597	4253	16
46	22098	97528	22658	4134	14
48	22155	97515	22719	4015	12
50	0.22212	0.97502	0.22781	4.3897	10
52	22268	97489	22842	3779	8
54	22325	97476	22903	3662	6
56	22382	97463	22964	3546	4
58	22438	97450	23026	3430	2
60	0.22495	0.97437	0.23087	4.3315	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

13°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.22495	0.97437	0.23087	4.3315	60
2	22552	97424	23148	3200	58
4	22608	97411	23209	3086	56
6	22665	97398	23271	2972	54
8	22722	97384	23332	2859	52
10	0.22778	0.97371	0.23393	4.2747	50
12	22835	97358	23455	2635	48
14	22892	97345	23516	2524	46
16	22948	97331	23577	2413	44
18	23005	97318	23639	2303	42
20	0.23062	0.97304	0.23700	4.2193	40
22	23118	97291	23762	2084	38
24	23175	97278	23823	1976	36
26	23231	97264	23885	1868	34
28	23288	97251	23946	1760	32
30	0.23345	0.97237	0.24008	4.1653	30
32	23401	97223	24069	1547	28
34	23458	97210	24131	1441	26
36	23514	97196	24193	1335	24
38	23571	97182	24254	1230	22
40	0.23627	0.97169	0.24316	4.1126	20
42	23684	97155	24377	1022	18
44	23740	97141	24439	0918	16
46	23797	97127	24501	0815	14
48	23853	97113	24562	0713	12
50	0.23910	0.97100	0.24624	4.0611	10
52	23966	97086	24686	0509	8
54	24023	97072	24747	0408	6
56	24079	97058	24809	0308	4
58	24136	97044	24871	0207	2
60	0.24192	0.97030	0.24933	4.0108	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

76°

14°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.24192	0.97030	0.24933	4.0108	60
2	24249	97015	24995	0009	58
4	24305	97001	25056	3.9910	56
6	24362	96987	25118	9812	54
8	24418	96973	25180	9714	52
10	0.24474	0.96959	0.25242	3.9617	50
12	24531	96945	25304	9520	48
14	24587	96930	25366	9423	46
16	24644	96916	25428	9327	44
18	24700	96902	25490	9232	42
20	0.24756	0.96887	0.25552	3.9136	40
22	24813	96873	25614	9042	38
24	24869	96858	25676	8947	36
26	24925	96844	25738	8854	34
28	24982	96829	25800	8760	32
30	0.25038	0.96815	0.25862	3.8667	30
32	25094	96800	25924	8575	28
34	25151	96786	25986	8482	26
36	25207	96771	26048	8391	24
38	25263	96756	26110	8299	22
40	0.25320	0.96742	0.26172	3.8208	20
42	25376	96727	26235	8118	18
44	25432	96712	26297	8028	16
46	25488	96697	26359	7938	14
48	25545	96682	26421	7848	12
50	0.25601	0.96667	0.26483	3.7760	10
52	25657	96653	26546	7671	8
54	25713	96638	26608	7583	6
56	25769	96623	26670	7495	4
58	25826	96608	26733	7408	2
60	0.25882	0.96593	0.26795	3.7321	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

75°

15°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.25882	0.96593	0.26795	3.7321	60
2	25938	96578	26857	7234	58
4	25994	96562	26920	7148	56
6	26050	96547	26982	7062	54
8	26107	96532	27044	6976	52
10	0.26163	0.96517	0.27107	3.6891	50
12	26219	96502	27169	6806	48
14	26275	96486	27232	6722	46
16	26331	96471	27294	6638	44
18	26387	96456	27357	6554	42
20	0.26443	0.96440	0.27419	3.6470	40
22	26500	96425	27482	6387	38
24	26556	96410	27545	6305	36
26	26612	96394	27607	6222	34
28	26668	96379	27670	6140	32
30	0.26724	0.96363	0.27732	3.6059	30
32	26780	96347	27795	5978	28
34	26836	96332	27858	5897	26
36	26892	96316	27921	5816	24
38	26948	96301	27983	5736	22
40	0.27004	0.96285	0.28046	3.5656	20
42	27060	96269	28109	5576	18
44	27116	96253	28172	5497	16
46	27172	96238	28234	5418	14
48	27228	96222	28297	5339	12
50	0.27284	0.96206	0.28360	3.5261	10
52	27340	96190	28423	5183	8
54	27396	96174	28486	5105	6
56	27452	96158	28549	5028	4
58	27508	96142	28612	4951	2
60	0.27564	0.96126	0.28675	3.4874	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

74°

16°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.27564	0.96126	0.28675	3.4874	60
2	27620	96110	28738	4798	58
4	27676	96094	28801	4722	56
6	27731	96078	28864	4646	54
8	27787	96062	28927	4570	52
10	0.27843	0.96046	0.28990	3.4495	50
12	27899	96029	29053	4420	48
14	27955	96013	29116	4346	46
16	28011	95997	29179	4271	44
18	28067	95981	29242	4197	42
20	0.28123	0.95964	0.29305	3.4124	40
22	28178	95948	29368	4050	38
24	28234	95931	29432	3977	36
26	28290	95915	29495	3904	34
28	28346	95898	29558	3832	32
30	0.28402	0.95882	0.29621	3.3759	30
32	28457	95865	29685	3687	28
34	28513	95849	29748	3616	26
36	28569	95832	29811	3544	24
38	28625	95816	29875	3473	22
40	0.28680	0.95799	0.29938	3.3402	20
42	28736	95782	30001	3332	18
44	28792	95766	30065	3261	16
46	28847	95749	30128	3191	14
48	28903	95732	30192	3122	12
50	0.28959	0.95715	0.30255	3.3052	10
52	29015	95698	30319	2983	8
54	29070	95681	30382	2914	6
56	29126	95664	30446	2845	4
58	29182	95647	30509	2777	2
60	0.29237	0.95630	0.30573	3.2709	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

73'

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.29237	0.95630	0.30573	3.2709	60
2	29293	95613	30637	2641	58
4	29348	95596	30700	2573	56
6	29404	95579	30764	2506	54
8	29460	95562	30828	2438	52
10	0.29515	0.95545	0.30891	3.2371	50
12	29571	95528	30955	2305	48
14	29626	95511	31019	2238	46
16	29682	95493	31083	2172	44
18	29737	95476	31147	2106	42
20	0.29793	0.95459	0.31210	3.2041	40
22	29849	95441	31274	1975	38
24	29904	95424	31338	1910	36
26	29960	95407	31402	1845	34
28	30015	95389	31466	1780	32
30	0.30071	0.95372	0.31530	3.1716	30
32	30126	95354	31594	1652	28
34	30182	95337	31658	1588	26
36	30237	95319	31722	1524	24
38	30292	95301	31786	1460	22
40	0.30348	0.95284	0.31850	3.1397	20
42	30403	95266	31914	1334	18
44	30459	95248	31978	1271	16
46	30514	95231	32042	1209	14
48	30570	95213	32106	1146	12
50	0.30625	0.95195	0.32171	3.1084	10
52	30680	95177	32235	1022	8
54	30736	95159	32299	0961	6
56	30791	95142	32363	0899	4
58	30846	95124	32428	0838	2
60	0.30902	0.95106	0.32492	3.0777	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

18°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.30902	0.95106	0.32492	3.0777	60
2	30957	95088	32556	0716	58
4	31012	95070	32621	0655	56
6	31068	95052	32685	0595	54
8	31123	95033	32749	0535	52
10	0.31178	0.95015	0.32814	3.0475	50
12	31233	94997	32878	0415	48
14	31289	94979	32943	0356	46
16	31344	94961	33007	0296	44
18	31399	94943	33072	0237	42
20	0.31454	0.94924	0.33136	3.0178	40
22	31510	94906	33201	0120	38
24	31565	94888	33266	0061	36
26	31620	94869	33330	0003	34
28	31675	94851	33395	2.9945	32
30	0.31730	0.94832	0.33460	2.9887	30
32	31786	94814	33524	9829	28
34	31841	94795	33589	9772	26
36	31896	94777	33654	9714	24
38	31951	94758	33718	9657	22
40	0.32006	0.94740	0.33783	2.9600	20
42	32061	94721	33848	9544	18
44	32116	94702	33913	9487	16
46	32171	94684	33978	9431	14
48	32226	94665	34043	9375	12
50	0.32282	0.94646	0.34108	2.9319	10
52	32337	94627	34173	9263	8
54	32392	94609	34238	9208	6
56	32447	94590	34303	9152	4
58	32502	94571	34368	9097	2
60	0.32557	0.94552	0.34433	2.9042	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

71°

19°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.32557	0.94552	0.34433	2.9042	60
2	32612	94533	34498	8987	58
4	32667	94514	34563	8933	56
6	32722	94495	34628	8878	54
8	32777	94476	34693	8824	52
10	0.32832	0.94457	0.34758	2.8770	50
12	32887	94438	34824	8716	48
14	32942	94418	34889	8662	46
16	32997	94399	34954	8609	44
18	33051	94380	35020	8555	42
20	0.33106	0.94361	0.35085	2.8502	40
22	33161	94342	35150	8449	38
24	33216	94322	35216	8396	36
26	33271	94303	35281	8344	34
28	33326	94284	35346	8291	32
30	0.33381	0.94264	0.35412	2.8239	30
32	33436	94245	35477	8187	28
34	33490	94225	35543	8135	26
36	33545	94206	35608	8083	24
38	33600	94186	35674	8032	22
40	0.33655	0.94167	0.35740	2.7980	20
42	33710	94147	35805	7929	18
44	33764	94127	35871	7878	16
46	33819	94108	35937	7827	14
48	33874	94088	36002	7776	12
50	0.33929	0.94068	0.36068	2.7725	10
52	33983	94049	36134	7675	8
54	34038	94029	36199	7625	6
56	34093	94009	36265	7575	4
58	34147	93989	36331	7525	2
60	0.34202	0.93969	0.36397	2.7475	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

70°

20°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.34202	0.93969	0.36397	2.7475	60
2	34257	93949	36463	7425	58
4	34311	93929	36529	7376	56
6	34366	93909	36595	7326	54
8	34421	93889	36661	7277	52
10	0.34475	0.93869	0.36727	2.7228	50
12	34530	93849	36793	7179	48
14	34584	93829	36859	7130	46
16	34639	93809	36925	7082	44
18	34694	93789	36991	7034	42
20	0.34748	0.93769	0.37057	2.6985	40
22	34803	93748	37123	6937	38
24	34857	93728	37190	6889	36
26	34912	93708	37256	6841	34
28	34966	93688	37322	6794	32
30	0.35021	0.93667	0.37388	2.6746	30
32	35075	93647	37455	6699	28
34	35130	93626	37521	6652	26
36	35184	93606	37588	6605	24
38	35239	93585	37654	6558	22
40	0.35293	0.93565	0.37720	2.6511	20
42	35347	93544	37787	6464	18
44	35402	93524	37853	6418	16
46	35456	93503	37920	6371	14
48	35511	93483	37986	6325	12
50	0.35565	0.93462	0.38053	2.6279	10
52	35619	93441	38120	6233	8
54	35674	93420	38186	6187	6
56	35728	93400	38253	6142	4
58	35782	93379	38320	6096	2
60	0.35837	0.93358	0.38386	2.6051	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

69°

21°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.35837	0.93358	0.38386	2.6051	60
2	35891	93337	38453	6006	58
4	35945	93316	38520	5961	56
6	36000	93295	38587	5916	54
8	36054	93274	38654	5871	52
10	0.36108	0.93253	0.38721	2.5826	50
12	36162	93232	38787	5782	48
14	36217	93211	38854	5737	46
16	36271	93190	38921	5693	44
18	36325	93169	38988	5649	42
20	0.36379	0.93148	0.39055	2.5605	40
22	36434	93127	39122	5561	38
24	36488	93106	39190	5517	36
26	36542	93084	39257	5473	34
28	36596	93063	39324	5430	32
30	0.36650	0.93042	0.39391	2.5386	30
32	36704	93020	39458	5343	28
34	36758	92999	39526	5300	26
36	36812	92978	39593	5257	24
38	36867	92956	39660	5214	22
40	0.36921	0.92935	0.39727	2.5172	20
42	36975	92913	39795	5129	18
44	37029	92892	39862	5086	16
46	37083	92870	39930	5044	14
48	37137	92849	39997	5002	12
50	0.37191	0.92827	0.40065	2.4960	10
52	37245	92805	40132	4918	8
54	37299	92784	40200	4876	6
56	37353	92762	40268	4834	4
58	37407	92740	40335	4792	2
60	0.37461	0.92718	0.40403	2.4751	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

68°

22°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.37461	0.92718	0.40403	2.4751	60
2	37515	92697	40470	4709	58
4	37569	92675	40538	4668	56
6	37622	92653	40606	4627	54
8	37676	92631	40674	4586	52
10	0.37730	0.92609	0.40741	2.4545	50
12	37784	92587	40809	4504	48
14	37838	92565	40877	4464	46
16	37892	92543	40945	4423	44
18	37946	92521	41013	4383	42
20	0.37999	0.92499	0.41081	2.4342	40
22	38053	92477	41149	4302	38
24	38107	92455	41217	4262	36
26	38161	92432	41285	4222	34
28	38215	92410	41353	4182	32
30	0.38268	0.92388	0.41421	2.4142	30
32	38322	92366	41490	4102	28
34	38376	92343	41558	4063	26
36	38430	92321	41626	4023	24
38	38483	92299	41694	3984	22
40	0.38537	0.92276	0.41763	2.3945	20
42	38591	92254	41831	3906	18
44	38644	92231	41899	3867	16
46	38698	92209	41968	3828	14
48	38752	92186	42036	3789	12
50	0.38805	0.92164	0.42105	2.3750	10
52	38859	92141	42173	3712	8
54	38912	92119	42242	3673	6
56	38966	92096	42310	3635	4
58	39020	92073	42379	3597	2
60	0.39073	0.92050	0.42447	2.3559	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

67°

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.39073	0.92050	0.42447	2.3559	60
2	39127	92028	42516	3520	58
4	39180	92005	42585	3483	56
6	39234	91982	42654	3445	54
8	39287	91959	42722	3407	52
10	0.39341	0.91936	0.42791	2.3369	50
12	39394	91914	42860	3332	48
14	39448	91891	42929	3294	46
16	39501	91868	42998	3257	44
18	39555	91845	43067	3220	42
20	0.39608	0.91822	0.43136	2.3183	40
22	39661	91799	43205	3146	38
24	39715	91775	43274	3109	36
26	39768	91752	43343	3072	34
28	39822	91729	43412	3035	32
30	0.39875	0.91706	0.43481	2.2998	30
32	39928	91683	43550	2962	28
34	39982	91660	43620	2925	26
36	40035	91636	43689	2889	24
38	40088	91613	43758	2853	22
40	0.40141	0.91590	0.43828	2.2817	20
42	40195	91566	43897	2781	18
44	40248	91543	43966	2745	16
46	40301	91519	44036	2709	14
48	40355	91496	44105	2673	12
50	0.40408	0.91472	0.44175	2.2637	10
52	40461	91449	44244	2602	8
54	40514	91425	44314	2566	6
56	40567	91402	44384	2531	4
58	40621	91378	44453	2496	2
60	0.40674	0.91355	0.44523	2.2460	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

24°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.40674	0.91355	0.44523	2.2460	60
2	40727	91331	44593	2425	58
4	40780	91307	44662	2390	56
6	40833	91283	44732	2355	54
8	40886	91260	44802	2320	52
10	0.40939	0.91236	0.44872	2.2286	50
12	40992	91212	44942	2251	48
14	41045	91188	45012	2216	46
16	41098	91164	45082	2182	44
18	41151	91140	45152	2148	42
20	0.41204	0.91116	0.45222	2.2113	40
22	41257	91092	45292	2079	38
24	41310	91068	45362	2045	36
26	41363	91044	45432	2011	34
28	41416	91020	45502	1977	32
30	0.41469	0.90996	0.45573	2.1943	30
32	41522	90972	45643	1909	28
34	41575	90948	45713	1876	26
36	41628	90924	45784	1842	24
38	41681	90899	45854	1808	22
40	0.41734	0.90875	0.45924	2.1775	20
42	41787	90851	45995	1742	18
44	41840	90826	46065	1708	16
46	41892	90802	46136	1675	14
48	41945	90778	46206	1642	12
50	0.41988	0.90753	0.46277	2.1609	10
52	42051	90729	46348	1576	8
54	42104	90704	46418	1543	6
56	42156	90680	46489	1510	4
58	42209	90655	46560	1478	2
60	0.42262	0.90631	0.46631	2.1445	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

65°

25°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.42262	0.90631	0.46631	2.1445	60
2	42315	90606	46702	1413	58
4	42367	90582	46772	1380	56
6	42420	90557	46843	1348	54
8	42473	90532	46914	1315	52
10	0.42525	0.90507	0.46985	2.1283	50
12	42578	90483	47056	1251	48
14	42631	90458	47128	1219	46
16	42683	90433	47199	1187	44
18	42736	90408	47270	1155	42
20	0.42788	0.90383	0.47341	2.1123	40
22	42841	90358	47412	1092	38
24	42894	90334	47483	1060	36
26	42946	90309	47555	1028	34
28	42999	90284	47626	0997	32
30	0.43051	0.90259	0.47698	2.0965	30
32	43104	90233	47769	0934	28
34	43156	90208	47840	0903	26
36	43209	90183	47912	0872	24
38	43261	90158	47984	0840	22
40	0.43313	0.90133	0.48055	2.0809	20
42	43366	90108	48127	0778	18
44	43418	90082	48198	0748	16
46	43471	90057	48270	0717	14
48	43523	90032	48342	0686	12
50	0.43575	0.90007	0.48414	2.0655	10
52	43628	89981	48486	0625	8
54	43680	89956	48557	0594	6
56	43733	89930	48629	0564	4
58	43785	89905	48701	0533	2
60	0.43837	0.89879	0.48773	2.0503	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

64°

26°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.43837	0.89879	0.48773	2.0503	60
2	43889	89854	48845	0473	58
4	43942	89828	48917	0443	56
6	43994	89803	48989	0413	54
8	44046	89777	49062	0383	52
10	0.44098	0.89752	0.49134	2.0353	50
12	44150	89726	49206	0323	48
14	44203	89700	49278	0293	46
16	44255	89674	49351	0263	44
18	44307	89649	49423	0233	42
20	0.44359	0.89623	0.49495	2.0204	40
22	44411	89597	49568	0174	38
24	44464	89571	49640	0145	36
26	44516	89545	49713	0115	34
28	44568	89519	49786	0086	32
30	0.44620	0.89493	0.49858	2.0057	30
32	44672	89467	49931	0028	28
34	44724	89441	50004	1.9999	26
36	44776	89415	50076	9970	24
38	44828	89389	50149	9941	22
40	0.44880	0.89363	0.50222	1.9912	20
42	44932	89337	50295	9883	18
44	44984	89311	50368	9854	16
46	45036	89285	50441	9825	14
48	45088	89259	50514	9797	12
50	0.45140	0.89232	0.50587	1.9768	10
52	45192	89206	50660	9740	8
54	45243	89180	50733	9711	6
56	45295	89153	50806	9683	4
58	45347	89127	50879	9654	2
60	0.45399	0.89101	0.50953	1.9626	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

63°

27°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.45399	0.89101	0.50953	1.9626	60
2	45451	89074	51026	9598	58
4	45503	89048	51099	9570	56
6	45554	89021	51173	9542	54
8	45605	88995	51246	9514	52
10	0.45658	0.88968	0.51319	1.9486	50
12	45710	88942	51393	9458	48
14	45762	88915	51467	9430	46
16	45813	88888	51540	9402	44
18	45865	88862	51614	9375	42
20	0.45917	0.88835	0.51688	1.9347	40
22	45968	88808	51761	9319	38
24	46020	88782	51835	9292	36
26	46072	88755	51909	9265	34
28	46123	88728	51983	9237	32
30	0.46175	0.88701	0.52057	1.9210	30
32	46226	88674	52131	9183	28
34	46278	88647	52205	9155	26
36	46330	88620	52279	9128	24
38	46381	88593	52353	9101	22
40	0.46433	0.88566	0.52427	1.9074	20
42	46484	88539	52501	9047	18
44	46536	88512	52575	9020	16
46	46587	88485	52650	8993	14
48	46639	88458	52724	8967	12
50	0.46690	0.88431	0.52798	1.8940	10
52	46742	88404	52873	8913	8
54	46793	88377	52947	8887	6
56	46844	88349	53022	8860	4
58	46896	88322	53096	8834	2
60	0.46917	0.88295	0.53171	1.8807	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

28°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.46947	0.88295	0.53171	1.8807	60
2	46999	88267	53246	8781	58
4	47050	88240	53320	8755	56
6	47101	88213	53395	8728	54
8	47153	88185	53470	8702	52
10	0.47204	0.88158	0.53545	1.8676	50
12	47255	88130	53620	8650	48
14	47306	88103	53694	8624	46
16	47358	88075	53769	8598	44
18	47409	88048	53844	8572	42
20	0.47460	0.88020	0.53920	1.8546	40
22	47511	87993	53995	8520	38
24	47562	87965	54070	8495	36
26	47614	87937	54145	8469	34
28	47665	87909	54220	8443	32
30	0.47716	0.87882	0.54296	1.8418	30
32	47767	87854	54371	8392	28
34	47818	87826	54446	8367	26
36	47869	87798	54522	8341	24
38	47920	87770	54597	8316	22
40	0.47971	0.87743	0.54673	1.8291	20
42	48022	87715	54748	8265	18
44	48073	87687	54824	8240	16
46	48124	87659	54900	8215	14
48	48175	87631	54975	8190	12
50	0.48226	0.87603	0.55051	1.8165	10
52	48277	87575	55127	8140	8
54	48328	87546	55203	8115	6
56	48379	87518	55279	8090	4
58	48430	87490	55355	8065	2
60	0.48481	0.87462	0.55431	1.8040	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

61°

29°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.48481	0.87462	0.55431	1.8040	60
2	48532	87434	55507	8016	58
4	48583	87406	55583	7991	56
6	48634	87377	55659	7966	54
8	48684	87349	55736	7942	52
10	0.48735	0.87321	0.55812	1.7917	50
12	48786	87292	55888	7893	48
14	48837	87264	55964	7868	46
16	48888	87235	56041	7844	44
18	48938	87207	56117	7820	42
20	0.48989	0.87178	0.56194	1.7796	40
22	49040	87150	56270	7771	38
24	49090	87121	56347	7747	36
26	49141	87093	56424	7723	34
28	49192	87064	56501	7699	32
30	0.49242	0.87036	0.56577	1.7675	30
32	49293	87007	56654	7651	28
34	49344	86978	56731	7627	26
36	49394	86949	56808	7603	24
38	49445	86921	56885	7579	22
40	0.49495	0.86892	0.56962	1.7566	20
42	49546	86863	57039	7532	18
44	49596	86834	57116	7508	16
46	49647	86805	57193	7485	14
48	49697	86777	57271	7461	12
50	0.49748	0.86748	0.57348	1.7437	10
52	49798	86719	57425	7414	8
54	49849	86690	57503	7391	6
56	49899	86661	57580	7367	4
58	49950	86632	57657	7344	2
60	0.50000	0.86603	0.57735	1.7321	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

60°

30°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0	0.50000	0.86603	0.57735	1.7321	60
2	50050	86573	57813	7297	58
4	50101	86544	57890	7274	56
6	50151	86515	57968	7251	54
8	50201	86486	58046	7228	52
10	0.50252	0.86457	0.58124	1.7205	50
12	50302	86427	58201	7182	48
14	50352	86398	58279	7159	46
16	50403	86369	58357	7136	44
18	50453	86340	58435	7113	42
20	0.50503	0.86310	0.58513	1.7090	40
22	50553	86281	58591	7067	38
24	50603	86251	58670	7045	36
26	50654	86222	58748	7022	34
28	50704	86192	58826	6999	32
30	0.50754	0.86163	0.58905	1.6977	30
32	50804	86133	58983	6954	28
34	50854	86104	59061	6932	26
36	50904	86074	59140	6909	24
38	50954	86045	59218	6887	22
40	0.51004	0.86015	0.59297	1.6864	20
42	51054	85985	59376	6842	18
44	51104	85956	59454	6820	16
46	51154	85926	59533	6797	14
48	51204	85896	59612	6775	12
50	0.51254	0.85866	0.59691	1.6753	10
52	51304	85836	59770	6731	8
54	51354	85806	59849	6709	6
56	51404	85777	59928	6687	4
58	51454	85747	60007	6665	2
60	0.51504	0.85717	0.60086	1.6643	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

59°

31°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.51504	0.85717	0.60086	1.6643	60
2	51554	85687	60165	6621	58
4	51604	85657	60245	6599	56
6	51653	85627	60324	6577	54
8	51703	85597	60403	6555	52
10	0.51753	0.85567	0.60483	1.6534	50
12	51803	85536	60562	6512	48
14	51852	85506	60642	6490	46
16	51902	85476	60721	6469	44
18	51952	85446	60801	6447	42
20	0.52002	0.85416	0.60881	1.6426	40
22	52051	85385	60960	6404	38
24	52101	85355	61040	6383	36
26	52151	85325	61120	6361	34
28	52200	85294	61200	6340	32
30	0.52250	0.85264	0.61280	1.6319	30
32	52299	85234	61360	6297	28
34	52349	85203	61440	6276	26
36	52399	85173	61520	6255	24
38	52448	85142	61601	6234	22
40	0.52498	0.85112	0.61681	1.6212	20
42	52547	85081	61761	6191	18
44	52597	85051	61842	6170	16
46	52646	85020	61922	6149	14
48	52696	84989	62003	6128	12
50	0.52745	0.84959	0.62083	1.6107	10
52	52794	84928	62164	6087	8
54	52844	84897	62245	6066	6
56	52893	84866	62325	6045	4
58	52943	84836	62406	6024	2
60	0.52992	0.84805	0.62487	1.6003	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

58°

32°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.52992	0.84805	0.62487	1.6003	60
2	53041	84774	62568	5983	58
4	53091	84743	62649	5962	56
6	53140	84712	62730	5941	54
8	53189	84681	62811	5921	52
10	0.53238	0.84650	0.62892	1.5900	50
12	53288	84619	62973	5880	48
14	53337	84588	63055	5859	46
16	53386	84557	63136	5839	44
18	53435	84526	63217	5818	42
20	0.53484	0.84495	0.63299	1.5798	40
22	53534	84464	63380	5778	38
24	53583	84433	63462	5757	36
26	53632	84402	63544	5737	34
28	53681	84370	63625	5717	32
30	0.53730	0.84339	0.63707	1.5697	30
32	53779	84308	63789	5677	28
34	53828	84277	63871	5657	26
36	53877	84245	63953	5637	24
38	53926	84214	64035	5617	22
40	0.53975	0.84182	0.64117	1.5597	20
42	54024	84151	64199	5577	18
44	54073	84120	64281	5557	16
46	54122	84088	64363	5537	14
48	54171	84057	64446	5517	12
50	0.54220	0.84025	0.64528	1.5497	10
52	54269	83994	64610	5477	8
54	54317	83962	64693	5458	6
56	54366	83930	64775	5438	4
58	54415	83899	64858	5418	2
60	0.54464	0.83867	0.64941	1.5399	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

57°

33°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0	0.54464	0.83867	0.64941	1.5399	60
2	54513	83835	65024	5379	58
4	54561	83804	65106	5359	56
6	54610	83772	65189	5340	54
8	54659	83740	65272	5320	52
10	0.54708	0.83708	0.65355	1.5301	50
12	54756	83676	65438	5282	48
14	54805	83645	65521	5262	46
16	54854	83613	65604	5243	44
18	54902	83581	65688	5224	42
20	0.54951	0.83549	0.65771	1.5204	40
22	54999	83517	65854	5185	38
24	55048	83485	65938	5166	36
26	55097	83453	66021	5147	34
28	55145	83421	66105	5127	32
30	0.55194	0.83389	0.66189	1.5108	30
32	55242	83356	66272	5089	28
34	55291	83324	66356	5070	26
36	55339	83292	66440	5051	24
38	55388	83260	66524	5032	22
40	0.55436	0.83228	0.66608	1.5013	20
42	55484	83195	66692	4994	18
44	55533	83163	66776	4975	16
46	55581	83131	66860	4957	14
48	55630	83098	66944	4938	12
50	0.55678	0.83066	0.67028	1.4919	10
52	55726	83034	67113	4900	8
54	55775	83001	67197	4882	6
56	55823	82969	67282	4863	4
58	55871	82936	67366	4844	2
60	0.55919	0.82904	0.67451	1.4826	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

56°

34°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.55919	0.82904	0.67451	1.4826	60
2	55968	82871	67536	4807	58
4	56016	82839	67620	4788	56
6	56064	82806	67705	4770	54
8	56112	82773	67790	4751	52
10	0.56160	0.82741	0.67875	1.4733	50
12	56208	82708	67960	4715	48
14	56256	82675	68045	4696	46
16	56305	82643	68130	4678	44
18	56353	82610	68215	4659	42
20	0.56401	0.82577	0.68301	1.4641	40
22	56449	82544	68386	4623	38
24	56497	82511	68471	4605	36
26	56545	82478	68557	4586	34
28	56593	82446	68642	4568	32
30	0.56641	0.82413	0.68728	1.4550	30
32	56689	82380	68814	4532	28
34	56736	82347	68900	4514	26
36	56784	82314	68985	4496	24
38	56832	82281	69071	4478	22
40	0.56880	0.82248	0.69157	1.4460	20
42	56928	82214	69243	4442	18
44	56976	82181	69329	4424	16
46	57024	82148	69416	4406	14
48	57071	82115	69502	4388	12
50	0.57119	0.82082	0.69588	1.4370	10
52	57167	82048	69675	4352	8
54	57215	82015	69761	4335	6
56	57262	81982	69847	4317	4
58	57310	81949	69934	4299	2
60	0.57358	0.81915	0.70021	1.4281	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

55°

35°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.57358	0.81915	0.70021	1.4281	60
2	57405	81882	70107	4264	58
4	57453	81848	70194	4246	56
6	57501	81815	70281	4229	54
8	57548	81782	70368	4211	52
10	0.57596	0.81748	0.70455	1.4193	50
12	57643	81714	70542	4176	48
14	57691	81681	70629	4158	46
16	57738	81647	70717	4141	44
18	57786	81614	70804	4124	42
20	0.57833	0.81580	0.70891	1.4106	40
22	57881	81546	70979	4089	38
24	57928	81513	71066	4071	36
26	57976	81479	71154	4054	34
28	58023	81445	71242	4037	32
30	0.58070	0.81412	0.71329	1.4019	30
32	58118	81378	71417	4002	28
34	58165	81344	71505	3985	26
36	58212	81310	71593	3968	24
38	58260	81276	71681	3951	22
40	0.58307	0.81242	0.71769	1.3934	20
42	58354	81208	71857	3916	18
44	58401	81174	71946	3899	16
46	58449	81140	72034	3882	14
48	58496	81106	72122	3865	12
50	0.58543	0.81072	0.72211	1.3848	10
52	58590	81038	72299	3831	8
54	58637	81004	72388	3814	6
56	58684	80970	72477	3798	4
58	58731	80936	72565	3781	2
60	0.58779	0.80902	0.72654	1.3764	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

54°

36°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.58779	0.80902	0.72654	1.3764	60
2	58826	80867	72743	3747	58
4	58873	80833	72832	3730	56
6	58920	80799	72921	3713	54
8	58967	80765	73010	3697	52
10	0.59014	0.80730	0.73100	1.3680	50
12	59061	80696	73189	3663	48
14	59108	80662	73278	3647	46
16	59154	80627	73368	3630	44
18	59201	80593	73457	3613	42
20	0.59248	0.80558	0.73547	1.3597	40
22	59295	80524	73637	3580	38
24	59342	80489	73726	3564	36
26	59389	80455	73816	3547	34
28	59436	80420	73906	3531	32
30	0.59482	0.80386	0.73996	1.3514	30
32	59529	80351	74086	3498	28
34	59576	80316	74176	3481	26
36	59622	80282	74267	3465	24
38	59669	80247	74357	3449	22
40	0.59716	0.80212	0.74447	1.3432	20
42	59763	80178	74538	3416	18
44	59809	80143	74628	3400	16
46	59856	80108	74719	3384	14
48	59902	80073	74810	3367	12
50	0.59949	0.80038	0.74900	1.3351	10
52	59995	80003	74991	3335	8
54	60042	79968	75082	3319	6
56	60089	79934	75173	3303	4
58	60135	79899	75264	3287	2
60	0.60182	0.79864	0.75355	1.3270	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

53'

37°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0	0.60182	0.79864	0.75355	1.3270	60
2	60228	79829	75447	3254	58
4	60274	79793	75538	3238	56
6	60321	79758	75629	3222	54
8	60367	79723	75721	3206	52
10	0.60414	0.79688	0.75812	1.3190	50
12	60460	79653	75904	3175	48
14	60506	79618	75996	3159	46
16	60553	79583	76088	3143	44
18	60599	79547	76180	3127	42
20	0.60645	0.79512	0.76272	1.3111	40
22	60691	79477	76364	3095	38
24	60738	79441	76456	3079	36
26	60784	79406	76548	3064	34
28	60830	79371	76640	3048	32
30	0.60876	0.79335	0.76733	1.3032	30
32	60922	79300	76825	3017	28
34	60968	79264	76918	3001	26
36	61015	79229	77010	2985	24
38	61061	79193	77103	2970	22
40	0.61107	0.79158	0.77196	1.2954	20
42	61153	79122	77289	2938	18
44	61199	79087	77382	2923	16
46	61245	79051	77475	2907	14
48	61291	79016	77568	2892	12
50	0.61337	0.78980	0.77661	1.2876	10
52	61383	78944	77754	2861	8
54	61429	78908	77848	2846	6
56	61474	78873	77941	2830	4
58	61520	78837	78035	2815	2
60	0.61566	0.78801	0.78129	1.2799	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

52°

38°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.61566	0.78801	0.78128	1.2799	60
2	61612	78765	78222	2784	58
4	61658	78729	78316	2769	56
6	61704	78694	78410	2753	54
8	61749	78658	78504	2738	52
10	0.61795	0.78622	0.78598	1.2723	50
12	61841	78586	78692	2708	48
14	61887	78550	78786	2693	46
16	61932	78514	78881	2677	44
18	61978	78478	78975	2662	42
20	0.62024	0.78442	0.79070	1.2647	40
22	62069	78405	79164	2632	38
24	62115	78369	79259	2617	36
26	62160	78333	79354	2602	34
28	62206	78297	79449	2587	32
30	0.62251	0.78261	0.79544	1.2572	30
32	62297	78225	79639	2557	28
34	62342	78188	79734	2542	26
36	62388	78152	79829	2527	24
38	62433	78116	79924	2512	22
40	0.62479	0.78079	0.80020	1.2497	20
42	62524	78043	80115	2482	18
44	62570	78007	80211	2467	16
46	62615	77970	80306	2452	14
48	62660	77934	80402	2437	12
50	0.62706	0.77897	0.80498	1.2423	10
52	62751	77861	80594	2408	8
54	62796	77824	80690	2393	6
56	62842	77788	80786	2378	4
58	62887	77751	80882	2364	2
60	0.62932	0.77715	0.80978	1.2349	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

51°

39°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.62932	0.77715	0.80978	1.2349	60
2	62977	77678	81075	2334	58
4	63022	77641	81171	2320	56
6	63068	77605	81268	2305	54
8	63113	77568	81364	2290	52
10	0.63158	0.77531	0.81461	1.2276	50
12	63203	77494	81558	2261	48
14	63248	77458	81655	2247	46
16	63293	77421	81752	2232	44
18	63338	77384	81849	2218	42
20	0.63383	0.77347	0.81946	1.2203	40
22	63428	77310	82044	2189	38
24	63473	77273	82141	2174	36
26	63518	77236	82238	2160	34
28	63563	77199	82336	2145	32
30	0.63608	0.77162	0.82434	1.2131	30
32	63653	77125	82531	2117	28
34	63698	77088	82629	2102	26
36	63742	77051	82727	2088	24
38	63787	77014	82825	2074	22
40	0.63832	0.76977	0.82923	1.2059	20
42	63877	76940	83022	2045	18
44	63922	76903	83120	2031	16
46	63966	76866	83218	2017	14
48	64011	76828	83317	2002	12
50	0.64056	0.76791	0.83415	1.1988	10
52	64100	76754	83514	1974	8
54	64145	76717	83613	1960	6
56	64190	76679	83712	1946	4
58	64234	76642	83811	1932	2
60	0.64279	0.76604	0.83910	1.1918	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

50°

40°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.64279	0.76604	0.83910	1.1918	60
2	64323	76567	84009	1903	58
4	64368	76530	84108	1889	56
6	64412	76492	84208	1875	54
8	64457	76455	84307	1861	52
10	0.64501	0.76417	0.84407	1.1847	50
12	64546	76380	84507	1833	48
14	64590	76342	84606	1819	46
16	64635	76304	84706	1806	44
18	64679	76267	84806	1792	42
20	0.64723	0.76229	0.84906	1.1778	40
22	64768	76192	85006	1764	38
24	64812	76154	85107	1750	36
26	64856	76116	85207	1736	34
28	64901	76078	85308	1722	32
30	0.64945	0.76041	0.85408	1.1708	30
32	64989	76003	85509	1695	28
34	65033	75965	85609	1681	26
36	65077	75927	85710	1667	24
38	65122	75889	85811	1653	22
40	0.65166	0.75851	0.85912	1.1640	20
42	65210	75813	86014	1626	18
44	65254	75775	86115	1612	16
46	65298	75738	86216	1599	14
48	65342	75700	86318	1585	12
50	0.65386	0.75661	0.86419	1.1571	10
52	65430	75623	86521	1558	8
54	65474	75585	86623	1544	6
56	65518	75547	86725	1531	4
58	65562	75509	86827	1517	2
60	0.65606	0.75471	0.86929	1.1504	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

49°

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.65606	0.75471	0.86929	1.1504	60
2	65650	75433	87031	1490	58
4	65694	75395	87133	1477	56
6	65738	75356	87236	1463	54
8	65781	75318	87338	1450	52
10	0.65825	0.75280	0.87441	1.1436	50
12	65869	75241	87543	1423	48
14	65913	75203	87646	1410	46
16	65956	75165	87749	1396	44
18	66000	75126	87852	1383	42
20	0.66044	0.75088	0.87955	1.1369	40
22	66088	75050	88059	1356	38
24	66131	75011	88162	1343	36
26	66175	74973	88265	1329	34
28	66218	74934	88369	1316	32
30	0.66262	0.74896	0.88473	1.1303	30
32	66306	74857	88576	1290	28
34	66349	74818	88680	1276	26
36	66393	74780	88784	1263	24
38	66436	74741	88888	1250	22
40	0.66480	0.74703	0.88992	1.1237	20
42	66523	74664	89097	1224	18
44	66566	74625	89201	1211	16
46	66610	74586	89306	1197	14
48	66653	74548	89410	1184	12
50	0.66697	0.74509	0.89515	1.1171	10
52	66740	74470	89620	1158	8
54	66783	74431	89725	1145	6
56	66827	74392	89830	1132	4
58	66870	74353	89935	1119	2
60	0.66913	0.74314	0.90040	1.1106	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

42°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.66913	0.74314	0.90040	1.1106	60
2	66956	74276	90146	1093	58
4	66999	74237	90251	1080	56
6	67043	74198	90357	1067	54
8	67086	74159	90463	1054	52
10	0.67129	0.74120	0.90569	1.1041	50
12	67172	74080	90674	1028	48
14	67215	74041	90781	1016	46
16	67258	74002	90887	1003	44
18	67301	73963	90993	0990	42
20	0.67344	0.73924	0.91099	1.0977	40
22	67387	73885	91206	0964	38
24	67430	73846	91313	0951	36
26	67473	73806	91419	0939	34
28	67516	73767	91526	0926	32
30	0.67559	0.73728	0.91633	1.0913	30
32	67602	73688	91740	0900	28
34	67645	73649	91847	0888	26
36	67688	73610	91955	0875	24
38	67730	73570	92062	0862	22
40	0.67773	0.73531	0.92170	1.0850	20
42	67816	73491	92277	0837	18
44	67859	73452	92385	0824	16
46	67901	73413	92493	0812	14
48	67944	73373	92601	0799	12
50	0.67987	0.73333	0.92709	1.0786	10
52	68029	73294	92817	0774	8
54	68072	73254	92926	0761	6
56	68115	73215	93034	0749	4
58	68157	73175	93143	0736	2
60	0.68200	0.73135	0.93252	1.0724	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

47°

43°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.68200	0.73135	0.93252	1.0724	60
2	68242	73096	93360	0711	58
4	68285	73056	93469	0699	56
6	68327	73016	93578	0686	54
8	68370	72976	93688	0674	52
10	0.68412	0.72937	0.93797	1.0661	50
12	68455	72897	93906	0649	48
14	68497	72857	94016	0637	46
16	68539	72817	94125	0624	44
18	68582	72777	94235	0612	42
20	0.68624	0.72737	0.94345	1.0599	40
22	68666	72697	94455	0587	38
24	68709	72657	94565	0575	36
26	68751	72617	94676	0562	34
28	68793	72577	94786	0550	32
30	0.68835	0.72537	0.94896	1.0538	30
32	68878	72497	95007	0526	28
34	68920	72457	95118	0513	26
36	68962	72417	95229	0501	24
38	69004	72377	95340	0489	22
40	0.69046	0.72337	0.95451	1.0477	20
42	69088	72297	95562	0464	18
44	69130	72257	95673	0452	16
46	69172	72216	95785	0440	14
48	69214	72176	95897	0428	12
50	0.69256	0.72136	0.96008	1.0416	10
52	69298	72095	96120	0404	8
54	69340	72055	96232	0392	6
56	69382	72015	96344	0379	4
58	69424	71974	96457	0367	2
60	0.69466	0.71934	0.96569	1.0355	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

46°

44°


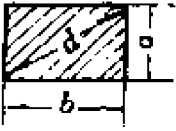
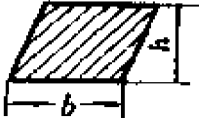
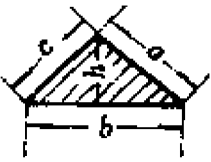
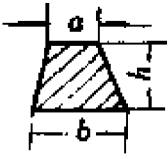
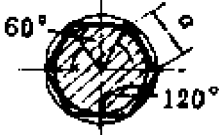
(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 cot	
0'	0.69466	0.71934	0.96569	1.0355	60
2	69508	71894	96681	0343	58
4	69549	71853	96794	0331	56
6	69591	71813	96907	0319	54
8	69633	71772	97020	0307	52
10	0.69675	0.71732	0.97133	1.0295	50
12	69717	71691	97246	0283	48
14	69758	71650	97359	0271	46
16	69800	71610	97472	0259	44
18	69842	71569	97586	0247	42
20	0.69883	0.71529	0.97700	1.0235	40
22	69925	71488	97813	0224	38
24	69966	71447	97927	0212	36
26	70008	71407	98041	0200	34
28	70049	71366	98155	0188	32
30	0.70091	0.71325	0.98270	1.0176	30
32	70132	71284	98384	0164	28
34	70174	71243	98499	0152	26
36	70215	71203	98613	0141	24
38	70257	71162	98728	0129	22
40	0.70298	0.71121	0.98843	1.0117	20
42	70339	71080	98958	0105	18
44	70381	71039	99073	0094	16
46	70422	70998	99189	0082	14
48	70463	70957	99304	0070	12
50	0.70505	0.70916	0.99420	1.0058	10
52	70546	70875	99536	0047	8
54	70587	70834	99652	0035	6
56	70628	70793	99768	0023	4
58	70670	70752	99884	0012	2
60	0.70711	0.70711	1.00000	1.0000	0'
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tg	分

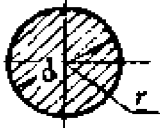
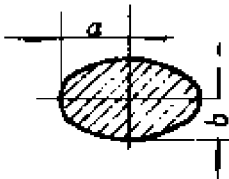

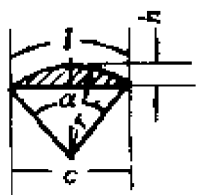
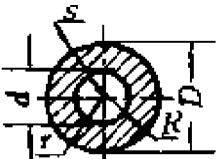
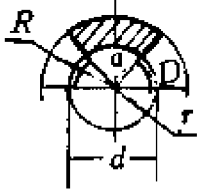
45°

5. 常用几何图形的计算

表 1-4 常用几何图形面积的计算


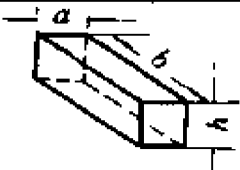
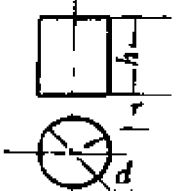
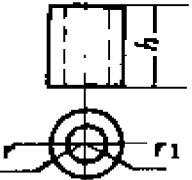
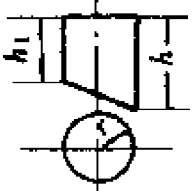
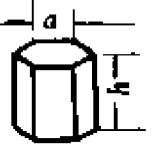

名称	简图	计算公式
正方形		$A = a^2 \quad a = 0.7071d = \sqrt{A}$ $d = 1.4142a = 1.4142\sqrt{A}$
长方形		$A = ab = a\sqrt{d^2 - a^2} = b\sqrt{d^2 - b^2}$ $d = \sqrt{a^2 + b^2} \quad a = \sqrt{d^2 - b^2} = \frac{A}{b}$ $b = \sqrt{d^2 - a^2} = \frac{A}{a}$
平行四边形		$A = bh \quad h = \frac{A}{b} \quad b = \frac{A}{h}$
三角形		$A = \frac{bh}{2}$ $P = \frac{1}{2}(a + b + c)$ $A = \sqrt{P(P - a)(P - b)(P - c)}$
梯形		$A = \frac{(a + b)h}{2} \quad h = \frac{2A}{a + b}$ $a = \frac{2A}{h} - b \quad b = \frac{2A}{h} - a$
正六边形		$A = 2.5981a^2 = 2.5981R^2 = 3.4641r^2$ $R = a = 1.1547r$ $r = 0.86603a = 0.86603R$

(续)

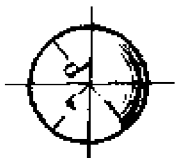
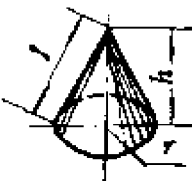
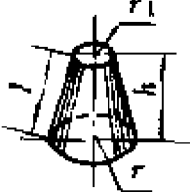
名称	简图	计算公式
圆		$A = \pi r^2 = 3.1416 r^2 = 0.7854 d^2$ $L = 2\pi r = 6.2832 r = 3.1416 d$ $r = L/2\pi = 0.15915 L = 0.56419 \sqrt{A}$ $d = L/\pi = 0.31831 L = 1.1284 \sqrt{A}$
椭圆		$A = \pi ab = 3.1416 ab$ 周长的近似值: $2P = \pi \sqrt{2(a^2 + b^2)}$ 比较精确的值: $2P = \pi [1.5(a + b) - \sqrt{ab}]$
扇形		$A = \frac{1}{2} rl = 0.0087266 ar^2$ $l = 2A/r = 0.017453 ar$ $r = 2A/l = 57.296 l/a$ $a = \frac{180l}{\pi r} = \frac{57.296l}{r}$
弓形		$A = \frac{1}{2} [rl - c(r - h)] \quad r = \frac{c^2 + 4h^2}{8h}$ $l = 0.017453 ar \quad c = 2 \sqrt{h(2r - h)}$ $h = r - \frac{\sqrt{4r^2 - c^2}}{2} \quad a = \frac{57.296l}{r}$
圆环		$A = \pi(R^2 - r^2) = 3.1416(R^2 - r^2)$ $= 0.7854(D^2 - d^2)$ $= 3.1416(D - S)S$ $= 3.1416(d + S)S$ $S = R - r = (D - d)/2$
环式扇形		$A = \frac{a\pi}{360^\circ} (R^2 - r^2) = 0.008727 a (R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi a}{4 \times 360^\circ} (D^2 - d^2)$ $= 0.002182 a (D^2 - d^2)$

注: A 为面积; P 为半周长; L 为圆周长; R 为外接圆半径; r 为内切圆半径; l 为弧长。

表 1-5 常用几何图形表面积和体积的计算

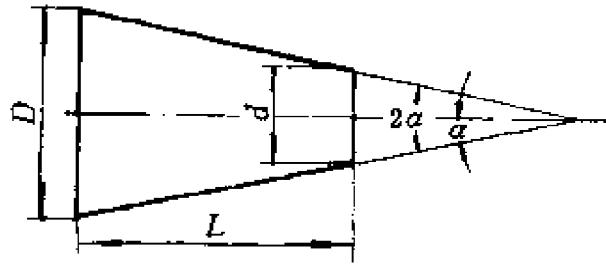
名 称	简 图	计 算 公 式	
		表面积 S 、侧表面积 M	体 积 V
正 方 体		$S = 6a^2$	$V = a^3$
长 方 体		$S = 2(ah + bh + ab)$	$V = abh$
圆 柱		$M = 2\pi rh = \pi dh$	$V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$
空心圆柱 (管)		$M = \text{内测表面积} + \text{外侧表面积} = 2\pi h(r + r_1)$	$V = \pi h(r^2 - r_1^2)$
斜底截圆柱		$M = \pi r(h + h_1)$	$V = \frac{\pi r^2(h + h_1)}{2}$
正六棱柱		$S = 5.1962a^2 + 6ah$	$V = 2.5981a^2 h$
正四棱锥台		$S = a^2 + b^2 + 2(a + b)h_1$	$V = \frac{(a^2 + b^2 + ab)h}{3}$

(续)

名称	简图	计算公式	
		表面积 S 、侧表面积 M	体积 V
球		$S = 4\pi r^2 = \pi d^2$	$V = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{\pi d^3}{6}$
圆锥		$M = \pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$	$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$
截头圆锥		$M = \pi l (r + r_1)$	$V = \frac{\pi h (r^2 + r_1^2 + r_1 r)}{3}$

6. 圆锥体各部尺寸的计算

表 1-6 圆锥体各部尺寸的计算公式



计算项目	锥度	斜度	大端直径	小端直径	锥体长度	斜角
代号	K	N	D	d	L	α
计算公式	$\frac{D-d}{L}$	$\frac{K}{2}; \frac{D-d}{2L}$	$KL + d$	$D - KL$	$\frac{D-d}{K}$	$\text{tga} = \frac{D-d}{2L}$
	2tga	tga	$2\text{tga} \cdot L + d$	$D - 2\text{tga} \cdot L$	$\frac{D-d}{2\text{tga}}$	$\text{tga} = \frac{K}{2}$

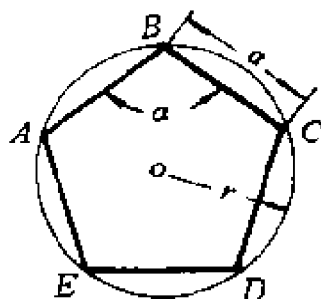
表 1-7 圆锥的锥度与锥角(根据 GB157-89)

基本值		推算值		
系列 1	系列 2	圆锥角		锥度
120°		—	—	1:0.288575
90°		—	—	1:0.500000
	75°	—	—	1:0.651613
60°		—	—	1:0.866025
45°		—	—	1:1.207107
30°		—	—	1:1.866025
1:3		18°55'28.7"	18.924644°	—
	1:4	14°15'0.1"	14.250033°	—
1:5		11°25'16.3"	11.421186°	—
	1:6	9°31'38.2"	9.522783°	—
	1:7	8°10'16.4"	8.171234°	—
	1:8	7°9'9.6"	7.152669°	—
1:10		5°43'29.3"	5.724810°	—
	1:12	4°46'18.8"	4.771888°	—
	1:15	3°49'5.9"	3.818305°	—
1:20		2°51'51.1"	2.864192°	—
1:30		1°54'34.9"	1.909683°	—
	1:40	1°25'56.4"	1.432320°	—
1:50		1°8'45.2"	1.145877°	—
1:100		0°34'22.6"	0.572953°	—
1:200		0°17'11.3"	0.286478°	—
1:500		0°6'52.5"	0.114592°	—

注:优先选用第一系列,当不能满足需要时才选用第二系列。

7. 正多边形的计算

表 1-8 正多边形的计算



(续)

边数	内角 $\alpha(^{\circ})$	边长 a	外接圆半径 r	面积 S	
3	60	$1.732r$	$0.577a$	$0.433a^2$	$1.299r^2$
4	90	$1.414r$	$0.707a$	$1.000a^2$	$2.000r^2$
5	108	$1.176r$	$0.851a$	$1.721a^2$	$2.378r^2$
6	120	$1.000r$	$1.000a$	$2.598a^2$	$2.598r^2$
7	$128\frac{1}{2}$	$0.868r$	$1.152a$	$3.635a^2$	$2.736r^2$
8	135	$0.765r$	$1.307a$	$4.828a^2$	$2.828r^2$
9	140	$0.684r$	$1.462a$	$6.182a^2$	$2.893r^2$
10	144	$0.618r$	$1.618a$	$7.694a^2$	$2.939r^2$
12	150	$0.518r$	$1.932a$	$11.196a^2$	$3.000r^2$
16	$157\frac{1}{2}$	$0.390r$	$2.563a$	$20.109a^2$	$3.062r^2$
20	162	$0.313r$	$3.196a$	$31.569a^2$	$3.090r^2$
24	165	$0.261r$	$3.831a$	$45.575a^2$	$3.106r^2$
32	$168\frac{3}{4}$	$0.196r$	$5.101a$	$81.225a^2$	$3.121r^2$
48	$172\frac{1}{4}$	$0.131r$	$7.645a$	$183.08a^2$	$3.133r^2$

注:如果已知正多边形的边数和外接圆半径,利用本表,就可以求出多边形的边长 a ;如果已知正多边形的边数和边长 a ,也可以求出外接圆半径。

[例1]已知正五边形的外接圆半径是 50mm ,从表上可以找出它的边长 a 应为 $1.176r$ 。把 50 代入 r ,就可以求出边长等于 $1.176 \times 50 = 58.8\text{mm}$ 。它的面积 $S = 2.378 \times 50^2 = 5945\text{mm}^2$ 。

二、常用一般资料

1. 常用金属材料的熔点

表 1-9 常用金属材料的熔点

名称	熔点($^{\circ}\text{C}$)	名称	熔点($^{\circ}\text{C}$)
灰口铁	1200	铝	658
铸钢	1425	铅	327
软钢	1400-1500	锡	232
黄铜	950	锌	419
青铜	995	镍	1452
紫铜	1083	钨	3380

2. 常用材料的密度

表 1-10 常用材料的密度

材料名称	密度 (g/cm ³)	材料名称	密度 (g/cm ³)
铸铁	6.8~7.2	石膏	2.3~2.4
工业纯铁	7.87	生石灰、熟石灰、水泥	1.1~1.2
钢材	7.85	普通粘土砖	1.7
铸钢	7.8	粘土耐火砖	2.10
紫铜	8.89	硅质耐火砖	1.8~1.9
黄铜	8.4~8.85	镁质耐火砖	2.6
铝合金	2.67~2.8	镁钙质耐火砖	2.8
锡基轴承合金	7.34~7.75	高钙质耐火砖	2.2~2.5
铅基轴承合金	9.33~10.67	云母	2.7~3.1
硬质合金(钨钴)	14.4~14.9	地蜡	0.96
硬质合金(钨钽钴)	9.5~12.4	地沥青	0.9~1.5
华山松	0.437	石蜡	0.9
红松	0.440	纤维蛇纹石石棉	2.2~2.4
马尾松	0.533	角闪石石棉	3.2~3.3
云南松	0.588	纯橡胶	0.93
红皮云杉	0.417	平胶板	1.6~1.8
兴安落叶松	0.625	皮革	0.4~1.2
长白落叶松	0.594	纤维纸板	1.3
四川红杉	0.458	平板玻璃	2.5
臭冷杉	0.384	实验室用器皿玻璃	2.45
铁杉	0.500	耐高温玻璃	2.23
杉木	0.376	石英玻璃	2.2
柏木	0.588	陶瓷	2.3~2.45
水曲柳(柈木)	0.686	碳化钙(电石)	2.22
大叶榆(榆木)	0.548	电木(胶木)	1.3~1.4
桦木	0.615	电玉	1.45~1.55
山杨	0.486	聚氯乙烯	1.35~1.40
楠木	0.610	聚苯乙烯	0.91
柞栎(柞木)	0.766	聚乙烯	0.92~0.95
软木	0.1~0.4	赛璐珞	1.35~1.40
胶合板	0.56	有机玻璃	1.18
刨花板	0.40	泡沫塑料	0.2
石墨	1.9~2.1		

3. 常用材料的摩擦系数

表 1-11 常用材料的摩擦系数

摩擦材料	静摩擦系数		滑动摩擦系数	
	无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢-钢	0.15	0.1~0.12	0.1	0.05~0.1
钢-软钢			0.2	0.1~0.2
钢-铸铁	0.2~0.3		0.16~0.18	0.05~0.15
钢-黄铜			0.19	0.03
钢-青铜		0.1~0.15	0.15~0.18	0.07
钢-铝			0.17	0.02
钢-粉末金属	0.35~0.55			
钢-塑料		0.09~0.1		
钢-夹布胶木			0.22	
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		0.15~0.16	0.15	0.07~0.12
铸铁-青铜	0.28	0.16	0.15~0.21	0.07~0.15
铸铁-皮革	0.55	0.15	0.28	0.12
铸铁-橡皮			0.8	0.5
青铜-夹布胶木			0.23	
金属-木材	0.5~0.6	0.1~0.2	0.3~0.6	0.1~0.2

4. 常用金属材料的线膨胀系数

表 1-12 常用金属材料的线膨胀系数 (1/°C 或 1/K)

材料名称	温度范围 (°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	$(10.6\sim 12.2)\times 10^{-6}$	$(11.3\sim 13)\times 10^{-6}$	$(12.1\sim 13.5)\times 10^{-6}$
铬 钢	11.2×10^{-6}	11.8×10^{-6}	12.4×10^{-6}
40CrSi	11.7×10^{-6}		
30CrMnSiA	11×10^{-6}		
3Cr13	10.2×10^{-6}	11.1×10^{-6}	11.6×10^{-6}
1Cr18Ni9Ti	16.6×10^{-6}	17.0×10^{-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}		

注:线膨胀系数 $\alpha_t = \frac{\text{长度膨胀量}}{\text{长度} \times \text{温度}}$

5. 常用金属材料的硬度

表 1-13 常用金属材料的硬度

材 料	状 态	硬度(HBS)
钢	退火	80~220
钢	淬火和回火	225~400
生铁	灰口	100~250
硬铝	退火	40~55
砂铝合金	经过热处理的	90~120
	铸造	50~65
巴氏合金	经过热处理的	65~100
	铸造	18~30
铅青铜	铸造	20~25
铝	退火,冷轧	20~50
铜	退火,冷轧,冷精轧	25~55

6. 各种硬度值的换算

表 1-14 各种硬度值的换算

布氏硬度 HBW (或 HBS)	洛氏硬度		维氏硬度 HV	布氏硬度 HBW (或 HBS)	洛氏硬度		维氏硬度 HV
	HRA	HRC			HRA	HRC	
	86.6	70.0	1037		78.5	55.0	599
	86.3	69.5	1017		78.2	54.5	589
	86.1	69.0	997		77.9	54.0	579
	85.8	68.5	978		77.7	53.5	570
	85.5	68.0	959		77.4	53.0	561
	85.2	67.5	941		77.1	52.5	551
	85.0	67.0	923		76.9	52.0	543
	84.7	66.5	906		76.6	51.5	534
	84.4	66.0	889	501	76.3	51.0	525
	84.1	65.5	872	494	76.1	50.5	517
	83.9	65.0	856	488	75.8	50.0	509
	83.6	64.5	840	481	75.5	49.5	501
	83.3	64.0	825	474	75.3	49.0	493
	83.1	63.5	810	468	75.0	48.5	485
	82.8	63.0	795	461	74.7	48.0	478
	82.5	62.5	780	455	74.5	47.5	470
	82.2	62.0	766	449	74.2	47.0	463
	82.0	61.5	752	442	73.9	46.5	456
	81.7	61.0	739	436	73.7	46.0	449
	81.4	60.5	726	430	73.4	45.5	443
	81.2	60.0	713	424	73.2	45.0	436
	80.9	59.5	700	418	72.9	44.5	429
	80.6	59.0	688	413	72.6	44.0	423
	80.3	58.5	676	407	72.4	43.5	417
	80.1	58.0	664	401	72.1	43.0	411
	79.8	57.5	653	396	71.8	42.5	405
	79.5	57.0	642	391	71.6	42.0	399
	79.3	56.5	631	385	71.3	41.5	393
	79.0	56.0	620	380	71.1	41.0	388
	78.7	55.5	609	375	70.8	40.5	382

(续)

布氏硬度 HBW (或 HBS)	洛氏硬度		维氏硬度 HV	布氏硬度 HBW (或 HBS)	洛氏硬度		维氏硬度 HV
	HRA	HRC			HRA	HRC	
370	70.5	40.0	377	269		28.0	274
365	70.3	39.5	372	266		27.5	271
360	70.0	39.0	367	263		27.0	268
355		38.5	362	260		26.5	264
350		38.0	351	257		26.0	261
345		37.5	352	254		25.5	258
341		37.0	347	251		25.0	255
336		36.5	342	248		24.5	252
332		36.0	338	245		24.0	249
327		35.5	333	242		23.5	246
323		35.0	329	240		23.0	243
318		34.5	324	237		22.5	240
314		34.0	320	234		22.0	237
310		33.5	316	232		21.5	234
306		33.0	312	229		21.0	231
302		32.5	308	227		20.5	229
298		32.0	304	225		20.0	226
294		31.5	300	222		19.5	223
291		31.0	296	220		19.0	221
287		30.5	292	218		18.5	218
283		30.0	289	216		18.0	216
280		29.5	285	214		17.5	214
276		29.0	281	211		17.0	211
273		28.5	278				

- 注:1. 布氏硬度:主要用来测定铸件、锻件、有色金属制件、热轧坯料及退火件的硬度,测定范围 $\leq 450\text{HBS}$ 。
2. 洛氏硬度:HRA 主要用于高硬度试件,测定硬度高于 HRC67 以上的材料和表面硬度,如硬质合金、氮化钢等,测定范围 $> \text{HRA}70$ 。HRC 主要用于钢制件(如碳钢、工具钢、合金钢等)淬火或回火后的硬度测定,测定范围 HRC20~67。
3. 维氏硬度:用来测定薄件和钢板制作的硬度,也可用来测定渗碳、氮化、氯化等表面硬化制件的硬度。

7. 常用金属材料的理论质量

(1) 常用金属型材理论质量的计算

1) 基本计算公式

$$W(\text{质量, kg}) = F(\text{断面积, mm}^2) \times L(\text{长度, m}) \times g(\text{密度, g/cm}^3) \times 1/1000$$

注: 由于型材在制造过程中允许有误差, 因此用公式计算出的理论质量有一定出入, 只能估计时作参考。

2) 钢材断面积的计算公式

表 1-15 钢材断面积的计算公式

项目	钢材类别	计算公式	代号说明
1	方钢	$F = a^2$	a —边宽
2	圆角方钢	$F = a^2 - 0.8584r^2$	a —边宽; r —圆角半径
3	钢板、扁钢、带钢	$F = a \times \delta$	a —宽度; δ —厚度
4	圆角扁钢	$F = a\delta - 0.8584r^2$	a —宽度; δ —厚度; r —圆角半径
5	圆钢、圆盘条、钢丝	$F = 0.7854d^2$	d —外径
6	六角钢	$F = 0.866a^2 = 2.598s^2$	a —对边距离; s —边宽
7	八角钢	$F = 0.8284a^2 = 4.8284s^2$	
8	钢管	$F = 3.1416\delta(D - \delta)$	D —外径; δ —壁厚
9	等边角钢	$F = d(2b - d) + 0.2146(r^2 - 2r_1^2)$	d —边厚; b —边宽; r —内面圆角半径; r_1 —端边圆角半径
10	不等边角钢	$F = d(B + b - d) + 0.2146(r^2 - 2r_1^2)$	d —边厚; B —长边宽; b —短边宽; r —内面圆角半径; r_1 —端边圆角半径
11	工字钢	$F = hd + 2t(b - d) + 0.8584(r^2 - r_1^2)$	h —高度; b —腿宽; d —腰厚; t —平均腿厚; r —内面圆角半径; r_1 —端边圆角半径
12	槽钢	$F = hd + 2t(b - d) + 0.4292(r^2 - r_1^2)$	

注: 1. 钢材密度一般按 7.85 计算。

2. 其他型材如铜材、铝材等一般也可按上表计算。计算时的密度参见表 1-10。

(2) 常见金属型材的理论质量

表 1-16 热轧圆钢、方钢和六角钢

(根据 GB702—86、GB705—89)







$d(a)$ (mm)				$d(a)$ (mm)			
	理论质量(kg/m)				理论质量(kg/m)		
5	0.154	0.196	—	48	14.21	18.09	15.66
5.5	0.187	0.236	—	50	15.42	19.63	16.99
6	0.222	0.283	—	52	16.67	21.23	—
6.5	0.260	0.332	—	53	—	—	19.10
7	0.302	0.385	—	55	18.65	23.75	—
8	0.395	0.502	0.435	56	19.33	24.61	21.32
9	0.499	0.636	0.551	58	20.74	26.41	22.08
10	0.617	0.785	0.680	60	22.19	28.26	24.50
11	0.746	0.950	0.823	63	24.47	31.16	26.98
12	0.888	1.13	0.979	65	26.05	33.17	28.70
13	1.04	1.33	1.15	68	28.51	36.30	31.43
14	1.21	1.54	1.33	70	30.21	38.47	33.30
15	1.39	1.77	1.53	75	34.68	44.16	—
16	1.58	2.01	1.74	80	39.46	50.24	—
17	1.78	2.27	1.96	85	44.55	56.72	—
18	2.00	2.54	2.20	90	49.94	63.59	—
19	2.23	2.82	2.45	95	55.64	70.85	—
20	2.47	3.14	2.72	100	61.65	78.50	—
21	2.72	3.46	3.00	105	67.97	—	—
22	2.98	3.80	3.29	110	74.60	—	—
23	3.26	4.15	3.59	115	81.50	—	—
24	3.55	4.52	3.92	120	88.78	—	—
25	3.85	4.91	4.25	125	96.33	—	—
26	4.17	5.30	4.59	130	104.20	—	—
27	4.49	5.72	4.96	140	120.84	—	—
28	4.83	6.15	5.33	150	138.72	—	—
30	5.55	7.06	6.12	160	157.83	—	—
31	5.93	7.54	—	170	178.18	—	—
32	6.31	8.04	6.96	180	199.76	—	—
34	7.13	9.07	7.86	190	222.57	—	—
35	7.55	9.62	—	200	246.62	—	—
36	7.99	10.17	8.81	210	271.89	—	—
38	8.90	11.24	9.82	220	298.40	—	—
40	9.87	12.56	10.88	240	355.13	—	—
42	10.87	13.85	11.99	250	385.34	—	—
45	12.48	15.90	13.77				

表 1-17 热轧扁钢

宽度 (mm)	厚 度												
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18
10	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	—	—	—	—	—	—	—
12	0.28	0.33	0.47	0.57	0.66	0.75	—	—	—	—	—	—	—
14	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	—	—	—	—	—	—	—
16	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.15	1.26	—	—	—	—	—
18	0.42	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41	—	—	—	—	—
20	0.47	0.63	0.79	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88	—	—	—
22	0.52	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07	—	—	—
25	0.59	0.79	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96	1.16	2.36	2.75	3.14	—
28	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	3.08	3.53	—
30	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	2.36	2.59	2.83	3.36	3.77	4.24
32	0.75	1.01	1.25	1.50	1.76	2.01	2.26	2.54	2.76	3.01	3.51	4.02	4.52
36	0.85	1.13	1.41	1.69	1.97	2.26	2.51	2.82	3.11	3.39	3.95	4.52	5.09
40	0.94	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.40	5.02	5.65
45	1.06	1.41	1.77	2.12	2.47	2.83	3.18	3.53	3.89	4.24	4.95	5.65	6.36
50	1.18	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.50	6.28	7.07
56	1.32	1.76	2.20	2.64	3.08	3.52	3.95	4.39	4.83	5.27	6.15	7.03	7.91
60	1.41	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.59	7.54	8.48
63	1.48	1.98	2.47	2.97	3.46	3.95	4.45	4.94	5.44	5.93	6.92	7.91	8.90
65	1.53	2.04	2.55	3.06	3.57	4.08	4.59	5.10	5.61	6.12	7.14	8.16	9.19
70	1.65	2.20	2.75	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	6.04	6.59	7.69	8.79	9.89
75	1.77	2.36	2.94	3.53	4.12	4.71	5.30	5.89	6.48	7.07	8.24	9.42	10.60
80	1.88	2.51	3.14	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.54	8.79	10.05	11.30
85	2.00	2.67	3.34	4.00	4.67	5.34	6.01	6.67	7.34	8.01	9.34	10.68	12.01
90	2.12	2.83	3.53	4.24	4.95	5.65	6.36	7.07	7.77	8.48	9.89	11.30	12.72
95	2.24	2.98	3.73	4.47	5.22	5.97	6.71	7.46	8.20	8.95	10.44	11.93	13.42
100	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64	9.42	10.99	12.56	14.13
105	2.47	3.30	4.12	4.95	5.77	6.59	7.42	8.24	9.07	9.89	11.54	13.19	14.84
110	2.59	3.45	4.32	5.18	6.04	6.91	7.77	8.64	9.50	10.36	12.09	13.92	15.54
120	2.83	3.77	4.71	5.65	6.59	7.54	8.48	9.42	10.36	11.30	13.19	15.07	16.96
125	2.94	3.93	4.91	5.89	6.87	7.85	8.83	9.81	10.79	11.78	13.74	15.70	17.66
130	3.06	4.08	5.10	6.12	7.14	8.16	9.18	10.21	11.23	12.25	14.29	16.33	18.87
140	3.30	4.40	5.50	6.59	7.69	8.79	9.89	10.99	12.09	13.19	15.39	17.58	19.78
150	3.53	4.71	5.89	7.07	8.24	9.42	10.60	11.78	12.95	14.13	16.49	18.84	21.20
160	3.77	5.02	6.28	7.54	8.79	10.05	11.30	12.56	13.82	15.07	17.58	20.10	22.61
170	4.00	5.34	6.67	8.01	9.34	10.68	12.01	13.35	14.68	16.01	18.68	21.35	24.02
180	4.24	5.65	7.07	8.48	9.89	11.30	12.72	14.13	15.54	16.96	19.78	22.61	25.43
190	4.47	5.97	7.46	8.95	10.44	11.93	13.42	14.92	16.41	17.90	20.88	23.86	26.85
200	4.71	6.28	7.85	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70	17.27	18.84	21.98	25.12	28.26

注:表中的粗线用以划分扁钢的组别:第1组——理论质量 ≤ 19 kg/m,长度3~9m;
3~5m。

(摘自 GB704—88)

(mm)												宽度 (mm)
20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	56	60	
量						(kg/m)						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28
4.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30
5.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32
5.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36
6.28	6.91	7.85	8.79	—	—	—	—	—	—	—	—	40
7.07	7.77	8.83	9.89	10.60	11.30	12.72	—	—	—	—	—	45
7.85	8.64	9.81	10.99	11.78	12.56	14.13	—	—	—	—	—	50
8.79	9.67	10.99	12.31	13.19	14.07	15.82	—	—	—	—	—	56
9.42	10.36	11.78	13.19	14.13	15.07	16.95	18.84	21.20	—	—	—	60
9.69	10.88	12.36	13.85	14.34	15.82	17.80	19.78	22.25	—	—	—	63
10.21	11.23	12.76	14.29	15.31	16.33	18.37	20.41	22.96	—	—	—	65
10.99	12.09	13.74	15.39	16.49	17.58	19.78	21.98	24.73	—	—	—	70
11.78	12.95	14.72	16.49	17.66	18.84	21.19	23.55	26.49	—	—	—	75
12.56	13.82	15.70	17.58	18.84	20.09	22.61	25.12	28.26	31.40	35.17	—	80
13.35	14.68	16.68	18.68	20.02	21.35	24.02	26.69	30.03	33.36	37.36	40.04	85
14.13	15.54	17.66	19.78	21.20	22.61	25.43	28.26	31.79	35.33	39.56	42.39	90
14.92	16.41	18.84	20.88	22.37	23.86	26.85	29.83	33.56	37.29	41.76	44.75	95
15.70	16.27	19.63	21.98	23.55	25.12	28.26	31.40	35.33	39.25	43.96	47.10	100
16.49	18.18	20.61	23.08	24.73	26.37	29.67	32.97	37.07	41.21	46.16	49.46	105
17.27	19.00	21.59	24.18	25.91	27.63	31.09	34.54	38.86	43.18	48.35	51.81	110
18.84	20.72	23.55	26.38	28.26	30.14	33.91	37.68	42.39	47.10	52.75	56.52	120
19.63	21.50	24.53	27.48	29.44	31.40	35.32	39.25	44.16	49.06	54.95	58.88	125
20.41	22.45	25.51	28.57	30.62	32.65	36.73	40.82	45.92	51.03	57.14	61.23	130
21.98	24.18	27.48	30.77	32.97	35.17	39.56	43.96	49.46	54.95	61.54	65.94	140
23.55	25.91	29.44	32.97	35.33	37.68	42.39	47.10	52.99	58.88	65.94	70.65	150
25.12	27.63	31.40	35.17	37.63	40.19	45.22	50.24	56.52	62.80	70.33	75.36	160
26.09	29.36	33.36	37.37	40.04	42.70	48.04	53.38	60.05	66.73	74.73	80.07	170
28.26	31.09	35.33	39.56	42.39	45.22	50.87	56.52	63.59	70.65	79.12	84.78	180
29.83	32.81	37.29	41.76	44.75	47.72	53.69	59.66	67.12	74.58	83.52	89.49	190
31.40	34.54	39.25	43.96	47.10	50.24	56.52	62.80	70.65	78.50	87.92	94.20	200

第2组——理论质量>19~60kg/m,长度3~7m;第3组——理论质量>60kg/m,长度

表 1-18 钢板(每平方米面积的理论质量)

厚度 (mm)	理论质量 (kg)	厚度 (mm)	理论质量 (kg)	厚度 (mm)	理论质量 (kg)
0.2	1.570	3.0	23.55	23	180.6
0.25	1.963	3.2	25.12	24	188.4
0.3	2.355	3.5	27.48	25	196.3
0.35	2.748	3.8	29.83	26	204.1
0.4	3.140	4.0	31.40	27	212.0
0.45	3.533	4.5	35.33	28	219.8
0.5	3.925	5.0	39.25	29	227.7
0.55	4.318	5.5	43.18	30	235.5
0.6	4.710	6.0	47.10	32	251.2
0.7	5.495	7.0	54.95	34	266.9
0.75	5.888	8.0	62.80	36	282.6
0.8	6.280	9.0	70.65	38	298.3
0.9	7.065	10	78.50	40	314.0
1.0	7.850	11	86.35	42	329.7
1.1	8.635	12	94.20	44	345.4
1.2	9.420	13	102.1	46	361.1
1.25	9.813	14	109.9	48	376.8
1.4	10.99	15	117.8	50	392.5
1.5	11.78	16	125.6	52	408.2
1.6	12.56	17	133.5	54	423.9
1.8	14.13	18	141.3	56	439.6
2.0	15.70	19	149.2	58	455.3
2.2	17.27	20	157.0	60	471.0
2.5	19.63	21	164.9		
2.8	21.98	22	172.7		

表 1-19 等边角钢(摘自 GB9787-88)

型号	尺寸(mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸(mm)			理论质量 (kg/m)		
	b	d	r			b	d	r			
2	20	3	3.5	0.889	7.5	75	5	9	5.818		
		4		1.145			6		6.905		
2.5	25	3	1.124	7			7.976				
		4	1.459	8			9.030				
3.0	30	3	1.373	8			80		10	9	11.089
		4	1.786						5		6.211
3.6	36	3	1.656	9			90		6	10	7.376
		4	2.163						7		8.525
		5	2.654						8		9.658
4	40	3	1.852	10			100		10	12	11.874
		4	2.422		6	8.350					
		5	2.976		7	9.656					
4.5	45	3	2.088	11	110	8	14	10.946			
		4	2.736			10		13.476			
		5	3.369			12		15.940			
		6	3.985			6		9.366			
5	50	3	2.332	12.5	125	7	14	10.830			
		4	3.059			8		12.276			
		5	3.770			10		15.120			
		6	4.465			12		17.898			
5.6	56	3	2.624	14	140	14	16	20.611			
		4	3.446			16		23.257			
		5	4.251			7		11.928			
		8	6.568			8		13.532			
6.3	63	4	3.907	14	140	10	16	16.690			
		5	4.822			12		19.782			
		6	5.721			14		22.809			
		8	7.469			8		15.504			
7	70	10	9.151	14	140	10	16	19.133			
		4	4.372			12		22.696			
		5	5.397			14		26.193			
		6	6.406			10		21.488			
		7	7.398			12		25.522			
		8	8.373			14		29.490			
						16		33.393			

(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>r</i>			<i>b</i>	<i>d</i>	<i>r</i>				
16	160	10	16	24.729	20	200	14	18	42.894			
		12		29.391			16		48.680			
		14		33.987			18		54.401			
		16		38.518			20		60.056			
18	180	12	16	33.159			24		24	24	18	71.168
		14		38.383								
		16		43.542								
		18		48.634								

注:表中*b*为边宽;*d*为边厚;*r*为内圆弧半径。

表 1-20 不等边角钢(摘自 GB9788—88)

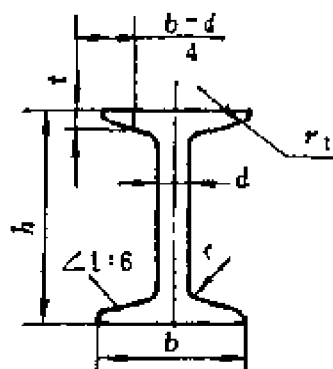
型号	尺寸(mm)				理论质量 (kg/m)	型号	尺寸(mm)				理论质量 (kg/m)							
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>r</i>			<i>B</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>r</i>								
2.5/1.6	25	16	3	3.5	0.912	7/4.5	70	45	4	7.5	3.570							
			4		1.176				5		4.403							
3.2/2	32	20	3	3.5	1.171				6		7.5	6	7.5	5.218				
			4		1.522							7		6.011				
4/2.5	40	25	3	4	1.484				(7.5/5)		75	50	5	8	4.808			
			4		1.936								6		5.699			
4.5/2.8	45	28	3	5	1.687								8		50	10	8	7.431
			4		2.203													10
5/3.2	50	32	3	5.5	1.908	8/5	80	50		5			8		5.005			
			4		2.494					6					5.935			
5.6/3.6	56	36	3	6	2.153					7					50	8	8	6.848
			4		2.818													8
			5		3.466													
6.3/4	63	40	4	7	3.185				9/5.6	90	56	5		9	5.661			
			5		3.920							6			6.717			
			6		4.638							7			7.756			
			7		5.339	8	8.779											

(续)

型号	尺寸(mm)				理论质量 (kg/m)	型号	尺寸(mm)				理论质量 (kg/m)
	B	b	d	r			B	b	d	r	
10/6.3	100	63	6	10	7.550	14/9	140	90	8	12	14.160
			7		10				17.475		
			8		12				20.724		
			10		14				23.908		
10/8	100	80	6	10	8.350	16/10	160	100	10	13	19.872
			7		12				23.592		
			8		14				27.247		
			10		16				30.835		
11/7	110	70	6	10	8.350	18/11	180	110	10	14	22.273
			7		12				26.464		
			8		14				30.589		
			10		16				34.649		
12.5/8	125	80	7	11	11.066	20/12.5	200	125	12	14	29.761
			8		14				34.436		
			10		16				39.045		
			12		18				43.588		

注:表中B为长边宽度;b为短边宽度;d为边厚;r为内圆弧半径。

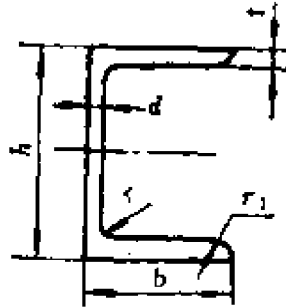
表 1-21 工字钢(摘自 GB706—88)



(续)

型 号	尺寸(mm)						理论质量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>r₁</i>	
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	11.261
12.6	126	74	5.0	8.4	7.0	3.5	14.223
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	16.890
16	160	88	6.0	9.9	8.0	4.0	20.513
18	180	94	6.5	10.7	8.5	4.3	24.143
20 a	200	100	7.0	11.4	9.0	4.5	27.929
20 b	200	102	9.0	11.4	9.0	4.5	31.069
22 a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	33.070
22 b	220	112	9.5	12.3	9.5	4.8	36.524
25 a	250	116	8	13	10	5	38.105
25 b	250	118	10	13	10	5	42.030
28 a	280	122	8.5	13.7	10.5	5.3	43.492
28 b	280	124	10.5	13.7	10.5	5.3	47.888
32 a	320	130	9.5	15	11.5	5.8	52.717
32 b	320	132	11.5	15	11.5	5.8	57.741
32 c	320	134	13.5	15	11.5	5.8	62.765
36 a	360	136	10.0	15.8	12.0	6.0	60.037
36 b	360	138	12.0	15.8	12.0	6.0	65.689
36 c	360	140	14.0	15.8	12.0	6.0	71.341
40 a	400	142	10.5	16.5	12.5	6.3	67.598
40 b	400	144	12.5	16.5	12.5	6.3	73.878
40 c	400	146	14.5	16.5	12.5	6.3	80.158
45 a	450	150	11.5	18.0	13.5	6.8	80.420
45 b	450	152	13.5	18.0	13.5	6.8	87.485
45 c	450	154	15.5	18.0	13.5	6.8	94.550
50 a	500	158	12.0	20.0	14.0	7.0	93.654
50 b	500	160	14.0	20.0	14.0	7.0	101.504
50 c	500	162	16.0	20.0	14.0	7.0	109.354
56 a	560	166	12.5	21	14.5	7.3	106.316
56 b	560	168	14.5	21	14.5	7.3	115.108
56 c	560	170	16.5	21	14.5	7.3	123.900
63 a	630	176	13.0	22	15	7.5	121.407
63 b	630	178	15.0	22	15	7.5	131.298
63 c	630	180	17.0	22	15	7.5	141.189

表 1-22 槽钢(摘自 GB707—88)



型号	尺寸(mm)						理论质量 (kg/m)
	h	b	d	t	r	r_1	
5	50	37	4.5	7.0	7.0	3.5	5.438
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.8	6.634
8	80	43	5.0	8.0	8.0	4.0	8.045
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.2	10.007
12.6	126	53	5.5	9.0	9.0	4.5	12.318
14 a	140	58	6.0	9.5	9.5	4.8	14.535
14 b	140	60	8.0	9.5	9.5	4.8	16.733
16 a	160	63	6.5	10.0	10.0	5.0	17.240
16	160	65	8.5	10.0	10.0	5.0	19.752
18 a	180	68	7.0	10.5	10.5	5.2	20.174
18	180	70	9.0	10.5	10.5	5.2	23.000
20 a	200	73	7.0	11.0	11.0	5.5	22.637
20	200	75	9.0	11.0	11.0	5.5	25.777
22 a	220	77	7.0	11.5	11.5	5.8	24.999
22	220	79	9.0	11.5	11.5	5.8	28.453
25 a	250	78	7.0	12.0	12.0	6.0	27.410
25 b	250	80	9.0	12.0	12.0	6.0	31.335
25 c	250	82	11.0	12.0	12.0	6.0	35.260
28 a	280	82	7.5	12.5	12.5	6.2	31.427
28 b	280	84	9.5	12.5	12.5	6.2	35.823
28 c	280	86	11.5	12.5	12.5	6.2	40.219
32 a	320	88	8.0	14.0	14.0	7.0	38.383
32 b	320	90	10.0	14.0	14.0	7.0	43.107
32 c	320	92	12.0	14.0	14.0	7.0	48.131
36 a	360	96	9.0	16.0	16.0	8.0	47.814
36 b	360	98	11.0	16.0	16.0	8.0	53.466
36 c	360	100	13.0	16.0	16.0	8.0	59.118
40 a	400	100	10.5	18.0	18.0	9.0	58.928
40 b	400	102	12.5	18.0	18.0	9.0	65.208
40 c	400	104	14.5	18.0	18.0	9.0	71.488

表 1-23 冷拔(轧)无缝钢管(摘自 GB8162-87)

外径 (mm)	壁 厚(mm)												
	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
钢 管 理 论 质 量 (kg/m)													
6	0.197												
7	0.247	0.260	0.277										
8	0.296	0.315	0.339										
9	0.345	0.369	0.401	0.428									
10	0.395	0.423	0.462	0.497	0.518	0.537	0.561						
11	0.444	0.477	0.524	0.566	0.592	0.615	0.647						
12	0.493	0.532	0.586	0.635	0.666	0.694	0.734	0.789					
14	0.592	0.640	0.709	0.773	0.814	0.852	0.906	0.998					
16	0.691	0.749	0.832	0.91	0.962	1.01	1.08	1.18	1.28	1.36			
18	0.789	0.857	0.956	1.05	1.11	1.17	1.25	1.38	1.50	1.60			
19	0.838	0.911	1.02	1.12	1.18	1.25	1.34	1.48	1.61	1.73	1.83	1.92	
20	0.888	0.966	1.08	1.19	1.26	1.33	1.42	1.58	1.72	1.85	1.97	2.07	
22	0.986	1.07	1.20	1.33	1.41	1.48	1.60	1.78	1.94	2.10	2.24	2.37	
25	1.13	1.24	1.39	1.53	1.63	1.72	1.86	2.07	2.28	2.47	2.64	2.81	
27	1.23	1.34	1.51	1.67	1.78	1.88	2.03	2.27	2.50	2.71	2.92	3.11	
28	1.28	1.40	1.57	1.74	1.85	1.96	2.11	2.37	2.61	2.84	3.05	3.26	
29	1.33	1.45	1.63	1.81	1.92	2.04	2.20	2.47	2.72	2.96	3.19	3.40	
30	1.38	1.51	1.70	1.88	2.00	2.12	2.29	2.56	2.83	3.08	3.32	3.55	
32	1.48	1.62	1.82	2.02	2.15	2.27	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	
34	1.58	1.72	1.94	2.15	2.29	2.43	2.63	2.96	3.27	3.58	3.87	4.14	
36	1.68	1.83	2.07	2.29	2.44	2.59	2.81	3.16	3.50	3.82	4.14	4.44	
38	1.78	1.94	2.19	2.43	2.59	2.75	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	
40	1.87	2.05	2.31	2.57	2.74	2.90	3.15	3.55	3.94	4.32	4.68	5.03	
42	1.97	2.16	2.44	2.71	2.89	3.06	3.32	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	
44.5	2.10	2.29	2.59	2.88	3.07	3.26	3.54	4.00	4.44	4.87	5.29	5.70	
45	2.12	2.32	2.62	2.91	3.11	3.30	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	
48	2.27	2.48	2.81	3.12	3.33	3.54	3.84	4.34	4.83	5.30	5.76	6.21	
50	2.37	2.59	2.93	3.26	3.48	3.70	4.01	4.54	5.05	5.55	6.04	6.51	
51	2.42	2.65	2.99	3.33	3.55	3.77	4.10	4.64	5.16	5.67	6.17	6.66	
53	2.52	2.76	3.11	3.47	3.70	3.93	4.27	4.83	5.38	5.92	6.44	6.95	
54	2.56	2.81	3.18	3.54	3.77	4.01	4.36	4.93	5.49	6.04	6.58	7.10	
56	2.66	2.92	3.30	3.67	3.92	4.17	4.53	5.13	5.71	6.29	6.85	7.40	
57	2.71	2.97	3.36	3.74	4.00	4.25	4.62	5.23	5.83	6.41	6.99	7.55	
60	2.86	3.14	3.55	3.95	4.22	4.48	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	

(续)

外径 (mm)	壁 厚(mm)											
	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
钢 管 理 论 质 量 (kg/m)												
63	3.01	3.30	3.73	4.16	4.44	4.72	5.14	5.82	6.49	7.15	7.80	8.43
65	3.11	3.41	3.85	4.29	4.59	4.88	5.31	6.02	6.71	7.40	8.07	8.73
70	3.35	3.68	4.16	4.64	4.96	5.27	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47
73	3.50	3.84	4.35	4.85	5.18	5.51	6.00	6.81	7.60	8.38	9.16	9.91
75	3.60	3.95	4.47	4.98	5.33	5.67	6.17	7.00	7.82	8.63	9.43	10.21
76	3.65	4.00	4.53	5.05	5.40	5.75	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.36
80	3.84	4.22	4.78	5.33	5.70	6.06	6.60	7.50	8.38	9.25	10.10	10.95
85	4.09	4.49	5.09	5.68	6.07	6.46	7.04	7.99	8.93	9.86	10.78	11.69
89	4.29	4.71	5.33	5.95	6.36	6.77	7.38	8.38	9.38	10.36	11.33	11.28
90	4.34	4.76	5.39	6.02	6.44	6.85	7.47	8.48	9.49	10.48	11.46	12.43
95	4.59	5.03	5.70	6.37	6.81	7.24	7.90	8.98	10.04	11.10	12.14	13.17
100	4.83	5.31	6.01	6.71	7.18	7.64	8.33	9.47	10.60	11.71	12.82	13.91
108	5.23	5.74	6.50	7.26	7.77	8.27	9.02	10.06	11.49	12.70	13.90	15.09
110	5.33	5.85	6.63	7.40	7.92	8.43	9.19	10.46	11.71	12.95	14.17	15.39
120	5.83	6.39	7.24	8.09	8.66	9.22	10.06	11.44	12.82	14.18	15.53	16.87
125	6.07	6.66	7.54	8.42	9.03	9.61	10.49	11.94	13.37	14.80	16.21	17.61
130			7.86	8.78	9.40	10.00	10.92	12.43	13.93	15.41	16.89	18.35
133			8.05	8.98	9.62	10.24	11.18	12.72	14.26	15.78	17.29	18.79
140					10.14	10.80	11.78	13.42	15.04	16.65	18.24	19.83
150					10.88	11.58	12.65	14.40	16.15	17.88	19.60	21.31
160							13.51	15.39	17.26	19.11	20.96	22.79
170							14.37	16.37	18.37	20.34	22.31	24.27
180							15.23	17.36	19.48	21.58	23.67	25.75
190								18.35	20.58	22.81	25.02	27.22
200								19.33	21.69	24.04	26.38	28.70

8. 温度对照表

表 1-24 摄氏温度与华氏温度的对照

摄氏	华氏	摄氏	华氏	摄氏	华氏	摄氏	华氏
-50	-58.0	15	59.0	40	104.0	125	257.0
-45	49.0	16	60.8	41	105.8	130	266.0
-40	-40.0	17	62.6	42	107.6	135	275.0
-35	-31.0	18	64.4	43	109.4	140	284.0
-30	-22.0	19	66.2	44	111.2	145	293.0
-25	-13.0	20	68.0	45	113.0	150	302.0
-20	-4.0	21	69.8	46	114.8	155	311.0
-15	5.0	22	71.6	47	116.6	160	320.0
-10	14.0	23	73.4	48	118.4	165	329.0
-5	23.0	24	75.2	49	120.2	170	338.0
0	32.0	25	77.0	50	122.0	175	347.0
1	33.8	26	78.8	55	131.0	180	356.0
2	35.6	27	80.6	60	140.0	185	365.0
3	37.4	28	82.4	65	149.0	190	374.0
4	39.2	29	84.2	70	158.0	195	383.0
5	41.0	30	86.0	75	167.0	200	392.0
6	42.8	31	87.8	80	176.0	205	401.0
7	44.6	32	89.6	85	185.0	210	410.0
8	46.4	33	91.4	90	194.0	215	419.0
9	48.2	34	93.2	95	203.0	220	428.0
10	50.0	35	95.0	100	212.0	225	437.0
11	51.8	36	96.8	105	221.0	230	446.0
12	53.6	37	98.6	110	230.0	235	455.0
13	55.4	38	100.4	115	239.0	240	464.0
14	57.2	39	102.2	120	248.0	245	473.0

注：由摄氏温度(°C)求华氏温度(°F)的公式：

$$\text{华氏温度} = \text{摄氏温度} \times 9/5 + 32^{\circ}$$

表 1-25 华氏温度与摄氏温度的对照

华氏	摄氏	华氏	摄氏	华氏	摄氏	华氏	摄氏
-60	-51.11	36	2.22	84	28.89	180	82.22
50	-45.56	38	3.33	86	30.00	190	87.78
-40	-40.00	40	4.44	88	31.11	200	93.33
30	-34.44	42	5.56	90	32.22	210	98.89
-20	-28.89	44	6.67	92	33.33	220	104.44
-10	-23.33	46	7.78	94	34.44	230	110.00
0	-17.78	48	8.89	96	35.56	240	115.56
2	-16.67	50	10.00	98	36.67	250	121.11
4	-15.56	52	11.11	100	37.78	250	126.67
6	-14.44	54	12.22	102	38.89	270	132.22
8	-13.33	56	13.33	104	40.00	280	137.78
10	-12.22	58	14.44	106	41.11	290	143.33
12	-11.11	60	15.56	108	42.22	300	148.89
14	-10.00	62	16.67	110	43.33	310	154.44
16	-8.89	64	17.78	112	44.44	320	160.00
18	-7.78	66	18.89	114	45.56	330	165.56
20	-6.67	68	20.00	116	46.67	340	171.11
22	-5.56	70	21.11	118	47.78	350	176.67
24	-4.44	72	22.22	120	48.89	360	182.22
26	-3.33	74	23.33	130	54.44	370	187.78
28	-2.22	76	24.44	140	60.00	380	193.33
30	-1.11	78	25.56	150	65.56	390	198.89
32	0	80	26.67	160	71.11	400	204.44
34	1.11	82	27.78	170	76.67	410	210.00

注：由华氏温度(°F)求摄氏温度(°C)的公式：

$$\text{摄氏温度} = (\text{华氏温度} - 32^{\circ}) \times 5/9$$

第二章 公差、配合与表面粗糙度

一、公差与配合

1. 公差与配合的术语及定义

表 2-1 公差与配合的术语及定义

序号	术语	定 义	举例与说明
1	尺寸	用特定单位表示长度值的数字	如某一根轴的长度为 300mm, “300mm”就是这根轴的尺寸
2	基本尺寸	设计给定的尺寸	如根据受力情况和材料强度, 计算得到轴的直径为 50mm, “50mm”就是设计给定的基本尺寸
3	实际尺寸	通过测量所得的尺寸	如轴加工后, 测量出的直径为 49.995mm, 则此尺寸就是该轴的实际尺寸
4	尺寸偏差 (简称偏差)	某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差	以上面所举为例, 轴的偏差 = $49.995 - 50 = -0.005\text{mm}$
5	最大极限尺寸	允许尺寸变化的最大极限值	如图样规定: 轴径为 $50 \pm 0.008\text{mm}$, 相配合的孔径为 $50 + \begin{smallmatrix} 0.027 \\ 0 \end{smallmatrix}\text{mm}$ 。则可得: 轴的最大极限尺寸 = $50 + 0.008 = 50.008\text{mm}$; 孔的最大极限尺寸 = $50 + 0.027 = 50.027\text{mm}$
6	最小极限尺寸	允许尺寸变化的最小极限值	轴的最小极限尺寸 = $50 - 0.008 = 49.992\text{mm}$; 孔的最小极限尺寸 = $50 - 0 = 50\text{mm}$

(续)

序号	术语	定 义	举 例 与 说 明
7	极限尺寸	允许尺寸变化的极限值	上例中, 50.008 和 49.992mm 就是轴径的两个极限尺寸
8	上偏差	最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差	轴的上偏差 = $50.008 - 50 = 0.008\text{mm}$; 孔的上偏差 = $50.027 - 50 = 0.027\text{mm}$
9	下偏差	最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差	轴的下偏差 = $49.992 - 50 = -0.008\text{mm}$; 孔的下偏差 = $50 - 50 = 0\text{mm}$
10	尺寸公差 (简称公差)	允许尺寸的变动量 公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值; 也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值	根据极限尺寸: 轴的公差 = $50.008 - 49.992 = 0.016\text{mm}$; 孔的公差 = $50.027 - 50 = 0.027\text{mm}$ 根据尺寸偏差也可算得: 轴的公差 = $0.008 - (-0.008) = 0.016\text{mm}$; 孔的公差 = $0.027 - 0 = 0.027\text{mm}$
11	间隙 或 过盈	孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时是间隙, 为负时是过盈	轴在孔内转动, 孔径需大于轴径, 这时要有间隙 若轴在孔内不允许松动, 则轴径需大于孔径, 这时就要有过盈
12	最小间隙	对间隙配合, 孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差	以前面所举为例, 最小间隙 = $50 - 50.008 = -0.008\text{mm}$, 所得差值为负, 是过盈
13	最大间隙	对间隙配合或过渡配合, 孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差	最大间隙 = $50.027 - 49.992 = +0.035\text{mm}$

(续)

序号	术语	定义	举例与说明
14	最小过盈	对过盈配合, 孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差	以前面所举为例, 最小过盈 = $50.027 - 49.992 = +0.035\text{mm}$, 所得差值为正, 是间隙
15	最大过盈	对过盈配合或过渡配合, 孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差	最大过盈 = $50 - 50.008 = -0.008\text{mm}$
16	配合	基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系	由于设计要求的不同, 孔和轴之间有三种配合: 间隙配合、过盈配合和过渡配合
17	间隙配合	具有间隙的配合。即孔的公差带在轴的公差带之上的配合	如基孔制 $\varnothing 10 \frac{\text{H}8(+0.022)}{f8(-0.035)}$ 的配合即为间隙配合
18	过盈配合	具有过盈的配合。即孔的公差带在轴的公差带之下的配合	如基轴制 $\varnothing 10 \frac{\text{P}6(-0.012)}{h5(+0.008)}$ 的配合即为过盈配合
19	过渡配合	可能具有间隙或过盈的配合。这时, 孔的公差带与轴的公差带相互交迭	如基孔制 $\varnothing 10 \frac{\text{H}8(+0.022)}{p8(+0.015)}$ 的配合即为过渡配合
20	配合公差	允许间隙或过盈的变动量。 配合公差对间隙配合, 等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值; 对过盈配合, 等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对值; 对过渡配合, 等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对值。 配合公差也等于相互配合的孔公差与轴公差之和	以前面所举为例, 根据孔和轴的公差, 可得: 配合公差 = $0.027 + 0.016 = 0.043\text{mm}$

(续)

序号	术语	定 义	举 例 与 说 明
21	基孔制	基本偏差为一定的孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度	基孔制配合中的孔为基准孔,基准孔的下偏差为零,上偏差为其公差
22	基轴制	基本偏差为一定的轴的公差带,与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度	基轴制配合中的轴为基准轴,基准轴的上偏差为零,下偏差为其公差

2. 公差与配合国家标准(GB1800~1804—79)

公差与配合国家标准,采用了国际公差制。

国家标准规定的公差等级为 IT01、IT0、IT1~IT18 共 20 级。IT 表示标准公差,各级的标准公差用 IT 和阿拉伯数字组成,如 IT2、IT10 分别表示公差等级为 2 级和 10 级的标准公差。各级标准公差的数值见表 2-2。

基本偏差的代号用拉丁字母(一个或两个)表示,大写代表孔,如 A、B、C 等;小写代表轴,如 a、b、c 等。

公差带代号由基本偏差代号和公差等级代号组成,如 H6、h10 等。注有公差的尺寸用基本尺寸和公差带代号表示,如 40H6、40H10 等。

配合由两个相互结合的孔、轴公差带的代号组成,用分数形式表示:分子为孔,分母为轴,如 H8/g7。注有配合的尺寸,用基本尺寸与配合代号表示,如 50H8/g7。

(1) 标准公差(GB1800—79)

表 2-2 标准公

基本尺寸 (mm)		公差								
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
大于	至	(μm)								
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210

注:基本尺寸小于1mm时,无IT14至IT18。

差数值

等				级						
IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
				(mm)						
14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5
140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0
165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5
195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5
230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0
280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0
330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.6	13.5	21.0	33.0

(2)尺寸至500mm 孔的极限偏差(根据 GB1801—79)

表 2-3 基本尺寸至 500mm 优先、常用孔的极限偏差 (μm)

基本尺寸 (mm)	公 差 带																			
	A			B			C			D			E			F				
	11	11	12	11	12	12	11	11	8	9	10	11	8	8	9	6	7	8	9	
大于																				
—	+330 +270	+200 +140	+240 +140	+120 +60	+240 +140	+240 +140	+120 +60	+240 +140	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+28 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6	
3	+345 +270	+215 +140	+260 +140	+145 +70	+260 +140	+260 +140	+145 +70	+260 +140	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+38 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10	
6	+370 +280	+240 +150	+300 +150	+170 +80	+300 +150	+300 +150	+170 +80	+300 +150	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+47 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13	
10	+400 +290	+260 +150	+330 +150	+205 +95	+260 +150	+260 +150	+205 +95	+260 +150	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+59 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16	
14	+430 +300	+290 +160	+370 +160	+240 +110	+290 +160	+290 +160	+240 +110	+290 +160	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+73 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+72 +20	
18	+470 +310	+330 +170	+420 +170	+280 +120	+330 +170	+330 +170	+280 +120	+330 +170	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+89 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25	
24	+480 +320	+340 +180	+430 +180	+290 +130	+340 +180	+340 +180	+290 +130	+340 +180	+80 +50	+100 +50	+130 +50	+180 +50	+106 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30	
30	+530 +340	+380 +190	+490 +190	+330 +140	+380 +190	+380 +190	+330 +140	+380 +190	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+106 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30	
40	+550 +360	+390 +200	+500 +200	+340 +150	+390 +200	+390 +200	+340 +150	+390 +200	+100 +50	+120 +50	+160 +50	+220 +50	+106 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30	
50	+600 +380	+440 +220	+570 +220	+390 +170	+440 +220	+440 +220	+390 +170	+440 +220	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+126 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36	
65	+630 +410	+460 +240	+590 +240	+400 +180	+460 +240	+460 +240	+400 +180	+460 +240	+120 +50	+150 +50	+200 +50	+260 +50	+126 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36	

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带																		
		A			B			C			D			E			F			
		11	12	13	11	12	13	11	12	13	8	9	10	11	8	9	10	11	8	9
大于	至	+710	+510	+660	+450	+510	+660	+450	+510	+660	+208	+245	+305	+395	+148	+185	+68	+83	+106	+143
120	140	+460	+260	+260	+200	+260	+260	+200	+260	+145	+145	+145	+145	+145	+85	+85	+43	+43	+43	+43
140	160	+770	+530	+680	+460	+530	+680	+460	+530	+210	+245	+305	+395	+148	+185	+68	+83	+106	+143	+43
160	180	+520	+280	+280	+210	+280	+280	+210	+280	+480	+145	+145	+145	+145	+85	+85	+43	+43	+43	+43
180	200	+830	+560	+710	+480	+560	+710	+480	+560	+230	+208	+245	+305	+395	+148	+185	+68	+83	+106	+143
200	225	+580	+310	+310	+230	+310	+310	+230	+310	+530	+145	+145	+145	+145	+85	+85	+43	+43	+43	+43
225	250	+950	+630	+800	+530	+630	+800	+530	+630	+240	+242	+285	+355	+460	+172	+215	+79	+96	+122	+165
250	280	+660	+340	+340	+240	+340	+340	+240	+340	+260	+170	+170	+170	+170	+100	+100	+50	+50	+50	+50
280	315	+1030	+670	+840	+550	+670	+840	+550	+670	+260	+242	+285	+355	+460	+172	+215	+79	+96	+122	+165
315	355	+740	+380	+380	+260	+380	+380	+260	+380	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
355	400	+1110	+710	+880	+570	+710	+880	+570	+710	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
400	450	+820	+420	+420	+280	+420	+420	+280	+420	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
450	500	+1240	+800	+1000	+620	+800	+1000	+620	+800	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
500		+920	+480	+480	+300	+480	+480	+300	+480	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
		+1370	+860	+1060	+650	+860	+1060	+650	+860	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
		+1050	+540	+540	+330	+540	+540	+330	+540	+271	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+56	+56	+56	+56
		+1560	+960	+1170	+720	+960	+1170	+720	+960	+299	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+62	+62	+62	+62
		+1200	+600	+600	+360	+600	+600	+360	+600	+299	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+62	+62	+62	+62
		+1710	+1040	+1250	+760	+1040	+1250	+760	+1040	+299	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+62	+62	+62	+62
		+1350	+680	+680	+400	+680	+680	+400	+680	+299	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+62	+62	+62	+62
		+1900	+1160	+1390	+840	+1160	+1390	+840	+1160	+327	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+68	+68	+68	+68
		+1500	+760	+760	+440	+760	+760	+440	+760	+327	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+68	+68	+68	+68
		+2050	+1240	+1470	+880	+1240	+1470	+880	+1240	+327	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+68	+68	+68	+68
		+1650	+840	+840	+480	+840	+840	+480	+840	+327	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+68	+68	+68	+68

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带																	
		G						H						Js			K		
		6	7	6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	6	7	8	6	7	8
大于	至	+8	+12	+6	+10	+14	+25	+40	+60	+100	+3	+5	+7	0	0	0	+2	+3	+5
—	3	+2	+2	0	0	0	0	0	0	0	±3	±5	±7	-6	-10	14	-6	-10	14
3	6	+12	+16	+8	+12	+18	+30	+48	+75	+120	±4	±6	±9	+2	+3	+5	-6	-9	-13
		+4	+4	0	0	0	0	0	0	0									
6	10	+14	+20	+9	+15	+22	+36	+58	+90	+150	±4.5	±7	±11	+2	+5	+6	-7	-10	-16
		+5	+5	0	0	0	0	0	0	0									
10	14	+17	+24	+11	+18	+27	+43	+70	+110	+180	±5.5	±9	±13	+2	+6	+8	+3	+12	+19
		+6	+6	0	0	0	0	0	0	0									
14	18																		
18	24	+20	+28	+13	+21	+33	+52	+84	+130	+210	±6.5	±10	±16	+2	+6	+10	-11	-15	-23
		+7	+7	0	0	0	0	0	0	0									
24	30																		
30	40	+25	+34	+16	+25	+39	+62	+100	+160	+250	±8	±12	±19	+3	+7	+12	-13	-18	-27
		+9	+9	0	0	0	0	0	0	0									
40	50																		
50	65	+29	+40	+19	+30	+46	+74	+120	+190	+300	±9.5	±15	±23	+4	+9	+14	-15	-21	-32
		+10	+10	0	0	0	0	0	0	0									
65	80																		

(3)尺寸至 500mm 轴的极限偏差(根据 GB1801—79)

表 2-4 基本尺寸至 500mm 优先、常用轴的极限偏差 (μm)

基本尺寸 (mm)		公 差 带																	
		a			b			c			d			e					
		11	12	11	9	10	11	8	9	10	11	7	8	9					
大于	至	11	12	11	9	10	11	8	9	10	11	7	8	9					
	3	-270 -330	-140 -240	-60 -100	-60 -85	-60 -100	-60 -120	-20 -34	-20 -45	-20 -60	-20 -80	-14 -24	-14 -28	-14 -39					
	6	-270 -345	-140 -260	-70 -118	-70 -100	-70 -145	-30 -48	-30 -60	-30 -78	-30 -105	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-20 -50					
	10	-280 -370	-150 -300	-80 -138	-80 -116	-80 -170	40 -62	40 -76	40 -98	40 -130	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-25 -61					
	14	-290 -400	-150 -330	-95 -165	-95 -138	-95 -205	-50 -77	-50 -93	-50 -120	-50 -160	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-32 -75					
	18	-300 -430	-160 -370	-110 -194	-110 -162	-110 -240	-65 -98	-65 -117	-65 -149	-65 -195	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-40 -92					
	24	-310 -470	-170 -420	-120 -220	-120 -182	-120 -280	-80 -119	-80 -142	-80 -180	-80 -240	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-50 -112					
	30	-320 -480	-180 -430	-130 -230	-130 -192	-130 -290	-100 -146	-100 -174	-100 -220	-100 -290	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-60 -134					
	40	-340 -530	-190 -490	-140 -260	-140 -214	-140 -330	-150 -224	-150 -270	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340					
	50	-360 -550	-200 -500	-150 -270	-150 -224	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340					
	65	-360 -550	-200 -500	-150 -270	-150 -224	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340					
	80	-360 -550	-200 -500	-150 -270	-150 -224	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340	-150 -340					

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带																									
		a						b						c						d						e	
		11	11	12	9	10	11	11	11	12	9	10	11	8	9	10	11	8	9	10	11	7	8	9			
大于	至	-380	-220	-220	-170	-170	-170	-440	-440	-570	-257	-310	-390	-120	-120	-120	-120	-174	-207	-260	-340	-72	-72	-72			
100	100	-410	-240	-240	-180	-180	-180	-460	-460	-590	-267	-320	-400	-145	-145	-145	-145	-208	-245	-305	-395	-107	-85	-85			
120	120	-460	-260	-260	-200	-200	-200	-510	-510	-660	-300	-450	-170	-170	-170	-170	-210	-210	-210	-210	-145	-85	-85				
140	140	-520	-280	-280	-210	-210	-210	-530	-530	-680	-310	-460	-230	-230	-230	-230	-242	-285	-355	-460	-146	-172	-215				
160	160	-580	-310	-310	-230	-230	-230	-630	-630	-780	-330	-480	-240	-240	-240	-240	-260	-260	-260	-260	-100	-100	-100				
180	180	-660	-340	-340	-240	-240	-240	-680	-680	-840	-355	-530	-280	-280	-280	-280	-375	-445	-550	-620	-146	-172	-215				
200	200	-740	-380	-380	-260	-260	-260	-770	-770	-940	-375	-550	-280	-280	-280	-280	-465	-570	-620	-620	-146	-172	-215				
225	225	-820	-420	-420	-280	-280	-280	-840	-840	-1030	-395	-570	-300	-300	-300	-300	-430	-510	-620	-620	-146	-172	-215				
250	250	-920	-480	-480	-300	-300	-300	-920	-920	-1120	-430	-620	-330	-330	-330	-330	-460	-540	-650	-650	-146	-172	-215				
280	280	-1050	-540	-540	-330	-330	-330	-1050	-1050	-1250	-460	-650	-360	-360	-360	-360	-500	-590	-720	-720	-146	-172	-215				
315	315	-1200	-600	-600	-360	-360	-360	-1200	-1200	-1470	-480	-680	-400	-400	-400	-400	-540	-630	-760	-760	-146	-172	-215				
355	355	-1350	-680	-680	-400	-400	-400	-1350	-1350	-1650	-500	-720	-440	-440	-440	-440	-595	-690	-840	-840	-146	-172	-215				
400	400	-1500	-760	-760	-440	-440	-440	-1500	-1500	-1840	-540	-760	-480	-480	-480	-480	-635	-730	-880	-880	-146	-172	-215				
450	450	-1650	-840	-840	-480	-480	-480	-1650	-1650	-2050	-600	-840	-500	-500	-500	-500	-635	-730	-880	-880	-146	-172	-215				
500	500	-1800	-920	-920	-500	-500	-500	-1800	-1800	-2250	-660	-920	-540	-540	-540	-540	-635	-730	-880	-880	-146	-172	-215				

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带																	
		f						g						h					
		5	6	7	8	9	5	6	7	5	6	7	6	7	8	9	10	11	12
—	3	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -4	0 -6	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	
3	6	10 -15	10 -18	10 -22	10 -28	10 -40	-4 -9	-4 -12	-4 -16	-4 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0	
6	10	-13 -19	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-13 -49	-5 -11	-5 -14	-5 -20	-5 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 90	0 -150	0	
10	14	-16 -24	-16 -27	-16 34	-16 43	-16 59	-6 -14	-6 -17	-6 -24	-6 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0	
14	18																		
18	24	-20 -29	-20 -33	-20 -41	-20 53	-20 72	7 -16	7 -20	7 -28	7 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0	
24	30																		
30	40	-25 -36	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-25 -87	-9 -20	-9 -25	-9 -34	-9 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0	
40	50																		
50	65	-30 -43	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-30 -104	-10 -23	-10 -29	-10 -40	-10 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0	
65	80																		

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带																	
		f						g						h					
		5	6	7	8	9	5	6	7	5	6	7	8	9	10	11	12		
80	100	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-12	-12	-12	-12	0	0	0	0	0	0		
100	120	-51	-58	-71	90	-123	-36	-27	-34	-47	-15	-22	-35	-54	-87	-140	-220	-350	
120	140																		
140	160	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-14	-14	-14	-14	0	0	0	0	0	0	0	
160	180	-61	-68	-83	-106	-143	-43	-32	-39	-54	-18	-25	-40	-63	-100	-160	-250	-400	
180	200																		
200	225	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-15	-15	-15	-15	0	0	0	0	0	0	0	
225	250	-70	-79	-96	-122	-165	-50	-35	-44	-61	-20	-29	-46	-72	-115	-185	-290	-460	
250	280	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-17	-17	-17	-17	0	0	0	0	0	0	0	
280	315	-79	-88	-108	137	186	-56	-40	-49	-69	-23	-32	-52	-81	-130	210	-320	-520	
315	355	-62	-62	-62	-62	-62	-62	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	
355	400	-87	-98	-119	-151	-202	-62	-43	-54	-75	-25	-36	-57	89	-140	-230	-360	-570	
400	450	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-20	-20	-20	-20	0	0	0	0	0	0	0	
450	500	-95	-108	-131	-165	-223	-68	-47	-60	-83	-27	-40	-63	-97	-155	-250	-400	-630	

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带																																		
		js							k							m							n							p						
		5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7											
—	3	±2	±3	±5	+4	+6	+10	0	0	+8	+12	+16	+10	+14	+18	+12	+16	+20	+8	+12	+16	+10	+14	+18												
3	6	±2.5	±4	±6	+6	+9	+13	+1	+1	+12	+16	+20	+13	+16	+20	+8	+12	+16	+10	+14	+18	+12	+16	+20												
6	10	±3	±4.5	±7	+7	+10	+16	+1	+1	+15	+21	+25	+16	+19	+23	+10	+13	+17	+10	+13	+17	+10	+13	+17												
10	14	±4	±5.5	±9	+9	+12	+19	+1	+1	+18	+25	+30	+15	+20	+23	+12	+16	+20	+12	+16	+20	+15	+19	+23												
14	18																																			
18	24	±4.5	±6.5	±10	+11	+15	+23	+2	+2	+17	+21	+29	+17	+21	+28	+8	+12	+16	+15	+19	+24	+15	+19	+26												
24	30																																			
30	40	+5.5	+8	±12	+13	+18	+27	+2	+2	+20	+25	+34	+20	+28	+33	+9	+13	+17	+17	+21	+28	+17	+21	+26												
40	50																																			
50	65	±6.5	±9.5	±15	+15	+21	+32	+2	+2	+24	+30	+41	+24	+33	+39	+11	+15	+20	+20	+24	+33	+20	+24	+32												
65	80																																			

(续)

基本尺寸 (mm)		公差带														
		js		k			m			n			p			
		5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
大于	至															
80	100	± 7.5	± 11	± 17	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+28 +13	+35 +13	+48 +13	+38 +23	+45 +23	+58 +23	+52 +37	+59 +37	+72 +37
100	120															
120	140															
140	160	± 9	± 12.5	± 20	+21 +3	+28 +3	+43 +3	+33 +15	+40 +15	+55 +15	+45 +27	+52 +27	+67 +27	+61 +43	+68 +43	+83 +43
160	180															
180	200															
200	225	± 10	± 14.5	± 23	+24 +4	+33 +4	+50 +4	+37 +17	+46 +17	+63 +17	+51 +31	+60 +31	+77 +31	+70 +50	+79 +50	+96 +50
225	250															
250	280	± 11.5	± 16	± 26	+27 +4	+36 +4	+56 +4	+43 +20	+52 +20	+72 +20	+57 +34	+66 +34	+86 +34	+79 +56	+88 +56	+108 +56
280	315															
315	355	± 12.5	± 18	± 28	+29 +4	+40 +4	+61 +4	+46 +21	+57 +21	+78 +21	+62 +37	+73 +37	+94 +37	+87 +62	+98 +62	+110 +62
355	400															
400	450	± 13.5	± 20	± 31	+32 +5	+45 +5	+68 +5	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+67 +40	+80 +40	+103 +40	+95 +68	+108 +68	+131 +68
450	500															

(续)

公 差 带

基本尺寸 (mm)	公差带																																																													
	r						s						t						u						v						x						y						z																			
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7																										
80	+66	+73	+86	+86	+93	+106	+106	+113	+126	+126	+139	+146	+146	+159	+168	+168	+178	+178	+178	+184	+194	+194	+202	+202	+202	+230	+253	+253	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220
100	+51	+51	+51	+71	+71	+71	+71	+91	+91	+91	+104	+104	+104	+124	+124	+124	+124	+124	+124	+139	+146	+146	+170	+170	+170	+190	+228	+228	+280	+280	+340	+340	+415	+415	+415	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220
120	+69	+76	+89	+94	+101	+114	+114	+126	+126	+139	+146	+146	+146	+170	+170	+170	+170	+170	+170	+190	+194	+194	+202	+202	+202	+230	+253	+253	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220
140	+81	+88	+103	+110	+117	+132	+132	+147	+147	+162	+162	+162	+162	+195	+195	+195	+195	+195	+195	+210	+227	+227	+248	+248	+248	+280	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220		
160	+63	+63	+63	+92	+92	+92	+92	+122	+122	+122	+134	+134	+134	+159	+159	+159	+159	+159	+159	+174	+174	+174	+202	+202	+202	+230	+253	+253	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220
180	+83	+90	+105	+118	+125	+140	+140	+159	+159	+174	+174	+174	+174	+202	+202	+202	+202	+202	+202	+218	+218	+218	+252	+252	+252	+280	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220		
200	+65	+65	+65	+100	+100	+100	+100	+134	+134	+134	+146	+146	+146	+174	+174	+174	+174	+174	+174	+186	+186	+186	+227	+227	+227	+252	+252	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220	
225	+86	+93	+108	+126	+133	+148	+148	+164	+164	+171	+171	+171	+171	+209	+209	+209	+209	+209	+209	+226	+226	+226	+268	+268	+268	+284	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220		
250	+68	+68	+68	+108	+108	+108	+108	+146	+146	+146	+166	+166	+166	+195	+195	+195	+195	+195	+195	+212	+212	+212	+252	+252	+252	+280	+305	+305	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220		
280	+97	+106	+123	+142	+151	+168	+168	+186	+186	+195	+195	+195	+195	+236	+236	+236	+236	+236	+236	+252	+252	+252	+294	+294	+294	+310	+310	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
315	+77	+77	+77	+122	+122	+122	+122	+166	+166	+166	+195	+195	+195	+236	+236	+236	+236	+236	+236	+252	+252	+252	+294	+294	+294	+310	+310	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
355	+100	+109	+126	+150	+159	+176	+176	+200	+200	+209	+209	+209	+209	+252	+252	+252	+252	+252	+252	+268	+268	+268	+310	+310	+310	+326	+326	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
400	+80	+80	+80	+130	+130	+130	+130	+176	+176	+176	+209	+209	+209	+252	+252	+252	+252	+252	+252	+268	+268	+268	+310	+310	+310	+326	+326	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
450	+104	+113	+130	+160	+169	+186	+186	+216	+216	+225	+225	+225	+225	+268	+268	+268	+268	+268	+268	+284	+284	+284	+326	+326	+326	+342	+342	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
500	+84	+84	+84	+140	+140	+140	+140	+186	+186	+186	+227	+227	+227	+268	+268	+268	+268	+268	+268	+284	+284	+284	+326	+326	+326	+342	+342	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+117	+126	+146	+181	+190	+210	+210	+241	+241	+250	+250	+250	+250	+294	+294	+294	+294	+294	+294	+310	+310	+310	+352	+352	+352	+368	+368	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+94	+94	+94	+158	+158	+158	+158	+209	+209	+209	+241	+241	+241	+284	+284	+284	+284	+284	+284	+300	+300	+300	+342	+342	+342	+358	+358	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+121	+130	+150	+193	+202	+222	+222	+263	+263	+272	+272	+272	+272	+310	+310	+310	+310	+310	+310	+326	+326	+326	+368	+368	+368	+384	+384	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+98	+98	+98	+170	+170	+170	+170	+227	+227	+227	+268	+268	+268	+300	+300	+300	+300	+300	+300	+316	+316	+316	+358	+358	+358	+374	+374	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+133	+144	+165	+215	+226	+247	+247	+293	+293	+304	+304	+304	+304	+342	+342	+342	+342	+342	+342	+358	+358	+358	+399	+399	+399	+415	+415	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+108	+108	+108	+190	+190	+190	+190	+241	+241	+241	+284	+284	+284	+316	+316	+316	+316	+316	+316	+332	+332	+332	+374	+374	+374	+390	+390	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+139	+150	+171	+233	+244	+265	+265	+319	+319	+330	+330	+330	+330	+368	+368	+368	+368	+368	+368	+384	+384	+384	+426	+426	+426	+442	+442	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+114	+114	+114	+208	+208	+208	+208	+263	+263	+263	+294	+294	+294	+330	+330	+330	+330	+330	+330	+346	+346	+346	+388	+388	+388	+404	+404	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+549	+520	+520	+520	+601	+601	+675	+675	+755	+755	+755	+822	+822	+900	+900	+980	+980	+980	+1060	+1060	+1140	+1140	+1220	+1220			
	+153	+166	+189	+259	+272	+295	+295	+357	+357	+370	+370	+370	+370	+408	+408	+408	+408	+408	+408	+424	+424	+424	+466	+466	+466	+482	+482	+365	+365	+440	+440	+440	+490	+490	+549	+																										

(4)尺寸>500~3150mm 孔的极限偏差(GB1802—79)

表 2-5 基本尺寸>500~3150mm 孔的极限偏差(μm)

基本尺寸 (mm)	D				E		F	
	8	9	10	11	8	9	7	8
>500~630	+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+255 +145	+320 +145	+146 +76	+186 +76
>630~800	+415 +290	+490 +290	+610 +290	+790 +290	+285 +160	+360 +160	+160 +80	+205 +80
>800~1000	+460 +320	+550 +320	+680 +320	+880 +320	+310 +170	+400 +170	+176 +86	+226 +86
>1000~1250	+515 +350	+610 +350	+770 +350	+1010 +350	+360 +195	+455 +195	+203 +98	+263 +98
>1250~1600	+585 +390	+700 +390	+890 +390	+1170 +390	+415 +220	+530 +220	+235 +110	+305 +110
>1600~2000	+660 +430	+800 +430	+1030 +430	+1350 +430	+470 +240	+610 +240	+270 +120	+350 +120
>2000~2500	+760 +480	+920 +480	+1180 +480	+1580 +480	+540 +260	+700 +260	+305 +130	+410 +130
>2500~3150	+850 +520	+1060 +520	+1380 +520	+1870 +520	+620 +290	+830 +290	+355 +145	+475 +145
基本尺寸 (mm)	F	G		H				
	9	6	7	6	7	8	9	10
>500~630	+251 +76	+66 +22	+92 +22	+44 0	+70 0	+110 0	+175 0	+280 0
>630~800	+280 +80	+74 +24	+104 +24	+50 0	+80 0	+125 0	+200 0	+320 0
>800~1000	+316 +86	+82 +26	+116 +26	+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0
>1000~1250	+358 +98	+94 +28	+133 +28	+66 0	+105 0	+165 0	+260 0	+420 0
>1250~1600	+420 +110	+108 +30	+155 +30	+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0
>1600~2000	+490 +120	+124 +32	+182 +32	+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0
>2000~2500	+570 +130	+144 +34	+209 +34	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0
>2500~3150	+685 +145	+173 +38	+248 +38	+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0

(续)

基本尺寸 (mm)	H		Js					
	11	12	6	7	8	9	10	11
>500~630	+440 0	+700 0	+22 -22	+35 -35	+55 -55	+87 -87	+140 -140	+220 -220
>630~800	+500 0	+800 0	+25 -25	+40 -40	+62 -62	+100 -100	+160 -160	+250 -250
>800~1000	+560 0	+900 0	+28 -28	+45 -45	+70 -70	+115 -115	+180 -180	+280 -280
>1000~1250	+660 0	+1050 0	+33 -33	+52 -52	+82 -82	+130 -130	+210 -210	+330 -330
>1250~1600	+780 0	+1250 0	+39 -39	+62 -62	+97 -97	+155 -155	+250 -250	+390 -390
>1600~2000	+920 0	+1500 0	+46 -46	+75 -75	+115 -115	+185 -185	+300 -300	+460 -460
>2000~2500	+1100 0	+1750 0	+55 -55	+87 -87	+140 -140	+220 -220	+350 -350	+550 -550
>2500~3150	+1350 0	+2100 0	+67 -67	+105 -105	+165 -165	+270 -270	+430 -430	+675 -675
基本尺寸 (mm)	Js	K		M		N		
	12	6	7	6	7	6	7	
>500~630	+350 -350	0 -44	0 -70	-26 -70	-26 -96	-44 -88	-44 -114	
>630~800	+400 -400	0 -50	0 -80	-30 -80	-30 -110	-50 -100	-50 -130	
>800~1000	+450 -450	0 -56	0 -90	-34 -90	-34 -124	-56 -112	-56 -146	
>1000~1250	+525 -525	0 -66	0 -105	-40 -106	-40 -145	-66 -132	-66 -171	
>1250~1600	+625 -625	0 -78	0 -125	-48 -126	-48 -173	-78 -156	-78 -203	
>1600~2000	+750 -750	0 -92	0 -150	-58 -150	-58 -208	-92 -184	-92 -242	
>2000~2500	+875 -875	0 -110	0 -175	-68 -178	-68 -243	-110 -220	-110 -285	
>2500~3150	+1050 -1050	0 -135	0 -210	-76 -211	-76 -286	-135 -270	135 453	

(5)尺寸>500~3150mm 轴的极限偏差(GB1802—79)

表 2-6 基本尺寸>500~3150mm 轴的极限偏差(μm)

基本尺寸 (mm)	d				e		f		
	8	9	10	11	8	9	7	8	9
>500~560	-260	-360	-260	-260	-145	-145	-76	76	76
>560~630	370	-435	-540	-700	255	-320	-146	-186	-251
>630~710	-290	-290	-290	-290	-160	-160	80	-80	-80
>710~800	-415	-490	-610	-790	-285	-360	-160	-205	-280
>800~900	-320	-320	-320	-320	-170	-170	-86	-86	-86
>900~1000	-460	-550	-680	-880	-310	-400	-176	-226	-316
>1000~1120	-350	-350	-350	-350	-195	-195	-98	-98	-98
>1120~1250	-515	-610	-770	-1010	-360	-554	-203	-263	-358
>1250~1400	-390	-390	-890	-390	-220	-220	-110	-110	-110
>1400~1600	-585	-700	-890	-1170	-415	-530	-235	-305	-420
>1600~1800	-430	-430	-430	-430	-240	-240	-120	-120	-120
>1800~2000	-660	-800	-1030	-1350	-470	-610	-270	350	-490
>2000~2240	-480	-480	-480	-480	-260	-260	-130	-130	-130
>2240~2500	-760	-920	-1180	-1580	-540	-700	-305	-410	-570
>2500~2800	-520	-520	-520	-520	-290	-290	-145	-145	-145
>2800~3150	-850	-1060	-1380	-1870	-620	-830	-355	-475	-685

(续)

基本尺寸 (mm)	g		h						
	6	7	6	7	8	9	10	11	12
>500~560	-22	-22	0	0	0	0	0	0	0
>560~630	-66	-92	-44	-70	-110	-175	-280	-440	-700
>630~710	-24	-24	0	0	0	0	0	0	0
>710~800	-74	-104	-50	-80	-125	-200	-320	-500	800
>800~900	-26	-26	0	0	0	0	0	0	0
>900~1000	-82	-116	-56	-90	-140	-230	-360	-560	-900
>1000~1120	-28	-28	0	0	0	0	0	0	0
>1120~1250	-94	-133	-66	-105	-165	-260	-420	-660	-1050
>1250~1400	-30	-30	0	0	0	0	0	0	0
>1400~1600	-108	-155	-78	-125	-195	-310	-500	-780	-1250
>1600~1800	-32	-32	0	0	0	0	0	0	0
>1800~2000	-124	-182	-92	-150	-230	-370	-600	-920	-1500
>2000~2240	-34	-34	0	0	0	0	0	0	0
>2240~2500	-144	-209	-110	-175	-280	-440	-700	-1100	-1750
>2500~2800	-38	-38	0	0	0	0	0	0	0
>2800~3150	-173	-248	-135	-210	-330	-540	-860	-1350	-2100

(续)

基本尺寸 (mm)	js							k	
	6	7	8	9	10	11	12	6	7
>500~560	+22	+35	+55	+87	+140	+220	+350	+44	+70
>560~630	-22	-35	-55	-87	-140	-220	-350	0	0
>630~710	+25	+40	+62	+100	-160	+250	+400	+50	+80
>710~800	-25	-40	-62	-100	-160	-250	-400	0	0
>800~900	+28	+45	+70	+115	+180	+280	+450	+56	+90
>900~1000	-28	-45	-70	-115	-180	-280	-450	0	0
>1000~1120	+33	+52	+82	+130	+210	+330	+525	+66	+105
>1120~1250	-33	-52	-82	-130	-210	-330	-525	0	0
>1250~1400	+39	+62	+97	+155	+250	+390	+625	+78	+125
>1400~1600	-39	-62	-97	-155	-250	-390	-625	0	0
>1600~1800	+46	+75	+115	+185	+300	+460	+750	+92	+150
>1800~2000	-46	-75	-115	-185	-300	-460	-750	0	0
>2000~2240	+55	+87	+140	+220	+350	+550	+875	+110	+175
>2240~2500	-55	-87	-140	-220	-350	-550	-875	0	0
>2500~2800	+67	+105	+165	+270	+430	+675	+1050	+135	+210
>2800~3150	-67	-105	-165	-270	-430	-675	-1050	0	0

(续)

基本尺寸 (mm)	m		n		p	
	6	7	6	7	6	7
>500~560	+70	+96	+88	+114	+122	+148
>560~630	+26	+26	+44	+44	+78	+78
>630~710	+80	+110	+100	+130	+138	+168
>710~800	+30	+30	+50	+50	+88	+88
>800~900	+90	+124	+112	+146	+156	+190
>900~1000	+34	+34	+56	+56	+100	+100
>1000~1120	+106	+145	+132	+171	+186	+225
>1120~1250	+40	+40	+66	+66	+120	+120
>1250~1400	+126	+173	+156	+203	+218	+265
>1400~1600	+48	+48	+78	+78	+140	+140
>1600~1800	+150	+208	+184	+242	+262	+320
>1800~2000	+58	+58	+92	+92	+170	+170
>2000~2240	+178	+243	+220	+285	+305	+370
>2240~2500	+68	+68	+110	+110	+195	+195
>2500~2800	+211	+286	+270	+345	+375	+450
>2800~3150	+76	+76	+135	+135	+240	+240

(续)

基本尺寸 (mm)	r		s		t		u	
	6	7	6	7	6	7	6	7
>500~560	+194	+220	+324	+350	+444	+470	+644	+670
	+150	+150	+280	+280	+400	+400	+600	+600
>560~630	+199	+225	+354	+380	+494	+520	+704	+730
	+155	+155	+310	+310	+450	+450	+660	+660
>630~710	+225	+255	+390	+420	+550	+580	+790	+320
	+175	+175	+340	+340	+500	+500	+740	+740
>710~800	+235	+265	+430	+460	+610	+640	+890	+920
	+185	+185	+380	+380	+560	+560	+840	+840
>800~900	+266	+300	+488	+520	+676	+710	+996	+1030
	+210	+210	+430	+430	+620	+620	+940	+940
>900~1000	+276	+310	+525	+560	+736	+770	+1106	+1140
	+220	+220	+470	+470	+680	+680	+1050	+1050
>1000~1120	+316	+355	+586	+625	+846	+885	+1216	+1255
	+250	+250	+520	+520	+780	+780	+1150	+1150
>1120~1250	+326	+365	+646	+685	+906	+945	+1366	+1405
	+260	+260	+580	+580	+840	+840	+1300	+1300
>1250~1400	+378	+425	+718	+765	+1038	+1085	+1528	+1575
	+300	+300	+640	+640	+960	+960	+1450	+1450
>1400~1600	+408	+455	+798	+845	+1128	+1175	+1678	+1725
	+330	+330	+720	+720	+1050	+1050	+1600	+1600
>1600~1800	+462	+520	+912	+970	+1292	+1350	+1942	+2000
	+370	+370	+820	+820	+1200	+1200	+1850	+1850
>1800~2000	+492	+550	+1012	+1070	+1442	+1500	+2092	+2150
	+400	+400	+920	+920	+1350	+1350	+2000	+2000
>2000~2240	+550	+615	+1110	+1175	+1610	+1675	+2410	+2475
	+440	+440	+1000	+1000	+1500	+1500	+2300	+2300
>2240~2500	+570	+635	+1210	+1275	+1760	+1825	+2610	+2765
	+460	+460	+1100	+1100	+1650	+1650	+2500	+2500
>2500~2800	+685	+760	+1285	+1460	+2035	+2110	+3035	+3110
	+550	+550	+1250	+1250	+1900	+1900	+2900	+2900
>2800~3150	+715	+790	+1535	+1610	+2235	+2310	+3335	+3410
	+580	+580	+1400	+1400	+2100	+2100	+3200	+3200

(6) 未注公差尺寸的极限偏差(GB1804—79)

表 2-7 未注公差尺寸的极限偏差(mm)

基本尺寸		公 差 带												
		H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15		
—	3	+0.10 0	+0.14 0	+0.25 0	+0.40 0	+0.60 0	+1.0 0	+1.4 0	0 -0.10	0 -0.14	0 -0.25	0 -0.40		
3	6	+0.12 0	+0.18 0	+0.30 0	+0.48 0	+0.75 0	+1.2 0	+1.8 0	0 -0.12	0 -0.18	0 -0.30	0 -0.48		
6	10	+0.15 0	+0.22 0	+0.36 0	+0.58 0	+0.90 0	+1.5 0	+2.2 0	0 0.15	0 0.22	0 0.36	0 0.58		
10	18	+0.18 0	+0.27 0	+0.43 0	+0.70 0	+1.10 0	+1.8 0	+2.7 0	0 -0.18	0 -0.27	0 -0.43	0 -0.70		
18	30	+0.21 0	+0.33 0	+0.52 0	+0.84 0	+1.30 0	+2.1 0	+3.3 0	0 -0.21	0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84		
30	50	+0.25 0	+0.39 0	+0.62 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.5 0	+3.9 0	0 -0.25	0 -0.39	0 -0.62	0 -1.00		
50	80	+0.30 0	+0.46 0	+0.74 0	+1.20 0	+1.90 0	+3.0 0	+4.6 0	0 -0.30	0 -0.46	0 -0.74	0 -1.20		
80	120	+0.35 0	+0.54 0	+0.87 0	+1.40 0	+2.20 0	+3.5 0	+5.4 0	0 -0.35	0 -0.54	0 -0.87	0 -1.40		
120	180	+0.40 0	+0.63 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.50 0	+4.0 0	+6.3 0	0 -0.40	0 -0.63	0 -1.00	0 -1.60		
180	250	+0.46 0	+0.72 0	+1.15 0	+1.85 0	+2.90 0	+4.6 0	+7.2 0	0 -0.46	0 -0.72	0 -1.15	0 -1.85		

(续)

基本尺寸		公差带														
大于	至	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15				
250	315	+0.52 0	+0.81 0	+1.30 0	+2.10 0	+3.20 0	+5.2 0	+8.1 0	0 -0.52	0 -0.81	0 -1.30	0 -2.10				
315	400	+0.57 0	+0.89 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.60 0	+5.7 0	+8.9 0	0 -0.57	0 -0.89	0 -1.40	0 -2.30				
400	500	+0.63 0	+0.97 0	+1.55 0	+2.50 0	+4.00 0	+6.3 0	+9.7 0	0 -0.63	0 -0.97	0 -1.55	0 -2.50				
500	630	+0.70 0	+1.10 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7.0 0	+11.0 0	0 -0.70	0 -1.10	0 -1.75	0 -2.8				
630	800	+0.80 0	+1.25 0	+2.00 0	+3.2 0	+5.0 0	+8.0 0	+12.5 0	0 -0.80	0 -1.25	0 -2.00	0 -3.2				
800	1000	+0.90 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.6 0	+5.6 0	+9.0 0	+14.0 0	0 -0.90	0 -1.40	0 -2.30	0 -3.6				
1000	1250	+1.05 0	+1.65 0	+2.60 0	+4.2 0	+6.6 0	+10.5 0	+16.5 0	0 -1.05	0 -1.65	0 -2.60	0 -4.2				
1250	1600	+1.25 0	+1.95 0	+3.10 0	+5.0 0	+7.8 0	+12.5 0	+19.5 0	0 -1.25	0 -1.95	0 -3.10	0 -5.0				
1600	2000	+1.50 0	+2.30 0	+3.70 0	+6.0 0	+9.2 0	+15.0 0	+23.0 0	0 -1.50	0 2.30	0 3.70	0 6.0				
2000	2500	+1.75 0	+2.80 0	+4.40 0	+7.0 0	+11.0 0	+17.5 0	+28.0 0	0 -1.75	0 -2.80	0 -4.40	0 -7.0				
2500	3150	+2.10 0	+3.30 0	+5.40 0	+8.6 0	+13.5 0	+21.0 0	+33.0 0	0 -2.10	0 -3.30	0 -5.40	0 -8.6				

(续)

基本尺寸		公差带												
		h16	h17	h18	Jsl2 (jsl2)	Jsl3 (jsl3)	Jsl4 (jsl4)	Jsl5 (jsl5)	Jsl6 (jsl6)	Jsl7 (jsl7)	Jsl8 (jsl8)			
—	3	0 -0.60	0 -1.0	0 -1.4	±0.05	±0.07	±0.125	±0.20	±0.30	±0.5	±0.7			
3	6	0 -0.75	0 -1.2	0 -1.8	±0.06	±0.09	±0.15	±0.24	±0.375	±0.6	±0.9			
6	10	0 -0.90	0 -1.5	0 -2.2	±0.075	±0.11	±0.18	±0.29	±0.45	±0.75	±1.1			
10	18	0 -1.10	0 -1.8	0 -2.7	±0.09	±0.135	±0.215	±0.35	±0.55	±0.9	±1.35			
18	30	0 -1.30	0 -2.1	0 -3.3	±0.105	±0.165	±0.26	±0.42	±0.65	±1.05	±1.65			
30	50	0 -1.60	0 -2.5	0 -3.9	±0.125	±0.195	±0.31	±0.50	±0.80	±1.25	±1.95			
50	80	0 -1.90	0 -3.0	0 -4.6	±0.15	±0.23	±0.37	±0.60	±0.95	±1.5	±2.3			
80	120	0 -2.20	0 -3.5	0 -5.4	±0.175	±0.27	±0.435	±0.70	±1.10	±1.75	±2.7			
120	180	0 -2.50	0 -4.0	0 -6.3	±0.20	±0.315	±0.50	±0.80	±1.25	±2.0	±3.15			
180	250	0 -2.90	0 -4.6	0 -7.2	±0.23	±0.36	±0.575	±0.925	±1.45	±2.3	±3.6			
250	315	0 -3.20	0 -5.2	0 -8.1	±0.26	±0.405	±0.65	±1.05	±1.60	±2.6	±4.05			

(续)

基本尺寸		公差带										
大于	至	h16	h17	h18	Js12 (js12)	Js13 (js13)	Js14 (js14)	Js15 (js15)	Js16 (js16)	Js17 (js17)	Js18 (js18)	
315	400	0 -3.60	0 -5.7	0 -8.9	±0.285	±0.445	±0.70	±1.15	±1.80	±2.85	±4.45	
400	500	0 -4.00	0 -6.3	0 -9.7	±0.315	±0.485	±0.775	±1.25	±2.00	±3.15	±4.85	
500	630	0 4.4	0 7.0	0 11.0	±0.35	±0.55	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5	
630	800	0 -5.0	0 -8.0	0 -12.5	±0.40	±0.625	±1.00	±1.6	±2.5	±4.0	±6.25	
800	1000	0 -5.6	0 -9.0	0 -14.0	±0.45	±0.70	±1.15	±1.8	±2.8	±4.5	±7.0	
1000	1250	0 -6.6	0 -10.5	0 -16.5	±0.525	±0.825	±1.30	±2.1	±3.3	±5.25	±8.25	
1250	1600	0 -7.8	0 -12.5	0 -19.5	±0.625	±0.975	±1.55	±2.5	±3.9	±6.25	±9.75	
1600	2000	0 -9.2	0 -15.0	0 -23.0	±0.75	±1.15	±1.85	±3.0	±4.6	±7.5	±11.5	
2000	2500	0 11.0	0 17.5	0 28.0	±0.875	±1.40	±2.20	±3.5	±5.5	±8.75	±14.0	
2500	3150	0 -13.5	0 -21.0	0 -33.0	±1.05	±1.65	±2.70	±4.3	±6.75	±10.5	±16.5	

注:基本尺寸小于1mm时, H14至H18、h14至h18和Js14(js14)至Js18(js18)均不采用。

3. 公差与配合新旧国家标准对照

表 2-8 基孔制轴公差带新旧国标对照表

间隙配合			过渡配合			过盈配合		
旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注
d1	h5		ga1	n5	p5①	jb1	s5	s6①
db1	g5	g6①	gb1	m5	n5①	jc1	r5	r6①
dc1	f5, f6	②	gc1	k5	m4①	jd	s7, u5, u6	②
d	h6		gd1	j5, js5	②	je	r6, s6	②
db	g6		ga	n6	p6①	jf	r6	
dc	f7		gb	m6	n6①	jb3	u8	
dd	e8		gc	k6		jc3	s7	
de	d8		gd	js6		ja4		④
df	c8		ga3	n7	p7①	jb4		④
d3	h7		gb3	m7		jc4		④
dc3	f8		gc3	k7		je6		④
d4	f8, h9	③	gd3	j7, js7	②			
dc4	f9		注：①仅 1~3mm 尺寸分段使用； ②不同尺寸分段分别与新旧国标不同的符号相近似； ③介于两者之间； ④没有适当的相近的符号。					
de4	d9, d10	③						
d5	h10							
d6	h11							
dc6	d11							
dd6	b11, c10, c11	②						
de6	a11, b11	②						
d7	h12, h13	③						
dc7	b12, c12, c13	②						

表 2-9 基轴制孔公差带新旧国标对照表

间隙配合			过渡配合			过盈配合		
旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注
D1	H6		Ga1	N6		Jd	U7, S7	②
Db1	G6		Gb1	M6		Je	R7, R8	②
Dc1	F7		Gc1	K6		Jb3	U8	
D	H7		Gd1	J6, Js6	②			
Db	G7		Ga	N7				
Dc	F8		Gb	M7	K7①			
Dd	E8, E9	②	Gc	K7	Js7①			
De	D8, D9	②	Gd	J7				
D3	H8		Ga3	N8				
D4	H8, H9	③	Gb3	M8				
Dc4	F9		Gc3	K8				
De4	D9, D10	③	Gd3	J8				
D5	H10		注:①仅 1~3mm 尺寸分段使用; ②不同尺寸分段分别与新旧国标不同的符号相近似; ③介于两者之间; ④没有适当的相近的符号。					
D6	H11							
Dc6	D11							
Dd6	B11, C11	②						
De6	A11, B11	②						
D7	H12, H13	③						
Dc7		④						

二、形状和位置公差

1. 形状和位置公差的代号及注法(GB1182—80)

形状和位置公差(简称形位公差)的国家标准规定,凡对形位公差有特殊要求的要素,在图样上均应采用规定的代号标注。当无法采用代号标注时,允许在技术要求中用文字说明。

(1)形位公差的代号 形位公差的代号包括:

1)形位公差各项目的符号(见表2-10)。






表 2-10 形位公差各项目的符号

分类	项目	符 号	分 类	项目	符 号	
形 状 公 差	直线度	—	位 置 公 差	定 向	平行度	//
	平面度				垂直度	
	圆 度	○			倾斜度	
	圆柱度			定 位	同轴度	
	线轮廓度				对称度	
	面轮廓度				位置度	
					跳 动	圆跳动
			全跳动			

2) 形位公差的框格和指引线。

3) 形位公差的数值(见表2-13~2-18)和其他有关符号(见表2-11)。

表 2-11 形位公差的其他有关符号

符 号	意 义
	最大实体状态
	延伸公差带
	包容原则
	理论正确尺寸
	基准目标

4) 基准符号。

(2)形位公差的注法

1) 形位公差的标注采用带箭头的指引线和框格表示。



图 2-1 形位公差框格内应填写的内容

2) 框格用细实线水平或垂直地画出,框格内从左至右填写以下内容(见图 2-1):

第一格——形位公差的项目符号;

第二格——形位公差的数值和有关符号;

第三格和以后各格——基准代号的字母和有关符号。

3) 框格的一端与指引线相连,指引线的箭头指向被测表面,并垂直于被测的表面可见轮廓线或其延长线,箭头的方向就是公差带的宽度方向。

4) 必要的附加文字说明,一般可注在框格的上方或下方。属于被测要素数量的说明写在框格上方;属于解释性的说明(包括对测量方法的指示)应写在框格的下方(图 2-2)。



图 2-2 附加文字说明的注法

5) 当同一被测要素上有多项形位公差要求,其标注方法又一致时,可将这些框格绘制在一起,并用一根指引线(图 2-3)。

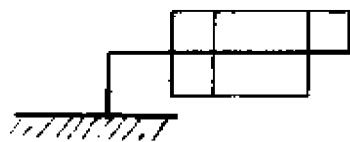


图 2-3 同一被测要素上多项形位公差标注方法一致时的注法

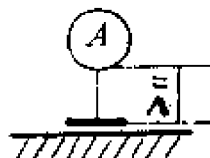
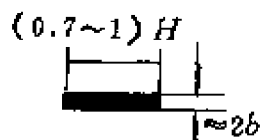


图 2-4 基准代号



6) 基准代号由基准符号、圆圈(用细实线绘制)、引线和字母组成。圆圈直径与框格同高度,圆圈内填写大写的拉丁字母;基准符号用加粗的短划表示(图 2-4; H 为框格高度, b 为粗实线宽度)。

短划需靠近基准要素的轮廓线或延长线时,短划上的指引线与框格的另一端相连(图 2-5)。

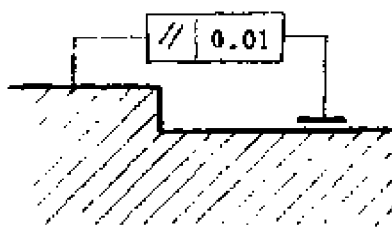


图 2-5 基准符号的画法

7) 基准目标的代号如图 2-6 所示,代号的圆圈用细实线绘制,并分为上下两个部分:上半部填写给定的局部表面的尺寸(直

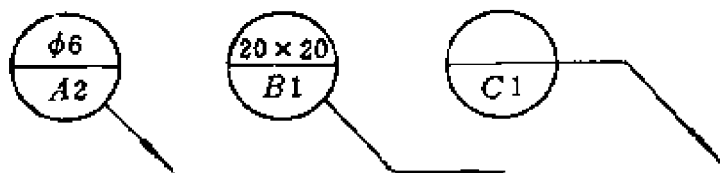


图 2-6 基准目标的代号

径或边长 \times 边长);下半部填写基准字母和基准目标序号。基准目标的指引线应自圆圈的径向引出,必要时允许曲折一次。

8) 图样上所注形位公差的数值适用于箭头所指的被测要素整个表面或全长。如果被测范围仅为被测要素的某一部分时,应用细实线画出其范围,并标注尺寸(图 2-7)。

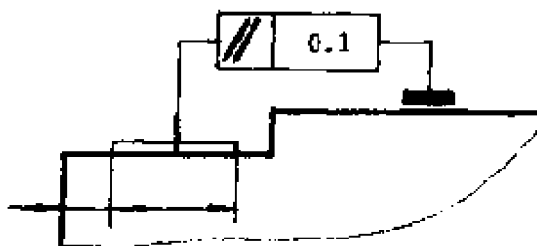


图 2-7 测量范围的标注

如需给出被测要素任一长度(或范围)的公差值时,其标注方法如图 2-8 所示。

如不仅给出任一长度(或范围)的公差值,还需给出全长(或整个要素)内的公差值,可用分数形式标注,分子表示全长(或整个要素)的公差值,分母表示给定长度(或范围)的公差值(图2-9)。



注: □表示每边为500的正方形

图2-8 被测要素任一长度公差值的注法

9) 公差框格中所给定的公差值为公差带的宽度或直径。当给定的公差带为圆

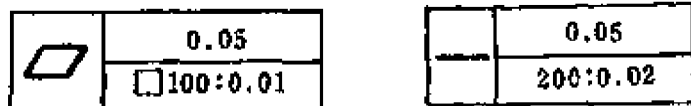


图2-9 被测要素公差值的分数注法

或圆柱时,应在公差值前加注符号“ ϕ ”;当给定的公差带为圆球时,应在公差数值前加注“ $S\phi$ ”(图2-10)。

10) 对形位公差有附加要求时,则应在相应公差值后面加注有关的符号。有关的符号见表2-12。



图2-10 公差带为圆或圆球时的注法

表2-12 附加要求的符号标注法

符 号	解 释	标注示例
(+)	若被测要素有误差,则只许中间向材料外凸起	
(-)	若被测要素有误差,则只许中间向材料内凹下	
(\blacktriangleleft)	若被测要素有误差,则只许按符号的(小端)方向逐渐减少	

11) 当形位公差为最大实体状态下的相关公差时,应按下列规定加注符号 \textcircled{M} (图2-11):

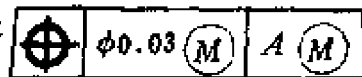


图2-11 相关公差的注法

①与被测要素相关时,在公差值之后加注 \textcircled{M} ;

②与基准要素相关时,在基准字母之后加注 \textcircled{M} ;

③与被测要素和基准要素同时相关时,在公差值和相应基准字母之后分别加注 \textcircled{M} 。

2. 形位公差表

表 2-13 直线度、平面度公差

主参数 (mm)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 (μm)											
≤ 10	0.2	0.4	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60
$> 10 \sim 16$	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80
$> 16 \sim 25$	0.3	0.6	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	100
$> 25 \sim 40$	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120
$> 40 \sim 63$	0.5	1	2	3	5	8	12	20	30	50	80	150
$> 63 \sim 100$	0.6	1.2	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	200
$> 100 \sim 160$	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120	250
$> 160 \sim 250$	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150	300
$> 250 \sim 400$	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200	400
$> 400 \sim 630$	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250	500
$> 630 \sim 1000$	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300	600
$> 1000 \sim 1600$	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400	800
$> 1600 \sim 2500$	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500	1000
$> 2500 \sim 4000$	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1200
$> 4000 \sim 6300$	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1500
$> 6300 \sim 10000$	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	2000

表 2-14 平行度、垂直度、倾斜度公差

主参数 (mm)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
≤10	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
>10~19	0.5	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150
>19~25	0.6	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200
>25~40	0.8	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250
>40~63	1	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300
>63~100	1.2	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400
>100~160	1.5	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500
>160~250	2	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600
>250~400	2.5	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800
>400~630	3	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000
>630~1000	4	8	15	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
>1000~1600	5	10	20	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
>1600~2500	6	12	25	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
>2500~4000	8	15	30	60	100	150	250	400	600	1000	1500	2500
>4000~6300	10	20	40	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
>6300~10000	12	25	50	100	150	250	400	600	1000	1500	2500	4000

表 2-15 圓度、圓柱度公差

主参数 (mm)	公 差 等 级												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公 差 值 (μm)												
≤3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25
>3~6	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30
>6~10	0.12	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36
>10~18	0.15	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43
>18~30	0.2	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52
>30~50	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	29	62
>50~80	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	45	74
>80~120	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87
>120~180	0.6	1	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
>180~250	0.8	1.2	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
>250~315	1.0	1.6	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130
>315~400	1.2	2	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140
>400~500	1.5	2.5	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155

表 2-16 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差

主参数 (mm)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 (μm)											
≤ 1	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60
$> 1 \sim 3$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	20	40	60	120
$> 3 \sim 6$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	25	50	80	150
$> 6 \sim 10$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	30	60	100	200
$> 10 \sim 18$	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	40	80	120	250
$> 18 \sim 30$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	50	100	150	300
$> 30 \sim 50$	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60	120	200	400
$> 50 \sim 120$	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80	150	250	500
$> 120 \sim 250$	2	3	5	8	12	20	30	50	100	200	300	600
$> 250 \sim 500$	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120	250	400	800
$> 500 \sim 800$	3	5	8	12	20	30	50	80	150	300	500	1000
$> 800 \sim 1250$	4	6	10	15	25	40	60	100	200	400	600	1200
$> 1250 \sim 2000$	5	8	12	20	30	50	80	120	250	500	800	1500
$> 2000 \sim 3150$	6	10	15	25	40	60	100	150	300	600	1000	2000
$> 3150 \sim 5000$	8	12	20	30	50	80	120	200	400	800	1200	2500
$> 5000 \sim 8000$	10	15	25	40	60	100	150	250	500	1000	1500	3000
$> 8000 \sim 10000$	12	20	30	50	80	120	200	300	600	1200	2000	4000

3. 未注形位公差的规定(GB1184—80)

当图样上未注出形位公差时,其值按下列方法确定:

(1)直线度、平面度的未注公差值 按表 2-17 选用;

表 2-17 直线度、平面度的未注公差值

主参数 (mm)	公差等级			
	A	B	C	D
	公差值 (μm)			
≤ 10	12	20	30	60
$> 10 \sim 16$	15	25	40	80
$> 16 \sim 25$	20	30	50	100
$> 25 \sim 40$	25	40	60	120
$> 40 \sim 63$	30	50	80	150
$> 63 \sim 100$	40	60	100	200
$> 100 \sim 160$	50	80	120	250
$> 160 \sim 250$	60	100	150	300
$> 250 \sim 400$	80	120	200	400
$> 400 \sim 630$	100	150	250	500
$> 630 \sim 1000$	120	200	300	600
$> 1000 \sim 1600$	150	250	400	800
$> 1600 \sim 2500$	200	300	500	1000
$> 2500 \sim 4000$	250	400	600	1200
$> 4000 \sim 6300$	300	500	800	1500
$> 6300 \sim 10000$	400	600	1000	2000

(2)同轴度、对称度的未注公差值 按表 2-18 选用;

(3)圆度公差值 为尺寸公差值的一半;

(4)对于标有符号 \textcircled{E} 的圆柱表面 其圆柱度公差值为尺寸公差值的一半;

表 2-18 同轴度、对称度的未注公差值

主参数 (mm)	公差等级			
	A	B	C	D
	公差值 (μm)			
≤ 1	15	25	40	60
> 1-3	20	40	60	120
> 3-6	25	50	80	150
> 6-10	30	60	100	200
> 10-18	40	80	120	250
> 18-30	50	100	150	300
> 30-50	60	120	200	400
> 50-120	80	150	250	500
> 120-250	100	200	300	600
> 250-500	120	250	400	800
> 500-800	150	300	500	1000
> 800-1250	200	400	600	1200
> 1250-2000	250	500	800	1500
> 2000-3150	300	600	1000	2000
> 3150-5000	400	800	1200	2500
> 5000-8000	500	1000	1500	3000
> 8000-10000	600	1200	2000	4000

(5) 对于标有符号Ⓔ的平行度要素 其平行度应在尺寸公差内;

(6) 垂直度、倾斜度 由角度公差控制;

(7) 圆跳动和全跳动的公差值 不应大于该要素的形状和位置的未注公差的综合值。

三、表面粗糙度

1. 表面粗糙度的符号及注法(GB131—83)

(1) 图样上表示零件表面粗糙度的符号 见表 2-19。

表 2-19 表面粗糙度的符号

符 号	意 义
	基本符号;单独使用没有意义
	基本符号上加一短划,表示表面是用去除材料的方法获得的。例如:车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工等
	基本符号上加一小圆,表示表面是用不去除材料的方法获得的。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)

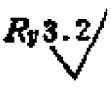

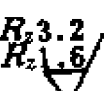
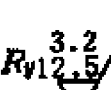
(2) R_a 值 表面粗糙度高度参数轮廓算术平均偏差 R_a 值的标注见表 2-20, R_a 在代号中用数值表示,单位为 μm 。

表 2-20 R_a 值的标注

代 号	意 义
	用任何方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$, 最小允许值为 $1.6\mu\text{m}$

(3) R_z 与 R_y 值 轮廓微观不平度十点高度 R_z 和轮廓最大高度 R_y 值(单位为 μm)的标注见表 2-21, 参数前要标注相应的符号。

表 2-21 R_y 、 R_z 值的标注

代 号	意 义
	用任何方法获得的表面, R_y 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $200\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$, 最小允许值为 $1.6\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$, R_y 的最大允许值为 $12.5\mu\text{m}$

(4) 取样长度 应标注在符号长边的横线下面(见图 2-12)。

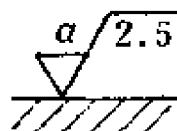


图 2-12 取样长度标注法

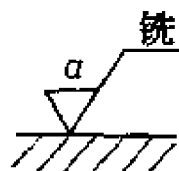


图 2-13 指定加工方法的标注

(5)指定加工方法 如果表面粗糙度要求需由指定的加工方法获得时,可用文字标注在符号长边的横线上面,如图 2-13 所示。

(6)镀涂或其他表面处理 在符号长边的横线上面也可标注镀涂或其他表面处理的要求。需要表示镀涂或其他表面处理后的表面粗糙度值时,标注方法如图 2-14 所示;需要表示镀涂前的表面粗糙度值时,则按图 2-15 所示的方法标注;若同时要求表示镀涂前及镀涂后的表面粗糙度值时,标注方法见图 2-16。

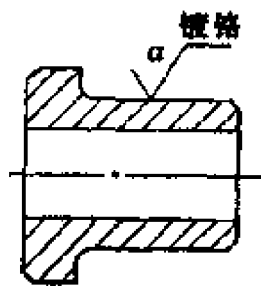


图 2-14 表面处理的标注

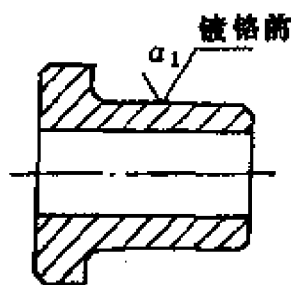


图 2-15 镀涂前表面粗糙度的标注

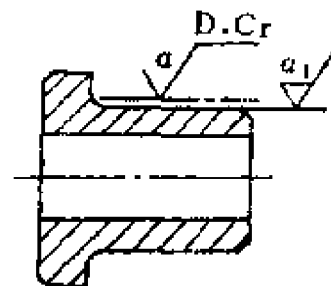


图 2-16 镀涂前后表面粗糙度的标注

(7)需要控制表面加工纹理方向时 可在符号的右边加注加工纹理方向符号,如图 2-17 所示。

(8)需要标注加工余量时 应注在符号的左侧,如图 2-18 所示。

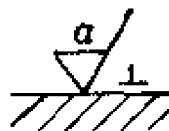


图 2-17 加工纹理方向的标注

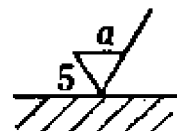


图 2-18 加工余量的标注

2. 表面粗糙度的选择与应用

(1)表面粗糙度的选择原则

1)在满足零件工作性能和使用寿命的前提下,应尽可能选用较大的表面粗糙度参数值,以降低制造成本。

2)在同一零件上,工作表面的表面粗糙度参数值应小于非工作表面的表面粗糙度值;尺寸精度高的部位比尺寸精度低的部位的表面粗糙度参数值应小。

3)配合性质相同,且同一公差等级的零件,其基本尺寸小的比基本尺寸大

的表面粗糙度参数值应选得小些。

4)相互配合的孔和轴,一般轴表面的表面粗糙度参数值比孔表面的表面粗糙度参数值选得小些。

5)间隙配合的表面粗糙度的参数值一般要比过盈配合的表面粗糙度参数值选得小些。而在间隙配合中,配合间隙越小,表面粗糙度参数值也应越小;在过盈配合中,要求联结强度越高,则表面粗糙度参数值也应越小。

6)对于摩擦表面,滚动摩擦表面比滑动摩擦表面应取较小的表面粗糙度参数值。而速度越高,承受单位面积压力越大,表面粗糙度参数值应取小些。

7)对承受交变载荷的零件表面及易产生应力集中的部位,表面粗糙度参数值要选得小些。

(2)表面粗糙度与配合性质和形位公差的关系

1)表面粗糙度与配合性质的关系

表 2-22 表面粗糙度与配合性质的关系

间隙或过盈 (mm)	表面粗糙度 R_a 值(μm)	
	轴	孔
≤ 2.5	0.025	0.05
$> 2.5 \sim 4$	0.05	0.10
$> 4 \sim 6.5$		0.20
$> 6.5 \sim 10$	0.10	0.40
$> 10 \sim 16$	0.20	
$> 16 \sim 25$	0.20	
$> 25 \sim 40$	0.40	0.80

2)表面粗糙度与形状公差的关系

对于直线度和平面度:1~4级, $R_a = 0.50\Delta$

5~9级, $R_a = 0.25\Delta$

对于圆柱度:1~3级, $R_a = 0.25\Delta$

4~11级, $R_a = 0.50\Delta$

式中 Δ ——形状公差值(μm)。

(3) 表面粗糙度的应用

表 2-23 表面粗糙度应用举例

表面粗糙度 R _a 值 (μm)	应用举例
12.5	多用于粗加工的非配合表面,如轴端面,倒角,钻孔,齿轮及带轮的侧面,键槽非工作表面,垫圈的接触面,不重要的安装支承面,螺钉、铆钉孔表面,圆盘耙片、锄铲零件的刃口等
6.3	半精加工表面。用于不重要零件的非配合表面,如支柱、轴、支架、外壳、衬套、盖等的端面;紧固件的自由表面,如螺栓、螺钉、双头螺栓和螺母的表面;不要求定心及配合特性的表面,如螺栓孔、螺钉孔和铆钉等表面,飞轮、带轮、离合器、联轴器、凸轮、偏心轮的侧面,平键及键槽上下面,楔键侧面,花键非定心表面,齿轮顶圆表面;所有轴和孔的退刀槽;不重要的铰接配合表面;犁的提升板把;小轴和提升离合器爪的销轴;犁铧、犁侧板、深耕铲等零件的摩擦工作面,插秧爪面等
3.2	半精加工表面。用于外壳、箱体、盖面、套筒、支架和其他零件连接而不形成配合的表面;扳手和手轮的外圆表面;要求有定心及配合特性的固定支承表面,定心的轴肩,键和键槽的工作表面;不重要的紧固螺纹的表面,非传动用的梯形螺纹、锯齿形螺纹表面;燕尾槽的表面;需要发蓝的表面;需要滚花的预加工表面;低速下工作的滑动轴承和轴的摩擦表面;张紧链轮、导向滚轮壳孔与轴的配合表面;止推滑动轴承及中间垫片的工作表面,滑块及导向面(速度 20~50m/min);收割机械切割器的摩擦片、动刀片、压力片的摩擦面,切草刀的内表面,脱粒机格板工作表面等
1.6	要求有定心及配合特性的固定支承,衬套、轴承和定位销的压入孔表面;不要求定心及配合特性的活动支承面,活动关节及花键结合面;8 级齿轮的齿面、齿条齿面;传动螺纹工作面,低速转动的轴颈、楔形键及键槽上下面,轴承盖凸肩表面(对中心用)、端盖内侧滑块及导向面、V 带轮槽表面,电镀前金属表面等

(续)

表面粗糙度 R_a 值 (μm)	应用举例
0.80	要求保证定心及配合特性的表面:锥销与圆柱销的表面;与 C 级和 E 级精度滚动轴承相配合的孔和轴颈表面;中速转动的轴颈、过盈配合的孔 H7、间隙配合的孔 H8、H9;花键轴上的定心表面;滑动导轨面不要求保证定心及配合特性的活动支承面;高精度的活动球状接头表面、支承垫圈、套齿叉形件、磨削的轮齿,榨油机螺旋榨棍面等
0.40	要求能长期保持所规定的配合特性的孔 H7、H6, 7 级精度的齿轮工作面、蜗杆齿面(7~8 级), 与 D 级滚动轴承配合的孔和轴颈表面;要求保证定心及配合特性的表面;滑动轴承轴瓦的工作表面。分度盘表面;导杆及推杆表面。工作时受反复应力的重要零件、在不破坏配合特性下工作, 要求保证其耐久性和疲劳强度所要求的表面;受力螺栓的圆柱表面, 曲轴和凸轮轴的工作表面。发动机气门头圆锥面, 与橡胶油封相配的轴表面等
0.20	工作时承受反复应力的重要零件表面, 保证零件的疲劳强度、防腐性和耐久性, 并在工作时不破坏配合特性的表面:轴颈表面, 活塞表面, 要求气密的表面和支承面, 精密机床主轴锥孔, 顶尖圆锥表面。精确配合的孔 H6、H5, 3、4、5 级精度齿轮的工作表面。与 C 级精度滚动轴承配合的孔和轴颈表面;喷油器针阀体的密封配合面, 液压缸和柱塞的表面。喷雾器活塞缸套内表面。齿轮泵轴颈等
0.10	工作时承受较大反复应力的重要零件表面, 保证零件的疲劳强度、防蚀性及在活动接头工作中耐久性的一些表面;精密机床主轴箱与套筒配合的孔;活塞销的表面;液压传动用孔的表面, 阀的工作面, 汽缸内表面, 保证精确定心的锥体表面;仪器中承受摩擦的表面, 如导轨、槽面等
0.05	特别精密的滚动轴承套圈滚道、滚珠及滚柱表面, 摩擦离合器的摩擦表面, 工作量规的测量表面, 精密刻度盘表面;精密机床主轴套筒外圆面等

(续)

表面粗糙度 R_a 值 (μm)	应用 举 例
0.025	特别精密的滚动轴承套圈滚道, 滚珠及滚柱表面。量仪中中等精度间隙配合零件的工作表面。柴油发动机高压油泵中柱塞和柱塞套的配合表面; 保证高度气密的接合表面等
0.012	仪器的测量表面。量仪中高精度间隙配合零件的工作表面。尺寸超过 100mm 的量块工作表面等
0.006	量块的工作表面; 高精度测量仪器的测量面, 光学测量仪器中金属镜面; 高精度仪器摩擦机构的支撑面等

3. 新、旧国标的对照与代换

新国标取消了旧国标按 R_a 、 R_z 参数系列值划分为 $\nabla 1 \sim \nabla 14$ 十四个等级的规定, 而直接用选取的参数系列值表示。但旧国标中, 除 $\nabla 7 \sim \nabla 14$ 的 R_z 最大界限值为新国标的第 1 系列外, 其余 $\nabla 1 \sim \nabla 14$ 的 R_a 最大界限值和 $\nabla 1 \sim \nabla 6$ 的 R_z 最大界限值均为新国标的第 2 系列。

根据新国标优先选用第 1 系列的规定, 贯彻时一般不能简单将原选用的 $\nabla 1 \sim \nabla 14$ 转换为新国标中的第 2 系列, 而应根据表面的功能要求和加工经济性转换选用第 1 系列, 现推荐以下两种过渡方式, 兹以 $\nabla 5$ 为例加以说明:

从表 2-24 和表 2-25 中查得 $\nabla 5$, 其 R_a 最大允许值为 $5\mu\text{m}$, R_z 最大允许值为 $20\mu\text{m}$, 均为新国标非优先选用的第 2 系列, 其过渡方式如下:

1) 取最靠近的下一档第 1 系列(即向下靠) R_a 最大允许值为 $6.3\mu\text{m}$, R_z 最大允许值为 $25\mu\text{m}$ 。其优点是在不影响表面功能要求的情况下, 加大了允许值, 更有利于加工。

2) 取最靠近的上一档第 1 系列(即向上靠) R_a 最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$, R_z 最大允许值为 $12.5\mu\text{m}$ 。其优点是提高了原表面粗糙度要求, 更能保证产品质量, 但缺点是可能增加加工成本。

表 2-24 新、旧国标 R_a 的对照与代换

GB1031—68		GB1031—83	
表面光洁度		表面粗糙度	
级别代号	$R_a(\mu\text{m})$	R_z 第 1 系列(μm)	
		向上靠	向下靠
▽1	>40~80	50	100
▽2	>20~40	25	50
▽3	>10~20	12.5	25
▽4	>5~10	6.3	12.5
▽5	>2.5~5	3.2	6.3
▽6	>1.25~2.5	1.6	3.2
▽7	>0.63~1.25	0.8	1.6
▽8	>0.32~0.63	0.4	0.8
▽9	>0.16~0.32	0.2	0.4
▽10	>0.08~0.16	0.1	0.2
▽11	>0.04~0.08	0.05	0.1
▽12	>0.02~0.04	0.025	0.05
▽13	>0.01~0.02	0.012	0.025
▽14	≤ 0.01	—	0.012

表 2-25 新、旧国标 R_z 的对照与代换

GB1031—68		GB1031—83	
表面光洁度		表面粗糙度	
级别代号	$R_z(\mu\text{m})$	R_z 第 1 系列(μm)	
		向上靠	向下靠
▽1	>160~320	200	400
▽2	>80~160	100	200
▽3	>40~80	50	100
▽4	>20~40	25	50
▽5	>10~20	12.5	25
▽6	>6.3~10	6.3	12.5
▽7	>3.2~6.3	6.3	
▽8	>1.6~3.2	3.2	
▽9	>0.8~1.6	1.6	
▽10	>0.4~0.8	0.8	
▽11	>0.2~0.4	0.4	
▽12	>0.1~0.2	0.2	
▽13	>0.05~0.1	0.1	
▽14	≥ 0.05	0.05	

4. 各主要工业国表面粗糙度的对照

表 2-26 各主要工业国表面粗糙度对照表

国别	中 国				前 苏 联		日 本			美国				
标准代号	GB 1031—68		GB 1031—83		ГОСТ 2789—73		KIS B 0601—76			ANSI B 46.1—62				
评定参数	等级	R_a	R_c	R_u	R_z, R_y	等级	R_u	R_c	等级	R_{max}	R_z	R_v	R_a	
单位		μm	μm	μm	μm		μm	μm		μm	μm	μm	μm	
表面粗糙度等级和参数值	▽14	0.01	0.05	(0.008) (0.010) 0.012	0.025 (0.032) (0.040) 0.050	14	0.008 0.010	0.025 0.032 0.040 0.050		(0.05s)	(0.05z)		1	
	▽13	0.02	0.10	(0.016) (0.020) 0.025	(0.063) (0.080) 0.100	13	0.012 0.016 0.020	0.063 0.080 0.100		0.1s	0.1z	0.0125a		2
	▽12	0.04	0.20	(0.032) (0.040) 0.050	(0.125) (0.160) 0.20	12	0.025 0.032 0.040	0.125 0.160 0.20	▽▽	0.2s	0.2z	0.025a 0.05a		
	▽11	0.08	0.40	(0.063) (0.080) 0.100	(0.25) (0.32) 0.40	11	0.050 0.063 0.080	0.25 0.32 0.40		0.4s	0.4z	0.10a	5 6 8	
	▽10	0.16	0.80	(0.125) (0.160) 0.20	(0.50) (0.63) 0.80	10	0.100 0.125 0.160	0.50 0.63 0.80		0.8s	0.8z	0.2a		10 13 16
	▽9	0.32	1.60	(0.25) (0.32) 0.40	(1.00) (1.25) 1.60	9	0.20 0.25 0.32	1.00 1.25 1.60		1.6s	1.6z	0.4a	20 25 32	
	▽8	0.63	3.20	(0.50) (0.63) 0.80	(2.0) (2.5) 3.2	8	0.40 0.50 0.63	2.0 2.5 3.2	▽▽▽	3.2s	3.2z	0.8a		40 50 63
	▽7	1.25	6.30	(1.00) (1.25) 1.60	(4.0) (5.0) 6.3	7	0.80 1.00 1.25	4.0 5.0 6.3		6.3s	6.3z	1.6a	80 100 125	
	▽6	2.5	10	(2.0) (2.5) 3.2	(8.0) 10.0 12.5	6	1.60 2.0 2.5	8.0 10.0 12.5		12.5s (18s)	12.5z 18z	3.2a		

(续)

国别	中 国				前 苏 联			日 本			美国		
标准 代号	GB 1031—68		GB 1031—83		ГОСТ 2789—73			KIS B 0601—76			ANSI B 46.1—62		
评定 参数	等级	R_a	R_z	R_a	R_z, R_y		等级	R_a	R_z	等级	R_{max}	R_z	R_a
单位		μm	μm	μm	μm			μm	μm		μm	μm	μm
表 面 粗 糙 度 等 级 和 参 数 值	▽5	5	20	(4.0)	(16)	5	3.2	16	▽▽	25s	25z	6.3a	160
				(5.0)	(20)		4.0	20		(35s)	(35z)		200
				6.3	25		5.0	25					250
	▽4	10	40	(8.0)	(32)	4	6.3	32	▽	50s	50z	12.5a	320
				(10.0)	(40)		8.0	40		(70s)	(70z)		400
				12.5	50		10.0	50					500
	▽3	20	80	(16.0)	(63)	3	12.5	63	▽	100s	100z	25a	600
				(20)	(80)		16	80		(140s)	(140z)		800
				25	100		20	100					1000
	▽2	10	160	(32)	(125)	2	25	125	▽	200s	200z	(50a)	
				(40)	(160)		32	160		(280s)	(280z)		
				50	200		40	200					
	▽1	80	320	(63)	(250)	1	50	250	▽	400s	400z	(100a)	
				(80)	(320)		63	320		(560s)	(560z)		
100				400	80		400						
			(500)				500						
			(630)				630						
			800			100	800						
			(1000)				1000						
			(1250)				1250						
			1600				1600						

注:1. GB1031—68中所列的 R_a 、 R_z 系列值为该等级的最大极限值。

2. 表内参数值带括号者为非优先值。

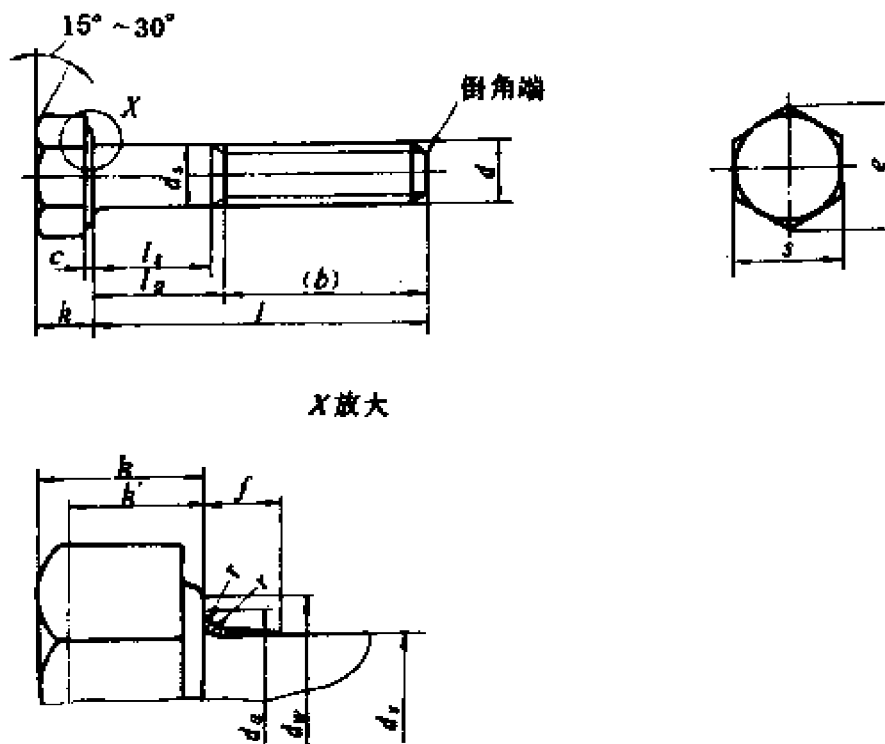
第三章 常用机械零件和机械传动

一、联接零件

1. 螺栓

(1) 六角头粗牙螺栓

表 3-1 六角头螺栓—粗牙—A 级和 B 级 (GB5782—86) (mm)



(续)

标记

螺纹规格 $d = M12$ 、公称长度 $l = 80\text{mm}$ 、性能等级为 8.8 级、表面氧化、A 级的六角头螺栓的标记示例：

螺栓 GB5782—86—M12×80

末端按 GB2—85 规定

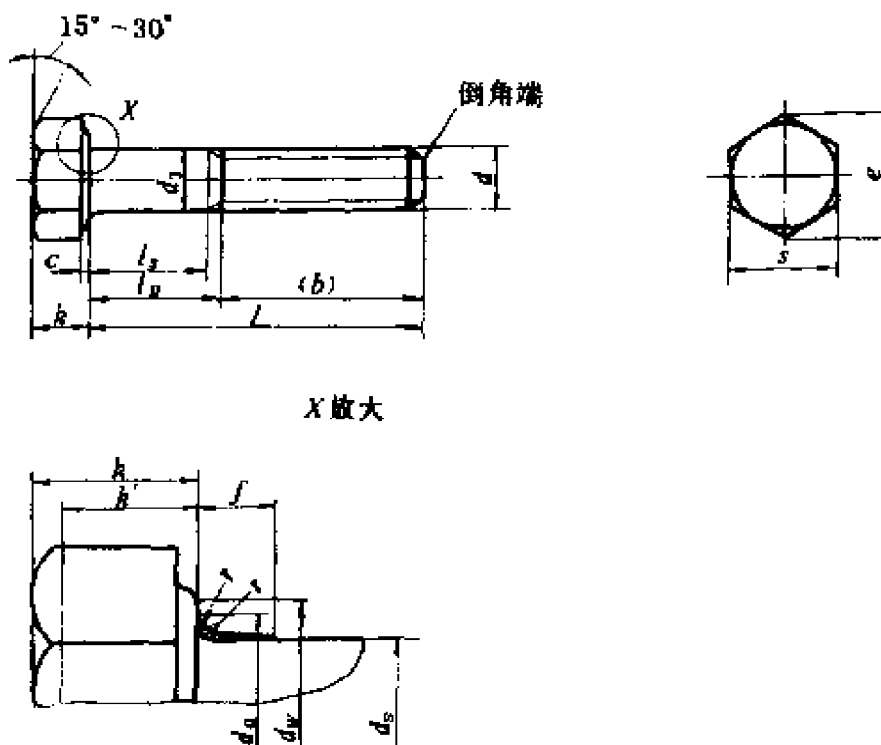
$l_{g\max} = l_{\text{公称}} - b_{\text{参考}}$ ； $l_{s\max} = l_{g\max} - 5p$ ； p ——螺距

螺纹规格 d			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	
$b_{\text{参考}}$	$l \leq 125$		12	14	16	18	22	26	30	38	
	$125 < l \leq 200$		—	—	—	—	28	32	36	44	
	$l > 200$		—	—	—	—	—	—	—	57	
c	min		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	
	max		0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	
d_u max			3.6	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2	13.7	17.7	
d_s	max		3	4	5	6	8	10	12	16	
	min	产品等级	A	2.86	3.82	4.82	5.82	7.78	9.78	11.73	15.73
			B	—	—	4.70	5.70	7.64	9.64	11.57	15.57
d_w min	产品等级	A	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6	22.5	
		B	—	—	6.7	8.7	11.4	14.4	16.4	22	
e min	产品等级	A	6.07	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	
		B	—	—	8.63	10.89	14.20	17.59	19.85	26.17	
f max			1	1.2	1.2	1.4	2	2	3	3	
k'	公称		2	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	10	
	产品等级	A	min	1.88	2.68	3.35	3.85	5.15	6.22	7.32	9.82
			max	2.12	2.92	3.65	4.15	5.45	6.58	7.68	10.18
		B	min	—	—	3.26	3.76	5.06	6.11	7.21	9.71
			max	—	—	3.74	4.24	5.54	6.69	7.79	10.29
k' min	产品等级	A	1.3	1.9	2.3	2.7	3.6	4.4	5.1	6.9	
		B	—	—	2.3	2.6	3.5	4.3	5	6.8	
r min			0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4	0.6	0.6	
s	max = 公称		5.5	7	8	10	13	16	18	24	
	min	产品等级	A	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73	23.67
			B	—	—	7.64	9.64	12.57	15.57	17.57	23.16

注： l 尺寸：20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160。

(2)六角头细牙螺栓

表 3-2 六角头螺栓—细牙—A级和B级(GB5785—86)(mm)



标记

螺纹规格 $d = M12 \times 1.5$ 、公称长度 $l = 80\text{mm}$ 、性能等级为 8.8 级、表面氧化、A 级的六角头螺栓的标记示例：

螺栓 GB5785—86—M12×1.5×80

末端按 GB2—85 规定

$l_{g\max} = l_{\text{公称}} - b_{\text{参考}}$ ； $l_{\text{max}} = l_{g\max} - 5p$ ； p ——螺距

螺纹规格 $d \times p$		M8×1	M10×1	M12×1.5	M16×1.5	M20×2	M24×2
		—	(M10×1.25)	(M12×1.25)	—	(M20×1.5)	—
$b_{\text{参考}}$	$l \leq 125$	22	26	30	38	46	54
	$125 < l \leq 200$	28	32	36	44	52	60
	$l > 200$	—	—	—	57	65	73

(续)

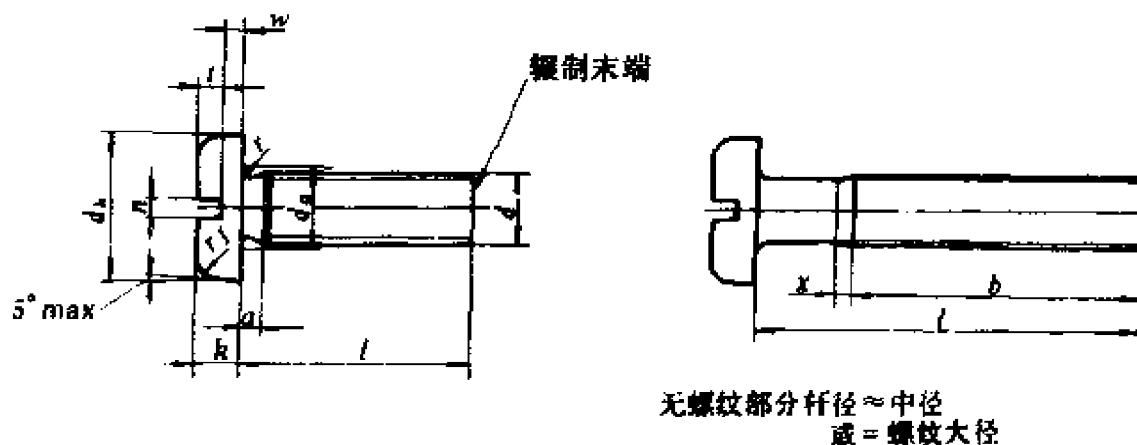
c	max		0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	
	min		0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	
d ₂	max		9.2	11.2	13.7	17.7	22.4	26.4	
d ₁	max		8	10	12	16	20	24	
	min	产品等级	A	7.78	9.78	11.73	15.73	19.67	23.67
		B	7.64	9.64	11.57	15.57	19.48	23.48	
d _w min	产品等级	A	11.6	14.6	16.6	22.5	28.2	33.6	
		B	11.4	14.4	16.4	22	27.7	33.2	
e min	产品等级	A	14.38	17.77	20.03	26.75	33.53	39.98	
		B	14.2	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	
f	max		2	2	3	3	4	4	
k	公称		5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	
	产品等级	A	min	5.15	6.22	7.32	9.82	12.28	14.78
			max	5.45	6.58	7.68	10.18	12.72	15.22
		B	min	5.06	6.11	7.21	9.71	12.15	14.65
			max	5.54	6.69 ^l	7.79	10.29	12.85	15.35
k' min	产品等级	A	3.6	4.4	5.1	6.9	8.6	10.3	
		B	3.5	4.3	5	6.8	8.5	10.2	
r	min		0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	
s	max		13	16	18	24	30	36	
	min	产品等级	A	12.73	15.73	17.73	23.67	29.67	35.38
			B	12.57	15.57	17.57	23.16	29.16	35

注: ^l尺寸: 35, 40, 45, 50, (55), 60, (65), 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 (括号内尺寸尽量不用)。

2. 螺钉

(1) 开槽盘头螺钉

表 3-3 开槽盘头螺钉(GB67—85) (mm)



标记

螺纹规格 $d = M5$ 、公称长度 $l = 20\text{mm}$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的开槽盘头螺钉的标记示例：

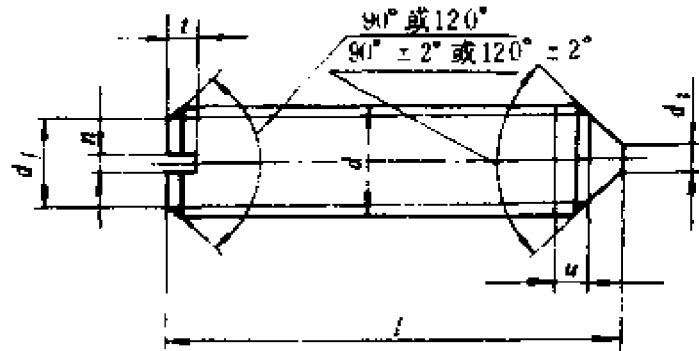
螺钉 GB67—85—M5×20

螺纹规格	d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
p		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5
a	max	0.7	0.8	0.9	1	1.4	1.6	2	2.5	3
b	min	25	25	25	25	38	38	38	38	38
d_k	max	3.2	4	5	5.6	8	9.5	12	16	20
	min	2.9	3.7	4.7	5.3	7.64	9.14	11.57	15.57	19.48
d_a	max	2.1	2.6	3.1	3.6	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2
k	max	1	1.3	1.5	1.8	2.4	3	3.6	4.8	6
	min	0.85	1.1	1.3	1.6	2.2	2.8	3.3	4.5	5.7
n	公称	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2	1.2	1.6	2	2.5
	min	0.46	0.56	0.66	0.86	1.26	1.28	1.66	2.06	2.56
	max	0.6	0.7	0.8	1	1.51	1.51	1.91	2.31	2.81
r	min	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4
r_f	参考	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3
t	min	0.35	0.5	0.6	0.7	1	1.2	1.4	1.9	2.4
w	min	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.2	1.4	1.9	2.4
x	max	0.9	1	1.1	1.25	1.75	2	2.5	3.2	3.8

注： l 尺寸：2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, (14), 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, (55), 60, (65), 70, (75), 80 (括号内尺寸尽量不用)。

(2)开槽锥端紧定螺钉

表 3-4 开槽锥端紧定螺钉(GB71—85) (mm)



标记

螺纹规格 $d = M5$ 、公称长度 $l = 12\text{mm}$ 、性能等级为 14H 级、表面氧化的开槽锥端紧定螺钉的标记示例:

螺钉 GB71—85—M5×12

螺纹规格 d	M1.2	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	
p	0.25	0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	
$d_f \approx$	螺 纹 小 径											
d_1	min	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	max	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1.5	2	2.5	3
n	公称	0.2	0.25	0.25	0.4	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.6	2
	min	0.26	0.31	0.31	0.46	0.46	0.66	0.86	1.06	1.26	1.66	2.06
	max	0.4	0.45	0.45	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.51	1.91	2.31
t	min	0.4	0.56	0.64	0.72	0.8	1.12	1.28	1.6	2	2.4	2.8
	max	0.52	0.74	0.84	0.95	1.05	1.42	1.63	2	2.5	3	3.6

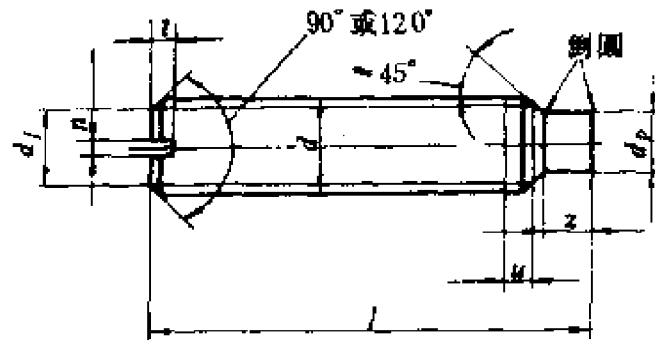
注: 1. l 尺寸: 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, (14), 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, (55), 60 (括号内尺寸尽量不用)。

2. p ——螺距。

3. $\leq M5$ 的螺钉不要求锥端有平面部分 (d_1), 可以倒圆。

(3)开槽长圆柱端紧定螺钉

表 3-5 开槽长圆柱端紧定螺钉(GB75—85) (mm)



标记

螺纹规格 $d = M5$ 、公称长度 $l = 12\text{mm}$ 、性能等级为 14H 级、表面氧化的开槽长圆柱端紧定螺钉的标记示例:

螺钉 GB75—85—M5×12

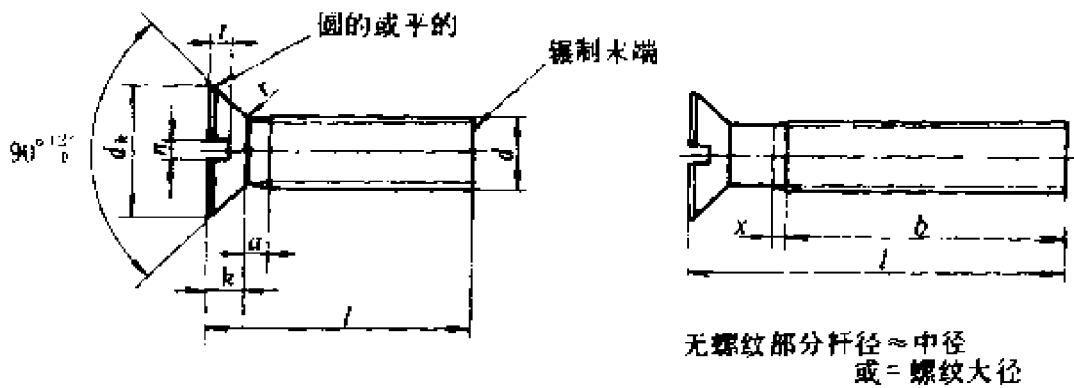
螺纹规格 d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	
p	0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	
$d_f \approx$	螺 纹 小 径										
d_p	min	0.55	0.75	1.25	1.75	2.25	3.2	3.7	5.2	6.64	8.14
	max	0.8	1	1.5	2	2.5	3.5	4	5.5	7	8.5
n	公称	0.25	0.25	0.4	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.6	2
	min	0.31	0.31	0.46	0.46	0.66	0.86	1.06	1.26	1.66	2.02
	max	0.45	0.45	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.51	1.91	2.31
t	min	0.56	0.64	0.72	0.8	1.12	1.28	1.6	2	2.4	2.8
	max	0.74	0.84	0.95	1.05	1.42	1.63	2	2.5	3	3.6
z	min	0.8	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6
	max	1.05	1.25	1.5	1.75	2.25	2.75	3.25	4.3	5.3	6.3

注: 1. l 尺寸: 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, (14), 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 (尽可能不采用括号内的尺寸)。

2. p ——螺距。

(4)开槽沉头螺钉

表 3-6 开槽沉头螺钉(GB68—85) (mm)



标记

螺纹规格 $d = M5$ 、公称长度 $l = 20\text{mm}$ 、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的开槽沉头螺钉的标记示例：

螺钉 GB68—85—M5×20

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
p		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5
a	max	0.7	0.8	0.9	1	1.4	1.6	2	2.5	3
b	min	25	25	25	25	38	38	38	38	38
d_t	理论值									
	max	3.6	4.4	5.5	6.3	9.4	10.4	12.6	17.3	20
	实际值									
	max	3	3.8	4.7	5.5	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3
	min	2.7	3.5	4.4	5.2	8	8.9	10.9	15.4	17.8
k	max	1	1.2	1.5	1.65	2.7	2.7	3.3	4.65	5
n	公称	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2	1.2	1.6	2	2.5
	min	0.46	0.56	0.66	0.86	1.26	1.26	1.66	2.06	2.56
	max	0.6	0.7	0.8	1	1.51	1.51	1.91	2.31	2.81
r	max	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.5	2	2.5
t	min	0.32	0.4	0.5	0.6	1	1.1	1.2	1.8	2
	max	0.5	0.6	0.75	0.85	1.3	1.4	1.6	2.3	2.6
x	max	0.9	1	1.1	1.25	1.75	2	2.5	3.2	3.8

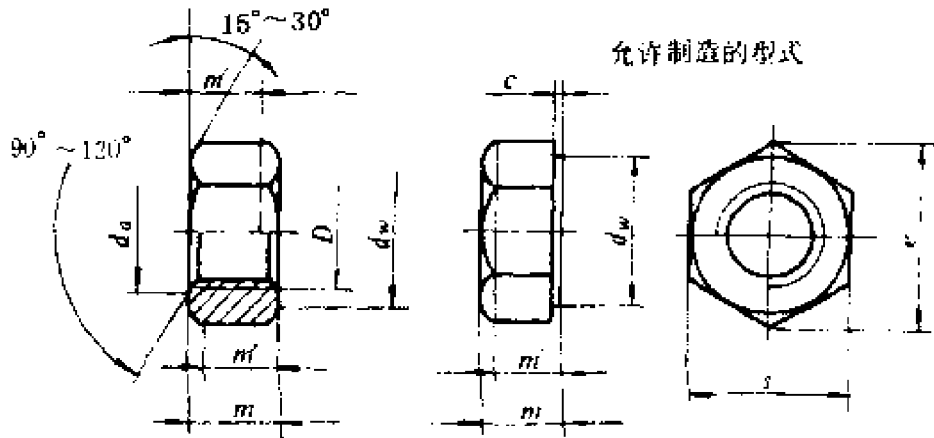
注：1. l 尺寸：2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, (14), 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, (55), 60, (65), 70, (75), 80(尽可能不采用括号内的尺寸)。

2. p ——螺距。

3. 螺母

(1) 1型六角螺母—A级和B级

表 3-7 1型六角螺母—A级和B级(GB6170—86) (mm)



标记

螺纹规格 $D = M12$ 、性能等级为 10 级、不经表面处理、A 级的 1 型六角螺母的标记为:

螺母 GB6170—86—M12

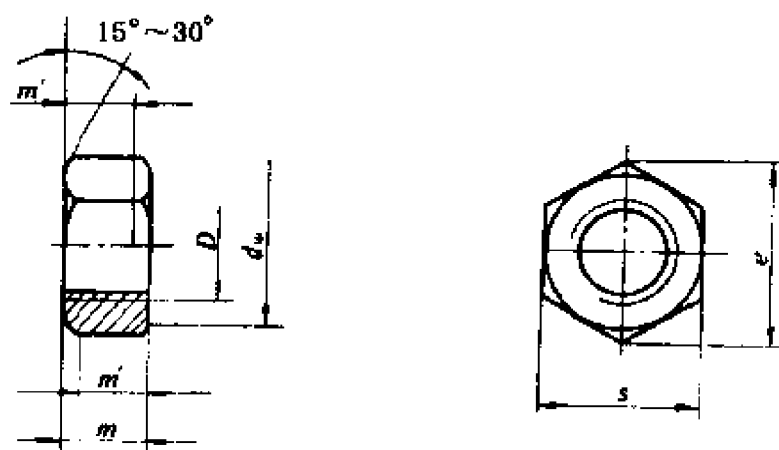
螺纹规格 D		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8
c	max	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
d_a	max	1.84	2.3	2.9	3.45	4.6	5.75	6.75	8.75
	min	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8
d_w	min	2.4	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6
e	min	3.41	4.32	5.45	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38
m	max	1.3	1.6	2	2.4	3.2	4.7	5.2	6.8
	min	1.05	1.35	1.75	2.15	2.9	4.4	4.9	6.44
m'	min	0.8	1.1	1.4	1.7	2.3	3.5	3.9	5.1
m''	min	0.7	0.9	1.2	1.5	2	3.1	3.4	4.5
s	max	3.2	4	5	5.5	7	8	10	13
	min	3.02	3.82	4.82	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73

(续)

螺纹规格 D		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
c	max	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
d_a	max	10.8	13	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9
	min	10	12	16	20	24	30	36
d_w	min	14.6	16.6	22.5	27.7	33.2	42.7	51.1
e	min	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79
m	max	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6	31
	min	8.04	10.37	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4
m'	min	6.4	8.3	11.3	13.5	16.2	19.4	23.5
m''	min	5.6	7.3	9.9	11.8	14.1	17	20.6
s	max	16	18	24	30	36	46	55
	min	15.73	17.73	23.67	29.16	35	45	53.8

(2) 1型六角螺母—C级

表 3-8 1型六角螺母—C级(GB41—86) (mm)



标记

螺纹规格 $D = M12$ 、性能等级为 5 级、不经表面处理、C 级的 1 型六角螺母的标记为:

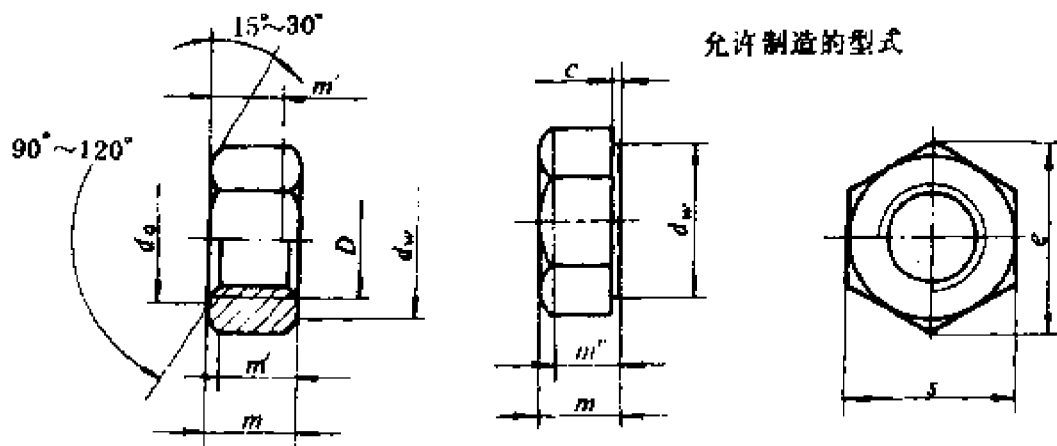
螺母 GB41—86—M12

(续)

螺纹规格 D	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
d_w min	6.9	8.7	11.5	14.5	16.5	22	27.7	33.2	42.7	51.1
e min	8.63	10.69	14.20	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85	60.79
m	max	5.6	6.1	7.9	9.5	12.2	15.9	18.7	22.3	26.4
	min	4.4	4.9	6.4	8	10.4	14.1	16.6	20.2	24.3
m' min	3.5	3.9	5.1	6.4	8.3	11.3	13.3	16.2	19.5	23.5
s	max	8	10	13	16	18	24	30	36	46
	min	7.64	9.64	12.57	15.57	17.57	23.16	29.16	35	45

(3) 1型六角螺母—细牙—A级和B级

表 3-9 1型六角螺母—细牙—A级和B级(GB6171—86) (mm)



标记

螺纹规格 $D = M12 \times 1.5$ 、性能等级为 8 级、不经表面处理、A 级的 1 型六角螺母的标记为：

螺母 GB6171—86—M12×1.5

螺纹规格	M8×1	M10×1	M12×1.5	M16×1.5	M20×2	M24×2	M30×2	M36×3
$D \times p$	—	(M10×1.25)	(M12×1.25)	—	(M20×1.5)	—	—	—
c max	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
d_u	max	8.75	10.8	13	17.3	21.6	32.4	38.9
	min	8	10	12	16	20	30	36
d_w min	11.6	14.6	16.6	22.5	27.7	33.2	42.7	51.1

(续)

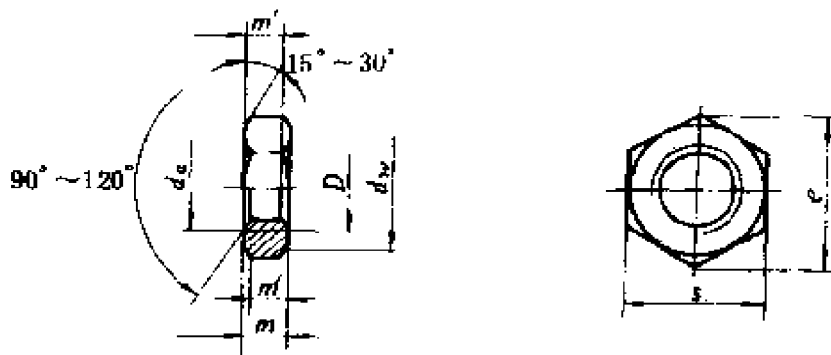
螺纹规格	M8×1	M10×1	M12×1.5	M16×1.5	M20×2	M24×2	M30×2	M36×3
$D \times p$	—	(M10×1.25)	(M12×1.25)	—	(M20×1.5)	—	—	—
e	min	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85
m	max	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6
	min	6.44	8.04	10.37	14.1	16.9	20.2	24.3
m'	min	5.2	6.4	8.3	11.3	13.5	16.2	19.4
m''	min	4.5	5.6	7.3	9.9	11.8	14.1	17
s	max	13	16	18	24	30	36	46
	min	12.73	15.73	17.73	23.67	29.16	35	45

注:1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. p ——螺距。

(4)六角薄螺母—A级和B级—倒角

表3-10 六角薄螺母—A级和B级—倒角(GB6172—86) (mm)



标记

螺纹规格 $D = M12$ 、性能等级为 04 级、不经表面处理、A 级的六角薄螺母的标记为:

螺母 GB6172—86—M12

螺纹规格 D		M3	M4	M5	M6	M8	M10
d_a	max	3.45	4.6	5.75	6.75	8.75	10.8
	min	3	4	5	6	8	10
d_w	min	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6
e	min	6.01	7.66	8.79	11.05	14.28	17.77
m	max	1.8	2.2	2.7	3.2	4	5
	min	1.55	1.95	2.45	2.9	3.7	4.7
m'	min	1.24	1.56	1.96	2.32	2.96	3.76
s	max	5.5	7	8	10	13	16
	min	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73

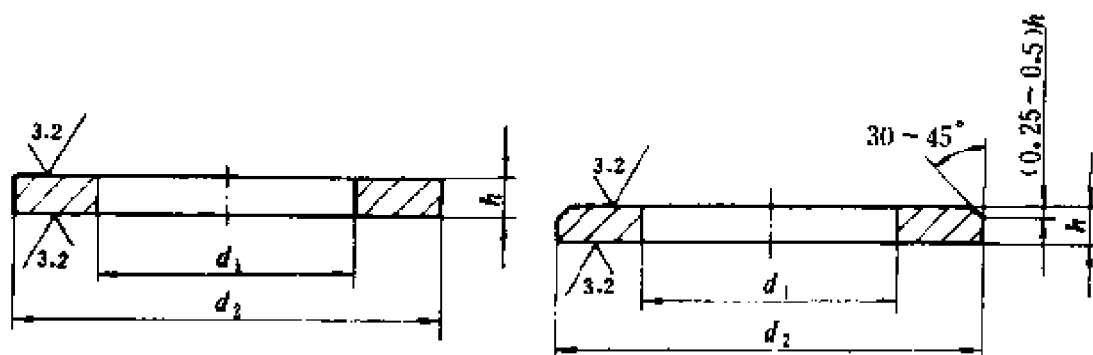
(续)

螺纹规格 D		M12	M16	M20	M24	M30	M36
d_o	max	13	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9
	min	12	16	20	24	30	36
d_w	min	16.6	22.5	27.7	33.2	42.7	51.1
e	min	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79
m	max	6	8	10	12	15	18
	min	5.7	7.42	9.10	10.9	13.9	16.9
m'	min	4.56	5.94	7.28	8.72	11.1	13.5
s	max	18	24	30	36	45	55
	min	17.73	23.67	29.16	35	45	53.8

4. 垫圈

(1) 平垫圈(倒角型)—A级

表 3-11 平垫圈(倒角型)—A级(GB97.1—85、GB97.2—85) (mm)



标记

标准系列, 公称尺寸 $d = 8\text{mm}$ 、性能等级为 140HV 级、不经表面处理的平垫圈的标记示例:

垫圈 GB97.1—85—8—140HV

标准系列、公称尺寸 $d = 8\text{mm}$ 、性能等级为 A140 级、不经表面处理的平垫圈的标记示例:

垫圈 GB97.1—85—8—A140

标记

标准系列, 公称尺寸 $d = 8\text{mm}$ 、性能等级为 140HV 级、倒角型、不经表面处理的平垫圈的标记示例:

垫圈 GB97.2—85—8—140HV

标准系列、公称尺寸 $d = 8\text{mm}$ 、性能等级为 A140 级、倒角型、不经表面处理的平垫圈的标记示例:

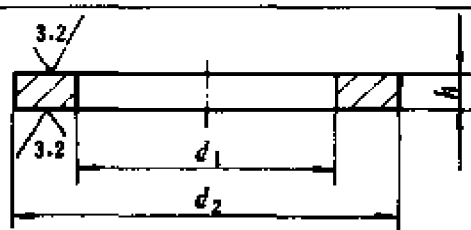
垫圈 GB97.2—85—8—A140

(续)

公称尺寸 (螺纹规格 d)	内 径 d_1		外 径 d_2		厚 度 A		
	公称(min)	(max)	公称(max)	(min)	公称	(max)	(min)
1.6	1.7	1.84	4	3.7	0.3	0.35	0.25
2	2.2	2.34	5	4.7	0.3	0.35	0.25
2.5	2.7	2.84	6	5.7	0.5	0.55	0.45
3	3.2	3.38	7	6.64	0.5	0.55	0.45
4	4.3	4.48	9	8.64	0.8	0.9	0.7
5	5.3	5.48	10	9.64	1	1.1	0.9
6	6.4	6.62	12	11.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	16	15.57	1.6	1.8	1.4
10	10.5	10.77	20	19.48	2	2.2	1.8
12	13	13.27	24	23.48	2.5	2.7	2.3
14	15	15.27	28	27.48	2.5	2.7	2.3
16	17	17.27	30	29.48	3	3.3	2.7
20	21	21.33	37	36.38	3	3.3	2.7
24	25	25.33	44	43.38	4	4.3	3.7
30	31	31.39	56	55.26	4	4.3	3.7
36	37	37.62	66	64.8	5	5.6	4.4

(2)小垫圈—A级

表 3-12 小垫圈—A级(GB848—85) (mm)



标记

小系列、公称尺寸 $d = 8\text{mm}$ 、性能等级为 140HV 级、不经表面处理的平垫圈的标记示例:

垫圈 GB848—85—8—140HV

小系列、公称尺寸 $d = 8\text{mm}$ 、性能等级为 A140 级、不经表面处理的平垫圈的标记示例:

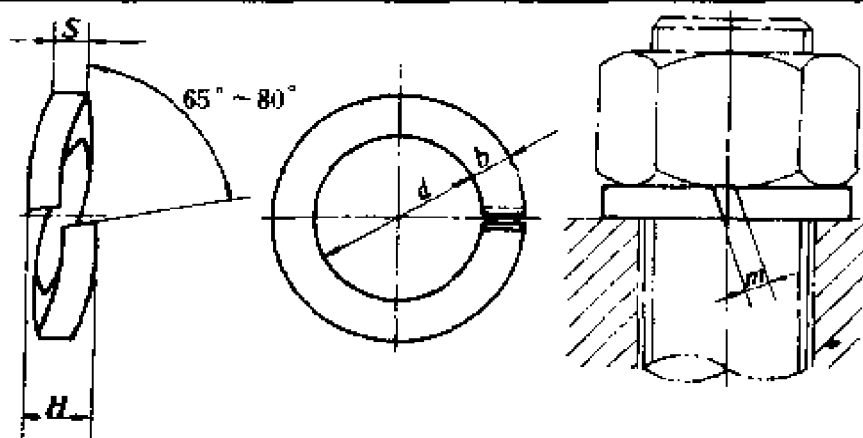
垫圈 GB848—85—8—A140

(续)

公称尺寸 (螺纹规格 d)	内 径 d_1		外 径 d_2		厚 度 h		
	公称(min)	(max)	公称(max)	(min)	公称	(max)	(min)
1.6	1.7	1.84	3.5	3.2	0.3	0.35	0.25
2	2.2	2.34	4.5	4.2	0.3	0.35	0.25
2.5	2.7	2.84	5	4.7	0.5	0.55	0.45
3	3.2	3.38	6	5.7	0.5	0.55	0.45
4	4.3	4.48	8	7.64	0.5	0.55	0.45
5	5.3	5.48	9	8.64	1	1.1	0.9
6	6.4	6.62	11	10.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	15	14.57	1.6	1.8	1.4
10	10.5	10.77	18	17.57	1.6	1.8	1.4
12	13	13.27	20	19.48	2	2.2	1.8
14	15	15.27	24	23.48	2.5	2.7	2.3
16	17	17.27	28	27.48	2.5	2.7	2.3
20	21	21.35	34	33.38	3	3.3	2.7
24	25	25.33	39	38.38	4	4.3	3.7
30	31	31.33	50	49.38	4	4.3	3.7
36	37	37.62	60	58.8	5	5.6	4.4

(3) 标准型弹簧垫圈

表 3-13 标准型弹簧垫圈(GB93—87) (mm)



标记

规格 16mm、材料为 65Mn、表面氧化的标准型弹簧垫圈的标记示例：

垫圈 GB93—87—16

(续)

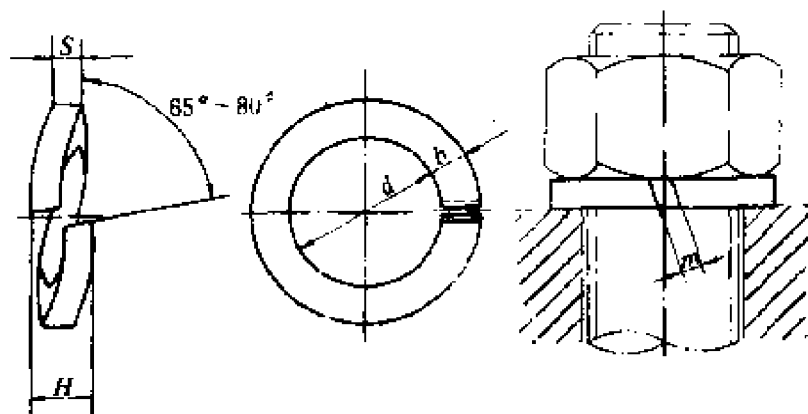
规格 (螺纹大径)	d		$S(b)$			H		m
	(min)	(max)	公称	(min)	(max)	(min)	(max)	\leq
2	2.1	2.35	0.5	0.42	0.58	1	1.25	0.25
2.5	2.6	2.85	0.65	0.57	0.73	1.3	1.33	0.33
3	3.1	3.4	0.8	0.7	0.9	1.6	2	0.4
4	4.1	4.4	1.1	1	1.2	2.2	2.75	0.55
5	5.1	5.4	1.3	1.2	1.4	2.6	3.25	0.65
6	6.1	6.68	1.6	1.5	1.7	3.2	4	0.8
8	8.1	8.68	2.1	2	2.2	4.2	5.25	1.05
10	10.2	10.9	2.6	2.45	2.75	5.2	6.5	1.3
12	12.2	12.9	3.1	2.95	3.25	6.2	7.75	1.55
(14)	14.2	14.9	3.6	3.4	3.8	7.2	9	1.8
16	16.2	16.9	4.1	3.9	4.3	8.2	10.25	2.05
(18)	18.2	19.04	4.5	4.3	4.7	9	11.25	2.25
20	20.2	21.04	5	4.8	5.2	10	12.5	2.5
(22)	22.5	23.34	5.5	5.3	5.7	11	13.75	2.75
24	24.5	25.5	6	5.8	6.2	12	15	3
(27)	27.5	28.5	6.8	6.5	7.1	13.6	17	3.4
30	30.5	31.5	7.5	7.2	7.8	15	18.75	3.75
(33)	33.5	34.7	8.5	8.2	8.8	17	21.25	4.25
36	36.5	37.7	9	8.7	9.3	18	22.5	4.5
(39)	39.5	40.7	10	9.7	10.3	20	25	5
42	42.5	43.7	10.5	10.2	10.8	21	26.25	5.25
(45)	45.5	46.7	11	10.7	11.3	22	27.5	5.5
48	48.5	49.7	12	11.7	12.3	24	30	6

注:1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. m 应大于零。

(4) 轻型弹簧垫圈

表 3-14 轻型弹簧垫圈(GB859—87) (mm)



标记

规格 16mm, 材料为 65Mn, 表面氧化的轻型弹簧垫圈的标记示例:

垫圈 GB859—87—16

规格 (螺纹大径)	d		S			b			H		m ≤
	(min)	(max)	公称	(min)	(max)	公称	(min)	(max)	(min)	(max)	
3	3.1	3.4	0.6	0.52	0.68	1	0.9	1.1	1.2	1.5	0.3
4	4.1	4.4	0.8	0.70	0.90	1.2	1.1	1.3	1.6	2	0.4
5	5.1	5.4	1.1	1	1.2	1.5	1.4	1.6	2.2	2.75	0.55
6	6.1	6.68	1.3	1.2	1.4	2	1.9	2.1	2.6	3.25	0.65
8	8.1	8.68	1.6	1.5	1.7	2.5	2.35	2.65	3.2	4	0.8
10	10.2	10.9	2	1.9	2.1	3	2.85	3.15	4	5	1
12	12.2	12.9	2.5	2.35	2.65	3.5	3.3	3.7	5	6.25	1.25
(14)	14.2	14.9	3	2.85	3.15	4	3.8	4.2	6	7.5	1.5
16	16.2	16.9	3.2	3	3.4	4.5	4.3	4.7	6.4	8	1.6
(18)	18.2	19.04	3.6	3.4	3.8	5	4.8	5.2	7.2	9	1.8
20	20.2	21.04	4	3.8	4.2	5.5	5.3	5.7	8	10	2
(22)	22.5	23.34	4.5	4.3	4.7	6	5.8	6.2	9	11.25	2.25
24	24.5	25.5	5	4.8	5.2	7	6.7	7.3	10	12.5	2.5
(27)	27.5	28.5	5.5	5.3	5.7	8	7.7	8.3	11	13.75	2.75
30	30.5	31.5	6	5.8	6.2	9	8.7	9.3	12	15	3

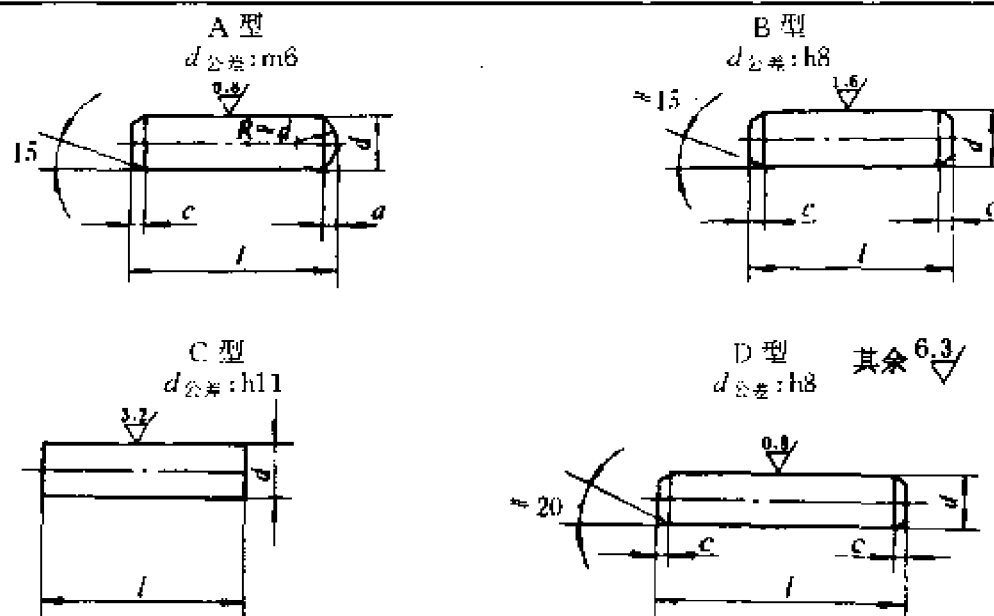
注:1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. m 应大于零。

5. 销

(1) 圆柱销

表 3-15 圆柱销(GB119—86) (mm)



标记

公称直径 $d = 8\text{mm}$ 、长度 $l = 30\text{mm}$ 、材料为 35 钢、HRC28—38、表面氧化处理的 A 型圆柱销的标记示例：

销 GB119—86—A8×30

公称		1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
A 型	min	1.002	1.202	1.502	2.002	2.502	3.002	4.004	5.004
	max	1.008	1.208	1.508	2.008	2.508	3.008	4.012	5.012
B 型	min	0.986	1.186	1.486	1.986	2.486	2.986	3.982	4.982
	max	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
C 型	min	0.94	1.14	1.44	1.94	2.44	2.94	3.925	4.925
	max	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
D 型	min	1.018	1.218	1.518	2.018	2.518	3.018	4.023	5.023
	max	1.032	1.232	1.532	2.032	2.532	3.032	4.041	5.041
$a \approx$		0.12	0.16	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.63
$c \approx$		0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	0.63	0.80
l 范围		4~10	4~12	4~16	6~20	6~24	8~30	8~40	10~50
l 系列		2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200							

(续)

公称	6	8	10	12	16	20	25	30	
A型	min	6.004	8.006	10.006	12.007	16.007	20.008	25.008	30.008
	max	6.012	8.015	10.015	12.018	16.018	20.021	25.021	30.021
B型	min	5.982	7.978	9.978	11.973	15.973	19.967	24.967	29.967
	max	6	8	10	12	16	20	25	30
C型	min	5.925	7.91	9.91	11.89	15.89	19.87	24.87	29.87
	max	6	8	10	12	16	20	25	30
D型	min	6.023	8.028	10.028	12.033	16.033	20.041	25.048	30.048
	max	6.041	8.050	10.050	12.060	16.060	20.074	25.081	30.081
$a \approx$	0.80	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	
$c \approx$	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	
l 范围	12~60	14~80	16~95	22~140	26~180	35~200	50~200	60~200	
l 系列	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200								

(2) 圆锥销

表 3-16 圆锥销(GB117—86) (mm)

A型	B型	其余
d 公差: h10	d 公差: h10	$R_1 \approx d$
		$R_2 \approx d + \frac{l-2a}{50}$

标记

公称直径 $d=10\text{mm}$ 、长度 $l=60\text{mm}$ 、材料为 35 钢、HRC28~38、表面氧化处理的 A 型圆锥销的标记示例:

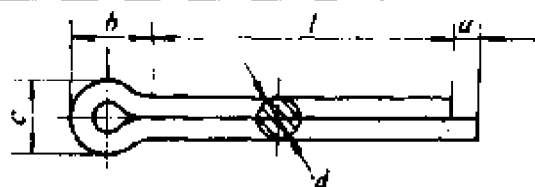
销 GB117—86—A10×60

(续)

	公称	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
d	min	0.56	0.76	0.96	1.16	1.46	1.96	2.46	2.96	3.95	4.95
	max	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5
$a \approx$		0.08	0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63
l 范围		4~8	5~12	6~16	6~20	8~24	10~35	10~35	12~45	14~55	18~60
l 系列		2.3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200									
	公称	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
d	min	5.95	7.94	9.94	11.93	15.93	19.92	24.92	29.92	39.9	49.9
	max	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$a \approx$		0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
l 范围		22~90	26~120	26~160	32~180	40~200	45~200	50~200	55~200	60~200	65~200
l 系列		2.3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200									

(3) 开口销

表 3-17 开口销(GB91—86) (mm)



标记

公称直径 $d = 5\text{mm}$ 、长度 $l = 50\text{mm}$ 、材料为低碳钢、不经表面处理的开口销的标记示例:

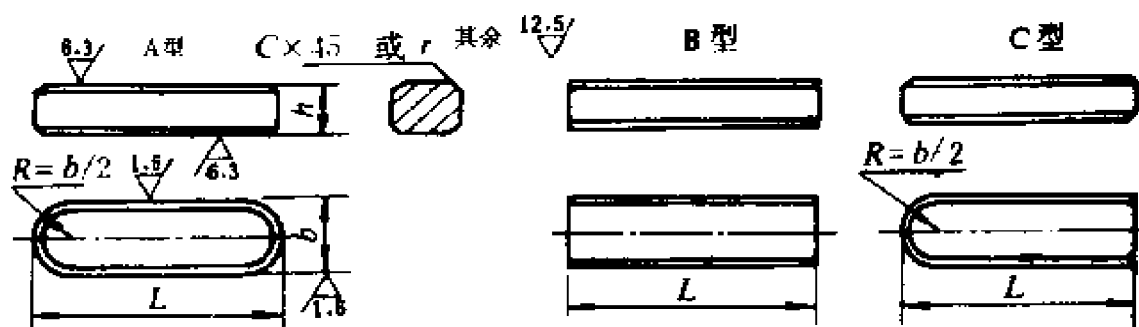
销 GB91—86—5×50

	公称	0.6	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	12
d	min	0.4	0.6	0.8	0.9	1.3	1.7	2.1	2.7	3.5	4.4	5.7	7.3	9.3	11.1
	max	0.5	0.7	0.9	1	1.4	1.8	2.3	2.9	3.7	4.6	5.9	7.5	9.5	11.4
c	max	1	1.4	1.8	2	2.8	3.6	4.6	5.8	7.4	9.2	11.8	15	19	24.8
	min	0.9	1.2	1.6	1.7	2.4	3.2	4	5.1	6.5	8	10.3	13.1	16.6	21.7
$b \approx$		2	2.4	3	3	3.2	4	5	6.4	8	10	12.6	15	20	26
a	1.6	2.5		3.2			4	6.3							
l 范围		4~12	5~16	6~20	8~26	8~32	10~40	12~50	14~65	18~80	22~100	30~120	40~160	45~200	70~200
l 系列		4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 120, 140, 160, 180, 200													

6. 键

(1) 普通平键

表 3-18 普通平键(GB1096—79) (mm)



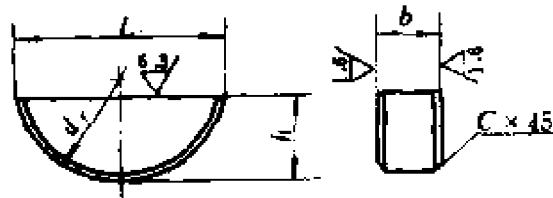
标记

圆头普通平键(A型) $b = 16\text{mm}$, $h = 10\text{mm}$, $L = 100\text{mm}$ 键 16×100 GB1096—79
 平头普通平键(B型) $b = 16\text{mm}$, $h = 10\text{mm}$, $L = 100\text{mm}$ 键 E16 \times 100 GB1096—79
 单圆头普通平键(C型) $b = 16\text{mm}$, $h = 10\text{mm}$, $L = 100\text{mm}$ 键 C16 \times 100 GB1096—79

轴 公称直径 d	键 (GB1096—79)				
	b (h9)		h (h11)		L (h14)
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸
自 6~8	2	0	2	0 -0.060	6~20
>8~10	3	-0.025	3	0 (-0.025)	6~36
>10~12	4	0	4	0	8~45
>12~17	5	-0.030	5	0.075 0	10~56
>17~22	6	0	6	0 (-0.030)	14~70
>22~30	8	0	7	0	18~90
>30~38	10	-0.036	8	0	22~110
>38~44	12	0	8	0	28~140
>44~50	14	0	9	-0.090	36~160
>50~58	16	-0.043	10	0	45~180
>58~65	18	0	11	0	50~200
>65~75	20	0	12	0	56~220
>75~85	22	0	14	0	63~250
>85~95	25	-0.052	14	-0.110	70~280
>95~110	28	0	16	-0.110	80~320

(2)半圆键

表 3-19 半圆锥(GB1099-79) (mm)



标记

半圆键 $b = 6\text{mm}, h = 10\text{mm}, d_1 = 25\text{mm}$

键 $6 \times 10 \times 25$ GB1099-79

轴 径 d		键(GB1099-79)							
键传递 扭 矩	键 定 位 用	$b(h9)$		$h(h11)$		$d_1(h12)$		$L \approx$	C
		公称 尺寸	极限 偏差	公称 尺寸	极限 偏差	公称 尺寸	极限 偏差		
自 3-4	自 3-4	1.0	0 -0.025	1.4	0 -0.060	4	0 -0.120	3.9	0.16~ 0.25
>4-5	>4-6	1.5		2.6		7	6.8		
>5-6	>6-8	2.0		2.6	7	0 6.8			
>6-7	>8-10	2.0		3.7	10	-0.150 9.7			
>7-8	>10-12	2.5		3.7	10	9.7			
>8-10	>12-15	3.0		5.0	13	0 12.7			
>10-12	>15-18	3.0		6.5	16	-0.180 15.7			
>12-14	>18-20	4.0	0 -0.030	6.5	0 -0.090	16	0 -0.210	15.7	0.25~ 0.40
>14-16	>20-22	4.0		7.5		19	18.6		
>16-18	>22-25	5.0		6.5	16	0 -0.180	15.7		
>18-20	>25-28	5.0		7.5	19	18.6			
>20-22	>28-32	5.0		9.0	22	0 21.6			
>22-25	>32-36	6.0		9.0	22	21.6			
>25-28	>36-40	6.0		10.0	25	-0.210 24.5			
>28-32	40	8.0	0 11.0	0 28	27.4	0.4~ 0.6			
>32-38	—	10.0	-0.036 13.0	-0.110 32	0 -0.250		31.4		

二、轴和轴承

1. 轴

轴在机器上起支承旋转零件（如齿轮、皮带轮等）或传递动力的作用。

按照工作性质的不同，轴分为心轴和传动轴两种：心轴只用来支承旋转零件，而不传递扭矩，在工作中只受弯曲作用，可以是转动的，也可以是固定的；传动轴除起支承旋转零件的作用外，还用来传递扭矩，因此，在工作中，除承受弯曲外，还承受扭转力矩。机器中大多数的轴都属于传动轴，如机床变速箱中的齿轮轴和主轴等。

心轴和传动轴直接放在支承座上的那个部分叫轴颈。轴颈在工作中要满足以下条件：

- 1) 轴颈应有足够的强度；
- 2) 轴颈应有良好的润滑条件；
- 3) 轴颈在工作时的温度不能太高，否则会使润滑剂失去其应有粘性，加剧摩擦，以致烧坏工作表面。

轴的主要材料是碳钢和合金钢，制作时可根据轴工作的性质适当选用。

2. 滑动轴承

(1) 滑动轴承的种类和构造 常用的滑动轴承有整体式、对开式和可调节式三种。

1) 整体式：图 3-1 是最常用的一种整体式轴承。轴承座 1 孔内压有轴承衬 2（轴套），轴承座的顶部有装油杯的螺纹孔。轴承座用螺钉固定在机

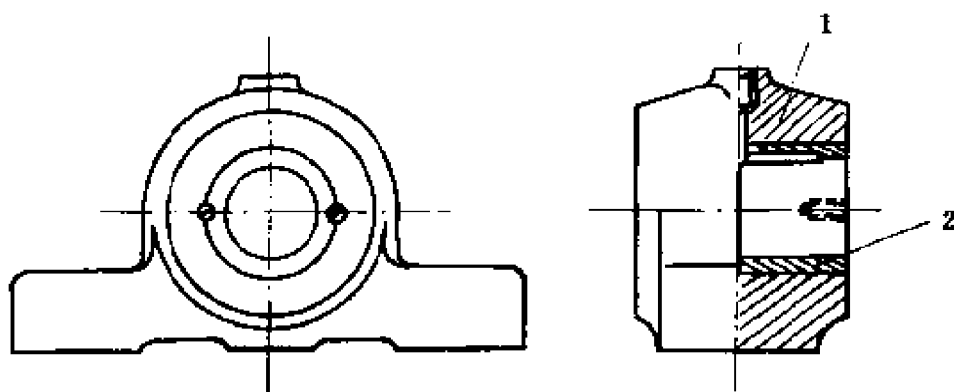


图 3-1 整体式轴承

座上。此种轴承的构造简单，但磨损后不能调整轴颈与轴承间的间隙。

2) 对开式：如图 3-2 所示，它由轴承座 1、轴承盖 2、对开轴瓦 4 和螺栓 3 等组成。轴承座 1 用螺钉 5 固定在机座上，螺栓 3 用来联接轴承盖和轴承座。轴承盖上的孔 6 是安装油杯和输送润滑油用的。盖和座的接合面是阶梯状的，这样在安装时容易对中及减轻轴承盖螺栓所受的横向力。

此种轴承的优点是轴颈和轴承孔间的间隙可以通过修刮轴瓦的对开面或适当增减轴瓦剖分面间的垫片加以调整。

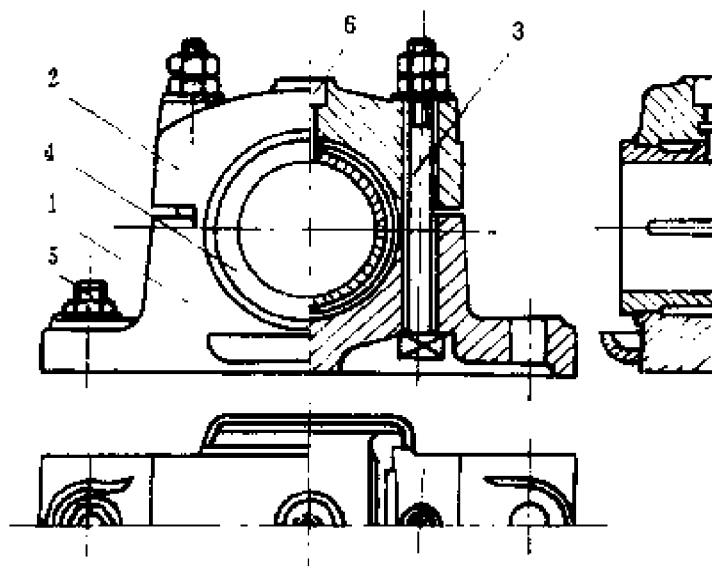


图 3-2 对开式轴承

3) 可调节式 (图 3-3)：此种轴承的轴承衬 1 的内表面是圆柱形的，与主轴 5 相配合，外面是圆锥形的，与轴承座上的锥孔相配合。沿轴向开有四条纵向槽 2，其中有一条槽切通，其余三条为不通的纵向浅槽。旋转拧在轴承衬两端螺纹 3 上的螺母 6，轴承衬就在轴承座内作轴向移动。由于具有锥面和纵向槽的原因，使得轴承衬可张开或合拢，从而调节主轴和轴衬之间的间隙。图中 4 为油杯。可调节式滑动轴承也有内孔制成锥形，而外圆制成圆柱形的。

这种轴承常用于磨损较快而需要方便调节的场合，如金属切削机床的主轴轴承等。

(2) 滑动轴承的材料 轴承座和轴承盖通常采用灰铸铁制作。

轴承衬和轴瓦由于直接承受轴颈的压力，所以，既要耐磨，又要具有足

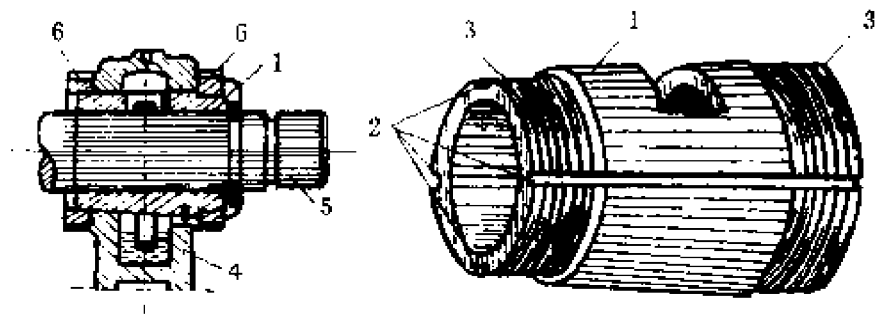


图 3-3 可调节式轴承

够的塑性，并且轴颈和轴承衬材料间的摩擦系数要小。适于制作轴承衬和轴瓦的材料主要有以下几种：

- 1) 耐磨铸铁——用于低转速和低压力的场合；
- 2) 锡青铜——是很好的衬套材料，适用于中等转速和载荷较大的情况下；
- 3) 巴氏合金——巴氏合金是锡、铅、锑、铜的合金，常用来浇敷高速、高压轴承中的铸铁和青铜轴瓦；
- 4) 非金属材料——常用的有塑料、木材和橡胶。用这些材料作轴瓦时，常以水为润滑剂；
- 5) 陶瓷合金——是用铁和石墨粉末或铜和石墨粉末混合，加压烧结而成的一种多孔性材料。用这种材料制成的轴承在热油中浸润后，孔隙中充满润滑油，在工作时，油被挤入工作表面自行润滑，所以又称含油轴承。有时，用这种含油轴承可代替滚动轴承和青铜轴瓦。

(3) 滑动轴承的润滑 润滑的主要作用是减少摩擦、帮助散热、防止腐蚀和减少噪音。

滑动轴承常用的润滑剂主要有润滑油和润滑脂，有时也用固体润滑剂，如石墨和二氧化钼等。润滑脂用在温度低于 100°C 、圆周速度不大于 $4\sim 5\text{m/s}$ 处；润滑油则用在温度较高（可达 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ ）、圆周速度较大的地方。轴承的载荷越大、温度越高，应当采用粘度较大的润滑油；相反，则应当采用粘度较小的润滑油。

滑动轴承的润滑方式有间歇润滑和连续润滑两种。通常采用油壶加油和油枪加油的办法，有时也通过各种润滑装置（如各种油杯等）把润滑剂连续

地加到滑动轴承的支承表面。

3. 滚动轴承

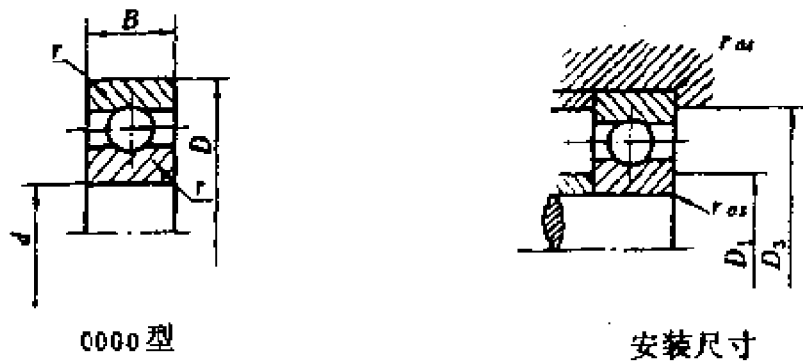
滚动轴承和滑动轴承的区别是，它用滚动摩擦代替了滑动摩擦。因此，与滑动轴承相比，滚动轴承具有一系列的优点：

- 1) 摩擦系数小，容易起动，功率损耗少；
- 2) 耗油量较少；
- 3) 内部间隙小，运转精度高；
- 4) 工作表面不需要刮研和修配，大大简化了装配过程，缩短了检修时间。

滚动轴承的缺点是：耐冲击性较差；转动时噪音较大；需要较好的材料；制造技术要求较高。

常用滚动轴承的尺寸和性能见表 3-20~3-22。

表 3-20 深沟球轴承(GB276—89)



轴承 型号	尺寸 (mm)				安装尺寸 (mm)			额定动 负荷 C(daN)	额定静 负荷 C ₀ (daN)	极限转速(r/min)		质量 (kg)
	d	D	E	r _{mn}	D ₁	D ₃	r _{as}			脂润滑	油润滑	
特 轻 (1) 系 列												
16	6	17	6	0.3	7.9	15	0.3	155	76	30000	38000	0.006
17	7	19	6	0.3	8.7	17	0.3	255	120	28000	36000	0.007
18	8	22	7	0.3	10	20	0.3	255	140	26000	34000	0.013
19	9	24	7	0.3	11	22	0.3	260	140	22000	30000	0.016
100	10	26	8	0.3	12	23	0.3	360	200	20000	28000	0.019
101	12	28	8	0.3	14	26	0.3	400	230	19000	26000	0.022

(续)

轴承 型号	尺寸 (mm)				安装尺寸 (mm)			额定动 负荷 C (daN)	额定静 负荷 C ₀ (daN)	极限转速 (r/min)		质量 (kg)
	d	D	B	r _{mini}	D ₁	D ₃	r _{ax}			脂润滑	油润滑	
特 轻 (1) 系 列												
102	15	32	9	0.3	18	29	0.3	440	255	18000	24000	0.03
103	17	35	10	0.3	21	32	0.3	535	310	17000	22000	0.04
104	20	42	12	0.6	25	38	0.6	735	455	15000	19000	0.07
105	25	47	12	0.6	30	43	0.6	790	505	13000	17000	0.08
106	30	55	13	1	36	50	1.0	1040	700	10000	14000	0.12
107	35	62	14	1	41	57	1.0	1250	870	9000	12000	0.16
108	40	68	15	1	46	63	1.0	1320	945	8500	11000	0.19
109	45	75	16	1	51	70	1.0	1630	1240	8000	10000	0.24
110	50	80	16	1	56	75	1.0	1630	1240	7000	9000	0.28
111	55	90	18	1.1	63	83	1.2	2210	1730	6300	8000	0.38
112	60	95	18	1.1	67	88	1.2	2400	1850	6000	7500	0.41
113	65	100	18	1.1	72	93	1.2	2520	2010	5600	7000	0.54
114	70	110	20	1.1	78	102	1.2	3030	2160	5300	6700	0.60
115	75	115	20	1.1	83	107	1.2	3160	2650	5000	6300	0.64
116	80	125	22	1.1	80	116	1.2	3560	2960	4800	6000	1.05
117	85	130	22	1.1	92	122	1.2	3710	3190	4500	5600	1.1
118	90	140	24	1.5	90	130	1.5	4530	3980	4300	5300	1.16
119	95	145	24	1.5	104	136	1.5	4530	3980	4000	5000	1.21
120	100	150	24	1.5	110	140	1.5	4720	4260	3800	4800	1.25
轻 (2) 窄 系 列												
26	6	19	6	0.3	7.8	17	0.3	220	120	28000	36000	0.008
27	7	22	7	0.3	9.6	20	0.3	255	140	26000	34000	0.014
28	8	24	8	0.3	12	22	0.3	260	140	24000	32000	0.016
29	9	26	8	0.3	13	24	0.6	360	200	22000	30000	0.019
200	10	30	9	0.6	14	26	0.6	470	270	19000	26000	0.03
201	12	32	10	0.6	16	28	0.6	480	270	18000	24000	0.037
202	15	35	11	0.6	19	21	0.6	600	355	17000	22000	0.04
203	17	40	12	0.6	21	36	1	750	450	16000	20000	0.06
204	20	47	14	1	25	42	1	1000	630	14000	18000	0.10

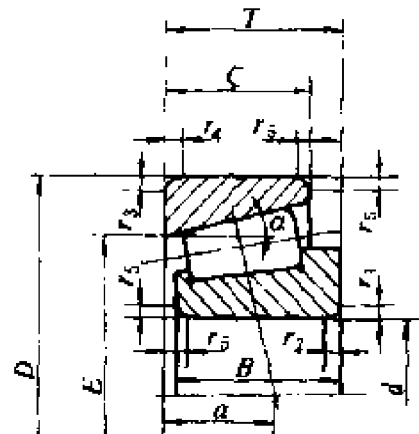
(续)

轴承 型号	尺寸 (mm)				安装尺寸 (mm)			额定动 负荷 C(daN)	额定静 负荷 C ₀ (daN)	极限转速(r/min)		质量 (kg)
	d	D	B	r _{smin}	D ₁	D ₃	r _a			脂润滑	油润滑	
轻 (2) 窄 系 列												
205	25	52	15	1	30	47	1	1100	710	12000	16000	0.12
206	30	62	16	1	36	56	1	1520	1020	9500	13000	0.19
207	35	72	17	1.1	42	65	1	2010	1390	8500	11000	0.27
208	40	80	18	1.1	48	72	1	2560	1810	8000	10000	0.37
209	45	85	19	1.1	52	78	1	2560	1810	7000	9000	0.42
210	50	90	20	1.5	58	83	1	2750	2020	6700	8500	0.47
211	55	100	21	1.5	64	91	1.5	3400	2550	6000	7500	0.53
212	60	110	22	1.5	70	101	1.5	4100	3150	5600	7000	0.77
213	65	120	23	1.5	76	110	1.5	4480	3470	5000	6300	0.98
214	70	125	24	1.5	81	115	1.5	4870	3810	4800	6000	1.04
215	75	130	25	1.5	85	120	1.5	5190	4190	4500	5600	1.18
216	80	140	26	2	91	120	2	5690	4540	4300	5300	1.38
217	85	150	28	2	97	138	2	6530	5410	4000	5000	1.75
218	90	160	30	2	103	148	2	7530	6170	3800	4800	2.2
219	95	170	32	2.1	109	157	2	8520	7090	3600	4500	2.6
220	100	180	34	2.1	114	167	2	9580	8060	3400	4300	3.2
中 (3) 窄 系 列												
300	10	35	11	0.6	14	31	0.6	635	385	18000	21000	0.05
301	12	37	12	1	17	32	1	765	475	17000	22000	0.06
302	15	42	13	1	20	37	1	890	550	16000	20000	0.08
303	17	47	14	1	22	42	1	1090	680	15000	19000	0.11
304	20	52	15	1.1	27	45	1	1250	795	13000	17000	0.14
305	25	62	17	1.1	32	55	1	1760	1160	1000	14000	0.22
306	30	72	19	1.1	33	65	1	2210	1510	9000	12000	0.35
307	35	80	21	1.5	44	71	1.5	2620	1790	8000	10000	0.42
308	40	90	23	1.5	49	80	1.5	3200	2270	7000	9000	0.63
309	45	100	25	1.5	55	90	1.5	3780	2670	6300	8000	0.83
310	50	110	27	2	61	99	2	4840	3630	6000	7500	1.08
311	55	120	29	2	63	108	2	5600	4260	5300	6700	1.37
312	60	130	31	2.1	73	118	2	6410	4940	5000	6300	1.71

(续)

轴承 型号	尺寸 (mm)				安装尺寸 (mm)			额定动 负荷 C (daN)	额定静 负荷 C_0 (daN)	极限转速(r/min)		质量 (kg)
	d	D	B	r_{smin}	D_2	D_3	r_{as}			脂润滑	油润滑	
中 (3) 窄 系 列												
313	65	140	33	2.1	78	127	2	7260	5670	4500	5600	2.09
314	70	150	35	2.1	84	136	2	8160	6450	4300	5300	2.6
315	75	160	37	2.1	90	148	2	8890	7280	4000	5000	3.1
316	80	170	39	2.1	95	154	2	9640	8160	3800	4800	3.6
317	85	180	41	3	101	163	2.5	10400	9100	3600	4500	4.3
318	90	190	43	3	107	173	2.5	11200	10100	3400	4300	5
319	95	200	45	3	113	182	2.5	12000	11100	3200	4000	5.7
320	100	215	47	3	120	196	2.5	13600	13300	2800	3600	7.2

表 3-21 圆锥滚子轴承(GB297-84)



7000 型

轴 承 型 号	尺 寸 (mm)									
	d	D	T	B	r_{1smin} r_{2smin}	C	r_{3smin} r_{4smin}	$E \approx$	$\alpha \approx$	
轻 (2) 窄 系 列										
7203E	17	40	13.25	12	1	11	1	31.4	10	
7204E	20	47	15.25	14	1	12	1	37.3	12	

(续)

轴 承 号	尺 寸 (mm)								
	d	D	T	B	$r_{1\text{min}}$ $r_{2\text{min}}$	C	$r_{3\text{min}}$ $r_{4\text{min}}$	$E \approx$	$a \approx$
轻 (2) 窄 系 列									
7205E	25	52	16.25	15	1	13	1	41.1	13
7206E	30	62	17.25	16	1	14	1	49.9	14
7207E	35	72	18.25	17	1.5	15	1.5	58.8	16
7208E	40	80	19.75	18	1.5	16	1.5	65.7	18
7209E	45	85	20.75	19	1.5	16	1.5	70.4	19
7210E	50	90	21.75	20	1.5	17	1.5	75	20
7211E	55	100	22.75	21	2	18	1.5	84.1	22
7212E	60	110	23.75	22	2	19	1.5	91.8	22
7213E	65	120	24.75	23	2	20	1.5	101.9	24
7214E	70	125	26.25	24	2	21	1.5	105.7	25
7215E	75	130	27.25	25	2	22	1.5	110.4	27
7216E	80	140	28.25	26	2.5	22	2	119.1	30
7217E	85	150	30.50	28	2.5	24	2	126.6	33
7218E	90	160	32.50	30	2.5	26	2	134.9	33
7219E	95	170	35.40	32	3	27	2.5	143.3	34
7220E	100	180	37.00	34	3	29	2.5	151.3	38
7302E	15	42	14.25	13	1	11	1	33.3	10
7303E	17	47	15.25	14	1	12	1	37.4	11
7304E	20	52	16.25	15	1.5	13	1.5	41.3	12
7305E	25	62	18.25	17	1.5	15	1.5	50.6	14
7306E	30	72	20.75	19	1.5	16	1.5	58.2	16
7307E	35	80	22.75	21	2	18	1.5	65.7	18
7308E	40	90	25.25	23	2	20	1.5	72.7	19
7309E	45	100	27.25	25	2	22	1.5	81.7	21

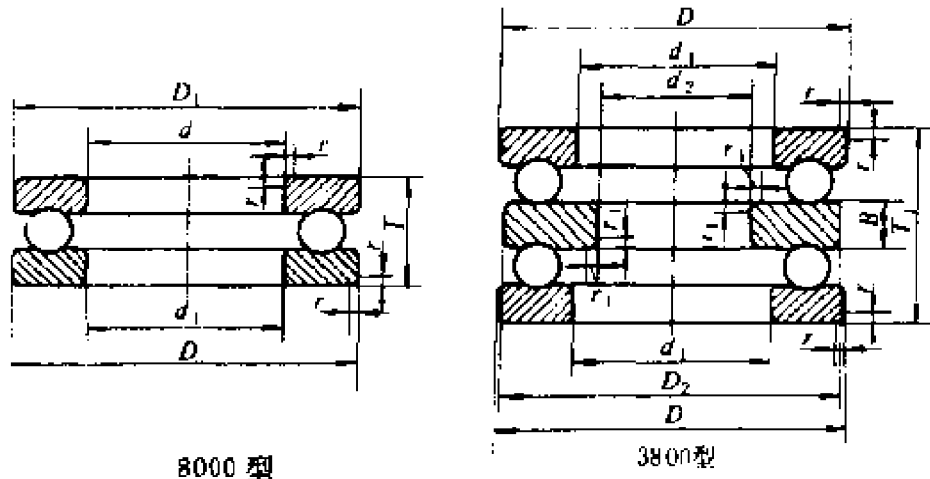
(续)

轴 承 型 号	尺 寸 (mm)								
	d	D	T	B	r_{1smin} r_{2smin}	C	r_{3smin} r_{4smin}	$E \approx$	$a \approx$
轻 (2) 窄 系 列									
7310E	50	110	29.25	27	2.5	23	2	90.6	23
7311E	55	120	31.50	29	2.5	25	2	99.1	26
7312E	60	130	33.5	31	3	26	2.5	107.7	27
7313E	65	140	36	33	3	28	2.5	116.8	29
7314E	70	150	38	35	3	30	2.5	125.2	31
7315E	75	160	40	37	3	31	2.5	134	33
7316E	80	170	42.5	39	3	33	2.5	143.1	36
7317E	85	180	44.5	41	4	34	3	150.4	36
7318E	90	190	46.5	43	4	36	3	159	38
7319E	95	200	49.5	45	4	38	3	165.8	42
7320E	100	215	51.5	47	4	39	3	178.5	43
轻 宽 (5) 系 列									
7504E	20	47	19.25	18	1	15	1	35.8	14
7505E	25	52	19.25	18	1	16	1	41.3	14
7506E	30	62	21.25	20	1	17	1	48.9	16
7507E	35	72	24.25	23	1.5	19	1.5	57	18
7508E	40	80	21.75	23	1.5	19	1.5	64.7	20
7509E	45	85	24.75	23	1.5	19	1.5	69.6	21
7510E	50	90	24.75	23	1.5	19	1.5	74.2	22
7511E	55	100	26.75	25	2	21	1.5	82.8	23
7512E	60	110	29.75	28	2	24	1.5	90.2	26
7513E	65	120	32.75	31	2	27	1.5	99.4	28
7514E	70	125	33.25	31	2	27	1.5	103.7	29
7515E	75	130	33.25	31	2	27	1.5	108.9	31

(续)

轴 承 型 号	尺 寸 (mm)								
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>T</i>	<i>B</i>	$r_{1\text{min}}$ $r_{2\text{max}}$	<i>C</i>	$r_{3\text{min}}$ $r_{4\text{min}}$	<i>E</i> ≈	<i>a</i> ≈
轻 宽 (5) 系 列									
7516E	80	140	35.25	33	2.5	28	2	117.4	32
7517E	85	150	38.5	36	2.5	30	2	124.9	35
7518E	90	160	42.5	40	2.5	34	2	132.6	38
7519E	95	170	45.5	43	3	37	2.5	140.2	40
7520E	100	180	49	46	3	39	2.5	148.1	44
中 宽 (6) 系 列									
7603E	17	47	20.25	19	1	16	1	76.1	13
7604E	20	52	22.25	21	1.5	18	1.5	39.5	15
7605E	25	62	22.25	24	1.5	20	1.5	48.6	17
7606E	30	72	28.75	27	1.5	23	1.5	55.7	20
7607E	35	80	32.75	31	2	25	1.5	62.8	22
7608E	40	90	35.25	33	2	27	1.5	69.2	24
7609E	45	100	38.25	36	2	30	1.5	78.3	26
7610E	50	110	42.25	40	2.5	33	2	86.2	29
7611E	55	120	45.5	43	2.5	35	2	94.3	32
7612E	60	130	48.5	46	3	37	2.5	102.9	34
7613E	65	140	51	48	3	39	2.5	111.7	37
7614E	70	150	54	51	3	42	2.5	119.7	38
7615E	75	160	58	55	3	45	2.5	127.8	41
7616E	80	170	61.5	58	3	48	2.5	136.5	44
7617E	85	180	63.5	60	4	49	3	144.2	47
7618E	90	190	67.5	64	4	53	3	151.6	48
7619E	95	200	71.5	67	4	55	3	160.3	50
7620E	100	215	77.5	73	4	60	3	171.6	56

表 3-22 平底推力轴承(GB301-84)



轴承型号		尺寸(mm)									
8000型	3800型	d	d_2	D	T	T_1	$d_{1\min}$	$D_{1\max}$	B	r_{\min}	$r_{1\max}$
8200	—	10	—	26	11	—	12	26	—	0.6	—
8201	—	12	—	28	11	—	14	28	—	0.6	—
8202	38202	15	10	32	12	22	17	32	5	0.6	0.3
8203	—	17	—	35	12	—	19	35	—	0.6	—
8204	38204	20	15	40	14	26	22	40	6	0.6	0.3
8205	38205	25	20	47	15	28	27	47	7	0.6	0.3
8206	38206	30	25	52	16	29	32	52	7	0.6	0.3
8207	38207	35	30	62	18	34	37	62	8	1	0.3
8208	38208	40	30	68	19	36	42	68	9	1	0.6
8209	38209	45	35	73	20	37	47	73	9	1	0.6
8210	38210	50	40	78	22	39	52	78	9	1	0.6
8211	38211	55	45	90	25	45	57	90	10	1	0.6
8212	38212	60	50	95	26	46	62	95	10	1	0.6
8213	38213	65	55	100	27	47	67	100	10	1	0.6
8214	38214	70	55	105	27	47	72	105	10	1	1
8215	38215	75	60	110	27	47	77	110	10	1	1

(续)

轴承型号		尺寸(mm)									
8000型	3800型	d	d_2	D	T	T_1	d_{1smin}	D_{1smax}	B	r_{smin}	r_{1cmin}
8216	38216	80	65	115	28	48	82	115	10	1	1
8217	38217	85	70	125	31	55	88	125	12	1	1
8218	38218	90	75	135	35	62	93	135	14	1.1	1
8220	38220	100	85	150	38	67	103	150	15	1.1	1

中 (3) 系列

8304	—	20	—	47	18	—	22	47	—	1	—
8305	38305	25	20	52	18	34	27	52	8	1	0.3
8306	38306	30	25	60	21	38	32	60	9	1	0.3
8307	38307	35	30	68	24	44	37	68	10	1	0.3
8308	38308	40	30	78	26	49	42	78	12	1	0.6
8309	38309	45	35	85	28	52	47	85	12	1	0.6
8310	38310	50	40	95	31	58	52	95	14	1.1	0.6
8311	38311	55	45	105	35	64	57	105	15	1.1	0.6
8312	38312	60	50	110	35	64	62	110	15	1.1	0.6
8313	38313	65	55	115	36	65	67	115	15	1.1	0.6
8314	38314	70	55	125	40	72	72	125	16	1.1	1
8315	38315	75	60	135	44	79	77	135	18	1.1	1
8316	38316	80	65	140	44	79	82	140	18	1.5	1
8317	38317	85	70	150	49	87	88	150	19	1.5	1
8318	38318	90	75	155	50	88	93	155	19	1.5	1
8320	38320	100	80	170	55	97	103	170	21	1.5	1

重 (4) 系列

8405	38405	25	15	60	24	45	27	60	11	1	0.6
8406	38406	30	20	70	28	52	32	70	12	1	0.6
8407	38407	35	25	80	32	59	37	80	14	1.1	0.6

(续)

轴承型号		尺寸(mm)									
8000型	3800型	d	d_2	D	T	T_2	$d_{1\min}$	$D_{1\max}$	B	r_{\min}	$r_{1\min}$
重 (4) 系 列											
8408	38408	40	30	90	36	65	42	90	15	1.1	0.6
8409	38409	45	35	100	39	72	47	100	17	1.1	0.6
8410	38410	50	40	110	43	78	52	110	18	1.5	0.6
8411	38411	55	45	120	48	87	57	120	20	1.5	0.6
8412	38412	60	50	130	51	93	62	130	21	1.5	0.6
8413	38413	65	50	140	56	101	68	140	23	2	1
8414	38414	70	55	150	60	107	73	150	24	2	1
8415	38415	75	60	160	65	115	78	160	26	2	1
8417	38417	85	65	180	72	128	88	177	29	2.1	1.1
8418	38418	90	70	190	77	135	93	187	30	2.1	1.1
8420	38420	100	80	210	85	150	103	205	33	3	1.1

三、联轴器

1. 联轴器的用途和种类

联轴器的主要用途是把两根轴联接成为一体，也可用于轴和其他零件或两个其他零件的相互联接。它的任务是传递扭矩。有时，联轴器也可用作安全装置等。

根据联接方法和工作性质，联轴器可分为两大类：

(1) 联轴节 用来把两轴的轴端牢固地联接在一起。只有当机器停止转动后，经过拆卸才能把它分开。联轴节又分为固定式和可移式两类。

(2) 离合器 用来联接发动机和工作机构的轴（如电动机和机床主轴变速箱的轴），保证在工作时可以随时松脱和联接离合器而不必停止发动机。离合器又分为齿式和摩擦式两种。摩擦式离合器还可起安全保险的作用。

2. 联轴节

(1) 固定式联轴节

1) 套筒式联轴节 (图 3-4): 其主要部分是套筒 2, 它通过销钉 1 (或键) 把两个轴端联接在一起。此种联轴节结构简单, 但传递扭矩不大, 并且不易拆卸。

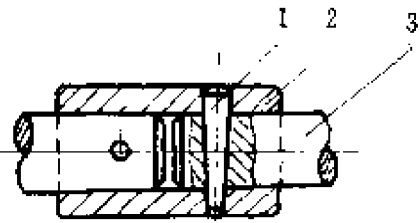


图 3-4 套筒式联轴节

2) 凸缘式联轴节 (图 3-5): 它由两个圆盘 1 和 2 与联接螺栓 3 组成。两个圆盘分别用键安装在两轴端上, 用螺栓将两个圆盘联接起来以传递扭矩。为了使圆盘能更好地对准中心, 圆盘 1 上制有凸肩, 另一个圆盘 2 上制有相应的凹槽, 在安装时, 凸肩和凹槽准确地嵌合在一起, 因此, 两轴的中心能准确地对中。

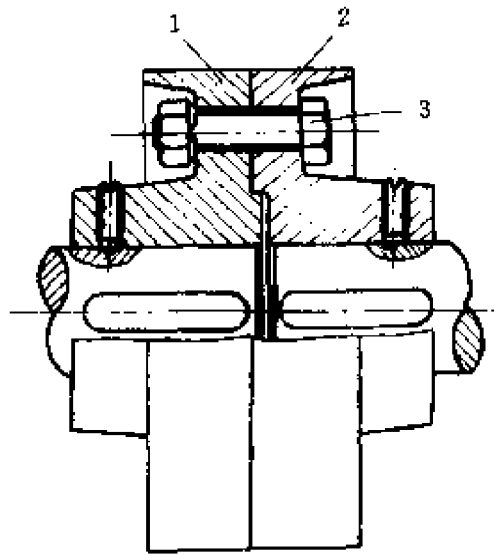


图 3-5 凸缘式联轴节

(2) 可移式联轴节

1) 十字沟槽联轴节 (图 3-6): 它由套筒 1 和 3 及中间圆盘 2 组成。中间圆盘的两端面制有互相垂直的凸肩, 它嵌入套筒 1 和 3 的凹槽中, 将两轴联接成一体。当轴旋转时, 中间圆盘的凸肩可在凹槽中滑动, 所以两轴允许有一定的径向偏移。

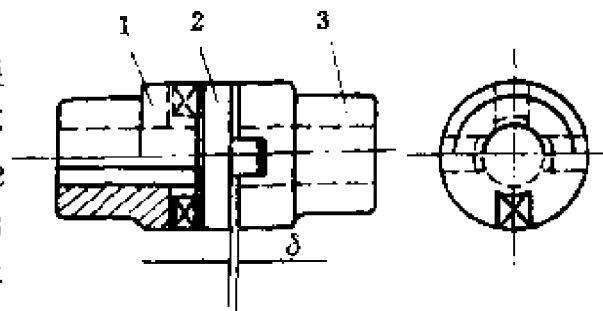


图 3-6 十字沟槽联轴节

2) 弹性柱销联轴节 (图 3-7): 此种联轴节和凸缘联轴节很相似, 所不同的是两个圆盘 1 不用螺栓直接联接, 而是用 4~12 个带有橡皮衬圈或皮革衬圈 3 的柱销 2 联接。由于衬圈富有弹性, 因此轴在工作中稍有倾斜, 也不致影响其正常传动, 并能在传动时吸收振动和冲击。这种联轴节多用于电动机与工作轴的直接联接或经常需正反转的场合。

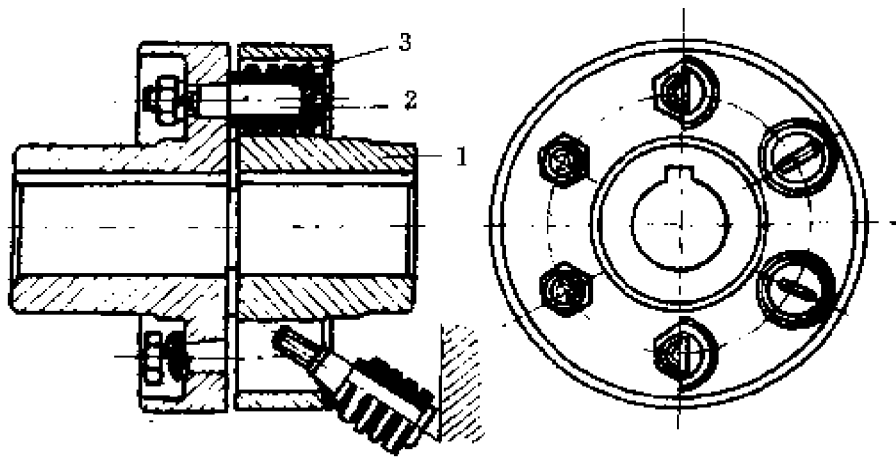


图 3-7 弹性柱销联轴节

3. 离合器

(1) 齿式离合器 齿式离合器（图 3-8）由两半组成，其中左半离合器 1 用键紧固在主动轴 3 上，而右半离合器 2 用滑键与从动轴 5 联接，可沿轴向移动。工作时依靠端面的牙齿相互啮合来传递运动。4 为对中环，用来将两根轴对中。

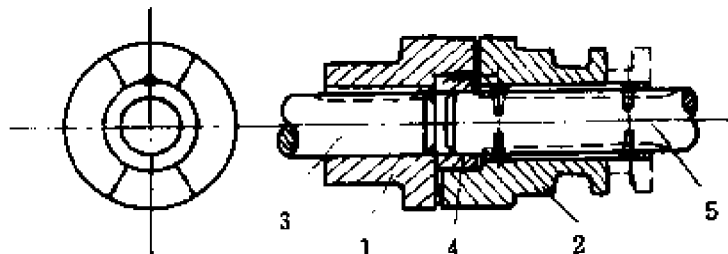


图 3-8 齿式离合器

此种离合器常用于机床的换向机构中。

(2) 摩擦式离合器 摩擦式离合器比齿式离合器有以下优点：

- 1) 联接时没有振动和冲击；
- 2) 可以在转速高时进行离合；
- 3) 在工作时，如果从动轴突然发生过载，离合器将发生滑动，这样可以保护轴和机器不受损坏。

摩擦式离合器有单盘式、片式和圆锥式等几种。其中片式摩擦离合器应用最广。

四、带传动

1. 平带传动

(1) 普通平带的型式 普通平带以帆布为抗拉体，它分为以下两种型式：

1) 切边式：切边式平带的各层帆布不包叠，侧面为切割形成的平面。

2) 包边式：包边式平带的最外层或数层帆布包叠，侧面为弧形面。

(2) 平带传动的技术参数

表 3-23 平带及带轮的宽度 (GB11359—89) (mm)

平带宽度 b_1		带轮宽度 b	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
16	±2	20	±1
20		25	
25		32	
32		40	
40		50	
50		63	
63		±3	
71	80		
80	90		
90	100		
100	112		
112	125		
125	±4		140
140		160	
160		180	
180		200	
200		224	
224		250	
250		280	
280	±5	315	±3
315		355	
355		400	
400		450	
450		500	
500		560	
560		630	

表 3-24 环形平带的内周长度(摘自 GB4489—84) (mm)

500	530	560	600	630	670
710	750	800	850	900	950
1000	1060	1120	1180	1250	1320
1400	1500	1600	1700	1800	1900
2000	2240	2500	2800	3150	3550
4000	4500	5000			

表 3-25 平带轮的直径尺寸(GB11358—89) (mm)

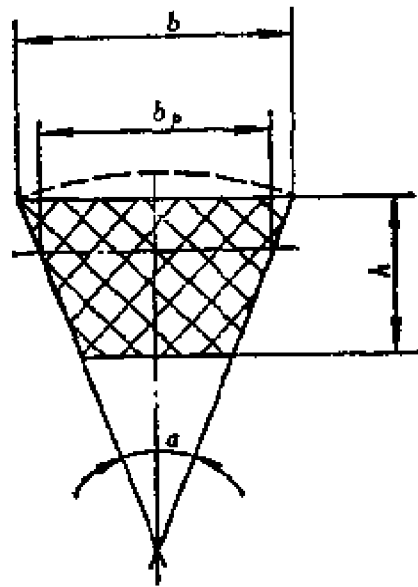
基本尺寸 d	极限偏差	基本尺寸 d	极限偏差	基本尺寸 d	极限偏差
20	±0.4	125	±1.6	560	±5.0
25		140		630	
32	±0.5	160		710	
40		180	800	±6.3	
45	±0.6	200	±2.0		900
50		224		1000	
55	±0.8	250	±2.5	1120	±8.0
63		280		1250	
71	±1.0	315	±3.2	1400	
80		355		1600	
90	±1.2	400	±4.0	1800	±10.0
100		450		2000	
112		500		—	

2. V带传动

(1)普通V带的结构型式 普通V带是一种横截面为梯形、楔角为 40° 的环形传动带。它由包布、顶胶、抗拉体、底胶等部分构成。按抗拉体的结构分为绳芯V带和帘布芯V带两种类型。

(2)普通V带的技术规格

表 3-26 V带的截面尺寸(GB11544—89) (mm)



截 型 \ 尺 寸	节宽 b_p	顶宽 b	高度 h	楔角 α
Y	5.3	6.0	4.0	40°
Z	8.5	10.0	6.0	
A	11.0	13.0	8.0	
B	14.0	17.0	11.0	
C	19.0	22.0	14.0	
D	27.0	32.0	19.0	
E	32.0	38.0	25.0	

表 3-27 V 带的基准长度(GB11544—89)

基本尺寸 (mm)	截 型						
	Y	Z	A	B	C	D	E
200	+						
224	+						
250	+						
280	+						
315	+						
355	+						
400	+	+					
450	+	+					
500	+	+					
560		+					
630		+	+				
710		+	+				
800		+	+				
900		+	+	+			
1000		+	+	+			
1120		+	+	+			
1250		+	+	+			
1400		+	+	+			
1600		+	+	+			
1800			+	+	+		
2000			+	+	+		
2240			+	+	+		
2500			+	+	+		
2800			-	+	+	+	
3150				+	+	+	
3550				+	+	+	
4000				+	+	+	
4500				+	+	+	+
5000				+	+	+	-
5600				+	+	+	-
6300					+	+	+
7100					+	+	+
8000					+	+	+
9000					+	+	+
10000					+	+	+
11200						+	+
12500						+	+
14000						+	+
16000							+

(3) V带传动的计算

1) 大带轮的计算直径 D_2

$$D_2 = \frac{n_1 D_1}{n_2} \quad (\text{mm})$$

式中 D_1 ——小带轮的计算直径 (mm);

n_1 ——小带轮的转速 (r/min);

n_2 ——大带轮的转速 (r/min)。

2) 大带轮的实际转速 n_2

$$n_2 = (1 - \epsilon) \frac{D_1 n_1}{D_2} \quad (\text{r/min})$$

式中 ϵ ——相对滑动系数。棉布芯带 $\epsilon = 0.02$ ，棉线芯带 $\epsilon = 0.005 \sim 0.008$ 。

3) 带轮的线速度 v

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000} \quad (\text{m/s})$$

Z、A、B、C型V带的 $v \leq 25 \text{m/s}$; D、E型V带的 $v \leq 30 \text{m/s}$ 。

4) 小带轮包角 α

$$\alpha \approx 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{A} \times 60^\circ$$

式中 A ——两轮中心距 (mm)。

应使 $\alpha \geq 120^\circ$ ，特殊情况下 α 可等于 90° 。

5) V带的长度：V带具有一定的厚度，外周长度和内周长度不同。通常采用带轮的计算直径进行计算，得到的带的长度是重心线的闭合长度，叫做计算长度。其计算公式为：

$$L_{\text{计算}} = 2A + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}$$

式中 D_1 ——小带轮的计算直径 (mm);

D_2 ——大带轮的计算直径 (mm);

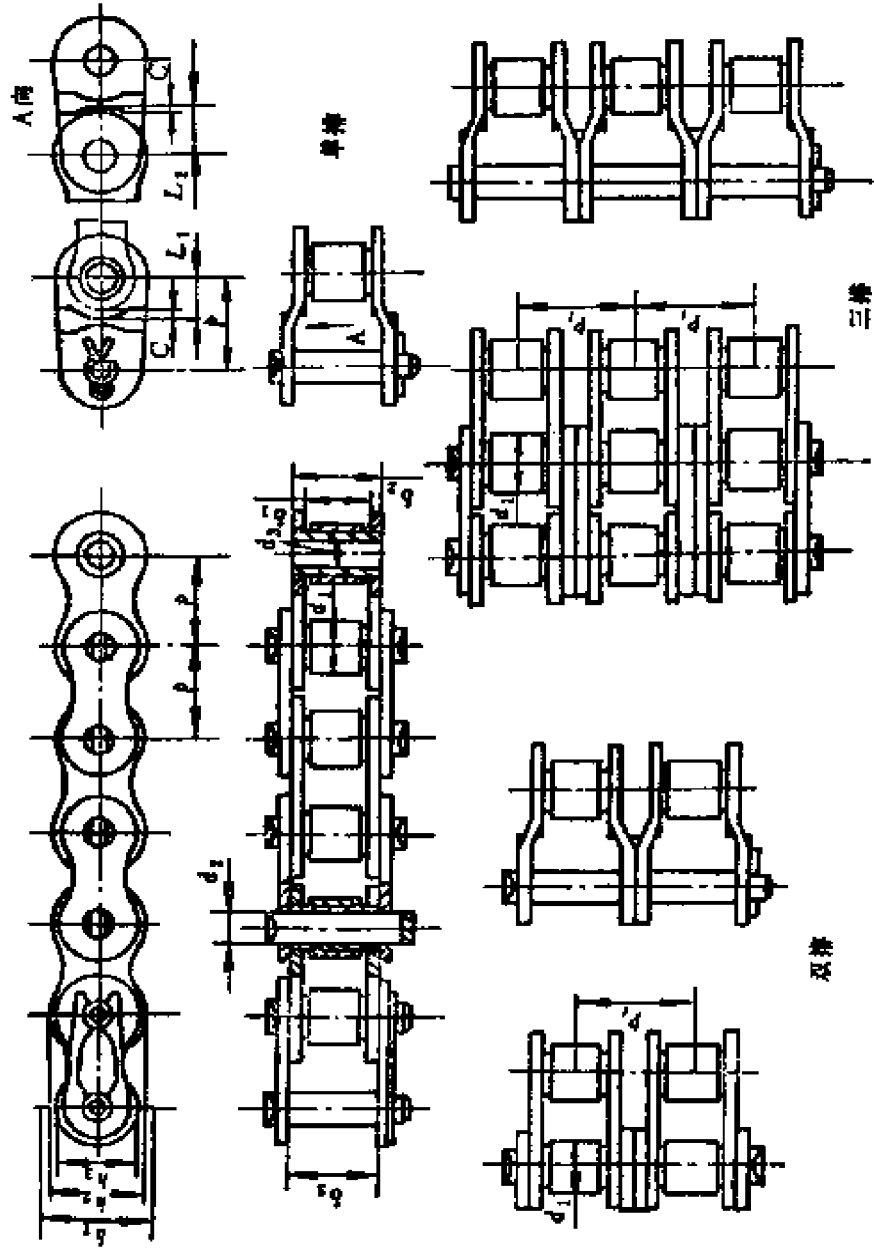
A ——两带轮的中心距 (mm)。

五、链传动

1. 套筒滚子链的基本尺寸

套筒滚子链的基本参数与尺寸如表 3-28 所示。

表 3-28 滚子链的基本参数与尺寸(GB1243.1-83)



(续)

链号	节距 p (mm)	排距 p_c (mm)	滚子 外径 d_1 (mm)	内链 节 内宽 b_1 (mm)	销轴 直径 d_2 (mm)	套筒 内径 d_3 (mm)	内链 节 外宽 b_2 (mm)	外链 节 内宽 b_3 (mm)	链条 通道 高度 h_1 (mm)	内链 板 高度 h_2 (mm)	外链板 与中链 板高度 h_3 (mm)	弯链板尺寸			单排 质量 q \approx (kg/m)
												外侧凹 坑半径 L_1 (mm)	内侧凹 坑半径 L_2 (mm)	间隙 C (mm)	
05B	8.00	5.64	5.00	3.00	2.31	2.36	4.77	4.90	7.37	7.11	7.11	3.71	3.71	0.08	0.18
06B	9.525	10.24	6.35	5.72	3.28	3.33	8.53	8.66	8.52	8.26	8.26	4.32	4.32	0.08	0.40
08A	12.70	14.38	7.95	7.85	3.96	4.01	11.18	11.23	12.33	12.07	10.41	5.28	6.10	0.08	0.60
08B	12.70	13.92	8.51	7.75	4.45	5.50	11.30	11.43	12.07	11.81	10.92	5.66	6.12	0.08	0.70
10A	15.875	18.11	10.16	9.40	5.08	5.13	13.84	13.89	15.35	15.09	13.03	6.60	7.62	0.10	1.00
12A	19.05	22.78	11.91	12.57	5.94	5.99	17.75	17.81	18.34	18.08	15.62	7.90	9.14	0.10	1.50
16A	25.40	29.29	15.88	15.75	7.92	7.97	22.61	22.66	24.39	24.13	20.83	10.54	12.19	0.13	2.60
20A	31.75	35.76	19.05	18.90	9.53	9.58	27.46	27.51	30.48	30.18	26.04	13.16	15.24	0.15	3.80
24A	38.10	45.44	22.23	25.22	11.10	11.15	35.46	35.51	36.55	36.20	31.24	15.80	18.26	0.18	5.60
28A	44.45	48.87	25.40	25.22	12.70	12.75	37.19	37.24	42.67	42.24	35.45	18.42	21.31	0.20	7.50
32A	50.80	58.55	28.58	31.55	14.27	14.32	45.21	45.26	48.74	48.26	41.66	21.03	24.33	0.20	10.10
40A	63.50	71.55	39.68	37.85	19.84	19.89	54.89	54.94	60.93	60.33	52.07	26.24	30.35	0.20	16.20
48A	76.20	87.83	47.63	47.35	23.80	23.85	67.82	67.87	73.13	72.39	62.48	31.45	36.40	0.20	22.60

2. 套筒滚子链参数的选择与计算

(1) 传动比、传动速度和齿数

1) 传动比: $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$, 一般 $i \leq 7$ 。

2) 传动速度: $v = \frac{z n p}{60 \times 1000}$ (m/s), 一般 $v \leq 15$ m/s。

式中 z ——链轮齿数;

z_1 ——小链轮齿数;

z_2 ——大链轮齿数;

n ——链轮的转数(r/min);

p ——链轮的节距(mm)。

3) 齿数

链轮的最小齿数 $z_{\min} = 11$;

链轮的最大齿数 $z_{\max} = 120$ 。

(2) 链轮的中心距

链轮的正常中心距 $a = (30 \sim 50)p$;

链轮的最大中心距 $a_{\max} \leq 80p$;

链轮的最小中心距 a_{\min} 见表 3-29。

表 3-29 链轮的最小中心距

传动比 i	a_{\min} (mm)
< 3	$= \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2} + (30 \sim 50)$
3~4	$= 1.2 \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2}$
4~5	$= 1.3 \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2}$
5~6	$= 1.4 \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2}$
6~7	$= 1.5 \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2}$

注:表中 d_{a1} 为小链轮齿顶圆直径; d_{a2} 为大链轮齿顶圆直径。

(3)小链轮的最大许用转速 $n_{1\max}$

表 3-30 小链轮的最大许用转速

链轮齿数 z	节 距 $p(\text{mm})$								
	9.525	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75	38.1	44.45	50.8
	$n_{1\max}$ (r/min)								
15	4100	2650	1900	1450	950	690	515	410	335
20	4300	2780	2000	1520	1000	725	540	430	350
25	4450	2900	2070	1580	1030	750	560	445	365
30	4600	3000	2150	1640	1070	780	580	460	375

(4)链条节数和周长的计算

1)链条节数 L_p 的计算公式:

$$L_p = \frac{2a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{\left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 p}{a}$$

2)链条周长 L 的计算公式:

$$L = pL_p = 2a + \frac{(z_1 + z_2)p}{2} + \frac{\left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 p^2}{a}$$

(5)链节的最大许可冲击次数 U_{\max}

表 3-31 链节的最大许可冲击次数

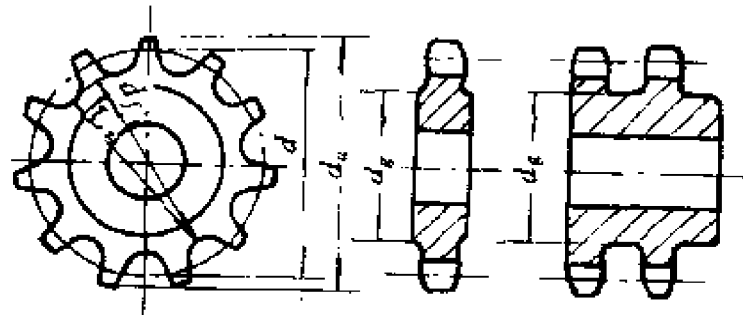
节距 $p(\text{mm})$	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75	38.1	44.45	50.8
$U_{\max}(\text{s}^{-1})$	60	45	35	30	25	20	15	12

链节的实际冲击次数 $U_{\text{实际}} = \frac{zn}{15L_p}$, 式中 z 和 n 须用同一轮的齿数和转数。如 $U_{\text{实际}}$ 超过 U_{\max} 时, 可增加链条节数, 以减少其冲击次数。

3. 链轮(GB1244-85)

(1)链轮的基本尺寸和计算公式

表 3-32 链轮的基本尺寸和计算公式



名称	代号	计算公式	备注
分度圆直径 (mm)	d	$d = p / \sin \frac{180^\circ}{z} = pK$	
齿顶圆直径 (mm)	d_a	$d_{a\max} = d + 1.25p - d_1$ $d_{a\min} = d + \left(1 - \frac{1.6}{z}\right)p - d_1$	可在 $d_{a\max}$ 、 $d_{a\min}$ 范围内任意选取,但选用 $d_{a\max}$ 时,应考虑采用辗成法加工,有发生顶切的可能性
分度圆弦齿高 (mm)	h_a	$h_{a\max} = \left(0.625 + \frac{0.8}{z}\right)p - 0.5d_1$ $h_{a\min} = 0.5(p - d_1)$	h_a 是为简化放大齿形图的绘制而引入的辅助尺寸 $h_{a\max}$ 相应于 $d_{a\max}$ $h_{a\min}$ 相应于 $d_{a\min}$
齿根圆直径 (mm)	d_f	$d_f = d - d_1$	
齿侧凸缘 (或排间槽) 直径 (mm)	d_x	$d_x \leq p \cot \frac{180^\circ}{z} - 1.04h_2 - 0.76$	

注:表中, p 为链轮节距; z 为齿数; K 为分度圆直径系数; d_1 为配用链滚子外径; h_2 为内链板高度。

(2)链轮的齿形参数和计算公式 采用三圆弧一直线齿形设计链轮时,其端面齿形在工作图上不必画出,可标记“齿形 3R GB1244—85”字样。

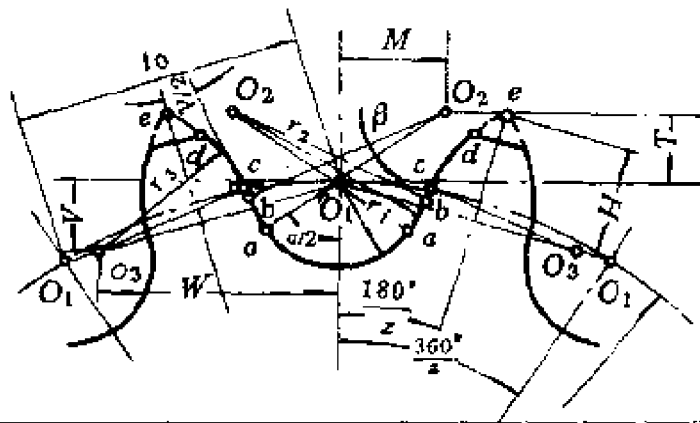
链轮齿顶圆直径 d_a 及相应的分度圆弦齿高 h_a 为:

$$d_a = p \left(0.54 + \cot \frac{180^\circ}{z} \right)$$

$$h_a = 0.27p$$

三圆弧—直线齿形的尺寸、参数及计算公式见表 3-33。

表 3-33 链轮的齿形参数及计算公式



名称	代号	计算公式
齿沟圆弧半径(mm)	r_1	$r_1 = 0.5025d_1 + 0.05$
齿沟半角($^\circ$)	$\alpha/2$	$\alpha/2 = 55^\circ - \frac{60^\circ}{z}$
工作段圆弧中心 O_2 的坐标(mm)	M	$M = 0.8d_1 \sin \alpha/2$
	T	$T = 0.8d_1 \cos \alpha/2$
工作段圆弧半径 (mm)	r_2	$r_2 = 1.3025d_1 + 0.05$
工作段圆弧中心角($^\circ$)	β	$\beta = 18^\circ - \frac{56^\circ}{z}$
齿顶圆弧中心 O_3 的坐标(mm)	W	$W = 1.3d_1 \cos \frac{180^\circ}{z}$
	V	$V = 1.3d_1 \sin \frac{180^\circ}{z}$
齿形半角($^\circ$)	$\frac{\gamma}{2}$	$\frac{\gamma}{2} = 17^\circ - \frac{64^\circ}{z}$
齿顶圆弧半径(mm)	r_3	$r_3 = d_1(1.3 \cos \gamma/2 + 0.8 \cos \beta - 1.3025) - 0.05$
工作段直线部分长度 (mm)	\bar{b}_c	$\bar{b}_c = d_1(1.3 \sin \gamma/2 - 0.8 \sin \beta)$
e 点至齿沟圆弧中心 连线的距离(mm)	H	$H = \sqrt{r_3^2 - \left(1.3d_1 - \frac{\bar{b}_c}{2}\right)^2}$

注:齿沟圆弧半径 r_1 , 允许比上式计算的大 $0.0015d_1 + 0.06\text{mm}$ 。

(3) 链轮的轴向齿廓及尺寸

表 3-34 链轮的轴向齿廓及尺寸 (mm)

A型

B型

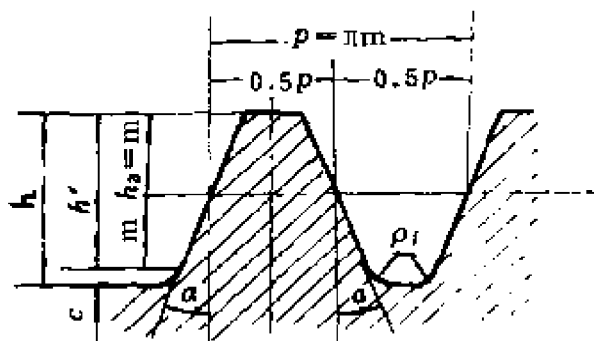
名 称		代 号	计算公式		备 注
			$p \leq 12.7$	$p > 12.7$	
齿 宽	单排 双排、三排 四排以上	b_{f1}	$0.93b_1$	$0.95b_1$	$p > 12.7$ 时, 经制造厂同意, 亦可使用 $p \leq 12.7$ 时的齿宽 b_1 ——内链节内宽
			$0.91b_1$	$0.93b_1$	
			$0.88b_1$	$0.93b_1$	
倒 角 宽		b_a	$b_a = (0.1 \sim 0.15)p$		
倒角半径		r_r	$r_r \geq p$		
倒 角 深		h	$h = 0.5p$		仅适用于 B 型
齿侧凸缘(或排间槽)圆角半径		r_a	$r_a \approx 0.04p$		
链轮齿总宽		b_{f3}	$b_{f3} = (n-1)p_1 + b_{f1}$ n ——排数		

六、齿轮传动

1. 齿轮的基本齿廓和模数系列

(1) 齿轮的基本齿廓

表 3-35 渐开线圆柱齿轮的基本齿廓及其参数(GB1356—88)



参 数	代 号	数 值
齿顶高	h_a	m
工作高度	h'	$2m$
顶隙	c	$0.25m$
全齿高	h	$2.25m$
齿距	p	πm
齿根圆角半径	ρ_f	$\approx 0.38m$

(2) 齿轮的模数系列

表 3-36 渐开线圆柱齿轮的模数(GB1357—87) (mm)

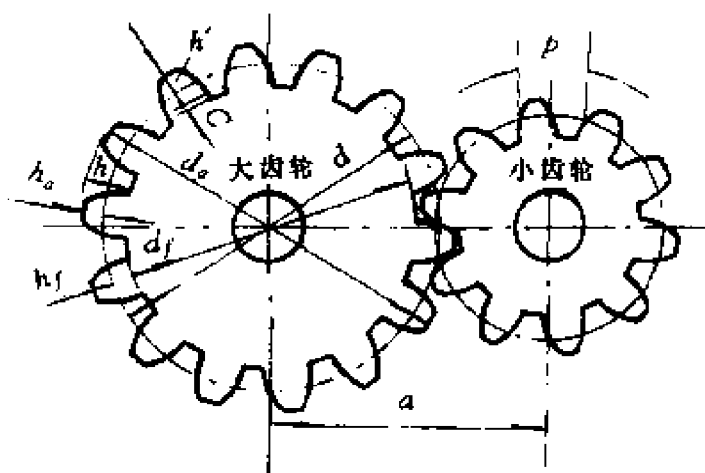
第一系列	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
	0.6	0.8	1	1.25	1.5	2	2.5	3
	4	5	6	8	10	12	16	20
	25	32	40	50				
第二系列	0.35	0.7	0.9	1.75	2.25	2.75	(3.25)	3.5
	(3.75)	4.5	5.5	(6.5)	7	9	(11)	14
	18	22	28	36	45			

注:1. 对斜齿圆柱齿轮是指法向模数。

2. 优先选用第一系列, 括号内的模数尽可能不用。

2. 渐开线圆柱齿轮传动

表 3-37 标准直齿圆柱齿轮传动的几何计算



项 目	代号	计 算 公 式
模 数	m	$m = \frac{p}{\pi}$
齿 距	p	$p = \pi m$
齿 数	z	$z = \frac{d}{m}$
分度圆直径	d	$d = mz$
齿顶高	h_a	$h_a = h_{am}^*$
齿根高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*)m$
齿 高	h	$h = h_a + h_f = (2h_a^* + c^*)m$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a = (z + 2h_a^*)m$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f = (z - 2h_a^* - 2c^*)m$
中心距	a	$a = \frac{1}{2}(d_2 + d_1) = \frac{m}{2}(z_2 + z_1)$

〔例〕 有一直齿圆柱齿轮，模数 $m = 3$ ，齿数 $z = 24$ ，齿顶高系数 $h_a^* = 1$ ，顶隙系数 $c^* = 0.25$ ，求各部分尺寸。

解： $p = \pi m = 3.1416 \times 3 = 9.42\text{mm}$

$d = mz = 3 \times 24 = 72\text{mm}$

$h_a = h_a^* m = 1 \times 3 = 3\text{mm}$

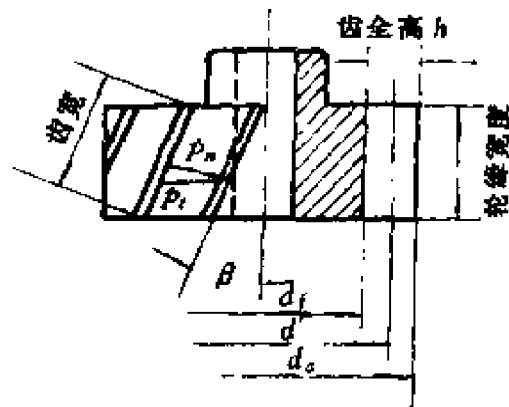
$$h_f = (h_a^* + c^*)m = (1 + 0.25) \times 3 = 3.75\text{mm}$$

$$h = h_a + h_f = 3 + 3.75 = 6.75\text{mm}$$

$$d_a = d + 2h_a = 72 - 2 \times 3 = 78\text{mm}$$

$$d_f = d - 2h_f = 72 - 2 \times 3.75 = 64.5\text{mm}$$

表 3-38 标准斜齿圆柱齿轮传动的几何计算



项目	代号	计算公式
分度圆直径	d	$d = m_z = \frac{m_n z}{\cos \beta}$
法向齿距	p_n	$p_n = \pi m_n = p_t \cos \beta$
端面齿距	p_t	$p_t = \pi m_t$
法向模数	m_n	$m_n = \frac{p_n}{\pi} = \frac{p_t \cos \beta}{\pi} = \frac{d}{z} \cos \beta$
端面模数	m_t	$m_t = \frac{p_t}{\pi} = \frac{d}{z}$
齿数	z	$z = \frac{d}{m_t}$
齿顶高	h_a	$h_a = h_{a_n}^* m_n$
齿根高	h_f	$h_f = (h_{a_n}^* + c_n^*) m_n$
齿高	h	$h = h_a + h_f$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2h_a$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2h_f$
螺旋角	β	$\cos \beta = \frac{m_n z}{d}$
中心距	a	$a = \frac{1}{2} (d_2 + d_1) = \frac{m_n}{2 \cos \beta} (z_2 + z_1)$

〔例〕有一斜齿圆柱齿轮, 齿数 $z = 20$, 分度圆直径 $d = 103\text{mm}$, 螺旋角 $\beta = 15^\circ$, 齿顶高系数 $h_{an}^* = 1$, 顶隙系数 $c_n^* = 0.25$, 求齿轮的各部尺寸。

$$\text{解: } m_n = \frac{d}{z} \cos\beta = \frac{103}{20} \cos 15^\circ = 5.15 \times 0.966 = 5 \quad \text{mm}$$

$$m_t = \frac{d}{z} = \frac{103}{20} = 5.15 \quad \text{mm}$$

$$p_n = \pi m_n = 3.1416 \times 5 = 15.7 \quad \text{mm}$$

$$p_t = \pi m_t = 3.1416 \times 5.15 = 16.18 \quad \text{mm}$$

$$h_a = h_{an}^* m_n = 1 \times 5 = 5 \quad \text{mm}$$

$$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n = (1 + 0.25) \times 5 = 6.25 \quad \text{mm}$$

$$h = h_a + h_f = 5 + 6.25 = 11.25 \quad \text{mm}$$

$$d_a = d + 2h_a = 103 + 2 \times 5 = 113 \quad \text{mm}$$

$$d_f = d - 2h_f = 103 - 2 \times 6.25 = 90.5 \quad \text{mm}$$

3. 齿轮传动的精度等级

表 3-39 各种机械传动所采用齿轮的精度等级

应用范围	精度等级	应用范围	精度等级
测量用齿轮	2~5	航空发动机	4~7
透平齿轮	3~6	拖拉机	6~10
精密切削机床	3~7	一般减速器	6~9
一般切削机床	5~8	轧钢机	6~10
内燃机车、电气机车	6~7	起重机械	7~10
轻型汽车	5~8	地质矿山绞车	8~10
载重汽车	6~9	农业机械	8~11

七、蜗杆传动

蜗杆传动机构由蜗杆和蜗轮组成。通常以蜗杆作为主动件, 由蜗杆带动蜗轮运动。

由于蜗杆传动可以得到很大的传动比、传动平稳而无噪声, 并且具有自锁性, 所以在现代工业中得到了广泛的应用。特别是在机床、夹具以及起重机、汽车等的传动机构上, 采用蜗杆传动的更多。尤其是对低速传动的工作台而言, 蜗杆传动几乎是唯一的传动形式。

1. 蜗杆的模数

表 3-40 圆柱蜗杆的模数系列(GB10088-88) (mm)

第一系列	0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
	0.6	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15
	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20
	25	31.5	40					
第二系列	0.7	0.9	1.5	3	3.5	4.5	5.5	6
	7	12	14					

2. 蜗杆的分度圆直径

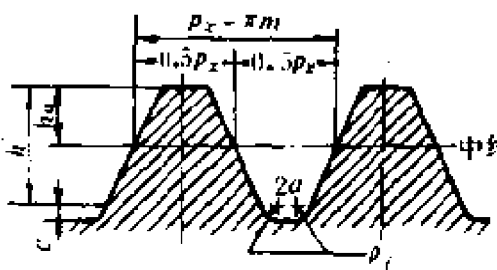
表 3-41 蜗杆分度圆的直径系列(GB10088-88) (mm)

第一系列	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1	8	9	10
	11.2	12.5	14	16	18	20	22.4	25	28
	31.5	35.5	40	45	50	56	63	71	80
	90	100	112	125	140	160	180	200	224
第二系列	250	280	315	355	400				
	6	7.5	8.5	15	30	38	48	53	60
	67	75	85	95	106	118	132	144	170
	190	300							

注:优先选用第一系列。

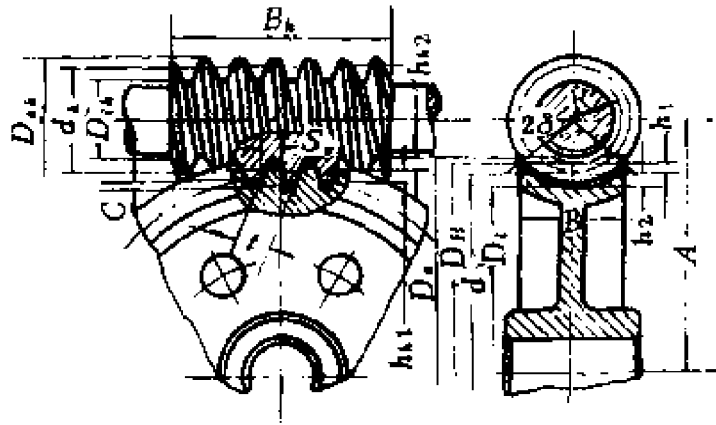
3. 蜗杆的基本齿廓及其参数

表 3-42 蜗杆的基本齿廓及其参数(GB10087-88) (mm)

基本齿廓	参数名称	代号	数值
	齿顶高	h_a	$h_a = m$, 短齿时为 $0.8m$
	工作齿高	h'	$h' = 2m$, 短齿时为 $1.6m$
	轴向齿距	p_x	$p_x = \pi m$
	顶隙	c	$0.2m$ (必要时允许 $0.15m$ 或 $0.35m$)
	齿根圆角半径	r_f	$0.3m$ (必要时允许 $0.2m$ 或 $0.4m$)
	渐开线蜗杆的法向齿形角	α_n	20°
	阿基米德蜗杆的轴向齿形角	α_s	20°
	法向直廓蜗杆的法向齿形角	α_n	20°
	锥面包络圆柱蜗杆的刀具齿形角	α_0	20°

4. 蜗杆传动的计算

表 3-43 蜗杆和蜗轮的几何计算 (mm)



名称	代号	计算公式
蜗杆轴向模数; 蜗轮端面模数	m_s	$m_s = \frac{d}{z} = \frac{t}{\pi}$
蜗杆特性系数	q	$q = \frac{d_k}{m_s}$
周节	t	$t = \pi m_s$
蜗杆头数	K	$K \leq 5$
蜗轮齿数	z	$z \geq 30$
齿顶高	$h_{k1}; h_1$	$h_{k1} = h_1 = m_s$
齿根高	$h_{k2}; h_2$	$h_{k2} = h_2 = 1.2 m_s$
齿全高	$h_k; h$	$h_k = h = 2.2 m_s$
蜗轮节径	d	$d = m_s z$
蜗杆节径	d_k	$d_k = m_s q$
蜗轮喉径	D_H	$D_H = d + 2 m_s$
蜗杆外径	D_{ek}	$D_{ek} = d_k + 2 m_s$
蜗杆根径	D_{ik}	$D_{ik} = d_k - 2.4 m_s$
蜗轮根径	D_i	$D_i = d - 2.4 m_s$

(续)

名称	代号	计算公式
中心包角	2δ	分度传动时: $2\delta = 45^\circ \sim 60^\circ$; 一般动力传动时: $2\delta = 70^\circ \sim 90^\circ$; 高速动力传动时: $2\delta = 90^\circ \sim 130^\circ$
中心距	A	$A = \frac{d_k + d}{2}$
导程角	β_k	$\operatorname{tg} \beta_k = \frac{m_s K}{d_k}$
蜗杆面宽	B_k	$K \leq 2$ 时: $B_k = (14 \sim 18) m_s$; $K > 2$ 时: $B_k = (15 \sim 22) m_s$
蜗轮面宽	B	当 $K \leq 3$ 时: $B \leq 0.75 D_{rk}$; 当 $K = 4$ 时: $B \leq 0.67 D_{rk}$
蜗轮外径	D_r	$K = 1$ 时: $D_r \leq D_H + 2m_s$; $K = 2 \sim 3$ 时: $D_r \leq D_H + 1.5m_s$; $K = 4$ 时: $D_r \leq D_H + m_s$
轮面半径	R	$R = \frac{d_k}{2} - m_s$
蜗杆导程	L	$L = \pi m_s K = d_k \pi \operatorname{tg} \beta_k$

第四章 热处理

一、热处理方法及其应用

表 4-1 热处理的主要方法及其应用

热处理方法	定 义	应 用
退 火	将金属或合金加热到适当温度,保持一定时间,然后缓缓冷却的热处理工艺	用来消除铸锻件的内应力和组织不均匀及晶粒粗大等现象,消除冷轧坏件的冷硬现象和内应力,降低硬度,以便切削
正 火	将钢材或钢件加热到 A_{c3} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$,保温适当的时间后,在静止的空气中冷却的热处理工艺	用来处理低碳和中碳结构钢件及渗碳机件,使其组织细化,增加强度与韧性,减少内应力,改善切削性能
淬 火	将钢件加热到 A_{c3} 或 A_{c1} 点以下的某一温度,保持一定时间,然后以适当速度冷却获得马氏体和贝氏体组织的热处理工艺	用来提高钢的硬度和强度。但淬火时会引起内应力使钢变脆,所以淬火后必须回火
回 火	钢件淬硬后,再加热到 A_{c1} 点以下的某一温度,保温一定时间,然后冷却到室温的热处理工艺	用来消除淬火后的脆性和内应力,提高钢的塑性和冲击韧性
调 质	钢件淬火及高温回火的复合热处理工艺	用来使钢获得高的韧性和足够的强度。很多重要零件是经过调质处理的
表面淬火	仅对工件表层进行淬火的工艺。一般包括感应淬火、火焰淬火等	表面淬火常用来处理齿轮等

(续)

热处理方法	定 义	应 用
渗 碳	为了增加钢件表层的碳含量和一定的碳浓度梯度,将钢件在渗碳介质中加热并保温使碳原子渗入表层的化学热处理工艺	增加钢件的耐磨性、表面硬度、抗拉强度和疲劳强度 适用于低碳、中碳($C < 0.40\%$)结构钢的中小型零件和大型的重负荷、受冲击、耐磨的零件
渗 铬	将铬渗入工件表层的化学热处理工艺	用来提高零件的耐蚀、耐磨、抗氧化和抗疲劳的性能,兼有渗碳和渗氮的优点
渗 氮 (氮化)	在一定温度下(一般在 A_{c1} 温度下)使活性氮原子渗入工件表面的化学热处理工艺	用来提高结构钢制件的耐磨性、表面硬度和疲劳强度,提高抗蚀能力
碳氮共渗	在一定温度下同时将碳、氮渗入工件表层奥氏体中并以渗碳为主的化学热处理工艺	增加钢件的表面硬度、耐磨性能和疲劳强度,提高刀具的切削性能和使用寿命
发蓝处理 (发黑)	将钢材或钢件在空气-水蒸气或化学药物中加热到适当温度,使其表面形成一层蓝色或黑色氧化膜,以改善钢的耐腐性和外观的工艺	氧化处理后的零件外表美观,同时具有抗腐蚀能力,常用于金属的表面处理。如各种武器、精密仪器零件的装饰防护处理
磷 化 (磷酸盐处理)	把工件浸入磷酸盐溶液中,使工件表面获得一层不溶于水的磷酸盐薄膜的工艺	磷化处理不改变金属的力学性能。磷化膜一般作为机械零件的防护层,以及各种武器零件的润滑层和防护层
自然时效处理	合金工件经固溶热处理后在室温进行的时效处理	用来消除铸件、焊接件及热处理件的内应力,减少变形
人工时效处理	合金工件经固溶热处理后在室温以上的温度进行的时效处理	

二、常用钢材的热处理

表 4-2 常用钢材的热处理工艺

钢 号	热 处 理		硬 度	
	方式	工 艺	HBS	HRC
15	正火	900~940℃ 加热保温, 出炉空冷	≤143	
	渗碳淬火	900~950℃ 渗碳, 780~800℃ 水淬, 180~200℃ 回火	143~163 (心部)	56~62 (表面)
	渗碳高频淬火	900~950℃ 渗碳, 高频加热 820~860℃ 水淬, 180~200℃ 回火	≤148 (心部)	56~62 (表面)
	氰化淬火	830~850℃ 氰化, 油淬, 180~200℃ 回火	143~163 (心部)	56~62 (表面)
35	正火	860~880℃ 加热, 空冷	≤187	
	淬火	840~860℃ 加热、保温、水淬, 380~420℃ 回火		35~40
45	正火	840~860℃ 加热, 保温, 空冷	≤229	
	调质	820~840℃ 加热, 保温、水淬, 550~580℃ 回火	220~250	
	淬火	820~840℃ 加热, 保温, 水淬, 350~370℃ 回火, 260~280℃ 回火		42~47 48~53
	油中淬火	830~850℃ 加热, 保温, 油淬, 160~180℃ 回火		30~40
	高频淬火	高频加热 860~900℃, 水淬, 220~250℃ 回火		45~50
	调质高频淬火	高频加热 860~900℃, 水淬, 180~200℃ 回火		52~58
T8	退火	750~770℃ 保温后冷至 650~680℃ 等温、随炉冷	≤187	
	淬火	760~780℃ 保温后水淬、油冷, 160~180℃ 回火		58~63

(续)

钢号	热 处 理		硬 度	
	方式	工 艺	HBS	HRC
T10	退火	750~770℃保温后冷至680~700℃等温、随炉冷	≤197	
	淬火	810~830℃保温后水淬、油冷, 220~240℃回火		58~64
T12	退火	750~770℃保温后冷至680~700℃等温、随炉冷	≤207	
	淬火	780~800℃保温后水淬、油冷, 160~180℃回火		61~64
W18Cr4V	退火	870~880℃保温后随炉冷	207~255	
	淬火	1260~1310℃保温, 分级淬火, 570℃回火2~3次		63~66

三、常见零件的热处理

1. 齿轮

表 4-3 机床齿轮的热处理

序号	齿轮工作条件	钢种	热 处 理 工 艺	硬度要求
1	在低载荷下工作, 要求耐磨性好的齿轮	15 (20)	900~950℃渗碳, 直接淬火或780~800℃淬火; 180~200℃回火	HRC 58~63
2	低速(<1m/s)、低载荷下工作的齿轮(如车床溜板箱上的齿轮)	45	820~840℃水冷, 500~550℃回火	HBS 200~250
3	中等速度(2~4m/s)、中等载荷、不大的冲击下工作的高速机床进给箱、变速箱齿轮	40Cr 42SiMn	调质后860~880℃高频加热, 乳化液冷却, 280~320℃回火	HRC 45~50

(续)

序号	齿轮工作条件	钢种	热处理工艺	硬度要求
4	中速、中载荷或重载荷下工作的齿轮(如变速箱中的次要齿轮)	45	860~900℃高频加热,水冷,350~370℃回火	HRC 40~45
5	高速、中等载荷、要求齿面硬度高的齿轮(如磨床砂轮箱齿轮)	45	860~900℃高频加热,水冷,180~200℃回火	HRC 52~58
6	高速、中载荷、受冲击的齿轮(如机床变速箱内轮、龙门铣床的电动机齿轮)	20Cr 20Mn2B	900~950℃渗碳,直接淬火或800~820℃油淬,180~200℃回火(渗碳后也可高频淬火)	HRC 58~63
7	高速、高载荷、齿部要求高硬度的齿轮	40Cr 42SiMn	调质后860~880℃高频加热,乳化液冷却,180~200℃回火	HRC 50~55
8	高速、重载荷、形状复杂、要求热处理变形小的齿轮	38CrMoAl 38CrAl	正火或调质后510~550℃渗氮	HV850 以上
9	在不高载荷下工作的大齿轮	50Mn2 65Mn	820~840℃空冷	HBS <241
10	传动精度高、要求具有一定耐磨性的大齿轮	35CrMo	850~870℃空冷,600~650℃回火(热处理后精切齿形)	HBS 255~302

2. 蜗轮

表 4-4 蜗轮的热处理

蜗轮材料	浇铸方法	热处理方法
QSn10-1	砂模浇铸 硬模浇铸	根据具体情况选择下列热处理方法: (1)在轮坯铸出后即进行回火处理 (2)在轮缘粗加工后进行时效处理 (3)在轮缘粗切齿后进行调质处理 (4)在调质处理后即进行时效处理
QSn10	离心浇铸	
QA19-1	砂模浇铸 硬模浇铸	
QA110.2-3.3	砂模浇铸	
QSn6-6-3	砂模浇铸 硬模浇铸	
	离心浇铸	
灰铸铁	砂模浇铸	
	硬模浇铸	

3. 蜗杆

表 4-5 蜗杆齿部渗碳层的深度 (mm)

模数 m	公称渗碳层深度	深度范围
<1.25	0.3	0.2~0.4
1.75~2.5	0.5	0.4~0.7
3~4	0.9	0.7~1.1
≥ 5	1.3	1.1~1.5

4. 轴

表 4-6 轴类零件的热处理

序号	工作条件	材料和热处理
1	在滑动轴承中工作, $v_{\text{周}} < 2\text{m/s}$, 要求表面有较高的硬度的小轴、心轴, 如机床进给箱、变速箱的小轴	45、50, 形状复杂的轴用 40Cr、42MnVB; 调质, HBS228~255, 轴颈处高频淬火, HRC45~50
2	$v_{\text{周}} \geq 3\text{m/s}$, 在大的弯曲载荷及摩擦条件下工作的小轴, 如机床变速箱小轴	15、20、20Cr、20MnVB: 渗碳、淬火, 低温回火, HRC58~62
3	在滚动或滑动轴承中工作, 轻或中等载荷, 低速, 精度要求不高, 稍有冲击, 疲劳载荷可忽略的主轴; 轻载, 次要的花键轴	45: 调质, HBS225~255 (如一般简易机床的主轴)
4	在滑动轴承中工作, 中或重载, 转速较高, 精度较高, 冲击、疲劳载荷较大	40Cr: 调质, HBS228~255 或 HBS248~286, 轴颈表面淬火 HRC ≥ 54 , 装配部位表面淬火 HRC ≥ 45
5	在滑动轴承中回转, 重载, 高速, 高精度, 高疲劳应力, 如高精度磨床的主轴	38CrAlMoAl: 调质, 硬度 HBS248~286; 轴颈渗氮, 硬度 \geq HV900
6	重载荷的花键轴, 要求高强度和耐磨, 变形小	45: 高频加热, 水冷, 低温回火, 硬度 HRC52~58
7	电动机轴, 主要受扭	35 及 45: 正火或正火并回火, 硬度 HBS187 及 HBS217
8	水泵轴, 要求有足够的抗扭强度和耐腐蚀性	3Cr13 和 4Cr13: 1000~1050℃ 油淬, 硬度分别为 HRC42 和 HRC48

5. 丝杠

表 4-7 丝杠的热处理

序号	丝杠类别	材料和热处理要点
1	一般丝杠	正火(45 钢)或退火(40Cr), 除应力处理和低温时效, 调质, 轴颈和方头进行高频淬火与回火
2	精密不淬硬丝杠	除应力处理, 低温时效, 球化退火, 调质球化。如遇原始组织不良等, 还需先经 900(T10、T10A)~950℃(T12、T12A)正火处理, 然后再球化处理, 或直接调质球化
3	精密淬硬丝杠	退火或高温正火后退火, 除应力处理, 淬火和低温时效
4	滚珠丝杠	GCr15、GCr15SiMn: 等温退火: 770~779℃ 保温 2h, 700~720℃ 等温 2~3h, 炉冷到 ≤500℃ 出炉; 淬火: 550~600℃ 预热, 保温时间按 2min/mm 计算, 830~850℃ 加热, 保温时间按 1min/mm 计算, 油淬, 冷却到 200℃ 左右热校直; 回火: 160~180℃ 保温 4h; 时效: 120~140℃ 保温 12h

6. 弹簧

表 4-8 弹簧的热处理

序号	弹簧的工作条件	材料与热处理
1	形状简单、断面较小、受力不大的弹簧	65: 785~814℃ 油淬, 300℃、400℃、500℃、600℃ 回火, 相应的硬度为 HBW512、HBS430、HBS340、HBS369 75: 780~800℃ 油淬或水淬, 400~420℃ 回火, HRC 42~48
2	在多次交变载荷下工作的直径 8~10mm 的卷簧	50CrMnA: 840~870℃ 油淬, 475℃ 回火, HBS387~418
3	中等载荷的大型弹簧	60Si2MnA、65Mn: 870℃ 油淬, 460℃ 回火, HRC40~45 (农机座位弹簧 65Mn: 淬火, 回火, HBS280~370)

(续)

序号	弹簧的工作条件	材料与热处理
4	重负荷、高弹性、高疲劳强度的大形板簧和螺旋弹簧	50CrVA、60Si2MnA:860℃油淬,475℃回火,HRC40~45
5	调速阀、安全阀的高载荷弹簧(140~250℃)	65Mn:820℃油淬,480℃回火油冷,HBS302
6	截止阀、制动阀及缓冲器上的低温弹簧	85: \varnothing6mm, 880℃以下热盘, 250~300℃空冷, HRC36~40; \varnothing6~32mm, 800~820℃油淬, 380~440℃空冷
7	在酸介质下工作的弹簧	2Cr18Ni9:1100~1150℃水淬,绕簧后消除应力,400℃回火60min,HBS160~200

四、常用工具的热处理

1. 钳工手工具的热处理

(1) 锤子 锤子用碳素工具钢(T7、T8)制造,锤头和锤尾均需淬火。

淬火时,最好在盐浴炉中加热,或用高频电流加热,加热温度为770~800℃。在箱式炉中加热时,先淬锤头,后淬锤尾,这样交替地冷却,直至中部呈暗黑色时为止;最后移至油中使其完全冷却。

回火是在270~350℃的温度下进行的,回火时间为30~40min。回火后的硬度为HRC49~56。

(2) 冲子 冲子又叫穿孔器,用碳素工具钢(T7、T8)制造。

冲子的工作部分(圆锥部分)经过淬火才能使用。淬火时,将冲子加热至770~800℃,然后放到水中冷却。

淬火后,在250~320℃的温度下回火20~40min。回火后,冲子工作部分的硬度应达到HRC52~57。

(3) 錾子 錾子常用碳素工具钢(T7、T7A、T8等)制成,并且一般

是用经过轧制的八角钢锻造出来的。

鋏子刃部要具有较高的硬度（HRC53~59），而其余部分则需有一定的硬度（HRC30~40）和较好的韧性。因此，在热处理过程中必须很好地掌握。

淬火时，把鋏子头部约20mm长的部分加热到暗樱红色（760~780℃），然后将刃部约4~6mm长的部分浸入常温（30℃左右）的盐水中，急冷淬火。当鋏子露出水面的部分呈黑红色时，即由水中取出，利用上部的蓄热再使温度升高，进行余热回火。这时，要注意观察刃部的颜色：刚出水时的颜色是白色，刃口温度逐渐上升，颜色也随着改变，由白色→黄色→棕黄色→紫色→蓝色。当刃口呈现黄色时，把鋏子全部放入水中冷却（俗称得黄火），得到的鋏子比较脆；当刃口呈现蓝色时（270~300℃），把鋏子全部放入水中冷却（俗称得蓝火），可得到比较满意的硬度。

鋏子出水后，由白色变为黄色和由黄色变为蓝色的时间很短，只有几秒钟，所以必须很好掌握时间。为了便于分辨颜色，鋏子出水后可用砂布将其刃部摩擦光洁。第二次把鋏子全部淬入水中的时间对刃口的硬度影响极大：下水过早，回火温度过低，刃口太脆；下水太晚，回火温度过高，刃口则太软。

淬火与回火时，根据颜色来判断温度的高低是一件很重要的事，并且较难控制，必须反复实践才能很好掌握。表4-9和表4-10列出了加热、回火颜色和温度变化的关系，可在操作时参考。

表4-9 淬火时加热的温度与颜色

炽火颜色	温度(℃)	炽火颜色	温度(℃)
棕黑色	520~580	浅红色	830~880
棕红色	580~650	红黄色	880~1050
暗红色	650~750	暗黄色	1050~1150
暗樱红色	750~780	浅黄色	1150~1250
樱红色	780~800	白热色	1250~1350
浅樱红色	800~830		

表 4-10 回火温度与颜色

回火颜色	温度(℃)	回火颜色	温度(℃)
黄白色	210	紫色	280
浅黄色	220	深蓝色	290
黄色	230	天蓝色	300
深黄色	240	浅蓝色	310
棕黄色	250	蓝灰色	320
红棕色	260	灰/灰绿色	330
红/紫红色	270		

冷却时，不同的冷却剂有不同的冷却速度。同一种材料，加热到同一温度后，放入水中和放入油中，所得到的硬度也不相同。所以，淬火时应根据材料和冷却的性质选择适当的冷却剂（见表 4-11）。

表 4-11 各种冷却剂的冷却性质

冷却剂	冷却性质	冷却剂	冷却性质
带酸类的水	很剧烈	石灰水、热水(30~140℃)	次强
含盐分的水	剧烈	煤油、润滑油、脂肪	缓和
纯水(20℃)	强	压缩空气	很缓和

(4) 扳手 扳手采用中碳钢(40、50、40Cr)和渗碳钢(15钢等)制作。

扳手淬火时只淬头部。40和50钢制的扳手在盐浴炉或连续式加热炉中加热到820~840℃时，取出淬入水中冷却；而40Cr钢制的扳手，加热到840~860℃时，淬入油中冷却。渗碳钢制的扳手，需经渗碳处理，渗碳深度为0.3~0.5mm(厚2.5~4mm的扳手)和0.6~1.0mm(厚5~8mm的扳手)。

碳钢制的扳手在370~420℃的温度下回火；渗碳钢制的扳手在320~380℃的温度下回火；40Cr钢制的扳手在400~450℃的温度下回火。回火时间为30~40min。

回火后，扳手工作部分的硬度为HRC40~50；渗碳钢扳手的硬度为

HRC48~54。

(5) 螺钉旋具 螺钉旋具采用碳素工具钢 (T7、T8) 和优质碳素结构钢 (50 和 60 钢) 制造, 其工作部分 (长约 20mm) 需经淬火。

淬火时, 可采用局部加热淬火或整体加热局部淬火的方式。淬火后, 在水中冷却。

T7、T8 钢所作螺钉旋具的淬火温度为 770~800℃, 回火温度为 320~370℃; 50 和 60 钢所做螺钉旋具的淬火温度为 820~850℃, 回火温度为 280~350℃。回火时间为 20~30min。

淬火和回火后, 螺钉旋具工作部分的硬度应在 HRC46~52 的范围内。其硬度可在洛氏硬度计上试验, 亦可利用锉刀进行检验。

(6) 锉刀 锉刀是钳工最常用的一种手用工具, 要求有很高的硬度和很好的耐磨性。它通常采用碳钢、合金钢和低碳渗碳钢制作。

热处理是制造锉刀最重要的工艺操作。锉刀热处理的关键在于防止齿部淬火脱碳和热校直技术熟练。

锉刀淬火时是在铅浴炉或箱式炉中加热的。也可以用高频电流加热。淬火温度为 750~790℃, 回火温度为 160~180℃, 回火时间为 45~60min。

为了防止锉刀齿发生脱碳, 可在锉刀的锉纹上涂上一种含有增碳剂和粘合剂的特殊涂料。

合金钢制的锉刀在油中淬火, 渗碳钢制的锉刀在水中淬火 (至完全冷却为止), 而高碳钢制的锉刀, 在水中冷却至 140~180℃后取出, 趁热进行校直, 接着在空气中继续冷却。

此种淬火热效直采用手工的方法。需准确掌握锉刀在水中的冷却时间: 出水过早, 会因回火降低表面的硬度; 出水过晚, 则因锉刀完全淬硬而增加校直的困难, 甚至造成裂纹或折断。因此, 必须掌握好温度, 在短时间内迅速校直好。

淬火后, 锉刀的硬度: 刃部应为 HRC46~67, 柄部应 HRC≤35。

如果锉刀的柄部太硬, 可在盐浴炉内进行回火, 或者利用高频电流加热, 使其硬度降低至要求。

工厂里如果有喷砂设备, 可将锉刀进行喷砂处理, 或者进行酸洗, 以防止生锈。

(7) 刮刀 刮刀是一种刮研工具, 常用碳素工具钢 (T11A、T12A 和

T13A) 制作。

淬火时，将工作端浸入盐浴炉内加热。浸入长度为 15~20mm。

加热后在水中冷却。回火温度为 120~140℃，回火时间 1~2h。

刮刀在热处理后要达到该种钢所能达到的最高硬度。

(8) 手锯条 手锯条一般为长 300mm 的单面齿锯条，装在锯弓上用来锯削毛坯或工件。根据工作的要求，它不仅要有很高的硬度和耐磨性，而且要有较好的韧性和弹性（锯条弯成直径为 200mm 的半圆，不得折断，变形不得超差）。手锯条通常用碳素工具钢或渗碳钢制作。

碳素工具钢制作的锯条淬火时，先将它预热至 650~720℃，再加热至 770~790℃，然后在油中冷却。回火温度为 175~185℃，回火时间 45min。

手锯条的材料如果采用 20 钢，可在液体渗碳后直接淬火。渗碳剂的配方如下：

尿素 40%，碳酸钠 28%，氯化钾 20%，氯化钠 12%。

手锯条淬火时，为减少侧面弯曲，可采用夹具，使锯条处于张紧状态下淬火。淬火时产生的平面弯曲，可置于压紧夹具中回火校直。

热处理后，锯条齿部的硬度为 HRA82.5~84.5，销孔处硬度小于 HRA74。变形允差：侧面弯曲应小于 1.2mm，平面弯曲应小于 1.5mm。

2. 金属切削刀具的热处理

(1) 车刀 高速工具钢 (W6Mo5Cr4V2Al) 车刀在锻造后要经退火处理，在切削加工后应进行淬火与回火。

淬火时，先在 800~850℃ 的盐浴炉中预热 10~11min，然后在 1240℃ 的盐浴炉中加热 2.5min，浸入 560~620℃ 的盐浴炉中冷却 2.5min，然后取出，在空气中冷却。

为了提高刀具的硬度和增加韧性，车刀淬火后应立即进行回火。

回火时，在 550~680℃ 的炉中加热 1h（重复 3~4 次），硬度达到 HRC67~69。

(2) 铣刀 高速工具钢 (W2Mo9Cr4VCo8) 圆盘铣刀在切料后要经退火 (820℃, 2h)，在切削加工后还要消除内应力 (650℃, 2h)，而后进行淬火与回火处理。

淬火时，先在箱式炉中预热到 400~450℃，再在盐浴炉中预热到 850℃，然后浸入 1220℃ 的盐浴炉中，保温 3.5~4.5min。冷却可在空气中

进行，亦可先在 520℃ 的盐浴炉中冷却 2~5min，再取出在空气中继续冷却。

回火时，可在盐浴炉中加热到 570℃ 回火 3 次，每次 1.5h；亦可在 560℃ 回火两次，每次 1h，然后取出在空气中冷却。

圆盘铣刀回火后的硬度为 HRC64~66。

(3) 钻头 直径 40mm、高速工具钢 (W6Mo5Cr4V2) 麻花钻头的热处理方法如下：

淬火时，先在 850℃ 的盐浴炉中预热 5~6min，再在 1050℃ 的盐浴炉中预热 4~6min，然后浸入 1210℃ 的盐浴炉中加热 2.5~3.5min，接着在空气中进行冷却。

回火是在盐浴炉中加热至 560℃，保温 1h，然后在空气中冷却（重复两次）。

麻花钻头的硬度为 HRC62~64。

(4) 铰刀 铰刀一般用碳素工具钢、合金工具钢（如 9SiCr、Cr2、CrWMn 等）或高速工具钢制作。

高速工具钢铰刀淬火时应经过预热。最后加热在盐浴炉中进行。加热后，在 450~500℃ 的硝酸盐中冷却或在油中冷却至 150~200℃，然后在空气中冷却。

直径 10mm 以上的高速工具钢带柄铰刀一般采用焊接方法制作。铰刀的柄部采用 45、50 号钢。圆柱柄不经淬火；锥柄的方头和扁头淬火后硬度要达到 HRC30~45。

合金工具钢铰刀淬火时在热油中冷却，而碳素工具钢铰刀则采取先水后油的冷却方法。

带柄的碳素工具钢和合金工具钢铰刀，淬火时先淬刀柄（方头和扁头），后淬切削部分。

加长的阶梯形铰刀，采用适合于油淬或气淬的钢材制作。为了避免在截面粗细有变化的地方产生裂纹，可采取逐段淬火的方法：先将直径最小的部分浸入冷却液内淬火，隔 2~3s 后，再将第二段浸入，最后将直径最大的部分浸入淬火。

(5) 圆板牙 圆板牙是加工外螺纹的一种刀具，常用碳素工具钢 (T10A、T12A) 和合金钢 (9SiCr、GCr15、9CrWMn) 制造。

圆板牙热处理后，它的齿部要达到很高的硬度；为了防止细薄的切削部

分崩刃，还应具有较高的韧性。并且，在热处理过程中要保证切削部分无脱碳并能有效地控制螺孔变形。

圆板牙热处理的工艺流程为：预热—加热—冷却（等温）—回火—清洗—硬度检查—发黑—变形检查。

淬火时，圆板牙最好在盐浴炉内（淬火温度 855~870℃）加热，也可在箱式炉内加热。在淬火温度下的保持时间应尽可能短。在箱式炉内加热时，要在刀具的切削部分上撒些铁屑或木炭和苏打的混合物，以防止发生脱碳和氧化。在盐浴炉内加热时，要在刀具的螺纹上涂些软肥皂和浓肥皂泡沫。

合金钢制的圆板牙应在温度 120~200℃ 的热油中冷却。直径小于 6mm 的碳钢制的圆板牙，应在油中冷却；而直径大于 6mm 的圆板牙，则采用先在水中冷却至 150~200℃、随后移到油中冷却的办法。回火在油槽或电炉中进行。回火的温度为：9SiCr 钢制的板牙——200~240℃；其他牌号钢制的圆板牙——180~220℃。回火的时间为 3~4h。

热处理后，圆板牙切削部分的硬度应达到 HRC60~63，并且螺孔的中径尺寸要控制在规定的范围内。

(6) 丝锥 丝锥是一种用于攻内螺纹的刀具。它常用碳素工具钢 (T12A、T10A)、合金钢 (GCr15、GCr12、9CrWMn) 和高速工具钢制造。

丝锥的切削部分，要求有较高的硬度和耐磨性，而心部却要求有一定的韧性（未淬硬状态），以减少在操作中由于振动和偏斜而致刀具折断的危险及减少丝锥的变形。

丝锥的热处理，除要求变形最小、保证齿部不脱碳以外，还必须将中径尺寸控制在公差范围内。

高速钢制的丝锥要经过预热，最后在盐浴炉中进行加热。加热后，在温度 450~500℃ 的硝盐中冷却，或在油中冷却至 150~200℃，随后在空气中继续冷却。回火温度为 540~580℃，共回火两次，每次 1h。

碳钢和合金钢制的丝锥，淬火时在盐浴炉中加热，使表面很快地升高到规定的温度，而心部的温度还比较低，因此淬火后表面硬而心部韧。

合金钢制的丝锥加热后，在温度 150~200℃ 的盐中或油中冷却，在温度为 150~180℃ 的油槽内回火，回火时间为 1~2h。回火后，用锉刀检查齿部的硬度。

热处理后，丝锥切削部分的硬度为：高速钢制的丝锥，HRC63～66；碳钢和合金钢制的丝锥，HRC61～63。

丝锥经淬火后，其柄部须经退火处理，使其硬度降低到 HRC30～45 之间。

(7) 齿轮滚刀 形状复杂的高速工具钢 (W2Mo9Cr4VCo8) 齿轮滚刀在切料后要经退火处理 (800℃, 3h)，在切削加工后先消除内应力 (650℃, 3h)，而后进行淬火、回火。

为了防止淬火加热时的变形和开裂，应进行多次预热。预热还可缩短高温加热时间，减少刀具的氧化和脱碳。

淬火时，先在 400～500℃ 的盐浴炉中预热 1～1.5h，再在 800～850℃ 的盐浴炉中预热 45min，接着在 1050℃ 的盐浴炉中预热 30min。然后，浸入 1190℃ 的盐浴炉中加热，保温 8～20min，而后在 520～540℃ 的盐浴炉中冷却 25～30min。随后取出在空气中冷却。

回火时，先在 200℃ 的盐浴炉中加热 1～1.5h，再在 550℃ 的盐浴炉中加热 1.5～2h，保温 1h，然后在空气中冷却 (重复两次)。反复多次回火可减少残留的奥氏体，并使在回火中尚未转变的极少量残留的奥氏体稳定下来，防止在使用中发生转变，以保证精度。

3. 量具的热处理

(1) 量块 量块是一种精密量具。它能长期保持尺寸的稳定性，具有很好的耐磨性和抗腐蚀性，并在淬火后需具有良好的研磨性。

量块一般采用碳素工具钢和合金工具钢 (Cr2、CrWMn、GCr15) 制作。Cr2 合金工具钢量块的热处理过程如下：

- 1) 淬火时，加热到 840～850℃，将整个量块浸入油中冷却；
- 2) 在 270～280℃ 回火，硬度降低到 HRC56～58；
- 3) 对量块的两工作端面进行淬火，淬火时，只将工作端浸入盐浴内，在 810～820℃ 加热很短时间 (2～2.5min)，随即在水中冷却；
- 4) 冷却到 -30～-40℃ 进行冷处理；
- 5) 在 150～170℃ 回火 4～5h。

对于高精度量块，需在 100～150℃ 的温度下进行长时间的保温；或者加热到 100℃ 再冷却到 -20℃，这样反复地进行加热和冷却处理。也可以采取冷处理的方法，将淬火冷却后的量块立即进行冷处理，然后再在 100～

150℃ 的温度进行回火。

(2) 卡规和样板 卡规和样板一般采用渗碳钢制造, 也可采用合金工具钢 (15Cr、15CrMn、20Cr) 制造。

低碳钢制作的卡规和样板要经过渗碳处理。渗碳层的深度根据量具的厚度确定, 其值见表 4-12。

表 4-12 渗碳层深度和量具厚度之间的关系

量具的厚度 (mm)	渗碳层深度 (mm)	量具的厚度 (mm)	渗碳层深度 (mm)
3~5	0.3~0.5	10~15	0.6~0.9
5~10	0.5~0.8	15 以上	0.8~1.0

淬火前, 可在箱式炉中加热, 也可在盐浴炉和铅浴炉中加热, 加热后, 渗碳钢制的量具淬入水中冷却, 而合金工具钢制作的量具则在热油中、熔盐或熔碱中冷却。淬火后进行回火, 以消除内应力。

4. 模具的热处理

(1) 冷冲压模 冷冲压模可采用碳素工具钢 (T8、T10、T12) 和合金工具钢 (如 Cr12MoV、Cr12、CrWMn、9CrWMn、9SiCr 等) 制作。

由于碳素工具钢制作的模具, 随着尺寸的增大淬硬层的深度急剧减小, 所以只适于制作形状简单的小型冷冲压模。

制作冲压精密零件的、形状复杂的大型冷冲压模具时可采用合金工具钢, 最适宜的合金工具钢牌号是 Cr12MoV。

Cr12MoV 合金工具钢冷冲压模的热处理方法如下:

冷冲压模的毛坯在锻造后要进行退火处理。退火时, 要注意防止模具表面发生脱碳和氧化。

模具在切削加工后要进行淬火与回火。

淬火前, 首先要进行两次预热: 第一次预热到 550~600℃; 第二次预热到 800~850℃, 然后加热到淬火温度 1050~1060℃。

淬火时将模具浸入温度为 450℃ 的盐浴炉中冷却, 要停留足够的时间, 使模具各部分的温度和热盐的温度均匀一致, 随后取出在空气中继续冷却。

淬火后进行 525℃ 回火 30min, 然后在空气中冷却。如果淬火后模具的尺寸有些缩小, 可在第一次回火后再把它加热到 530~540℃ 进行第二次回火, 直至尺寸合乎要求为止。

最后, 再进行一次低温回火, 在 200℃ 保持足够的时间, 以消除高温回火时产生的内应力。

冷冲压模回火后的硬度为 HRC58~61。

(2) 热锻模 热锻模一般采用合金工具钢 (5CrNiMo、5CrMnMo、6CrW2Si、8Cr3、30CrMnSi、35CrMnSi 等) 或碳素工具钢 (T7A、T8A) 制作。

5CrNiMo 合金工具钢热锻模 (直径 150mm、高 140mm) 的热处理方法如下:

淬火时, 将模具装入已加热到 830~850℃ 的箱式电炉内, 保温 2h。随后浸入油中, 待冷却到 100~200℃ 时保温 15~20min。

然后将模具装入已加热到 350~400℃ 的回火炉中, 将炉温升高到 520~560℃, 保温 6h。随后取出在空气中冷却, 并进行清洗。

热锻模回火后的硬度为 HRC41~47。

第二篇 钳工操作

第五章 常用量具

一、量具的分类

为了保证产品质量，要求在制造零件和装配过程中，严格地按照图样上规定的形状、尺寸和技术条件进行生产，因而必须随时对零件和产品进行测量或检验。用来测量、检验零件或机构的尺寸、形状和相对位置的工具叫量具。

按照用途，量具分为以下三类：

1) 标准量具：仅代表某一固定尺寸，用来校对和调整其他量具或作为标准尺寸来与被测零件进行比较的量具叫标准量具，如量块、角度块、标准环等。

2) 专用量具：专门用来测量或检验零件上某些部位的尺寸和形状的工具叫专用量具，如各种量规、样板等。专用量具不能测出被测零件的实际尺寸，只能确定被测零件的尺寸和形状是否合乎要求。

3) 万能量具：用来测量和检验任何零件或机构的尺寸与形状的通用工具叫万能量具。这种量具，一般都有刻度，测量结果能得到具体的数值，如钢直尺、游标卡尺、千分尺、百分表等。

二、常用量具

1. 钢直尺

钢直尺是用来测量直线尺寸（如长、宽、高）和距离的一种量具。由于它结构简单、使用方便，所以应用极其广泛。

钢直的结构形式如图 5-1 所示，其规格有 150mm、300mm、500(600) mm、1000mm、1500mm、2000mm 6 种。



图 5-1 钢直尺

钢直尺用不锈钢板制成，其材质可选用 1Cr18Ni9Ti、1Cr13 等。钢直尺的硬度应不低于 HRC38（测量 1000mm 范围以内的）或 HRC 36（1500mm、2000mm 两种规格）。

钢直尺的平面当放在平板上（刻线面向上）时，其平面度不应超过下述规定：

测量范围小于和等于 500mm 的钢直尺	0.25mm
测量范围为 1000mm 的钢直尺	0.40mm
测量范围为 1500mm 的钢直尺	0.50mm
测量范围为 2000mm 的钢直尺	0.60mm

钢直尺的两纵边应互相平行，其平行度应不超过表 5-1 的规定。

表 5-1 钢直尺两纵边的平行度公差 (mm)

测量范围	公差	测量范围	公差
0~150	0.10	0~1000	0.40
0~300	0.20	0~1500	0.50
0~500	0.30	0~2000	0.60

钢直尺任意刻线至起始或末尾刻线分度距离的偏差不应超过表 5-2 的规定。

表 5-2 钢直尺的刻线分度距离偏差 (mm)

测量范围	允许偏差	测量范围	允许偏差
0~150	± 0.08	0~1000	± 0.20
0~300	± 0.10	0~1500	± 0.27
0~500	± 0.15	0~2000	± 0.35

注：钢直尺其第一个毫米分度离开端面的误差应不大于 $\pm 0.08\text{mm}$ 。

使用钢直尺测量时，必须使钢直尺的零线和被测量工件的边缘相重合。

如果零线模糊不清或有损坏时，可以改用 10mm 刻度线作为起点。读数时，视线必须和钢直尺的尺面垂直，否则将因视线歪斜而造成读数误差。

钢直尺右端的小孔是悬挂孔，用后擦净，将尺挂起。若无处挂或无悬挂孔的尺子，应将尺子平放在平台上，以防钢直尺变形。

2. 卡钳

卡钳是一种间接量具，从卡钳上看不出尺寸，必须和其他带有刻线的量具（如钢直尺等）配合使用，才能得出测量数据。

卡钳分为外卡钳和内卡钳两种（图 5-2）。外卡钳用于测量工件的外形尺寸（如外径、厚度等）；内卡钳用于测量工件的内径和内槽尺寸等。

卡钳的规格（长度）有：100mm、125mm、200mm、250mm、300mm、350mm、400mm、450mm、500mm、600mm。

用卡钳测量，是靠手指的灵敏感觉来得到准确尺寸的。测量时，先将卡钳掰得和工件尺寸相近似，然后轻敲卡钳内外侧来调整卡脚的开度。调整时，不可在工件表面上敲击，也不可敲击卡钳的钳口，以免损伤卡钳。

测量外部尺寸时，将调好尺寸的卡钳垂直地放于被测量的工件上试量，直至卡钳靠自重从工件上滑下去，手指有明显的感觉为止。用大卡钳测量时，一只手托住一只卡脚，使之靠紧测量表面，另一只手握住铰链处，使另一只卡脚在工件上轻轻滑过（图 5-3）。测量时，必须使卡钳与工件的轴线或基准面相垂直。

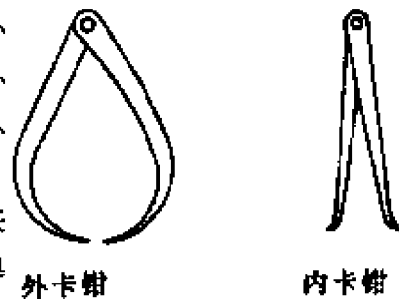


图 5-2 卡钳



图 5-3 外卡钳测量法

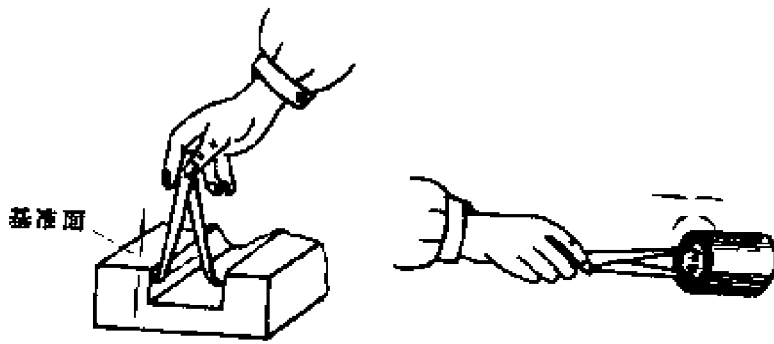


图 5-4 内卡钳测量法

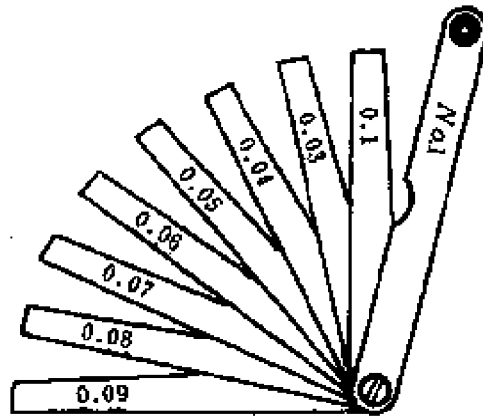


图 5-5 成组塞尺

测量内部尺寸时，将内卡钳插入孔内或槽内的靠边缘部分，将一卡脚和工件表面贴住，另一卡脚作前后左右摆动，经反复调整，直至卡脚贴合松紧适度为止。这时手指有轻微摩擦的感觉（图 5-4）。测量时，要注意卡钳应与孔端面和槽的基准面相垂直。

卡钳的钳口是否平整对测量的精度有很大影响。好的卡钳（如果能正确使用）测量精度可达到 $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ 。

3. 塞尺

塞尺又叫厚薄规或间隙规。它是用来检验两结合面之间间隙的一种精密量具。它与平尺和等高垫块结合使用，还可检验工作台台面的平面度。

塞尺一般成组供应。成组塞尺由一些不同厚度的塞尺片组成，其外形如图 5-5 所示。

塞尺片和成组塞尺通称为“塞尺”。塞尺片分为 A 型和 B 型两种。成组塞尺的技术参数见表 5-3。

表 5-3 成组塞尺的技术参数 (GB8060—87)

A 型	B 型	塞尺片 (长度) (mm)	片数	塞尺片厚度及组装顺序
组别标记				
75A13	75B13	75	13	保 护 片, 0.02, 0.02, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 保护片
100A13	100B13	100		
150A13	150B13	150		
200A13	200B13	200		
300A13	300B13	300		
75A14	75B14	75	14	1.00, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75
100A14	100B14	100		
150A14	150B14	150		
200A14	200B14	200		
300A14	300B14	300		
75A17	75B17	75	17	0.50, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45
100A17	100B17	100		
150A17	150B17	150		
200A17	200B17	200		
300A17	300B17	300		
75A20	75B20	75	20	1.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95
100A20	100B20	100		
150A20	150B20	150		
200A20	200B20	200		
300A20	300B20	300		
75A21	75B21	75	21	0.50, 0.02, 0.02, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45
100A21	100B21	100		
150A21	150B21	150		
200A21	200B21	200		
300A21	300B21	300		

注：建议保护片厚度 $\geq 0.30\text{mm}$ 。

塞尺片分为特级和普通级两个级别，其厚度偏差和弯曲度公差见表 5-4。

表 5-4 塞尺的厚度偏差和弯曲度公差 (mm)

塞尺片厚度	厚度偏差				弯曲度公差	
	特 级		普 通 级		特 级	普通级
	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差		
0.02~0.10	+0.003	-0.002	+0.005	-0.003	—	—
>0.10~0.30	+0.005	-0.003	+0.008	-0.005	0.004	0.006
>0.30~0.60	+0.007	-0.004	+0.012	-0.007	0.005	0.009
>0.60~1.00	+0.010	-0.005	+0.01	-0.009	0.007	0.012

注：在工作面边缘 2mm 范围内的厚度不计。

塞尺片的表面粗糙度见表 5-5。

表 5-5 塞尺片的表面粗糙度

塞尺片厚度 (mm)	工 作 面	其他表面
	表面粗糙度 R_a 的数值 (μm)	
0.02~0.05	0.2	6.3
>0.50~1.00	0.4	

使用时，要将塞尺表面和要测量的间隙内部清擦干净，选择适当厚度的塞尺片插入间隙内进行测量（用力不要过大，松紧要适度）；如果没有合适厚度的塞尺片，可同时组合几片（一般不要超过三片）来测量，根据插入塞尺片的厚度即可得出间隙的大小。

由于塞尺片很薄，容易折断，所以使用时要特别小心，切忌用塞尺在过小的间隙中强行插进或抽出。并且不能用塞尺测量发热的工件。

塞尺使用后，要在表面涂以防锈油，并妥善保存。

4. 90°角尺

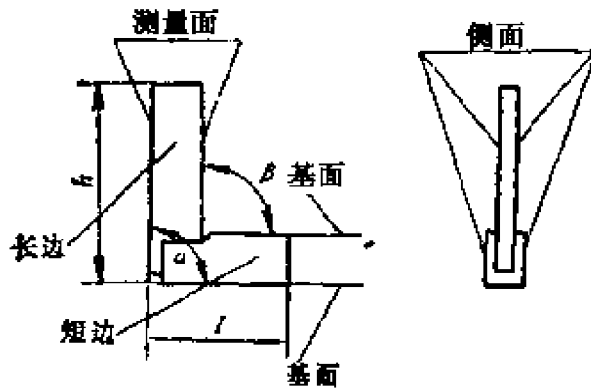
90°角尺是用来测量工件上的直角或在装配中检查零件间相互垂直度的量具。它也可以用来划线。

90°角尺由长边和短边构成，长边的前后面为测量面，短边的上下面为

基面。

90°角尺分为00、0、1和2四个精度等级，其基本尺寸和精度要求见表5-6。

表5-6 90°角尺的基本尺寸和精度要求 (GB6092—85) (μm)



基本尺寸 (mm)	测量面对基面的垂直度公差 (α 、 β 角)				测量面的平面度或直线的度公差				短边上两基面的平行度公差				侧面对基面的垂直度公差				侧面的平面度公差		两侧面的平行度公差	
	00	0	1	2	00	0	1	2	00	0	1	2	00	0	1	2	00; 0	1; 2	00; 0	1; 2
40	1	2	4	8	1	1	2	4	1	2	4	8	—	—	—	—	—	—	—	—
63	1.5	3	6	12	1	1	2	4	—	—	—	—	15	30	60	120	6	24	18	72
80	1.5	3	6	12	1	1	2	4	1.5	3	6	12	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	1	1	2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
125	2	4	8	16	1	1.5	3	6	2	4	8	16	20	40	80	160	9	36	24	96
160	—	—	—	—	1	2	4	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	2	4	8	16	1	2	4	8	2	4	8	16	20	40	80	160	12	48	24	96
315	3	6	12	24	1	2	4	8	3	6	12	24	30	60	120	240	12	48	36	144
500	4	8	16	32	1.5	3	6	12	4	8	16	32	40	80	160	320	18	72	48	192
800	5	10	20	40	2	4	8	16	5	10	20	40	50	100	200	400	24	96	60	240
1000	—	—	—	—	2.5	5	10	20	6	12	24	48	—	—	—	—	—	—	—	—
1250	7	14	28	56	3	6	12	24	7	14	28	56	70	140	280	560	36	144	84	336
1600	9	18	36	72	4	7	14	28	9	18	36	72	90	180	360	720	42	168	108	432

注：表中各数值是在温度为20℃、测量力为零的条件下给定的。

选用 90° 角尺时，一方面要根据被测零件的形状和位置公差等级，同时还应当考虑以下几点：

- 1) 00 级的 90° 角尺一般作为基准，在计量部门作检验量具用。
- 2) 0 级和 1 级的 90° 角尺一般用于检查人员检验精密零件或调试仪器。
- 3) 宽座角尺一般用于生产现场检验普通零件。
- 4) 当被检验面为圆弧面时，应选用平测量面的 90° 角尺进行检验。
- 5) 当被检测面为平面时，应选用圆柱角尺或刀口测量面的 90° 角尺进行检验。

使用前，要擦净被测表面和角尺的支承面与测量面，并检查是否有毛刺和伤痕（如有影响使用的伤痕，应将角尺送去检修）。

测量时，将 90° 角尺的一个基面靠在零件的基准面上，使一个测量面慢慢地靠向零件的被测表面，根据透光间隙的大小，来判断零件两邻面间的垂直度。如果想知道误差的具体数值，可用塞尺测量后，计算出角度的大小。

90° 角尺是一种精密量具，使用时，要特别小心，不要使角尺的尖端、边缘和零件表面相磕碰；搬动时，要一手托短边，一手扶长边，轻拿轻放。

5. 铸铁平尺

铸铁平尺（通称平尺）用于检验工件的直线度和平面度。检验的方法有光隙法、直线偏差法和斑点法（即涂色法）。

常用的铸铁平尺有 I 字、II 字形平尺和桥形平尺两种。I 字、II 字形平尺用于检验狭长导轨平面的直线度，亦可作为过桥来检验两导轨平面的平行度；桥形平尺不仅可检查狭长导轨平面的直线度，而且可作为刮削狭长导轨面时涂色研点的基准研具。

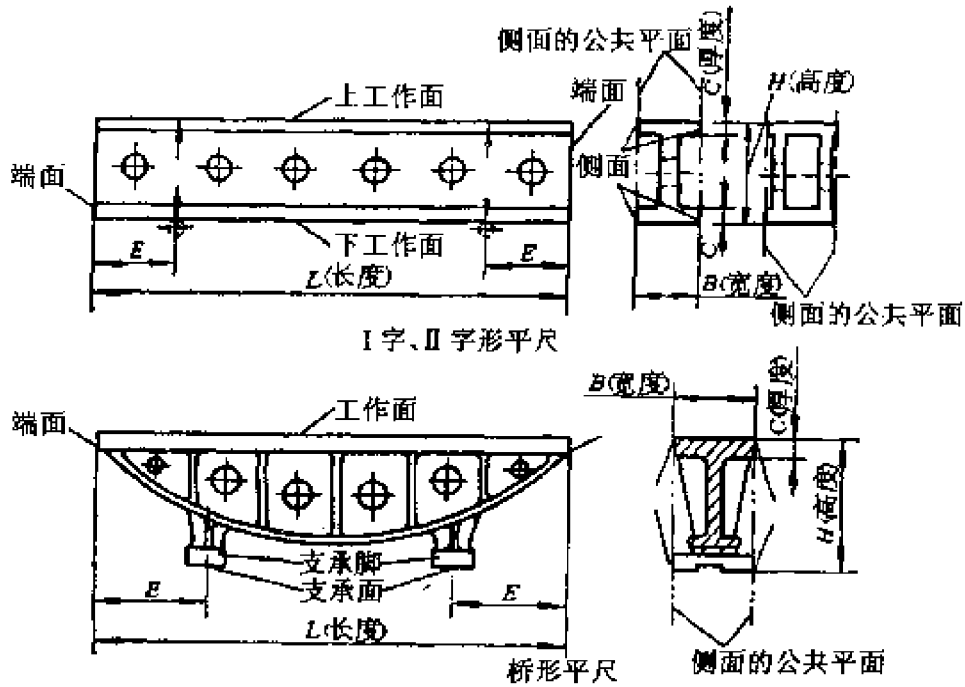
各种铸铁平尺的规格尺寸见表 5-7。

铸铁平尺分为 00、0、1 和 2 四个精度等级。各级精度铸铁平尺的直线度公差和任意 200mm 长度上的直线度公差见表 5-8。

铸铁平尺侧面对工作面的垂直度公差为工作面直线度的 5 倍，其值见表 5-9。

铸铁平尺使用前，应把工作面和被测量面清洗干净，不得有锈蚀、斑痕及其他缺陷存在，否则将直接影响测量精度和“拉毛”平尺及导轨表面。使用时，应根据不同的要求选用相应精度等级的铸铁平尺。

表 5-7 铸铁平尺的规格尺寸 (GB6318—86) (mm)



规格	I字形和II字形平尺				桥形平尺			
	L	B	C (不小于)	H (不小于)	L	B	C (不小于)	H (不小于)
400	400	30	8	75	—	—	—	—
500	500	30	8	75	—	—	—	—
630	630	35	10	80	—	—	—	—
800	800	35	10	80	—	—	—	—
1000	1000	40	12	100	1000	50	16	180
1250	1250	40	12	100	1250	50	16	180
1600	1600*	45	14	150	1600	60	24	300
2000	2000*	45	14	150	2000	80	26	350

(续)

规格	I 字形和 II 字形平尺				桥形平尺			
	L	B	C (不小于)	H (不小于)	L	B	C (不小于)	H (不小于)
2500	2500*	50	16	200	2500	90	32	400
3000	3000*	55	20	250	3000	100	32	400
4000	4000'	60	20	280	4000	100	38	500
5000	—	—	—	—	5000	110	40	550
6300	—	—	—	—	6300	120	50	600

注：1. 平尺长度为带 * 号的尺寸时，建议制成 II 字截面的结构。

2. 图中 E 为最佳支承距离， $E = \frac{2}{9}L$ 。由此确定平尺被检验时的标准支承位置。

表 5-8 铸铁平尺工作面的直线度公差

规格 (mm)	精 度 等 级				规格 (mm)	精 度 等 级			
	00	0	1	2		00	0	1	2
	直线度公差值 (μm)					直线度公差值 (μm)			
400	1.6	2.6	5	—	2000	5.4	9.0	18	36
500	1.8	3.0	6	—	2500	6.6	11.0	22	44
630	2.1	3.5	7	—	3000	7.8	13.0	26	52
800	2.5	4.2	8	—	4000	—	17.0	34	68
1000	3.0	5.0	10	20	5000	—	21.0	42	84
1250	3.6	6.0	12	24	6300	—	—	52	105
1600	4.4	7.4	15	30	任意 200mm	1.1	1.8	4	7

表 5-9 铸铁平尺侧面对工作面的垂直度公差

规格 (mm)	精 度 等 级							
	00	0	1	2	00	0	1	2
	上工作面与下工作面（或支承面） 的平行度公差				侧面对工作面的垂直度公差			
(μm)								
400	2.4	3.9	8		8.0	13.0	25	
500	2.7	4.5	9		9.0	15.0	30	
630	3.2	5.3	11		10.5	18.0	35	
800	3.8	6.3	12		12.5	21.0	40	
1000	4.5	7.5	15	30	15.0	25.0	50	100
1250	5.4	9.0	18	36	18.0	30.0	60	120
1600	6.6	11.1	23	45	22.0	37.0	75	150
2000	8.1	13.5	27	54	27.0	45.0	90	180
2500	9.9	16.5	33	66	33.0	55.0	110	220
3000	11.7	19.5	39	78	39.0	65.0	130	260
4000		25.5	51	102		85.0	170	340
5000		31.5	63	126		105.0	210	420
6300			78	158			260	525

6. 游标卡尺

游标卡尺是利用游标原理测量工件长度、宽度、深度和内外直径的一种精密量具，其测量范围有 0~125mm、0~150mm、0~200mm、0~300mm、0~500mm、0~1000mm 等几种。

游标卡尺的构造如图 5-6a 所示。它由主尺和副尺（游标）组成。主尺和固定卡脚制成一体，副尺和活动卡脚制成一体，依靠弹簧压力沿主尺滑动。

游标卡尺用膨胀系数较小的钢材制成。它的两个卡脚须经过淬火与充分

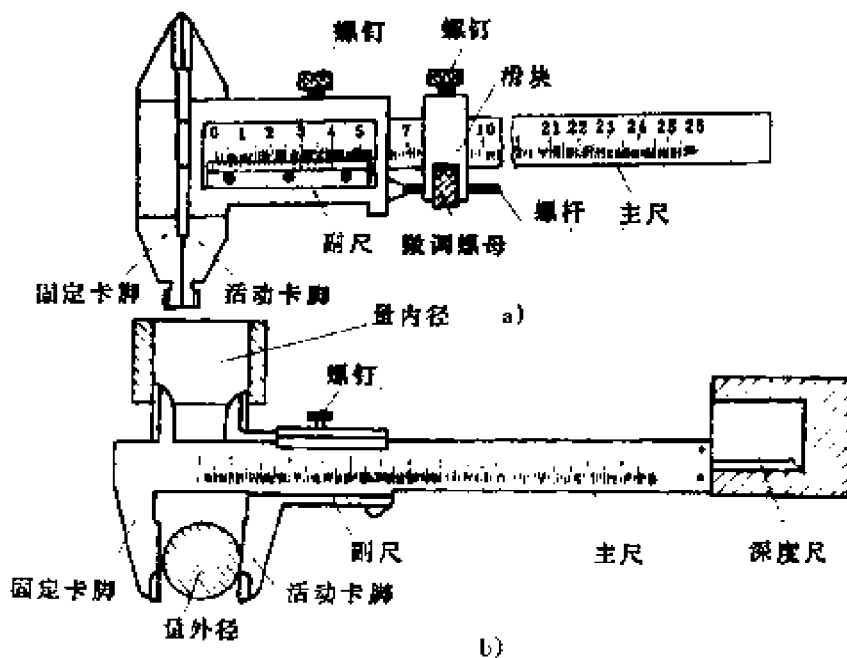


图 5-6 游标卡尺的构造

的时效处理。

游标卡尺的型式分为 I、II、III、IV 四种。各型游标卡尺的测量范围和游标读数数值见表 5-10。

表 5-10 游标卡尺的测量范围和读数数值 (GB1214-85) (mm)

型 式	测 量 范 围	游标读数数值
I	0~125, 0~150	0.02, 0.05, 0.10
II III	0~200, 0~300	
IV	0~500, 0~1000	

游标卡尺测量的示值误差和测量深度 20mm 的示值误差, 无论副尺紧固与否均不得超过表 5-11 的规定。

在使用游标卡尺前, 首先要检查一下主尺与副尺的零线是否对齐, 并用透光法检查两个卡脚的测量面是否贴合, 如有透光不均, 说明卡脚的测量面已经磨损。这样的卡尺不能测量出精确的尺寸。

使用卡尺测量工件外径、内径和深度的方法见图 5-6b。

表 5-11 游标卡尺测量的示值误差 (mm)

测量长度	示 值 误 差		
	游 标 读 数 值		
	0.02	0.05	0.10
0~150	±0.02	±0.05	±0.10
>150~200	±0.03	±0.05	
>200~300	±0.04	±0.08	
>300~500	±0.05	±0.08	
>500~1000	±0.07	±0.10	±0.15
测量深度为 20mm 的示值误差	±0.02	±0.05	±0.10

测量时，将工件放在两卡脚中间，通过游标刻度与主尺刻度的相对位置，便可读出工件的尺寸。当需要使游标作微动调节时，先拧紧紧固螺钉，然后旋转微调螺母，就可推动游标微动。

使用游标卡尺时，切记不可在工件转动时进行测量，亦不可在毛坯和粗糙表面上测量。游标卡尺用完后，应擦拭干净，长时间不用时，应涂上一层薄油脂，以防生锈。

7. 深度游标卡尺

深度游标卡尺（图 5-7）的主要用途是测量孔、槽的深度和台阶的高度等。它由主尺、副尺（游标）、底座、紧固螺钉组成。

深度游标卡尺的技术规格见表 5-12 和 5-13。

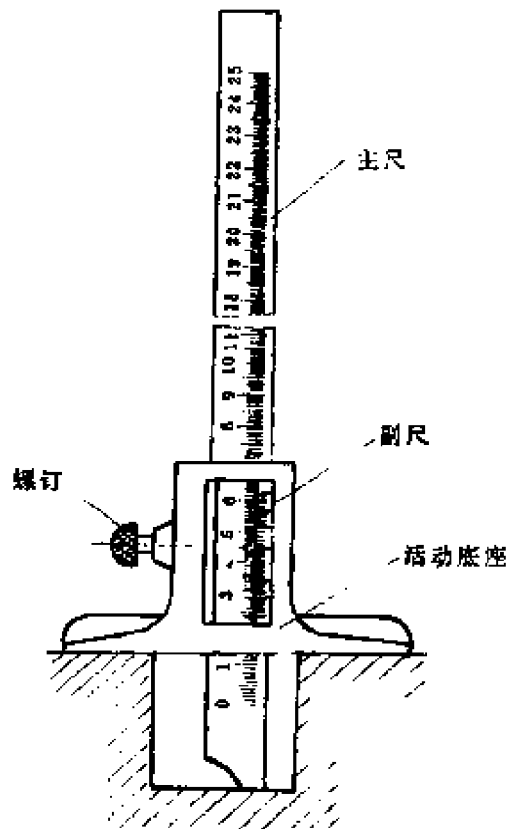


图 5-7 深度游标卡尺

表 5-12 深度游标卡尺的测量范围 (GB1215-87) (mm)

测 量 范 围	游 标 读 数 值
0~200	0.02, 0.05
0~300	
0~500	

表 5-13 深度游标卡尺副尺测量面的尺寸 (mm)

测量范围	测量面长度 L	测量面厚度 B
0~200	≥ 100	≥ 6
0~300		
0~500		

深度游标卡尺的精度要求见表 5-14 和表 5-15。

表 5-14 深度游标卡尺测量面的平面度公差 (mm)

游标读数	尺身和尺框测量面平面度公差
0.02	0.005
0.05	0.008

表 5-15 深度游标卡尺的示值误差 (mm)

测 量 长 度	游 标 读 数 值	
	0.02	0.05
示 值 误 差		
0~150	± 0.02	± 0.05
>150~200	± 0.03	± 0.05
>200~300	± 0.04	± 0.08
>300~500	± 0.05	± 0.08

测量时, 将卡尺紧贴工件表面, 再将主尺插到底部, 然后即可从游标上读出测量尺寸; 或者先旋紧紧固螺钉, 取出后再读尺寸。

8. 外径千分尺

外径千分尺（又叫外径百分尺）用于测量精密工件的外形尺寸，它的测量精度能准确到 0.01mm ，并能估测到 0.005mm 。

外径千分尺的构造如图 5-8 所示。它由尺架 1（带有隔热装置）、测砧 2、固定套管 3（带刻度）、测微螺杆 4、微分筒 5、测力装置 6 和锁紧装置 7 组成。

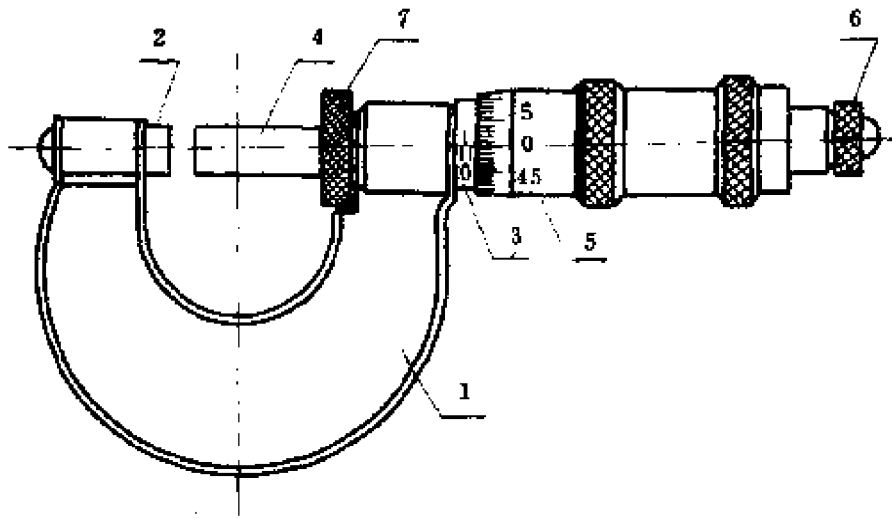


图 5-8 外径千分尺

外径千分尺的技术规格见表 5-16。

表 5-16 外径千分尺的技术规格

测量范围 (mm)	0-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-125, 125-150, 150-175, 175-200, 200-225, 225-250, 250-275, 275-300, 300-325, 325-350, 350-375, 375-400, 400-425, 425-450, 450-475, 475-500, 500-600, 600-700, 700-800, 800-900, 900-1000
读数值 (mm)	0.01

外径千分尺具有测力装置、隔热装置和紧固测微螺杆的锁紧装置。测微螺杆和测砧的测量端直径为 $\varnothing 6.5\text{mm}$ 或 $\varnothing 8\text{mm}$ 。千分尺固定套管纵刻线和微分筒上的刻线宽度为 $0.15 \sim 0.20\text{mm}$ （其误差不超过 0.03mm ）。 $0 \sim 500\text{mm}$ 测砧为固定式的千分尺，其固定套管上的刻度数字见表5-17。

表5-17 外径千分尺固定套管上的刻度数字

测量范围 (mm)	刻度数字标记
0~25, 100~125, 200~225, 300~325, 400~425	0, 5, 10, 15, 20, 25
25~50, 125~150, 225~250, 325~350, 425~450	25, 30, 35, 40, 45, 50
50~75, 150~175, 250~275, 350~375, 450~475	50, 55, 60, 65, 70, 75
75~100, 175~200, 275~300, 375~400, 475~500	75, 80, 85, 90, 95, 100

外径千分尺测量面的平面度不大于 $0.6\mu\text{m}$ ，测微头在 25mm 量程范围内的移动偏差不超过 $3\mu\text{m}$ 。外径千分尺的示值误差和两测量面的平行度见表5-18。

表5-18 外径千分尺的示值误差

测量范围 (mm)	示值误差	平行度	尺架受 10N 力时变形
	(μm)		
0~25, 25~50	4	2	2
50~75, 75~100	5	3	3
100~125, 125~150	6	4	4
150~175, 175~200	7	5	5
200~225, 225~250	8	6	6
250~275, 275~300	9	7	6
300~325, 350~375, 325~350, 375~400	11	9	8

(续)

测量范围 (mm)	示值误差	平行度	尺架受 10N 力时变形
	(μm)		
400~425, 450~475 425~450, 475~500	13	11	10
500~600	15	12	12
600~700	16	14	14
700~800	18	16	16
800~900	20	18	18
900~1000	22	20	20

使用外径千分尺前, 应先将校对量杆置于测砧和测微螺杆之间, 检查它的固定套管中心线与微分筒的零线是否重合。如不重合, 应进行调整。

测量时, 当两测量面接触工件后, 测力装置棘轮空转, 发出“轧轧”声时, 方可读出尺寸。如果由于条件限制, 不能在测量工件时读出尺寸, 可以旋紧锁紧装置, 然后取下千分尺读出尺寸。

使用时, 不得强行转动微分筒, 要尽量使用测力装置; 切忌把千分尺先固定好再用力向工件上卡, 这样会损坏测量表面或弄弯测微螺杆。用完后, 要擦净放入盒内, 并定期检查校验, 以保证精度。

9. 万能角度尺

万能角度尺又叫游标角度尺或万能量角器, 是用来测量零件上各种角度的工具。其种类很多, 但以游标刻度值为 $2'$ 的万能角度尺应用最广。

万能角度尺的构造如图 5-9 所示。扇形板 1 上带有角度的刻线, 与基尺 2 固定在一起; 带有游标 3 的楔形铁块 4 可沿扇形板移动; 铁块 4 上以卡块 5 装夹角尺 6; 角尺上以卡块装夹直尺 7; 8 为止动器。

使用万能角尺前, 应先将各工作面擦干净, 然后把基尺和直尺合拢, 看游标的零线是否与主尺的零线对齐, 零位对正后, 才能进行测量。

10. 百分表

百分表用于测量工件的各种几何形状误差和相互位置的正确性, 并可借助于量块对零件的尺寸进行比较测量。其优点是准确、可靠、方便、迅速。

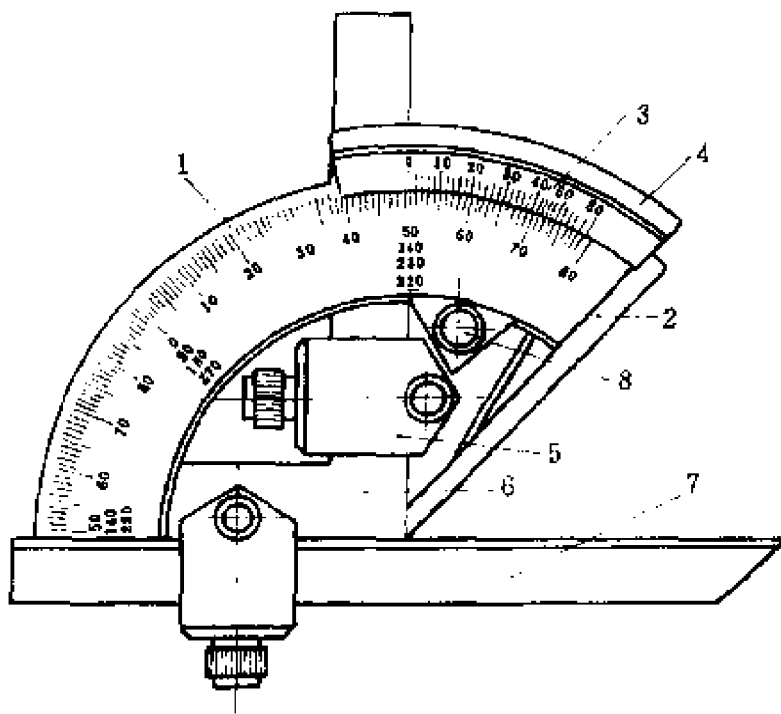


图 5-9 万能角度尺

百分表的测量范围有 0~3mm、0~5mm 和 0~10mm 三种。分度值为 0.01mm。百分表的示值误差见表 5-19。

表 5-19 百分表的示值误差 (μm)

测量范围 (mm)	任意 0.1mm 误差	任意 0.5mm 误差	任意 1mm 误差	任意 2mm 误差	示值总误差
0~3	5	8	10	12	14
0~5					16
0~10					18

常见百分表的构造如图 5-10 所示。量杆 1 的下端有测量头 2。测量时，当测量头触及零件的被测表面后，量杆能上下移动。量杆每移动 1mm，主指针 3 即转动 1 整圈。在表盘 4 上把全圆周分成 100 等分。因此，每等分为 0.01mm，即主指针每摆动 1 格时，量杆移动 0.01mm。所以，百分表的测量精度为 0.01mm。

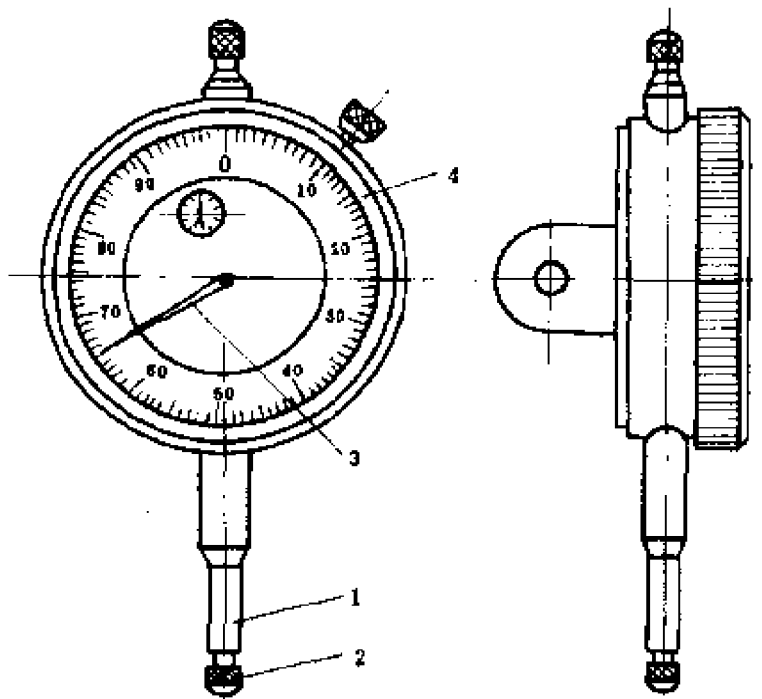


图 5-10 百分表

1—量杆 2—测量头 3—主指针 4—表盘

在使用时，可将百分表装在表架上，把零件放在平板上，使百分表的测量头压到被测零件的表面上，再转动刻度盘，使主指针对准零位，然后移动百分表，就可测出零件的直线度或平行度。将需要检测的轴装在 V 形架上，使百分表的测量头压到被测零件表面上，用手转动轴，就可测出轴的径向圆跳动。

百分表不用时，应解除所有负荷，用软布把表面擦净，并在容易生锈的表面上涂一层工业凡士林，然后装入匣内。

11. 内径百分表

内径百分表是测量孔径的工具，常用来测量圆柱形内孔和深孔的尺寸及其几何形状的正确性。内径百分表经一次调整后可测量基本尺寸相同的若干个孔而中途不需调整，尤其在大批大量生产中，应用十分方便。

内径百分表由表头和表架两部分组成。其外观如图 5-11 所示。

根据测孔深度的不同，内径百分表分为 I 型和 II 型两种。其测量范围、活动测头工作行程和测孔深度见表 5-20。

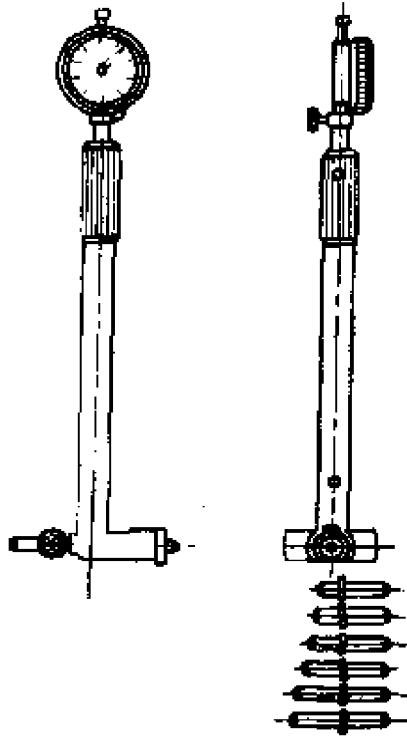


图 5-11 内径百分表

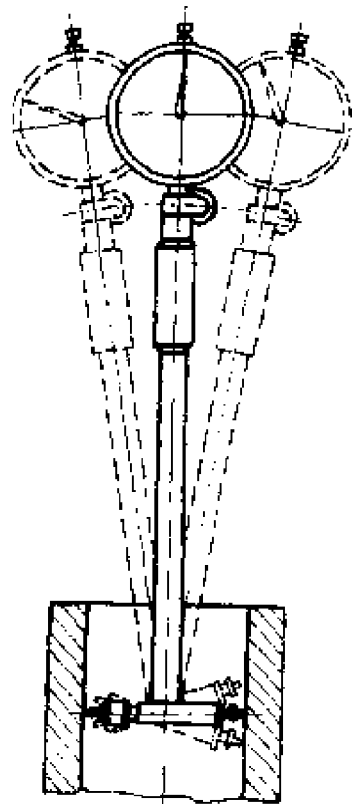


图 5-12 内径百分表的测量方法

表 5-20 内径百分表的技术规格 (GB8122-87) (mm)

测量范围		6~10	10~18	18~35	35~50	50~100	100~160	160~250	250~450
活动测头工作行程		0.6	0.8	1	1.2	1.6	1.6	1.6	1.6
I型	测孔深度	≤40	≤50	≤63	≤80	≤100	≤125	≤200	≤250
II型	H	≥80	≥100	≥125	≥160	≥200	≥250	≥400	≥500

注：以活动测头压缩 0.1mm 时作为活动测头工作行程的起点。

内径百分表的分度值为 0.01mm，其示值误差见表 5-21。

测量前，根据被测量的尺寸选取相应的测头，装在表架上，然后利用标准环或外径千分尺来调整内径百分表的零位。

调整内径百分表零位时，先按几次活动测头，试一下表，再将表稍作摆动，找出最小值（即表针拐点），如图 5-12 所示。然后，转动百分表的刻度盘，使零线与拐点相重合，再将表摆动几次，检查一下零位。零位对好

后，从标准环内取出百分表。

表 5-21 内径百分表的精度要求

测 量 误 差 (mm)	示值总误差	相邻误差	定中心误差
	(μm)		
6~18	12	6	3
18~50	15	5	3
>50	18	6	3

测量时，操作方法与对零位相同。读数时，表针的指示数值就是被测孔径与标准环孔径的差值。如果指针正好指在零位，说明被测孔径与标准环孔径的尺寸相同。如果表针顺时针方向离开零位，表示被测孔径小于标准环的孔径；如果表针逆时针方向离开零位，表示被测孔径大于标准环的孔径。

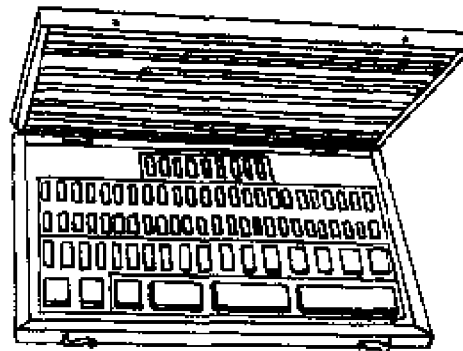


图 5-13 量 块

使用内径百分表时，应注意不要让测头突然触及工件，以免损伤表内零件；被测表面应擦干净，以保证测量准确；内径百分表应避免受潮及沾染油污和灰尘，使用后应小心地安放在匣内。

12. 量块

量块又叫块规，是极精密的量具，常用来测量精密零件或校验其他量具与仪器，也可用于调整精密机床。在技术测量上，量块是长度计量的基准。

量块由特种合金钢制成，并经过淬火硬化（HRC63）和精密机械加工，两个平面的精度（平面度）达到 0.0001~0.0005mm。

量块一般成套制作，装在特制的木盒内（图 5-13）。为了减少量块的磨损，每套量块中都备有保护量块的护块。

成套量块的规格尺寸和精度等级见表 5-22。

表 5-22 成套量块的规格尺寸 (GB6093—85)

套 别	总块数	级 别	尺 寸 系 列 (mm)	间 隔 (mm)	块 数
1	91	00,0,1	0.5	—	1
			1	—	1
			1.001, 1.002, ……………, 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, ……………, 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, ……………, 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, ……………, 9.5	0.5	16
			10, 20, ……………, 100	10	10
2	83	00,0,1,2,(3)	0.5	—	1
			1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02, ……………, 1.49	0.01	49
			1.5, 1.6, ……………, 1.9	0.1	5
			2.0, 2.5, ……………, 9.5	0.5	16
			10, 20, ……………, 100	10	10
3	46	0,1,2	1	—	1
			1.001, 1.002, ……………, 1.009	0.001	9
			1.01, 1.02, ……………, 1.09	0.01	9
			1.1, 1.2, ……………, 1.9	0.1	9
			2, 3, ……………, 9	1	8
			10, 20, ……………, 100	10	10
4	38	0,1,2,(3)	1	—	1
			1.005	—	1
			1.01, 1.02, ……………, 1.09	0.01	9
			1.1, 1.2, ……………, 1.9	0.1	9
			2, 3, ……………, 9	1	8
			10, 20, ……………, 100	10	10
5	10 ⁻	00,0,1	0.991, 0.992, ……………, 1	0.001	10
6	10 ⁺	00,0,1	1, 1.001, ……………, 1.009	0.001	10
7	10 ⁻	00,0,1	1.991, 1.992, ……………, 2	0.001	10
8	10 ⁺	00,0,1	2, 2.001, 2.002, ……………, 2.009	0.001	10

(续)

套 别	总块数	级 别	尺 寸 系 列 (mm)	间隔(mm)	块数
9	8	00, 0, 1, 2, (3)	125, 150, 175, 200, 250, 300, 400, 500		8
10	5	00, 0, 1, 2, (3)	600, 700, 800, 900, 1000		5
11	10	0, 1	2.5, 5.1, 7.7, 10.3, 12.9, 15, 17.6, 20.2, 22.8, 25		10
12	10	0, 1	27.5, 30.1, 32.7, 35.3, 37.9, 40, 42.6, 45.2, 47.8, 50		10
13	10	0, 1	52.5, 55.1, 57.7, 60.3, 62.9, 65, 67, 70.2, 72.8, 75		10
14	10	0, 1	77.5, 80.1, 82.7, 85.3, 87.9, 90, 92.6, 95.2, 97.8, 100		10
15	12	3	41.2, 81.5, 121.8, 51.2, 121.5, 191.8, 101.2, 201.5, 291.8, 10 (20 二块)		12
16	6	3	101.2, 200, 291.5, 375, 451.8, 490		6
17	6	3	201.2, 400, 581.5, 750, 901.8, 990		6

注：对于套别 11、12、13、14，允许制成圆形的。

量块的技术要求见表 5-23~表 5-25。

表 5-23 量块长度的极限偏差和长度变动量

标称长度 范 围 (mm)		00 级		0 级		1 级		2 级		(3) 级		标准级 K	
		量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值
大于	至	(μm)											
—	10	±0.06	0.05	±0.12	0.10	±0.20	0.16	±0.45	0.30	±1.0	0.50	±0.20	0.05

(续)

标称长度 范围 (mm)		00级		0级		1级		2级		(3)级		标准级K	
		量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值	量块 长度 的极 限偏 差	长度 变动 量允 许值
大于	至	(μm)											
1	25	±0.07	0.06	±0.14	0.10	±0.30	0.16	±0.60	0.30	±1.2	0.50	±0.30	0.05
25	50	±0.10	0.06	±0.20	0.10	±0.40	0.18	±0.80	0.30	±1.6	0.55	±0.4	0.06
50	75	±0.12	0.06	±0.25	0.12	±0.50	0.18	±1.00	0.35	±2.0	0.55	±0.50	0.06
75	100	±0.14	0.07	±0.30	0.12	±0.60	0.20	±1.20	0.35	±2.5	0.60	±0.60	0.07
100	150	±0.20	0.08	±0.40	0.14	±0.80	0.20	±1.60	0.40	±3.0	0.65	±0.80	0.08
150	200	±0.25	0.09	±0.50	0.16	±1.00	0.25	±2.00	0.40	±4.0	0.70	±1.00	0.09
200	250	±0.30	0.10	±0.60	0.16	±1.20	0.25	±2.40	0.45	±5.0	0.75	±1.20	0.10
250	300	±0.35	0.10	±0.70	0.18	±1.40	0.25	±2.80	0.50	±6.0	0.80	±1.40	0.10
300	400	±0.45	0.12	±0.90	0.20	±1.80	0.30	±3.60	0.50	±7.0	0.90	±1.80	0.12
400	500	±0.50	0.14	±1.10	0.25	±2.20	0.35	±4.40	0.60	±9.0	1.0	±2.20	0.14
500	600	±0.60	0.16	±1.30	0.25	±2.60	0.40	±5.00	0.70	±11.0	1.1	±2.60	0.16
600	700	±0.70	0.18	±1.50	0.30	±3.00	0.45	±6.00	0.70	±12.0	1.2	±3.00	0.18
700	800	±0.80	0.20	±1.70	0.30	±3.40	0.50	±6.50	0.80	±14.0	1.3	±3.40	0.20
800	900	±0.90	0.20	±1.90	0.35	±3.80	0.50	±7.50	0.90	±15.0	1.4	±3.80	0.20
900	1000	±1.00	0.25	±2.00	0.40	±4.20	0.60	±8.00	1.00	±17.0	1.5	±4.20	0.25

注：1. 根据特殊订货要求，对00级、0级和K级量块，可以供给成套量块中心长度的实测值。

2. 带（ ）的等级，根据订货供应。

3. 表中所列偏差为保证值。

4. 距离测量面边缘0.5mm范围内不计。

表 5-24 量块测量面的平面度

标称长度 (mm)		平面度 (μm)			
大于	至	00, K	0	1.2	(3)
	200	0.05	0.10	0.15	0.25
200	500	0.10	0.15	0.18	0.25
500	1000	0.15	0.18	0.20	0.25

表 5-25 量块各表面的粗糙度 (μm)

名 称	R_a 值	
	00, 0, K 级	1, 2, (3) 级
测量面	0.01	0.016
侧面与测量面之间倒棱	0.32	
其他表面	0.63	

测量时，为了适应不同尺寸的需要，常将量块叠接使用，但是叠接的块数越多，误差越大。因此，需要叠接使用时，量块的块数越少越好，最好不要超过 4 块。

叠接量块时，要特别小心。否则，不仅量块贴合不牢，而且会很快磨损。

测量完毕后，应立即拆开量块，洗擦干净，涂上防护油，放在盒中格子内。

13. 光滑极限量规

光滑极限量规是一种具有固定尺寸的检验工具，它一般是根据被检验零件的形状和大小，制成具有两个控制尺寸的测头，一端叫通端（通过端）测头，另一端叫止端（不通过端）测头，通端测头和止端测头分别作成被测部位的最大和最小极限尺寸。光滑极限量规正是利用这两个极限



图 5-14 塞 规

尺寸来检验零件的尺寸的。常用的光滑极限量规，根据用途的不同分为塞规和卡规两种。

(1) 塞规 塞规是用于测量零件的孔、槽等内部尺寸的一种工具。图 5-14 所示为最常见的塞规。塞规的规格尺寸见表 5-26。

表 5-26 锥柄圆柱塞规的技术规格 (根据 GB6322—86) (mm)

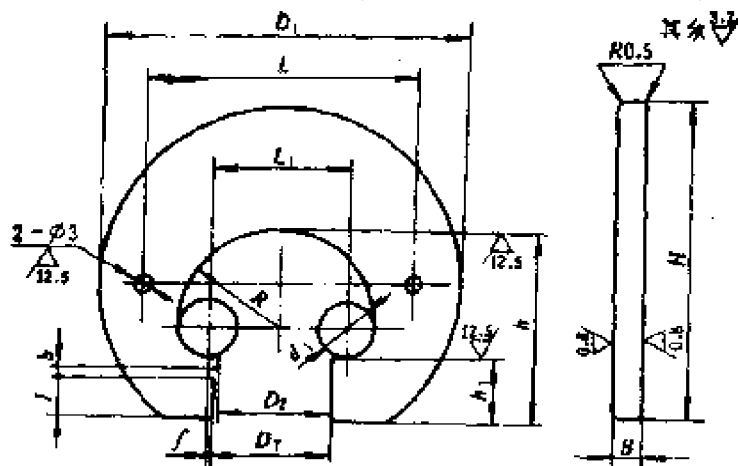
公称直径	总长	工作长度		公称直径	总长	工作长度	
		通端测头	止端测头			通端测头	止端测头
1~3	62	6.5	4.5	>18~24	132	16	12
>3~6	74	8	6	>24~30	136	18	14
>6~10	87	10	7	>30~40	155	20	15
>10~14	99	12	8	>40~50	169	25	18
>14~18	114	14	10				

塞规的两端作成两个圆柱体，长圆柱体的一端为通端测头，其直径等于被检验孔的最小极限尺寸；短圆柱体的一端为止端测头，其直径等于被检验孔的最大极限尺寸。检验时，若通端测头能通过而止端测头不能通过，则零件合格。

(2) 卡规 卡规又叫卡板，它是检验圆柱形、长方形、多边形等零件外部尺寸的一种工具。卡规的通端 (D_T) 为零件的最大极限尺寸，止端 (D_2) 为零件的最小极限尺寸。

单头双极限卡规的型式和尺寸见表 5-27~表 5-29。

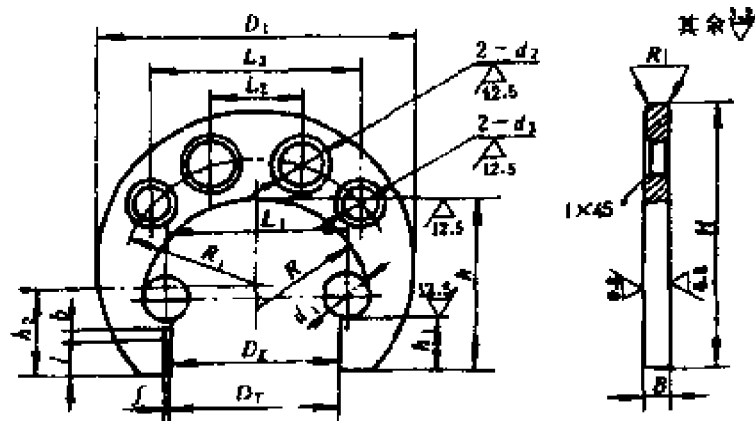
表 5-27 1~80mm 单头双极限卡规的型式和尺寸 (mm)



(续)

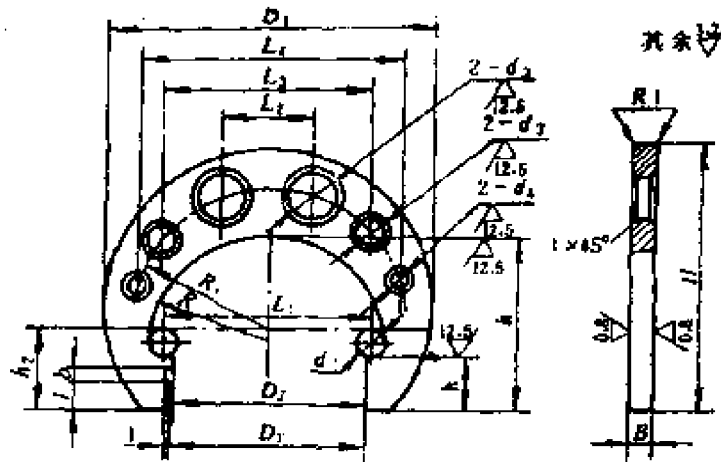
基本尺寸 D	D_1	L	L_1	R	d_1	i	b	f	h	h_1	B	H
由 1 至 3	32	20	6	6	6	5	2	0.5	19	10	3	31
大于 3 至 6									22.5		4	
大于 6 至 10	40	26	9	8.5	8	8	0.5	29	15	5	6	38
大于 10 至 18	50	36	16	12.5								
大于 18 至 30	65	48	26	18	10	11	3	45	20	8	8	72
大于 30 至 40	82	62	35	24								
大于 40 至 50	94	72	45	29	12	14	4	1	50	24	10	82
大于 50 至 65	116	92	60	38	14							
大于 65 至 80	136	108	74	46	16	14	4	1	62	24	10	100

表 5-28 80~120mm 单头双极限卡规的型式和尺寸 (mm)



基本尺寸 D	D_1	L_1	L_2	L_3	R	R_1	d_1	d_2	d_3	i	b	f	h	h_1	h_2	B	H
大于 80 至 90	150	85	42	96	51.5	62		20	14				82		43		129
大于 90 至 105	168	98	45	108	57.5	69	16	24	16	17	6	1	87.5	30	44.5	10	139.5
大于 105 至 120	186	113	50	120	65	77		30	20				95		47		153

表 5-29 120~260mm 单头双极限卡规的型式和尺寸 (mm)



基本尺寸 D	D ₁	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	R	R ₁	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	l	b	h	h ₁	h ₂	B	H
大于 120 至 135	204	128	56	130	164	73.5	86							108.5				168.5
大于 135 至 150	222	143	59	138	175	81	94						20.8	116	35	53	10	178
大于 150 至 165	240	158	62	140	188	88.5	102	183	225	14				128.5				192.5
大于 165 至 180	258	173	65	152	202	96	111						22.10	136	40	58.5	12	202
大于 180 至 200	278	190	68	170	224	105.5	121							149				216.5
大于 200 至 220	298	210	71	175	235	115.5	131						24.12	158	44	62		227
大于 220 至 240	318	230	74	190	258	125.5	141	203	352	8	16			172			14	242.5
大于 240 至 260	338	250	77	205	278	135.5	151						28.14	180	48	66.5		252

检验时，如果卡规的通端能通过零件，而止端不能通过零件，则表示零件合格；如果卡规的通端和止端都能通过零件，则表示尺寸太小，已成废品；如果通端和止端都不能通过零件，则表示零件尺寸太大，不合格，必须返工。

14. 正弦规

正弦规又叫正弦尺，是测量精密工件或量规角度的工具。用正弦规也可测量内、外锥体的尺寸和校正水平仪等。在机床上加工带角度的工件时，还可用它进行精密定位。不过，正弦规的测量结果，还须用直角三角形的正弦

函数计算出测量的角度。

正弦规由精密的钢质长方体和两个精密圆柱体组成。两个圆柱体的直径相等，其中心连线与长方体的平面互相平行。



图 5-15 正弦规

正弦规（图 5-15）分为窄型和宽型两种，其主要规格尺寸见表 5-30。

表 5-30 正弦规的主要尺寸（摘自 GB4973—85）

两圆柱中心距 (mm)	圆柱直径 (mm)	工作台宽度 (mm)	
		窄 型	宽 型
100	20	25	80
200	30	40	80

正弦规的精度等级分为 0 级和 1 级两种。其尺寸精度、形状和位置公差及综合误差见表 5-31。

测量时，将正弦规放在平板上，圆柱的一端用量块组垫高（图 5-16），然后用百分表检验。当工件表面和平板平行后，可根据量块组的高度尺寸和正弦规的中心距用下式来计算测量的角度。

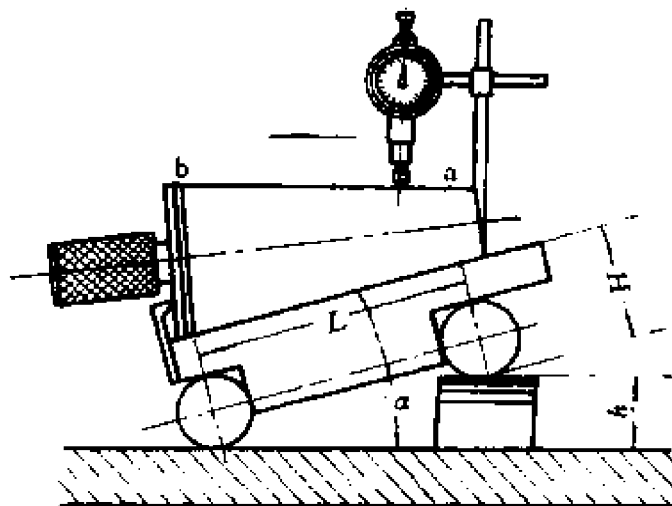


图 5-16 正弦规的测量方法

$$\sin \alpha = \frac{h}{L}$$

式中 α ——工件的圆锥角 ($^{\circ}$);
 h ——量块组的尺寸 (mm);
 L ——正弦规的中心距 (mm)。

表 5-31 正弦规的尺寸精度和公差要求 (GB4973—85)

序号	项 目		$L = 100\text{mm}$		$L = 200\text{mm}$		备 注
			0 级	1 级	0 级	1 级	
1	两圆柱中心距的偏差	窄型	± 1	± 2	± 1.5	± 3	
		宽型	± 2	± 3	± 2	± 4	
2	两圆柱轴线的平行度	窄型	1	1	1.5	2	全长上
		宽型	2	3	2	4	
3	主体工作面上各孔中心线间距的偏差	宽型	± 150	± 200	± 150	± 200	
4	同一正弦规的两圆柱直径差	窄型	1	1.5	1.5	2	
		宽型	1.5	3	2	3	
5	圆柱工作面的圆柱度	窄型	1	1.5	1.5	2	
		宽型	1.5	2	1.5	2	
6	正弦规主体工作面平面度		1	2	1.5	2	中凹
7	正弦规主体工作面与两圆柱下部母线公切面的平行度		1	2	1.5	3	
8	侧挡板工作面与圆柱轴线的垂直度		22	35	30	45	全长上
9	前挡板工作面与圆柱轴线的平行度	窄型	5	10	10	20	全长上
		宽型	20	40	30	60	
10	正弦规装置成 $30''$ 时的综合误差	窄型	$\pm 5''$	$\pm 8''$	$\pm 5''$	$\pm 8''$	
		宽型	$\pm 8''$	$\pm 16''$	$\pm 8''$	$\pm 16''$	

注: 1. 表中数值是温度为 20°C 时的数值。

2. 表中所列误差在工作面边缘 1mm 范围上不计。

〔例〕已知 $h = 5\text{mm}$, $L = 100\text{mm}$, 求 α 。

解: $\sin\alpha = \frac{h}{L} = \frac{5}{100} = 0.05$

查三角函数表可知 $\alpha = 2^{\circ}52'$

如果已知圆锥角 α 和正弦规的中心距 L , 便可计算出量块组的尺寸:

$$h = L \sin\alpha$$

当在正弦规上测量标准锥度、公制锥度和莫氏锥度时, 所用量块组的尺寸可由表 5-32 和表 5-33 中查出。

表 5-32 在正弦规上测量标准锥度时的量块组尺寸

锥度 K	圆锥角 α	量块组尺寸 (mm)		锥度 K	圆锥角 α	量块组尺寸 (mm)	
		L = 100	L = 200			L = 100	L = 200
1:200	0°17'11"	0.5000	1.0000	1:7	8°10'16"	14.2132	28.4264
1:100	0°34'23"	1.0000	2.0000	1:5	11°25'16"	19.3020	39.6040
1:50	1°8'45"	1.9998	3.9996	1:3	18°55'29"	32.4324	64.8649
1:30	1°54'35"	3.3324	6.6648	1:1.866	30°	50.0000	100.0000
1:20	2°51'51"	4.9969	9.9938	1:1.207	45°	70.7100	141.4200
1:15	3°49'6"	6.6593	13.3185	1:0.866	60°	86.6000	173.2000
1:12	4°46'19"	8.3189	16.6378	1:0.652	75°	96.5900	193.1800
1:10	5°43'29"	9.9751	19.9501	1:0.500	90°	100.0000	200.0000
1:8	7°9'10"	12.4514	24.9027				

表 5-33 在正弦规上测量公制锥度和莫氏锥度用的量块组尺寸

锥度名称		锥度 K	圆锥角 α	量块组尺寸 (mm)	
				L = 100	L = 200
公制	4	0.05	2°51'51"	4.9968	9.9937
	6				
莫氏	0	0.05205	2°58'53.6"	5.2015	10.4029
	1	0.04988	2°51'26.6"	4.9850	9.9700
	2	0.04995	2°51'41"	4.9920	9.9840
	3	0.05020	2°52'31.4"	5.0164	10.0328
	4	0.05194	2°58'30.6"	5.1903	10.3806
	5	0.05263	3°0'52.4"	5.2590	10.5179
	6	0.05214	2°59'11.6"	5.2102	10.4203

(续)

锥度名称		锥度 K	圆锥角 α	量块组尺寸 (mm)	
				L = 100	L = 200
公制	80; 100;	0.05	2°51'51"	4.9968	9.9937
	120; 140;				
	160; 200				

15. 半径样板

半径样板又叫半径规。它是一种带有不同半径的标准圆弧薄片，用于检验凸形和凹形圆弧的半径。半径样板的外形如图 5-17 所示。

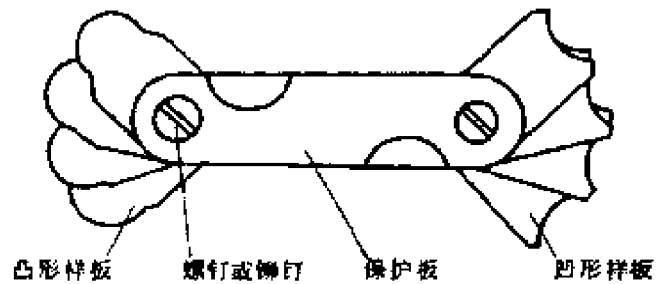


图 5-17 半径样板

半径样板，一般成组供应。成组样板按其半径的尺寸范围分为 1、2、3 组。样板的宽度、厚度和半径的尺寸系列见表 5-34。

表 5-34 成组半径样板的规格尺寸 (GB9054-88)

组别	半径尺寸范围	半径尺寸系列 (mm)	样板宽度	样板厚度	样板数	
					凸形	凹形
1	1~6.5	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, 2.75, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5	13.5	0.5	16	16
2	7~14.5	7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 10.5, 11, 11.5, 12, 12.5, 13, 13.5, 14, 14.5	20.5			
3	15~25	15, 15.5, 16, 16.5, 17, 17.5, 18, 18.5, 19, 19.5, 20, 21, 22, 23, 24, 25				

半径样板采用 45 号冷轧带钢或优质碳素钢制造。其测量面的硬度不低于 HV230，测量面的表面粗糙度 R_a 为 $1.6\mu\text{m}$ ，测量面的半径尺寸及其极限偏差见表 5-35。

表 5-35 半径样板测量面的半径尺寸及偏差 (mm)

半径尺寸	极限偏差	半径尺寸	极限偏差
1~3	± 0.020	>10~18	± 0.035
>3~6	± 0.024	>18~25	+0.042
>6~10	± 0.029		

成组半径样板应按半径尺寸系列由小到大顺序排列。使用半径样板时，应依次以不同半径尺寸的样板，在工件圆弧表面处作检验，当密合一致时，该半径样板的尺寸即为被测圆弧表面半径的尺寸。

16. 螺纹样板

螺纹样板又叫螺纹规或螺距规。它是一种带有不同螺距基本牙型的薄片，通过互相比较来确定被测螺纹的螺距。螺纹样板的外形如图 5-18 所示。

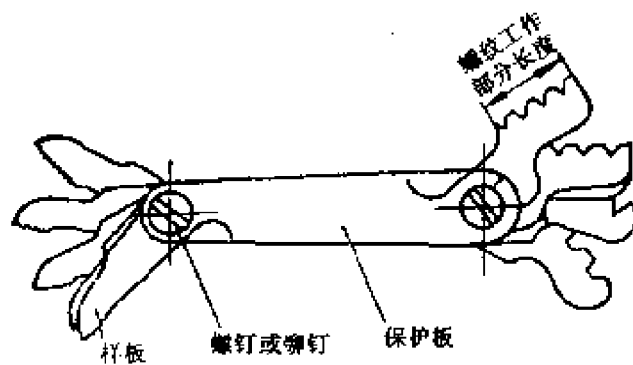


图 5-18 螺纹样板

螺纹样板用来检验普通螺纹的螺距，也可检验英制螺纹的螺距，其厚度为 0.5mm 。螺纹样板，一般成套供应。成套螺纹样板的螺距尺寸见表 5-36。

表 5-36 成套螺纹样板的螺距尺寸系列 (GB9055--88)

螺距种类	普通螺纹螺距 (mm)	英制螺纹螺距 (牙/in)
螺距尺寸系列	0.40, 0.45, 0.50, 0.60, 0.70, 0.75,	28, 24, 22, 20,
	0.80, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00,	19, 18, 16, 14,
	2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, 5.00,	12, 11, 10, 9, 8,
	5.50, 6.00	7, 6, 5, 4.5, 4
样板数	20	18

普通螺纹样板和英制螺纹样板的牙型如图 5-19 所示, 其基本尺寸见表 5-37 和 5-38。

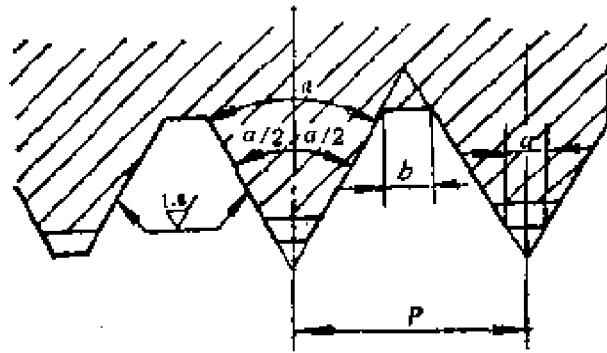


图 5-19 螺纹样板的牙型

螺纹样板主要用于低精度螺纹零件的螺距和牙型角的检验。检验螺距时, 将螺纹样板卡在被测螺纹零件上, 如果不密合, 就另换一片, 直至密合为止, 这时该螺纹样板上标记的尺寸即为被测螺纹零件的螺距。检验牙型角时, 把螺距相同的螺纹样板放在被测螺纹上面, 然后检查其接触情况。如果没有间隙透光, 则说明螺纹的牙型角是正确的。如果有透光现象, 则说明被测螺纹的牙型角不准确。此种检验方法只能判断牙型角误差的大概情况, 不能确定牙型角误差的数值。

表 5-37 普通螺纹样板的尺寸

(mm)

螺 距 P		基本牙 型角 α	牙型半角 ($\alpha/2$) 极限偏差	牙顶和牙底宽度			螺纹工作 部分长度		
基本 尺寸	极限 偏差			a		b			
				最小	最大	最大			
0.40	± 0.010	60°	$\pm 60'$	0.10	0.16	0.05	5		
0.45				0.11	0.17	0.06			
0.50				0.13	0.21	0.06			
0.60								$\pm 50'$	0.15
0.70	± 0.015			$\pm 40'$	0.18	0.26	0.09		10
0.75					0.19	0.27	0.09		
0.80					0.20	0.28	0.10		
1.00					0.25	0.33	0.13		
1.25					$\pm 35'$	0.31	0.43	0.16	
1.50					± 0.020		$\pm 30'$	0.38	
1.75	0.44		0.56	0.22					
2.00	0.50		0.62	0.25					
2.50	$\pm 25'$	0.63	0.75	0.31					
3.00		0.75	0.87	0.38					
3.50		0.88	1.03	0.44					
4.00		1.00	1.15	0.50					
4.50	$\pm 20'$	1.13	1.28	0.56					
5.00		1.25	1.40	0.63					
5.50		1.38	1.53	0.69					
6.00		1.50	1.65	0.75					

表 5-38 英制螺纹样板的尺寸

(mm)

螺距 P			基本牙 型角 α	牙型半角 ($\alpha/2$) 极限偏差	牙顶和牙底宽度			螺纹工作 部分长度		
每英寸 牙数	基本 尺寸	极限 偏差			a		b			
					最小	最大	最大			
28	0.907	± 0.015	55°	+ 40'	0.22	0.30	0.15	10		
24	1.058				0.27	0.39	0.18			
22	1.154				0.29	0.41	0.19			
20	1.270				$\pm 35'$	0.31	0.43		0.21	
19	1.337				$\pm 30'$	0.33	0.45		0.22	
18	1.411					0.35	0.47		0.24	
16	1.588			0.39		0.51	0.27			
14	1.814			0.45		0.57	0.30			
12	2.117			± 0.020	55°	$\pm 25'$	0.52	0.64	0.35	16
11	2.309						0.57	0.69	0.38	
10	2.540	0.62	0.74				0.42			
9	2.822	0.69	0.81				0.47			
8	3.175	0.77	0.92				0.53			
7	3.629	0.89	1.04				0.60			
6	4.233	$\pm 20'$	1.04			1.19	0.70			
5	5.080		1.24			1.39	0.85			
4.5	5.644		1.38			1.53	0.94			
4	6.350		1.55			1.70	1.06			

17. 水平仪

水平仪是检验平面对水平或垂直位置偏差的仪器，主要用于检查零件平面的平面度、机件相互位置的垂直度和设备安装的相对水平位置等。

(1) 水平仪的种类 钳工常用的水平仪有条式和框式两种，其构造如图

5-20 所示。

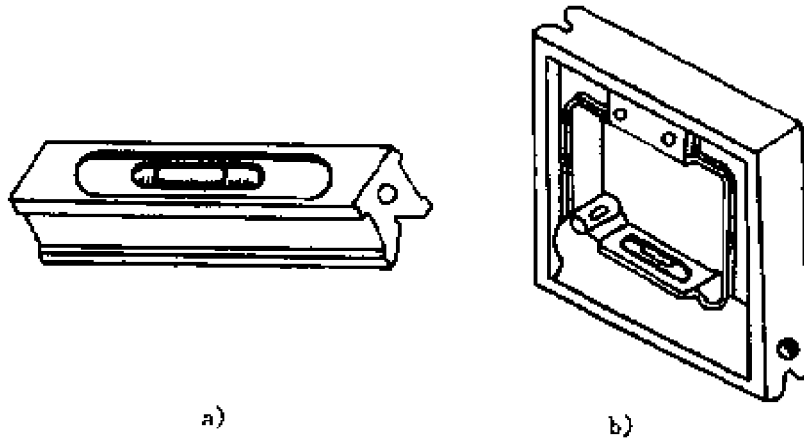


图 5-20 水平仪

a) 条式水平仪 b) 框式水平仪

1) 条式水平仪：它由 V 型的工作底面和与工作底面平行的水准器（即气泡）两部分组成。当水平仪的底平面准确地处于水平位置时，水准器的气泡正好处于中间位置；被测平面稍有倾斜，水准器的气泡就向高的一方移动，在水准器的刻度上可读出两端高低相差值。分度值为 0.02mm/m 的水平仪，即表示气泡每移动一格时，被测长度为 1m 的两端上，高低相差 0.02mm 。条式水平仪的外形尺寸见表 5-39。

表 5-39 条式水平仪的外形尺寸

<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	V 型工作面角度
(mm)			
100	30~35	30~40	120° 或 140°
150	35~40	35~45	
200	40~45	40~50	
250	40~45	40~50	
300	40~45	40~50	

2) 框式水平仪：它有四个相互垂直的都是工作面的平面，并有纵向、横向两个水准器。因此，它除了能完成条式水平仪的工作外，还能检验机件

的垂直度。框式水平仪的分度值为 0.02mm/m 和 0.05mm/m ，其外形尺寸见表 5-40。

表 5-40 框式水平仪的外形尺寸

L	B	H	V 型工作面角度
(mm)			
100	25~35	100	120° 或 140°
150	30~40	150	
200	35~45	200	
250	40~50	250	
300	40~50	300	

(2) 水平仪的技术规格 水平仪按分度值可分为三组 (表 5-41)，每组用于测量不同的直线斜度或角度。

表 5-41 水平仪的组别和分度值 (JB3239-83)

组 别	I	II	III
分度值 (mm/m)	0.02	0.03~0.05	0.06~0.15
规格系列尺寸 (mm)	100, 150, 200, 250, 300		

(3) 水平仪的测量方法 测量前，须将被测表面与水平仪工作表面擦干净，以免测量不准或损坏工作表面。

测量机床导轨的水平度时，一般将水平仪在起端位置时的读数作为零位，然后依次移动水平仪，记下每一位置的读数。根据水准器中的气泡移动方向与水平仪的移动方向来评定被检查导轨面的倾斜方向。如方向一致，一般读为正值，它表示导轨平面向上倾斜；如方向相反，则读数为负值，表示导轨平面向下倾斜。

为了准确起见，找水平时，可在被测量面上旋转 180° ，再测量一次，利用两次读数的结果进行计算而得出测量的数据，具体计算方法见表 5-42。

表 5-42 水平仪测量数据的计算方法

	水 平 仪 读 数			
	例 1	例 2	例 3	例 4
第一次测量	0	0	x_1	x_2
第二次测量 (转 180° 后)	0	x_2	x_2 (方向与 x_1 相反)	(方向与 x_1 相同)
a —被测表面水平仪偏差	$a = b = 0$	$a = \frac{1}{2} x_2$	$a = \frac{x_1 - x_2}{2}$	$a = \frac{x_1 + x_2}{2}$
b —水平仪误差		$b = \frac{1}{2} x_2$ $a = b$	$b = \frac{x_1 + x_2}{2}$	$b = \frac{x_1 - x_2}{2}$

(4) 水平仪使用的注意事项

1) 使用水平仪时，测量面上不得有任何灰尘。对于测量面长度为 200mm、分度值为 0.02/1000mm 的水平仪，如果其测量面上沾有直径为 2 μ m 的尘粒，则可能产生的最大示值误差为 1/2 分度。

2) 水平仪在测量时应避免温度的影响。水准器中液体受温度影响后将使气泡长度改变，若温度变化 2~3℃ 时，水准器气泡的长度将变化 1 个分度。为减小温度的影响，测量时由气泡两端读数，取平均值作为测量结果。

3) 读水平仪示值时，应在垂直于水准器的位置上进行。

18. 读数显微镜

读数显微镜是与拉钢丝相配合，来测量机床 V 形导轨在水平面内的直线度的，如图 5-21 所示。

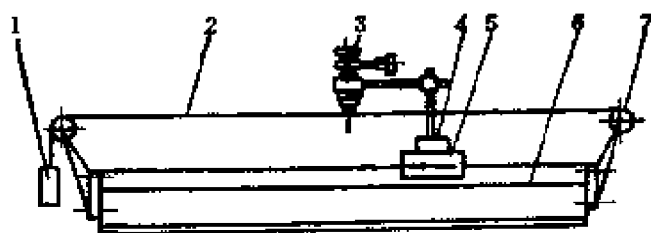


图 5-21 读数显微镜

- 1—重锤 2—钢丝 3—读数显微镜 4—支架
5—V 形垫铁 6—床身导轨 7—滑轮及支架

在床身 V 形导轨上，放一块长度为 200~500mm 的 V 形垫铁，垫铁上安装一个带有刻度的读数显微镜（读数显微镜的镜头垂直放置）。在 V 形导轨的两端，各固定一个小滑轮，用一根直径等于或小于 0.3mm 的钢丝，一端固定在小滑轮上，另一端用重锤吊着（或两端都吊着重锤），然后调整钢丝的两端，使读数显微镜在钢丝两端时刻线相重合。移动 V 形垫铁，每隔 200mm 或 500mm 记录一次读数，在导轨全部长度上检验。把读数显微镜的测量数值依次排列在坐标纸上，画出垫铁的运动曲线图。由曲线图上便可看出机床 V 形导轨在水平面内的直线度。

测量时应注意以下要求：

- 1) 所用钢丝不得有打结、弯曲等不直现象；
- 2) 检查机床导轨精度用的优质钢丝的直径不得超过 0.3mm，一般拉线的钢丝直径不超过 1mm；
- 3) 拉钢丝时，应有足够的拉紧力，一般应为线材极限强度的 30%~80%。

三、量具的选用

根据被测量部位的大小、形状、位置和精度要求，合理选择测量工具和测量方法是获得正确测量结果、提高产品质量的重要保证。在测量中，有时因为测量工具和测量方法选用不当，甚至会把合格品误认为是废品，把废品当作合格品，或者损坏测量工具。

由于量具本身存在误差等原因，测量工件所得到的尺寸，往往与工件的实际尺寸不完全相同，这种测量数值与实际数值之差，叫测量误差。不管选用哪一种量具进行测量，都存在一定的测量误差。但是误差的数值，并不一定对工件的使用都有很大的影响。例如，在测量铸件毛坯时，0.5~1mm 的误差对铸件尺寸根本没有多大影响，所以选用钢直尺和卡钳就足够了；但是，当测量精度要求为百分之几甚至千分之几毫米的工件时，用钢直尺和卡钳就不行了，因为这种量具本身的误差就超过了工件的允许误差。

因此，选用量具时，不仅要知道工件所要求的精度，而且，还要知道量具的测量精度。量具的测量精度要保证工件的精度。

选用量具时，须考虑以下几点：

1) 钢尺的测量精度为 $0.25\sim 1\text{mm}$ ，可用于测量工件的长度、宽度和厚度等；

2) 游标卡尺测量精度为 $0.1\sim 0.02\text{mm}$ ，但费时较多；

3) 千分尺的测量精度为 0.01mm ，但使用时必须注意温度的影响和测量力的大小；

4) 用百分表测量时，可精确到 0.001mm ，但须装夹在表架上，调整和测量都比较费事；

5) 量块的测量精度可达到 0.001mm ，但使用时，对操作者的技术要求较高。

除量具本身的制造误差以外，还有量具在使用过程中由于磨损、碰伤、变形所造成的误差。另外，温度、照明、测量者的视力、工件与仪表的安装地点和相对位置，都可能产生测量误差，都会影响测量的精度。因此，在选用量具时，必须给以适当的考虑。

四、量具的保养

量具的使用和保养直接关系到它的寿命和测量精度。因此，在使用和保管量具时，必须做到以下几点：

1) 量具在使用前后，必须用清洁棉纱擦干净；

2) 不准在机器开动时用量具测量工件；

3) 测量时，不能用力过大或推力过猛；

4) 不能用精密量具测量粗糙毛坯和生锈的工件；

5) 精密量具不能测量温度过高的工件；

6) 量具的清洗与注油不能使用脏油；

7) 不要用手摸量具的测量面，因为手上有汗、潮湿等脏物会污染测量面、使它锈蚀；

8) 量具不许和其他工具混放在一起，以免碰伤；

9) 量具的存放地点要求清洁、干燥、无振动、无腐蚀性气体。不要把量具放在高温或低温处，也不要把手具放在磁场旁，以免被磁化后造成测量误差；

10) 普通量具用完后，应有条理地放在柜中或木架的固定地方；

- 11) 精密量具用完后，应擦净、涂油，放在专用的盒子内；
- 12) 一切量具应严防受潮，以免生锈。

第六章 钳工常用工具

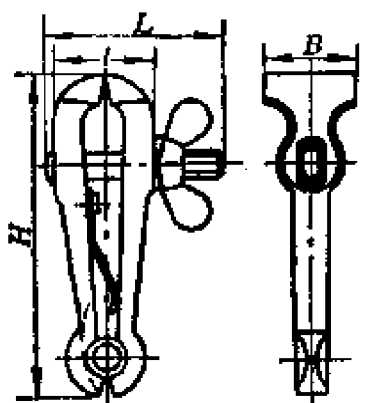
一、虎 钳

虎钳用于夹持工件，是钳工日常工作不可缺少的工具。无论是进行整削还是锉削和锯削等工作，都离不开它。

钳工常用的虎钳有手虎钳、台虎钳和平口虎钳三种。

手虎钳的各部尺寸见表 6-1。

表 6-1 手虎钳的各部尺寸

	钳口宽度 B (mm)	36	40	45	50	56
	钳口开度 (mm) 不小于	28	30	40	50	55
	H	100	125	150	170	180
	L	70	75	90	105	112
	l	36	40	45	50	55

台虎钳钳口的基本尺寸见表 6-2。

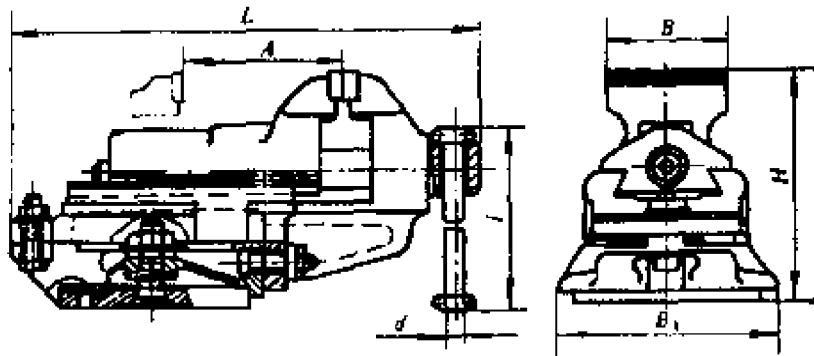
表 6-2 台虎钳钳口的基本尺寸

钳口宽 (mm)	100	130	150	180
钳口最大开度 (mm)	90	130	150	180

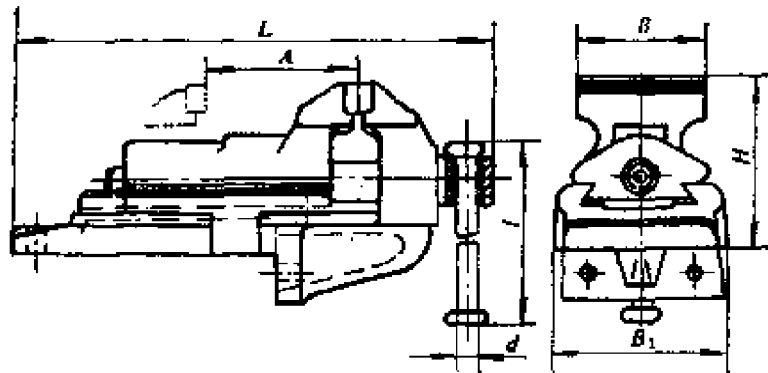
平口虎钳又分为可转式和固定式两种，其规格尺寸见表 6-3。

表 6-3 平口虎钳的规格尺寸

(mm)



可转式平口虎钳



固定式平口虎钳

B	B ₁	A	L	H	d	l	质量 (kg)
不 大 于							
固 定 式							
60	120	45	200	90	10	120	3
80	140	65	360	110	14	200	10
100	200	100	420	170	18	250	22
120	250	140	480	210	20	275	30
140	280	180	560	230	22	320	53

(续)

B	B_1	A	l	H	d	l	质量 (kg)
不 大 于							
可 转 式							
80	200	65	350	170	14	200	16
100	240	100	420	210	18	250	26
120	280	140	480	250	20	275	36
140	340	180	550	280	22	320	58

二、锤 子

锤子由锤头和木柄两部分组成，如图 6-1 所示。

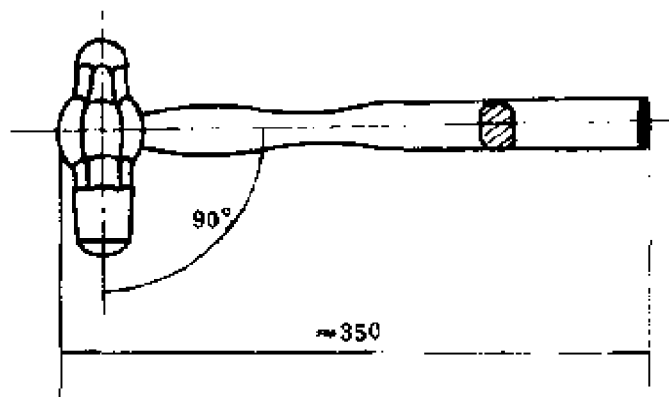


图 6-1 锤子

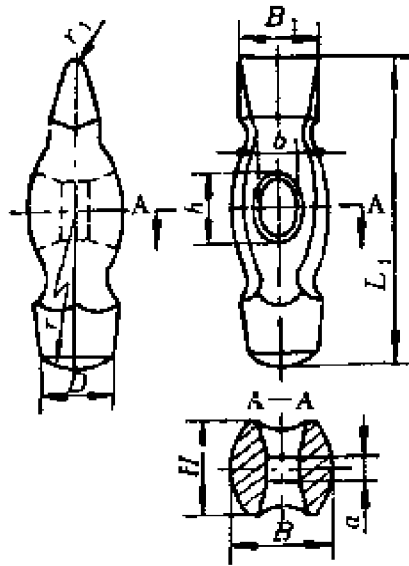
锤头用 50 号以上的碳钢或合金钢（40Cr、T7 等）制成，锤面硬度为 HRC49~56。锤头的质量有 0.2kg、0.5kg、0.8kg 和 1kg 等几种。

锤子的木柄由坚硬的木材制成。其断面一般为椭圆形，长度约 350mm。柄太长操作不便，太短挥力不够，最适宜的长度应和操作者的肘长相等。

锤头和锤柄靠锤头上的椭圆形孔连结在一起。安装时要使锤头中线和锤柄中线垂直。为了防止使用时掉头，装好后应打入锤楔。

锤子分为圆头锤子和方头锤子两种，其规格尺寸见表 6-4 和表 6-5。

表 6-4 圆头锤子的规格尺寸 (mm)

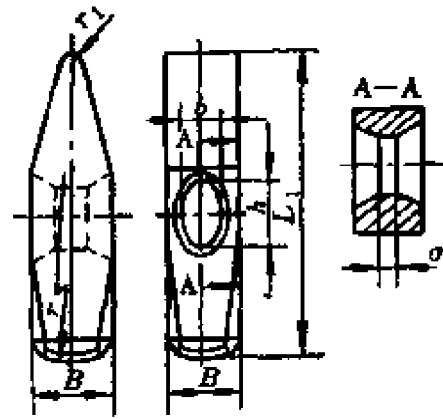


锤头重量 (g)	H	a 不大于	B	B ₁	b	D	L ₁	h	r	r ₁
200	26	7	25	21	10	20	80	18	190	2.5
400	34	9	31	26	14	26	100	25	225	3
500	37	10	36	30		28			105	
600	40		37	33	15	30	110	26.5	250	3.5
800	43	11	41		16	32	120	28	265	
1 000	45		42	34	17	34	130	30	280	

表 6-5 方头锤子的规格尺寸

(mm)

锤头重量 (g)	B	b	L ₁	h	a 不大于	r	r ₁
50	11	7	75	12.5	4	145	1
100	15	9	82	16	5	160	1.2
200	19	10	95	18	7	190	1.75
400	25	14	112	25	9	225	2.5
500	27		118			240	
600	29	15	122	26.5	10	250	3
800	33	16	130	28	11	265	
1 000	36	17	135	30	12	280	3.5

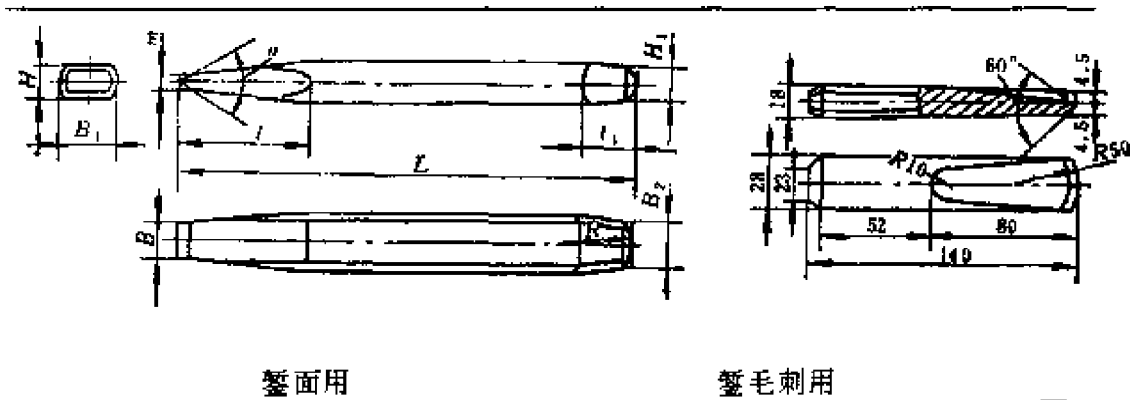


三、 整 子

整子分为扁整、尖整和油槽整三种，其技术规格分别见表 6-6、表 6-7 和表 6-8。

表 6-6 扁整的技术规格

(mm)



整面用

整毛刺用

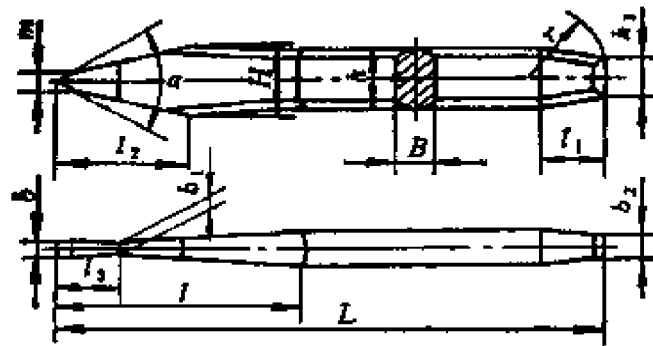
(续)

B	B ₁	B ₂	L	l	l ₁	H	H ₁	m	R	加工材料的硬度		
										较硬	中硬	较软
5	12	11	100	30	10	8	7	1.1, 1.4, 2.0, 2.4	35	α 角(°)		
10	12	11	125	30	10	8	7		40			
16	20	18	160	40	16	12	10	2.2, 2.9, 4.0, 4.8	55	70	60	45
20	25	23	200	80	20	16	14		70			

注：扁铲刃磨角(α)有35°、45°、60°、70°四种。

表 6-7 尖铲的技术规格

(mm)



b	L	B	b ₁	b ₂	l	l ₁	l ₂	l ₃	H	h	h ₁	m	r
2	125	8	1.5	5	50	12	30	14	16	12	10	4.3, 3, 2.6	16
5	160	10	4.0	8	60	15	35	20	20	16	14	5.7, 4.0, 3.5	20
8			7.0										
10	200	16	8.0	12	70	20	50	28	35	25	22	7.2, 5.0, 4.4	25
15			10.0										

注：尖铲刃磨角(α)有45°、60°、70°三种。

表 6-8 油槽錾的技术规格

(mm)



L	H	H_1	B	r	l	l_1	h	b	质量 (kg)
125	12	10	8	1.5	20	10	6	6	0.09
180	16	14	10	2	25	15	8	8	0.28
				2.5	30	20			
250	25	22	16	3	40	25	12	12	0.7
				3.5					
				4					

注：使用材料为 T7A 工具钢；长度 l 的錾刃硬度为 HRC52~66；锤击部分长度为 15~25mm，硬度为 HRC32~40。

錾子一般用 7CrV 或 8CrV、T7A 或 T8A 工具钢制作，其錾削部分和锤击部分的硬度应符合表 6-9 的要求。

表 6-9 扁錾和尖錾的硬度

钢 号	HRC	
	錾削部分长度： 扁錾为 $1/2 l$ ；尖錾为 $1.2 l$	锤击部分长度： 扁錾为 $1.5 l$ ；尖錾为 $1.5 l$
7CrV, 8CrV	55~59	40~45
T7A, T8A	53~57	35~40

四、锉刀

锉刀是锉削的主要工具，用碳素工具钢制成，并经过淬火和回火处理。

1. 锉刀的构造

锉刀是一种切削刀具，由锉身和锉柄组成。锉身部分制有锉齿，用于切

3. 锉刀的形状和尺寸

各种锉刀的横截面形状如图 6-3 所示。常用锉刀的基本尺寸见表 6-11~表 6-13。



图 6-3 锉刀的横截面形状

表 6-11 钳工锉的基本尺寸 (mm)

规格	扁 锉 (尖头、齐头)		半 圆 锉			三角锉	方锉	圆锉
	b	δ	b	薄型 δ	厚型 δ			
L	b	δ	b	δ	δ	b	b	d
100	12	2.5 (3.0)	12	3.5	4.0	8.0	3.5	3.5
125	14	3.0 (3.5)	14	4.0	4.5	9.5	4.5	4.5
150	16	3.5 (4.0)	16	4.5	5.0	11.0	5.5	5.5
200	20	4.5 (5.0)	20	5.5	6.5	13.0	7.0	7.0
250	24	5.5	24	7.0	8.0	16.0	9.0	9.0
300	28	6.5	28	8.0	9.0	19.0	11.0	11.0
350	32	7.5	32	9.0	10.0	22.0	14.0	14.0
400	36	8.5	36	10.0	11.5	26.0	18.0	18.0
450	40	9.5	—	—	—	—	22.0	—

注：表中 L 为锉刀长度， b 为锉刀宽度， d 为圆锉直径。表 6-12、表 6-13 同此。

表 6-12 整形锉的基本尺寸 (mm)

规格	扁锉 (尖头、 齐头)		半圆锉		三角 锉	方 锉	圆 锉	单面三 角锉	刀形锉			双半 圆锉	椭圆 锉		圆边 扁锉		菱形 锉			
	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	δ	<i>h</i>	δ	δ_0	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ		
100	2.8	0.6	2.9	0.9	1.9	1.2	1.4	3.4	1.0	3.0	0.9	0.3	2.6	1.0	1.8	1.2	2.8	0.6	3.0	1.0
120	3.4	0.8	3.3	1.2	2.4	1.6	1.9	3.8	1.4	3.4	1.1	0.4	3.2	1.2	2.2	1.5	3.4	0.8	4.0	1.3
140	5.4	1.2	5.2	1.7	3.6	2.6	2.9	5.5	1.9	5.4	1.7	0.6	5.0	1.8	3.4	2.4	5.4	1.2	5.2	2.1
160	7.3	1.6	6.9	2.2	4.8	3.4	3.9	7.1	2.7	7.0	2.3	0.8	6.3	2.5	4.4	3.4	7.3	1.6	6.8	2.7
180	9.2	2.0	8.5	2.9	6.0	4.2	4.9	8.7	3.4	8.7	3.0	1.0	7.8	3.4	5.4	4.3	9.2	2.1	8.6	3.5

表 6-13 异形锉的基本尺寸 (mm)

规格	齐头 扁锉	齐头 扁锉	尖头 扁锉	尖头 扁锉	半圆 锉		三角 锉	方 锉	圆 锉	单面三 角锉	刀形锉			双半 圆锉	椭圆 锉			
	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ	δ_0	<i>b</i>	δ	<i>b</i>	δ
170	5.4	1.2	5.2	1.1	4.9	1.6	3.3	2.4	3.0	5.2	1.9	5.0	1.6	0.6	4.7	1.6	3.3	2.3

4. 锉刀的选择

锉刀除具有各种截面形状以外，还分为三个等级：粗锉、中锉、细锉。锉削时，选择哪一种形状的锉刀决定于加工表面的形状；选择哪一级的锉刀则决定于工件的加工余量、精度和材料的性质。

粗锉刀——用于锉软金属、加工余量大、精度等级低和表面质量要求不高的工件。

细锉刀——用于和粗锉刀相反的场所。

各级锉刀的选择方法见表 6-14。

表 6-14 按加工质量选择锉刀

锉刀	适 用 场 合		
	加工余量 (mm)	尺寸精度 (mm)	表面粗糙度 R_a (μm)
粗 锉	0.5~1	0.2~0.5	50~25
中 锉	0.2~0.5	0.04~0.2	12.5
细 锉	0.05~0.2	0.01 或更高	6.3~3.2

五、手 锯

手锯是锯削用的工具，由锯弓和锯条两部分组成。

1. 锯弓

锯弓是用来张紧锯条的工具，它分为固定式和可调式两种类型（其结构如图 6-4 所示）。可调式锯弓适用于安装长短不同的锯条，使用比较方便。

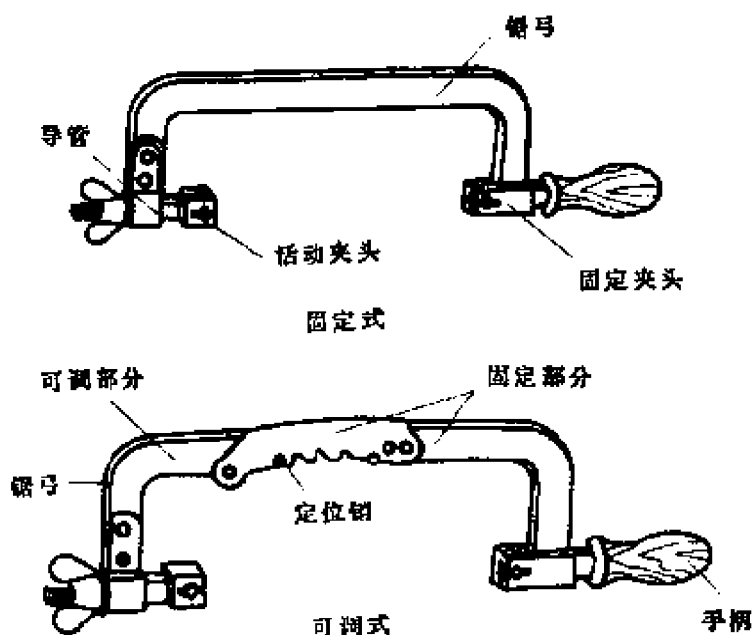


图 6-4 锯弓的构造

2. 锯条

锯条属于切削部分，一般用薄而窄的钢条制成，并经过淬火处理。

手用锯条的长度一般为 300mm，在一边上开有锯齿。一排齿的作用相当于一排同样形状的镊子。根据所锯削材料的不同，锯条的锯齿角度也不相同。锯削时，可参照表 6-15 进行选择。

表 6-15 锯齿角度的选择

材 料	后 角 α_0	楔 角 β_0	前 角 γ_0
一 般	40°	50°	0°
硬 性	20°	65°	5°
软 性	30°	50°	10°

锯齿还有粗、中、细之分。其粗细必须与工件材料的软硬和厚薄相适应。一般说来，锯软性的、断面较大的工件用粗齿锯条；锯硬性的、断面较小的工件用细齿锯条。另外，不同的材料，锯削速度也不一样。锯削时，锯削速度和锯齿粗细可根据表 6-16 进行选择。

表 6-16 锯削速度和锯齿粗细的选择

材 料 种 类	每分钟往复次数	锯齿粗细程度	每 25mm 长齿数
轻金属、紫铜和其他软性材料	80~90	粗	14~16
强度在 6MPa 以下的钢	60	中	22
工具钢	40	细	32
壁厚中等的管子和型钢	50	中	22
薄壁管子	40	细	32
压制材料	40	粗	14~16
强度超过 6MPa 的钢	30	细	32

安装锯条时，必须使齿尖朝前。锯条的松紧可用锯弓上的蝶形螺母进行调节，不能过松或过紧。过松会使锯条在锯削时产生弯曲、摆动，易使锯缝歪斜和锯条折断；过紧则会使锯条失去应有的弹性，也会折断。

六、手 钻

1. 手摇钻

手摇钻是用装夹有圆柱柄的钻头，以手摇的方式在金属或木材上钻孔的

工具。

手摇钻按构造分为螺旋式手摇钻和锥形齿轮传动式手摇钻两类；按速度又分为单速手摇钻和双速手摇钻两种。单速、双速手摇钻的规格和用途见表 6-17。

表 6-17 手摇钻的规格和用途

名 称	用 途	质 量 (kg)
双速手摇钻	钻 \varnothing 0.5~6mm 的孔	1.0
双速手摇钻	钻 \varnothing 3~15mm 的孔	1.8
单速手摇钻	钻 \varnothing 1.0~10mm 的孔	2.2
双速手摇钻	钻 \varnothing 12mm 的孔	1.9
双速手摇钻 (封闭式)	钻 \varnothing 6mm 的孔	2.5

2. 手扳钻

手扳钻 (图 6-5) 是以手扳动扳手为动力, 通过棘轮机构传动的简单钻具, 在没有电源或不能利用钻床或其他钻具进行钻孔的地方, 都可以使用它。

3. 手电钻

手电钻操作简单, 携带方便, 使用灵活, 常用在不便于使用钻床的地方。

手电钻有: 单相手电钻 (电压为 220V), 钻孔直径为 6mm、10mm、13mm、19mm; 三相手电钻 (电压为 380V), 钻孔直径为 13mm、19mm、23mm。手电钻的构造如图 6-6 所示, 它由电动机和两级减速齿轮组成。

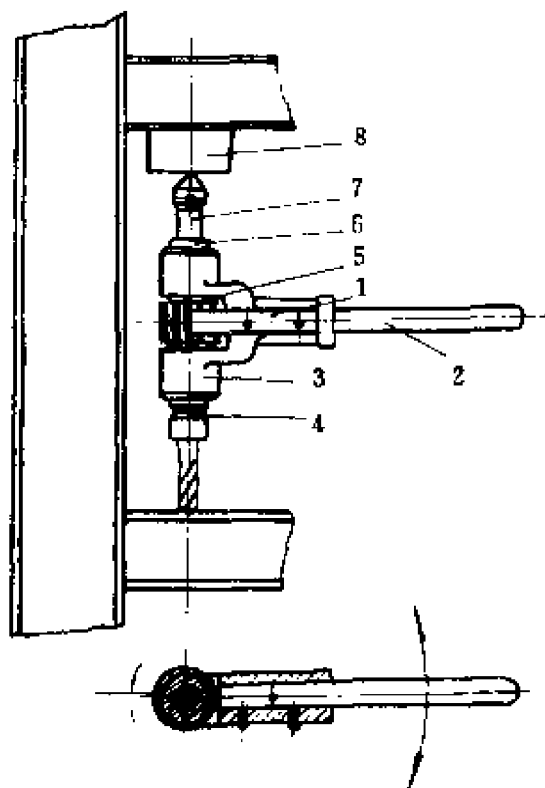


图 6-5 手扳钻

1—弹性撑头 2—扳手 3—撑头架
4—钻夹头 5—棘轮 6—螺母 7—螺杆 8—垫铁

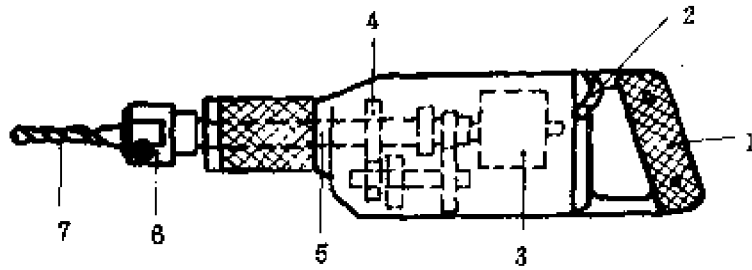


图 6-6 手电钻

1—手柄 2—开关 3—电动机 4—齿轮 5—钻轴
6—钻夹头 7—钻头

4. 手风钻

在有压缩空气的工厂，也常采用手风钻钻孔。所谓手风钻，是指它的进给运动靠人的推力，而钻头的旋转却以压缩空气为动力的一种钻孔工具。

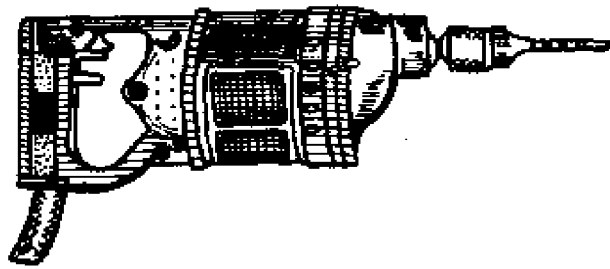


图 6-7 手风钻

图 6-7 为手风钻的外观。手风钻转速高，小巧玲珑，安全可靠。

七、刮 刀

刮刀是刮削用的工具。常用的刮刀有平面刮刀和曲面刮刀两种。

1. 平面刮刀

平面刮刀用于刮削平面或刮花。为了能够顺利地推挤金属，其刃口要有较高的硬度并经常保持锋利。

(1) 平面刮刀的材料

1) 刀头材料：随着刮削零件的不同，常用的刀头材料有以下几种：

①优质碳素工具钢：其牌号为 T8、T10、T12，淬火后硬度为 HRC62~64；

②高速工具钢：其牌号为 W18Cr4V 或 W9Cr4V2，淬火后硬度为 HRC62~65；

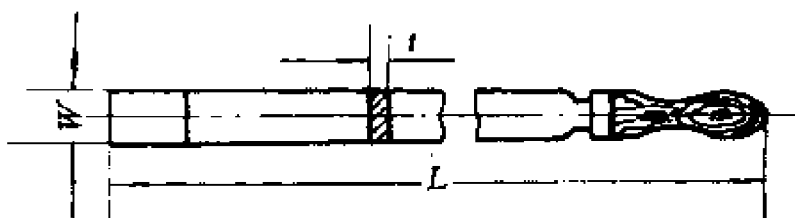
③硬质合金刀片：刮削较硬的铸铁时，采用镶硬质合金刀片的刀头，寿命较长。

2) 刀杆材料：小刮刀用中碳钢制作，大刮刀的刀杆可用弹簧钢制造。

(2) 平面刮刀的种类和用途

1) 普通刮刀（又叫直头刮刀）：它是平面刮刀中最常用的一种，其尺寸和用途见表 6-18。

表 6-18 普通刮刀的尺寸和用途 (mm)



种类	尺寸			用途
	总长 L	宽 W	厚 t	
长刮刀	450~600	25~32	3~5	粗刮
中刮刀	350~450	25	3	刮大花
窄刮刀	300~350	20	2~3	精刮
小刮刀	200~300	12	1~2	高精刮

2) 弯头刮刀（图 6-8）：其特点是刀头薄，一面有刃，有弹性，不像普通刮刀那样硬，刮削时可防止平面产生波纹。图 6-8a 是装木柄的弯头长刮刀；图 6-8b 是装木柄的弯头刮刀。不装木柄的刮刀要比装木柄的刀身长一些。

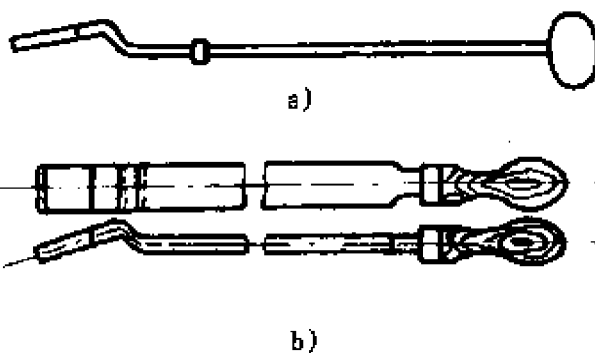


图 6-8 弯头刮刀

2. 曲面刮刀

曲面刮刀用于刮削内曲面，如滑动轴承内沟等。常用的曲面刮刀有三种：

a) 弯头长刮刀 b) 弯头刮刀

(1) 三角刮刀 它的三个刃口互成三角形，削尖角为 60° ，在棱面上有纵向槽（见图6-9）。三角刮刀可用旧三角锉改制。

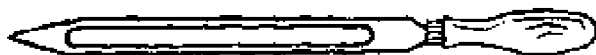


图 6-9 三角刮刀

(2) 匙形刮刀 它的形状像小汤匙（图6-10），有较长的弧形刃口，最适于刮削曲面。



图 6-10 匙形刮刀

(3) 圆头刮刀 圆头刮刀的形状如图6-11所示。

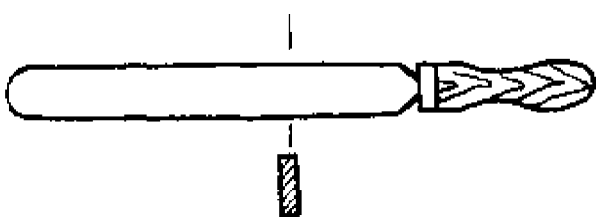


图 6-11 圆头刮刀

3. 刮刀的淬火与刃磨

表 6-19 刮刀的淬火与刃磨

工序名称	工 艺 要 求
淬 火	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将刀头与刀身焊接后，用砂轮机端面或平面磨床将刀头（或整体）两平面磨平 2. 用气焊火焰将刀头 20~30mm 长加热至$780\sim 800^\circ\text{C}$（呈樱桃红色）。加热时火焰不要集中，应反复两面均匀加热 3. 将加热的刀头 20mm 长度浸入冷水（或冷盐水）中冷却，为加速冷却，刀在冷水中应沿刀头平面方向缓慢移动。待刀头冷却变成黑色后立即取出，利用余热回火片刻，再入水全冷
刃 磨	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用砂轮端面将刀头轻轻磨平，以消除由于淬火引起的变形 2. 用平整油石将刀头平面磨光 3. 用砂轮将刀头顶端刃部磨成所需要的几何尺寸。若需提高刮削表面质量，可再用油石磨光刀头顶端刃部

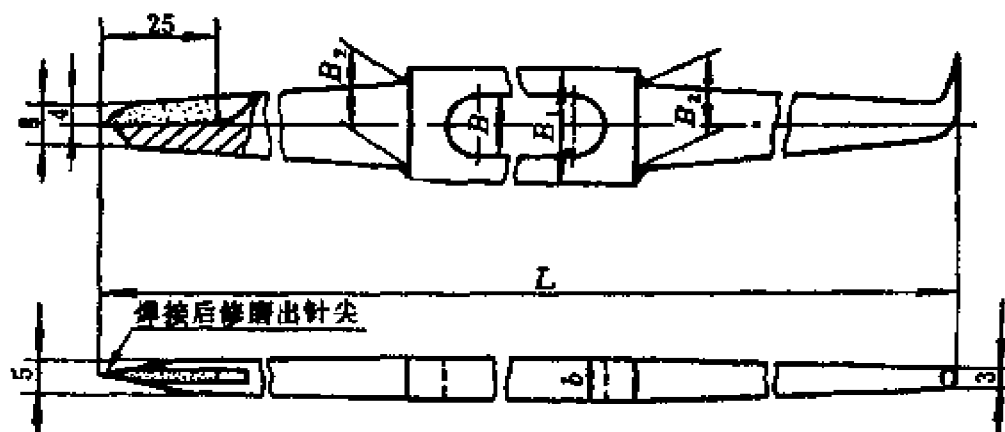
八、划线工具

1. 划针

划针是在工件上划线的基本工具。目前常用的划针是在 $\varnothing 3\sim\varnothing 4\text{mm}$ 弹

簧钢丝的端头焊上硬质合金窄条，然后由手工磨尖而成。也有用弹簧钢丝直接磨尖作划针的。标准划针的形状和尺寸见表 6-20。

表 6-20 划针尺寸 (JB3474—83) (mm)



L	B	B_1	B_2	b	展开长 ≈
320	11	20	15	8	330
450					460
500	13	25	20	10	510
700		30	25		710
850	17	38	33	12	860
1200		45	37		1210
1500			40		1510

2. 划线盘

划线盘是在工件上划线和找正工件位置常用的工具。图 6-12 所示为划线用的普通划线盘。划针的一端焊有硬质合金，另一端弯头是找正工件用的。

划线盘不用时，划针尖要朝下放，或者在划针尖上套一塑料软管，不使划针露出。

3. 划规

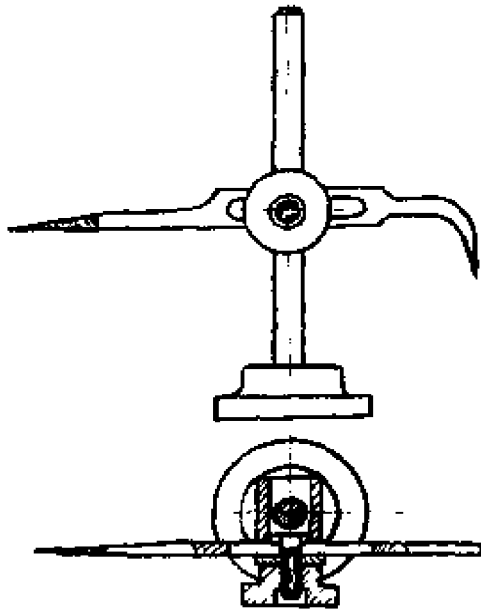


图 6-12 普通划针盘



图 6-13 普通划规

划规（图 6-13）是用来划圆弧、分线段、测量两点间的距离或把需要的长度数值从钢直尺上量后移到工件上的一种工具。它用工具钢制作，尖端经过磨锐和淬火。划规的规格见表 6-21。

表 6-21 划规的规格 (JB3464-83) (mm)

脚杆长度	160	200	250	320	400	500
划线最大直径	200	280	350	430	520	620

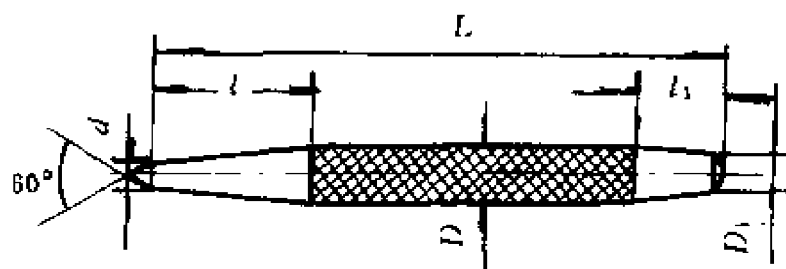
4. 样冲

为了避免划出的线段被擦掉，划线后要用样冲在线条上打出适当的样冲眼作标记。用划规划圆和定钻孔中心时，也需要先打上样冲眼。

样冲的头部需磨尖淬火，尖角一般为 60° 。样冲的尺寸见表 6-22，冲心的硬度见表 6-23。

表 6-22 样冲的尺寸

(mm)



d	L	D	D_1	l	l_1
2.0	100	8	7	36	10
3.2	100	10	9		45
4.0	125	10	9		
6.3	160	12	10		

表 6-23 冲心的硬度

(HRC)

钢 号	HRC	
	鍔尖部分 15~30mm	锤击部分 15~25mm
7CrV, 8CrV	55~59	40~45
T7A, T8A	53~57	35~40

5. 划线平台

划线平台 (图 6-14) 一般用铸铁制成, 表面经过刨、刮等精加工, 是划线工作的基准面。因此, 要保证平台的精确性。使用中要严禁敲打, 用完要涂上机油、盖上木盖, 以防生锈。

6. V形架

V形架主要用于安放轴、套筒、圆盘等圆形工件, 以便找中心与划中心线。

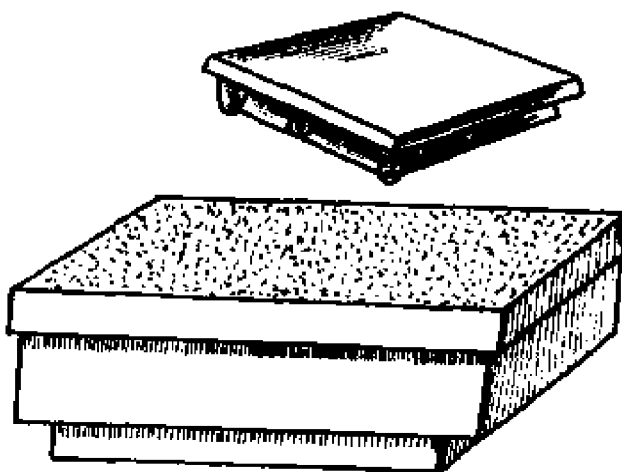


图 6-14 划线平台

V形架的基本型式有以下四种：

(1) I型 带有一个V形槽和紧固装置（见图6-15）；

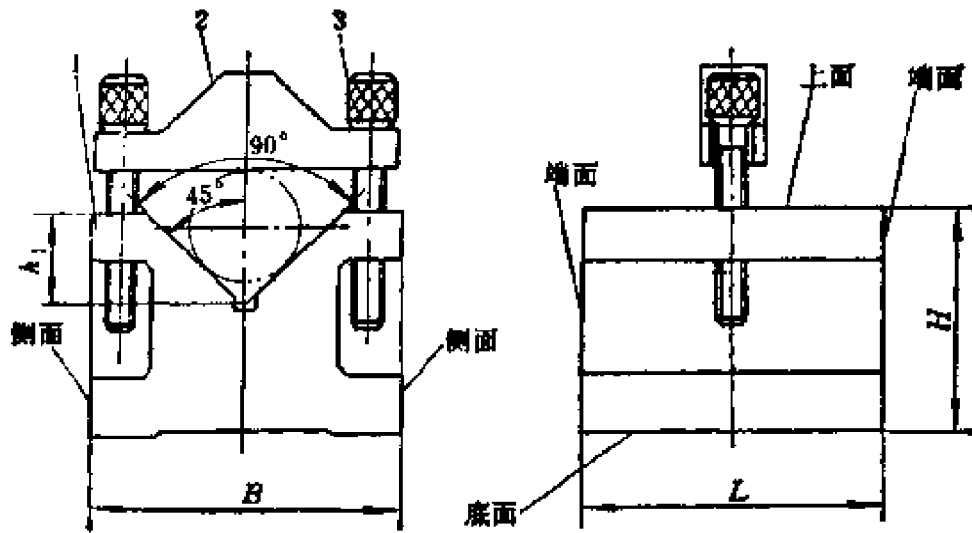


图6-15 I型V形架

1—V形架主体 2—压板 3—紧固螺钉

(2) II型 带有四个V形槽（见图6-16）；

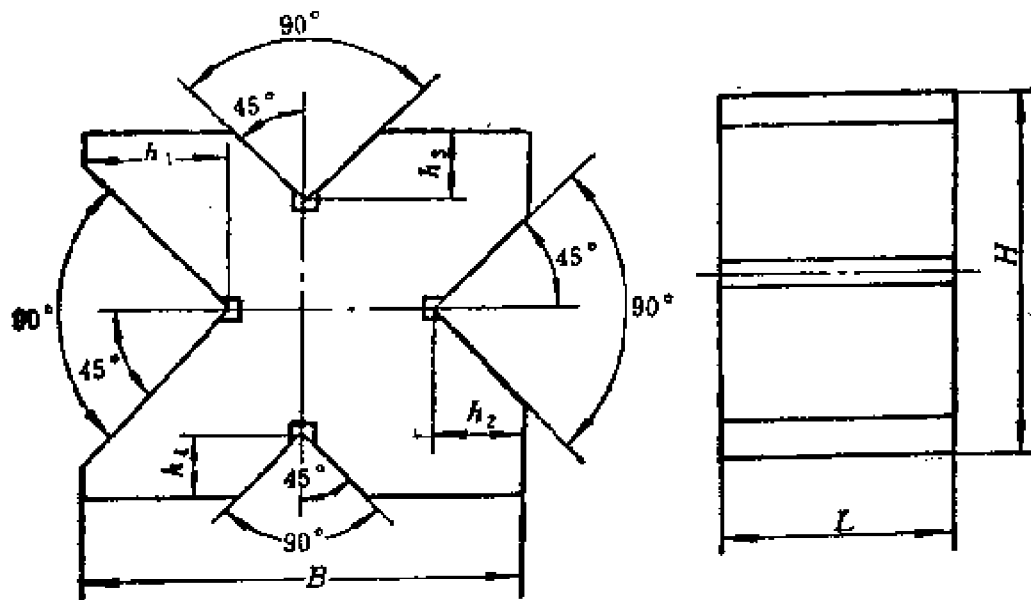


图6-16 II型V形架

(3) III型 带有一个V形槽（见图6-17）；

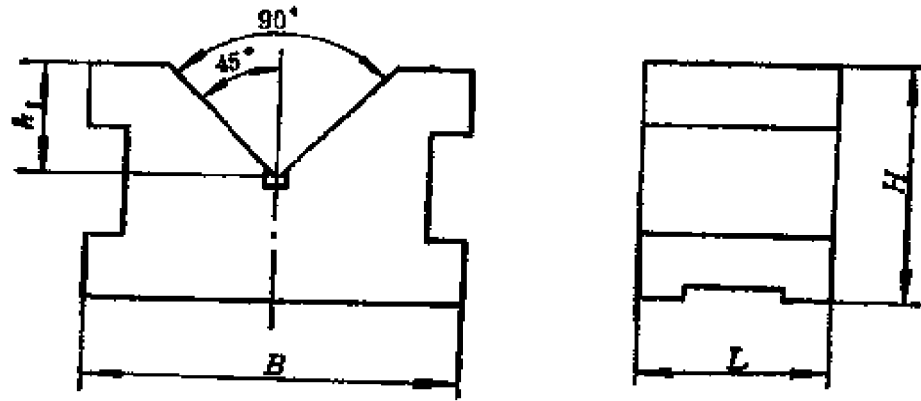


图 6-17 III型 V形架

(4) IV型 带有—个 V形槽, α 角分别为 60° 、 72° 、 90° 、 108° 、 120° (见图 6-18)。

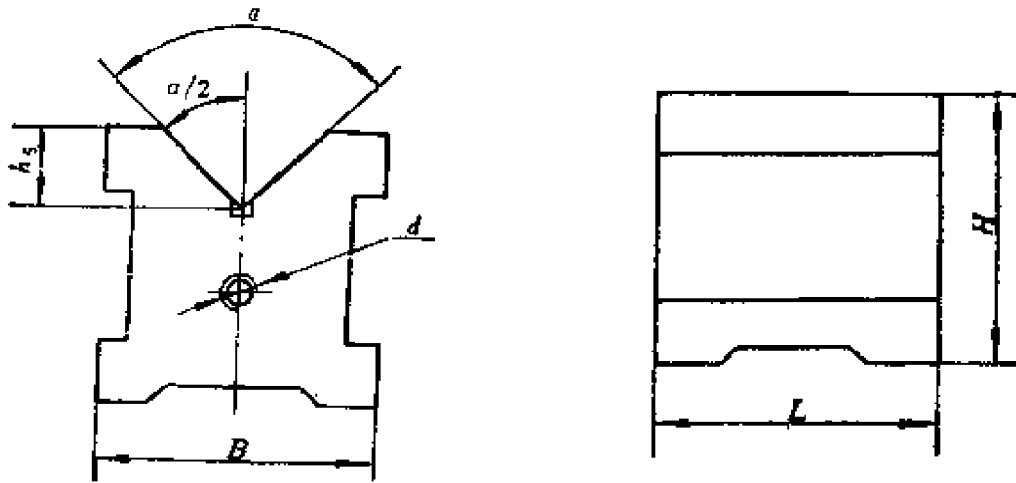


图 6-18 IV型 V形架

V形架的尺寸、精度等级和适用的直径范围见表 6-24。

表 6-24 V形架的尺寸、精度等级和适用的直径范围 (GB4972—85)

(mm)

型式	型号	尺寸													精度等级	适用直径范围							
		L	B	H	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	V形槽角度 α					d		最小	最大						
									60°	72°	90°	108°	120°										
									h ₅														
I	I-1	40	35	30	6	—					—					0, 1, 2	3	15					
	I-2	60	60	50	10	—					—					0, 1, 2	5	40					
	I-3	100	105	80	32	—					—					0, 1, 2	8	80					
	I-4	100	150	100	50	—					—					0, 1, 2	12	135					
II	II-1	60	100	90	32	25	20	16	—					—					1, 2	8	80		
	II-2	80	150	125	50	32	25	20	—					—					1, 2	12	135		
	II-3	100	200	180	60	50	32	25	—					—					1, 2	20	160		
	II-4	125	300	270	110	80	60	50	—					—					1, 2	30	300		
III	III-1	100	200	125	60	—					—					—					0, 1, 2	20	160
	III-2	125	300	180	110	—					—					—					0, 1, 2	30	300
IV	IV-1	40	30	30	—					13	10	7.5	5.5	4.5	M4	—					0.1	3	15
	IV-2	60	60	60	—					32	25.5	17.5	12.5	10	M5	—					0.1	5	40
	IV-3	100	100	100	—					62	48	30	22	18	M6	—					0.1	8	80

7. 垫铁

垫铁是用来支撑和垫平工件的工具，一般用铸铁或碳钢制成。使用垫铁的目的在于便于划线时找正。

常用的垫铁有斜楔垫铁（图 6-19）、V形垫铁（图 6-20）和平行垫铁。V形垫铁适于支持工件的圆柱面。



图 6-19 斜楔垫铁

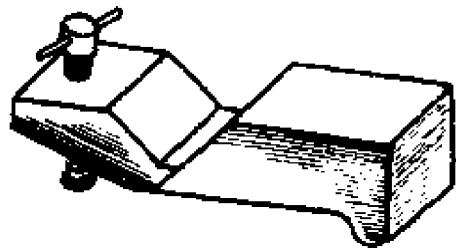


图 6-20 V形垫铁

九、锡焊工具

1. 烙铁

烙铁是一种贮存热量的传热体，其外形如图 6-21 所示，其头部用紫铜制作。因为紫铜吸收热量多、传热快，焊接时能迅速放出大量的热，使焊料熔化。

烙铁头部锉成 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的夹角，加热温度为 $250 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 。温度过低不能使焊料熔化；温度过高会形成氧化铜，不能粘锡，这时就需要锉去氧化铜。因此，焊接中应掌握好烙铁的温度。

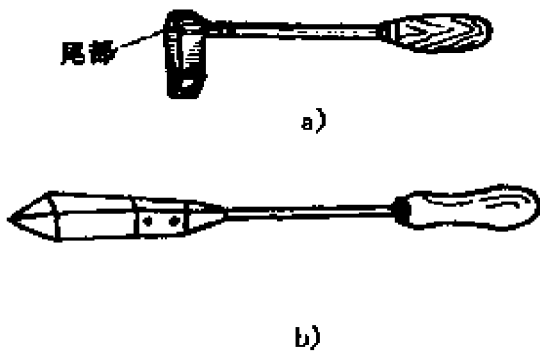


图 6-21 烙铁

a) 锤形烙铁 b) 直烙铁

2. 电烙铁

电烙铁（图 6-22）是利用电流通过电阻丝来加热的。应用电烙铁焊接最为方便，不但加热均匀，而且可以长时间地使用。电烙铁要根据焊接件的大小来选择。



图 6-22 电烙铁

3. 喷灯

使用喷灯的目的是加热工具或工件。喷灯的规格见表 6-25。

表 6-25 喷灯的规格

品种	型号	燃料	火焰有效长度 (mm)	火焰温度 (°C)	贮油量 (kg)	每小时耗油量 (kg)	灯净重 (kg)
煤油喷灯	MD-1	灯用煤油	60	>900	0.8	0.35~0.45	1.5
	MD-2.5		110		2.1	1~1.25	2.9
	MD-3.5		130		3.1	1.45~1.60	4.0
汽油喷灯	QD-0.5	工业汽油	70	>900	0.4	0.35~0.45	1.4
	QD-1		85		0.8	0.55~0.65	1.95
	QD-2.5		150		1.6	2	3.2
	QD-3.5		150		3.1	2.1	4.0

十、扳 手

1. 活扳手

活扳手的开口宽度可以调节，能扳动一定尺寸范围内的六角头或方头螺栓，其规格见表 6-26。

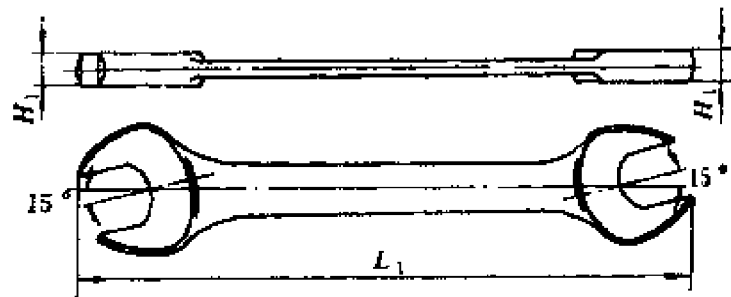
表 6-26 活扳手的规格 (摘自 GB4440—84)

长度 (mm)	100	150	200	250	300	375	450	600
最大开口宽度 (mm)	13	18	24	30	36	46	55	65

2. 呆扳手

呆扳手又叫固定扳手，主要用于装卸六角头或方头螺栓、螺钉和螺母。它分为单头呆扳手和双头呆扳手两种型式。双头呆扳手的主要尺寸见表 6-27。

表 6-27 双头呆扳手的主要尺寸 (摘自 GB4388—84) (mm)



规格	H_1 (max)	L_1 (min)
5.5×7	5.5	90
6×7		
7×8	5.7	100
8×9	5.9	
8×10	6.1	
9×11	6.3	110
10×11		
10×12	6.6	120
11×13	6.8	
12×13		
12×14	7.1	130
13×14		
15×14	7.3	140
13×17	7.9	
14×17		
16×17		
17×19	8.5	170
18×19		175

(续)

规 格	H_1 (max)	L_1 (min)
19 × 22	9.5	180
20 × 22	9.5	190
21 × 23	9.8	210
19 × 24	10.2	210
22 × 24	10.2	210
24 × 27	11.4	230
25 × 28	11.8	
24 × 30	12.7	
27 × 30	12.7	250
30 × 32	13.7	
30 × 36	15.4	270
32 × 36		290
36 × 41	16.4	315
38 × 41		340
41 × 46	17.6	365
46 × 50	18.6	400
50 × 55	20.0	435
55 × 60	21.5	475
60 × 65	23.2	525
65 × 70	25.0	575
70 × 75	26.9	625
75 × 80	29.0	675

3. 专用扳手

专用扳手是根据各种螺母的形状和结构而设计的，如钩扳手、内六角扳手等。图 6-23 为内六角扳手。

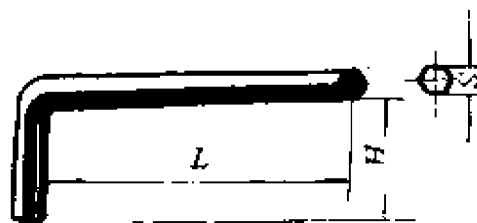


图 6-23 内六角扳手

十一、螺钉旋具

螺钉旋具（俗称螺丝刀、起子或改锥）用于旋紧（或松开）头部带有沟槽的螺钉。

根据旋柄的材料，螺钉旋具分为两种：

1. 木柄螺钉旋具

其外形如图 6-24a 所示，它又分为普通式和串心式两种。串心式能承受较大的扭矩，并可在尾部敲击。

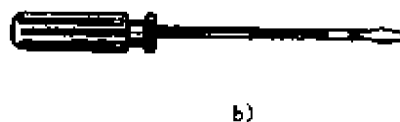
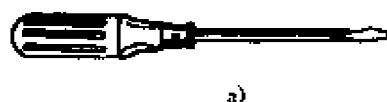


图 6-24 螺钉旋具

a) 木柄螺钉旋具

b) 塑料柄螺钉旋具

2. 塑料柄（胶柄）螺钉旋具

如图 6-24b 所示，它具有一定的绝缘性能，最适于电工使用。

根据旋拧螺钉头部的沟槽形状，螺钉旋具还可分为一字槽螺钉旋具和十字槽螺钉旋具两种。二者的规格分别见表 6-28 和表 6-29。

表 6-28 1~3 型一字槽螺钉旋具的基本尺寸 (GB10639—89) (mm)

规格 $l \times a \times b$	旋杆长度 l	圆形旋杆直径 d		方形旋杆对边宽度 S	
		基本尺寸	公差	基本尺寸	公差
50×0.4×2.5	50	3	0 -0.1	5	0 -0.1
75×0.6×4	75	4			
100×0.6×4	100	5			
125×0.8×5.5	125	6	0 -0.2	6	0 -0.2
150×1×6.5	150	7			
200×1.2×8	200	8			
250×1.6×10	250	9		7	
300×2×13	300			8	
350×2.5×16	350	11			

注：表中 a 为旋具口厚， b 为旋具口宽。

表 6-29 1~3 型十字型螺钉旋具的基本尺寸 (GB10640—89) (mm)

槽号	旋杆长度 l	圆形旋杆直径 d		方形旋杆对边宽度 S	
		基本尺寸	公差	基本尺寸	公差
0	75	3	0 -0.1	4	0 -0.1
1	100	4			
2	150	6			
3	200	8	0	7	0
4	250	9	-0.2	8	-0.2

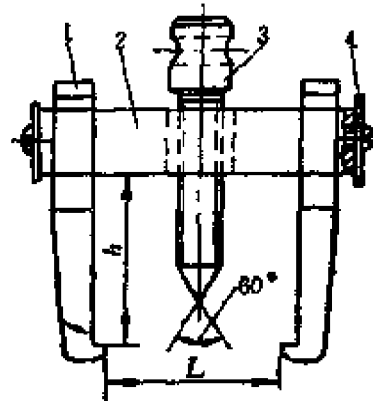
十二、拆卸器

拆卸器用于从轴上卸下轴承、齿轮、带轮等零件。

拆卸器的构造和主要尺寸见表 6-30。它是利用卡爪和顶撑螺杆将零件卸下的。撑杆 2 和卡爪 1 用 45# 钢制作，经过淬火与回火，使硬度达到 HRC35~40。顶撑螺杆用 50# 钢制作，经热处理后硬度达到 HRC40~45。

表 6-30 拆卸器的结构和主要尺寸

(mm)



- 1—卡爪
- 2—撑杆
- 3—顶撑螺杆
- 4—保险卡

L_{max}	10	20	30	30	30
L_{min}	56	100	150	250	350
h	45	100	150	250	350

十三、胀管器

根据用途不同，胀管器分为扩张胀管器和翻边胀管器两种。

扩张胀管器如图 6-25 所示。其上胀珠的工作长度 e 等于管子伸出端的长度 a 、管板厚度 b 与胀珠伸到管内的突出部分 c 之和。 c 值一般取 5mm，允差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

翻边胀管器如图 6-26 所示。这种胀管器的胀珠又分为鱼贯式排列和交错式排列两种。

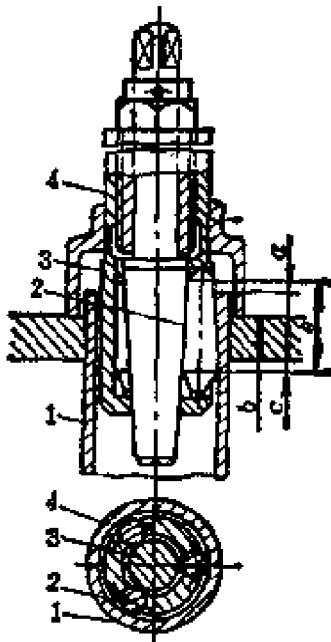


图 6-25 扩张胀管器
1—管子 2—胀珠 3—胀杆 4—外壳

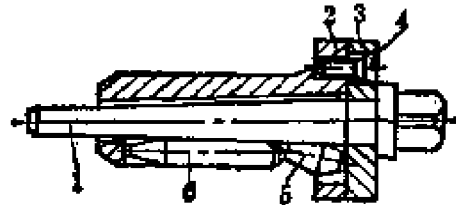


图 6-26 翻边胀管器

- 1—胀杆 2—外壳 3—盖板 4—螺钉
- 5—翻边胀珠 6—扩张胀珠

胀管器的技术规格见表 6-31 和表 6-32。

表 6-31 压力为 4MPa 的锅炉管用胀管器的规格

管板厚度 (mm)	管 径 (mm)	胀珠长度 (mm)			
		扩 胀 用	翻边用, 当胀珠排列为		
			鱼 贯 式		交错式
			长型	短 型	
15	38/30	40	30	35	
	51/44.5~76/58	47	35	40	
20	38/30	45	35	45	
	51/44.5~76/68	52	40	47	
	83/76~108/98	57	42	45	
25	38/30	57	45	50	
	51/44.5~108/48	62	47	52	
30	38/30	55	45	50	
	51/44.5~76/68	62	50	55	
	83/76~108/98	67	52	57	
35	38/30	60	50	55	
	51/44.5~76/68	67	55	60	
	83/76~108/98	72	57	62	
40	83/76~108/98	77	62	67	
45	83/76~108/98	82	67	72	
50	83/76~108/98	87	72	77	

表 6-32 低压及中压锅炉管用胀管器的规格

扩 胀 用				翻 边 用			
型号	管子直径 (mm)	管板厚度 (mm)	质 量 (kg)	型号	管子直径 (mm)	管板厚度 (mm)	质 量 (kg)
K38-1	31/38	20, 25	1.01	K38-2	31/38	20, 25	1.08
		30, 35				30, 35	

(续)

扩 胀 用				翻 边 用			
型号	管子直径 (mm)	管板厚度 (mm)	质 量 (kg)	型号	管子直径 (mm)	管板厚度 (mm)	质 量 (kg)
K51-1	43/51	30, 35	1.78	K51-2	43/51	25, 35	1.98
		35, 45	3.41	K60-2		51/60	
K76-2	70/76	—	3.09	K76-2	70/76	—	3.24
K83-2	75/83	25, 30	7.4	K83-2	75/83	25, 30	10.85
		35, 40				35, 40	
K102-1	94.5/102	25, 30	19.7	K102-2	94.5/102	25, 30	21.80
		35, 40				35, 40	

注：整套胀管器包括在各种厚度管板上胀管用的胀珠。

十四、安装撬杠

安装撬杠一般用 45 或 50 圆钢制成。杠端 150mm 长度内须经过热处理，硬度达到 HRC40~46。安装撬杠的规格尺寸见表 6-33。

表 6-33 安装撬杠的规格

编 号	直径 (mm)	长度 (mm)	质量 (kg)
1	20	560	1.3
2	24	1180	4
3	32	1320	8
4	24	1180	5

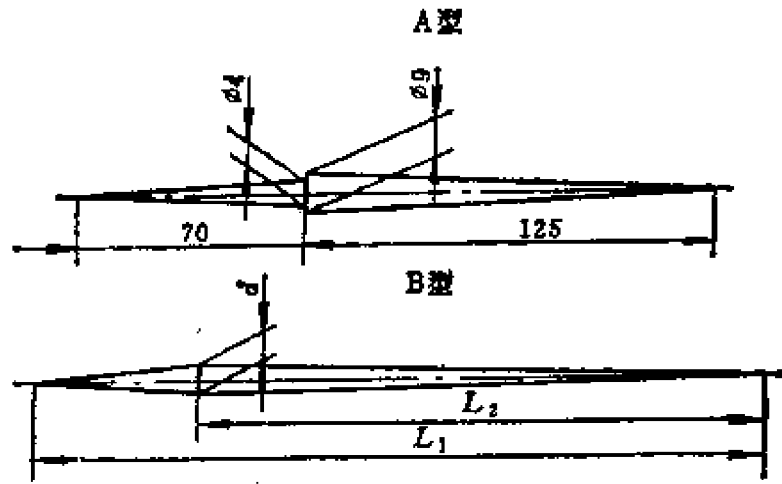
十五、传送带用工具

1. 锥子

锥子用于缝合传送带或输送带。锥子的尺寸见表 6-34。

表 6-34 锥子的尺寸

(mm)



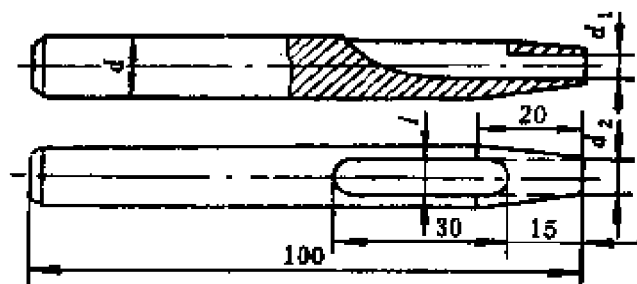
标号	L_1	L_2	d
1	30	15	2
2	75	50	3
3	120	80	5
4	280	220	9

2. 冲子

冲子用于缝合传送带时穿孔。冲子的尺寸见表 6-35。

表 6-35 冲子的尺寸

(mm)



(续)

尺寸符号	冲子标号						
	1	2	3	4	5	6	7
d_1	2	3	4	5	6	7	8
d_2	3	4	5	6	7	8	9
d	9	9	11	11	12	13	13
l	3	4	5	6	7	8	9

3. 切割刀

切割刀分为 A 型和 B 型两种，一般用含碳量为 0.6%—0.8% 的碳钢制作，刀刃经淬火与回火后硬度达到 HBW480—520。切割刀的形状如图 6-27 所示。

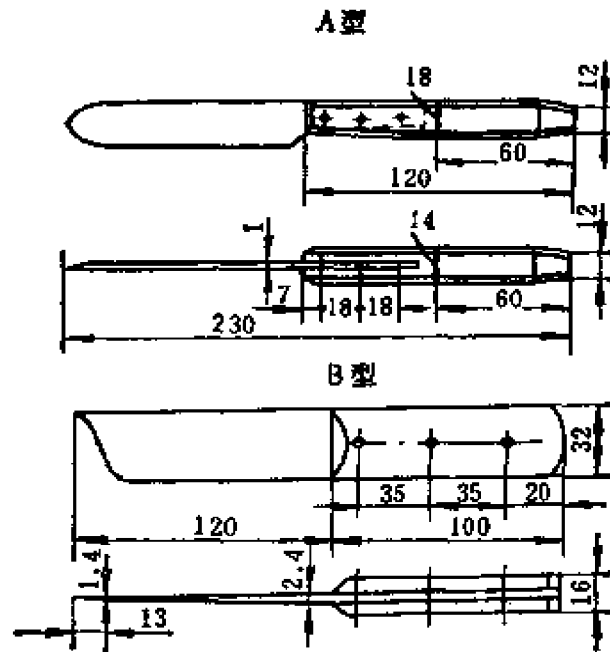


图 6-27 切割刀

十六、磨具

磨具是用结合剂将磨料粘结成砂轮、油石、砂带、砂布、砂纸等用以进行磨削的工具。在钳工的日常工作中，例如对工件进行修整、打磨、研磨和抛光中，经常用到各种各样的磨具。

磨具可按照磨料的性能分为普通磨料磨具（包括刚玉系与碳化物系磨料磨具）和超硬磨料磨具（包括金刚石磨具与立方氮化硼磨具）两类，也可按照磨具的形状分为固结磨具（包括砂轮、磨头、油石、砂瓦等）、涂覆磨具（包括砂布、砂纸、砂带等）和游离磨粒（包括研磨粉、研磨膏等）三种。

1. 普通磨料磨具

普通磨料的固结磨具包括磨粒、结合剂、气孔三个组成部分：磨料以其棱角作为切削刃；结合剂则将磨粒粘结在一起，经加压与焙烧使之具有一定的形状和强度；气孔在磨削中起容纳切屑、切削液和散热的作用。为改善磨具性能，常用浸渍剂浸充于气孔之内（如浸硫、浸石蜡等），以增加磨具的润滑性。






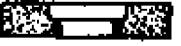










(1) 普通磨具的硬度 磨具的硬度是指磨具工作时在外力作用下磨粒脱落的难易程度。磨粒越易脱落，表示磨具的硬度越低；反之，则磨具的硬度越高。普通磨具的硬度等级见表 6-36。

表 6-36 磨具硬度的等级与代号（摘自 GB2484—84）

硬 度 等 级		代 号
大 级	小 级	
超 软	超 软	D、E、F
软	软 ₁	G
	软 ₂	H
	软 ₃	J
中软	中软 ₁	K
	中软 ₂	L
中	中 ₁	M
	中 ₂	N
中硬	中硬 ₁	P
	中硬 ₂	Q
	中硬 ₃	R
硬	硬 ₁	S
	硬 ₂	T
超硬	超硬	Y

(2) 普通磨具的代号、形状、规格和用途

表 6-37 砂轮的名称、形状、代号和用途

砂轮名称	断面形状	代号	用途举例
平形砂轮		P	磨内圆、外圆、平面及刃磨刀具等，应用最广
双斜边一号砂轮		PSX ₁	磨削齿轮齿面和单头螺纹
双斜边二号砂轮		PSX ₂	磨外圆兼靠磨端面
单斜边砂轮		PDX	磨各种锯、横锯及圆锯片等
小角度单斜边砂轮		PX	磨齿轮齿面及刃磨刀具
单面凹砂轮		PDA	磨内圆、外圆和磨端面等
单面凹带锥砂轮		PZA	磨外圆兼靠磨端面
双面凹砂轮		PSA	磨外圆、平面及刃磨刀具，也可作无心磨床的磨轮
双面凹带锥砂轮		PSZA	磨外圆兼靠磨两端面
孔槽砂轮		PK	粗磨平面和清理毛刺等
螺丝紧固砂轮		PL	粗磨平面和清理毛刺等
薄片砂轮		PB	切割各种钢材及开槽
筒形砂轮		N	以端面磨削工件平面，也适宜于最后磨光
筒形带槽砂轮		NC	利用砂轮上的燕尾槽，可借助结合剂将其固装在机床上，磨钻头尖和车刀
杯形砂轮		B	刃磨刀具（如铣刀、铰刀、扩孔钻、拉刀、切纸刀等）或磨平面和内圆
碗形砂轮		BW	刃磨刀具及磨平面，当工件上有凸出部分而磨轮进给有困难时更为适宜

(续)











砂轮名称	断面形状	代号	用途举例
碟形一号砂轮		D ₁	刃磨铣刀、铰刀、拉刀等，大尺寸的一般用于磨齿轮齿面
碟形二号砂轮		D ₂	刃磨锯齿
碟形三号砂轮		D ₃	磨齿轮齿面及插齿刀
磨量规砂轮		JL	专用于磨外径量规、游标卡尺两个内测量面
磨针砂轮		JZ	磨针专用
磨收割机刀片砂轮		JP	磨收割机刀片专用
切矿石砂轮		JK	切矿石专用
磨米一号砂轮		JM ₁	磨米专用
磨米二号砂轮		JM ₂	磨米专用
磨米三号砂轮		JM ₃	磨米专用

表 6-38 砂轮的主要尺寸 (GB4127—84)

(mm)

外 径		厚 度		孔 径	
A	B	A	B	A	3
3		0.2			1.0
4		0.3		1.6	1.5

(续)

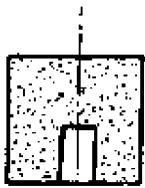
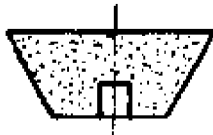
外 径		厚 度		孔 径	
A	B	A	B	A	B
5		0.4			2.0
6		0.5		2.5	
8		0.6			3
10		0.8		4	
13		1.0		6	
16		1.25		10	
20		1.6	1.5	13	
25		2.0		16	
32	30	2.5		20	
	35	3.2	3	25	
40		4		32	
	45	5		40	
50		6		50.8	50
63	60	8		76.2	75
	70	10		127	
80		13		203.2	203
	90	16		304.8	305
100		20		508	
125		25			
150		32			
	175	40			
200		50			

(续)

外 径		厚 度		孔 径	
A	B	A	B	A	B
250		63			
300			75		
350		80			
400		100			
450		125			
500		160	150		
600		200			
	650	250			
750		315	300		
900		400			
1060	1100	500			
1250					
1500	1600				

注：A列是优先系列，B列是过渡系列。

表 6-39 磨头的名称、代号和形状 (GB2484—84)

磨头名称	代 号	断 面 图	形状尺寸书写方法
圆柱磨头	MY		MY $D \times H \times d$
截锥磨头	MJ		MJ $D \times H \times d$

(续)

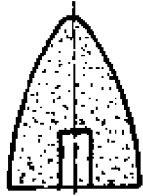
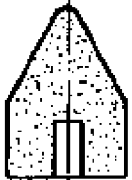
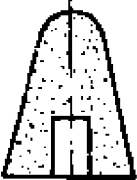
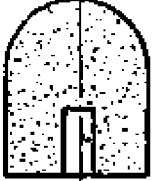
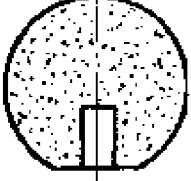
磨头名称	代 号	断 面 图	形状尺寸书写方法
椭圆锥磨头	MTZ		MTZ $D \times H \times d$
60° 锥磨头	ML		ML $D \times H \times d$
圆头锥磨头	MYT		MYT $D \times H \times d$
半球形磨头	MBQ		MBQ $D \times H \times d$
球形磨头	MQ		MQ $D \times d$

表 6-40 油石的名称、形状、代号、规格和用途

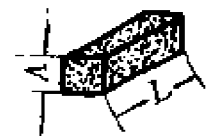

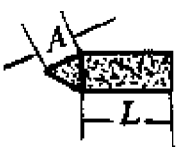

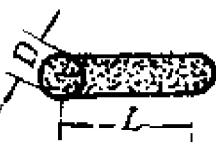






油石名称	形状	代号	主要尺寸范围 (mm)	基本用途
正方油石		SF	$A \times L$ 6×100~40×250	用于超精加工、珩磨和各种钳工工作
长方油石		SC	$B \times H \times L$ 11×9×100~ 50×25×200	用于珩磨、抛光、去毛刺和各种钳工工作
三角油石		SJ	$A \times L$ 6×100~25×300	用于珩磨齿面、修理曲轴和各种钳工工作
刀形油石		SD	$B \times H \times L$ 10×25×150~ 20×50×150	用于各种钳工工作
圆柱油石		SY	$D \times L$ 6×100~20×150	用于珩磨齿面、研磨球面和各种钳工工作
半圆油石		SB	$D \times L$ 6×100~20×200	用于各种钳工工作

表 6-41 砂瓦的名称、代号和形状 (GB2484—84)

砂瓦名称	代号	断面图	形状尺寸书写方法
平形砂瓦	WP		WP $B \times H \times L$

(续)

砂瓦名称	代号	断面图	形状尺寸书写方法
扇形砂瓦	WS		WS $B_1/B \times r/R \times L$
凸平形砂瓦	WTP		WTP $B_1/B \times H \times L$
平凸形砂瓦	WPT		WPT $B_1/B \times H \times L$
梯形砂瓦	WT		WT $B_1/B \times H \times L$

2. 超硬磨料磨具

(1) 超硬磨料

表 6-42 人造金刚石和立方氮化硼的品种及适用范围 (GB6405—86)

品种系列	品种代号	适用范围		用途
		粒 度		
		窄 范 围	宽 范 围	
人造金刚石	RVD	60/70~325/400	60/80~270/400	树脂、陶瓷结合剂磨具或研磨等
	MBD	50/60~325/400	60/80~270/400	金属结合剂磨具、电镀制品钻探工具或研磨等
	SCD	60/70~325/40	60/80~270/400	钢或钢和硬质合金组合件等
	SMD	16/18~60/70	16/20~60/30	锯切、钻探和修正工具等
	DMD	16/18~40/45	16/20~40/50	修正工具和其他单粒工具等
立方氮化硼	CBN	20/25~325/400	20/30~270/400	树脂、陶瓷、金属结合剂磨具等

表 6-43 人造金刚石和立方氮化硼的粒度及其尺寸范围 (GB6406.1—86)
(μm)

粒度号	通过网孔 公称尺寸	不通过网孔 公称尺寸	粒度号	通过网孔 公称尺寸	不通过网孔 公称尺寸
窄 范 围			120/140	125	106
16/18	1180	10000	140/170	106	90
18/20	1000	850	170/200	90	75
20/25	850	710	200/230	75	63
25/30	710	600	230/270	63	53
30/35	600	500	270/325	53	45
35/40	500	425	325/400	45	38
40/45	425	355	宽 范 围		
45/50	355	300	16/20	1180	850
50/60	300	250	20/30	850	600
60/70	250	212	30/40	600	425
70/80	212	180	40/50	425	300
80/100	180	150	60/80	250	180
100/120	150	125			

表 6-44 金刚石和立方氮化硼适用范围的比较

工件材料	湿 磨		干 磨	
	立方氮化硼	金刚石	立方氮化硼	金刚石
各类高速钢	✓	×	✓	×
热压工具钢	✓	×	✓	×
工具合金钢	✓	×	✓	×
不锈钢、耐热钢	✓	✓	✓	×
铸铁	×	✓	✓	×
模具钢	×	✓	✓	×
Ni、Cr、Ti合金	✓	✓	✓	×

(续)

工件材料	湿 磨		干 磨	
	立方氮化硼	金刚石	立方氮化硼	金刚石
耐磨覆盖物 (硬质合金、Cr、Ni 等)	×	√	×	√
钢与硬质合金组合体	×	√	×	√
有色金属	×	√	×	√

注: √——适用, ×——不适用。

(2) 超硬磨具的适用范围

表 6-45 立方氮化硼磨具的适用范围

磨削工艺	适 应 范 围	
	加工材料	加工工件
工具的磨削与刀具刃磨	钨高速钢、铝高速钢、高钒高速钢以及各类合金工具钢等	一般刀具、螺纹刀具(丝锥、滚丝模等)、齿轮刀具(插齿刀、剃齿刀等)、拉刀, 各类靠模板、分度板以及标准齿轮、螺纹量规等
精密加工及难磨材料的精加工	耐热钢、耐热合金钢、不锈钢、高硬(HRC55 以上)高合金结构钢等	高精度丝杠、高精度齿轮、机床导轨、仪表轴承、精密轴承的大量生产件
热作用及敏感材料磨削	工业纯铁等	
珩磨	GCr15、CrWMn 等	大量生产的各类轴承

(3) 超硬磨具的结合剂

磨具结合剂的结合能力和耐磨性对磨削加工有很大的影响。超硬磨具常用的结合剂见表 6-46。

表 6-46 超硬磨具的结合剂及其代号 (摘自 GB6409.1--86)

结合剂名称	代 号
树脂结合剂	B
金属结合剂	M
陶瓷结合剂	V

3. 涂覆磨具

涂覆磨具是用胶或合成树脂将各种磨料均匀地粘结在纸、布或其他复合材料基底上而制成的一种磨具。它包括砂布、砂纸、砂带、砂套、砂盘、研磨页轮等。由于涂覆磨具制造简单、价格低廉、容易掌握、使用方便, 所以其应用范围十分广泛。

(1) 砂布、砂纸 砂布、砂纸包括页状砂布、砂纸, 卷状砂布、砂纸和页状金相砂纸等几种, 最常用的是页状砂布、砂纸。

页状砂布、砂纸是以动物胶、合成树脂为粘结剂, 将人造或天然磨料粘结在布、纸基体表面上的一种砂布、砂纸, 其尺寸规格见表 6-47。

表 6-47 页状砂布、砂纸的尺寸规格 (摘自 GB4979-85) (mm)

尺寸规格 (宽×长)	允许偏差 (宽或长)
230×280	±2

(2) 砂带 砂带是呈带状的砂布和砂纸。它是在一定的设备或装置上进行连续加工的一种高效磨具。砂带按其基体的材料分为布砂带、纸砂带、化纤砂带等; 按砂带形状分为卷状砂带和环形砂带。环形砂带又分为有接头和无接头的两种。无接头环形砂带的技术规格见表 6-48 和表 6-49。

表 6-48 无接头环形砂带宽度与周长的极限偏差 (ZB J43004-88) (mm)

宽 度 I		周 长 L	
尺寸范围	极限偏差	尺寸范围	极限偏差
≤15	±1	≤1200	±15
15<I≤100	±2		
300<I≤1000	±3		

表 6-49 无接头环形砂带宽度与长度的组合 (ZB J43004—88) (mm)

宽度	周 长					
	915	1200	2300	2500	3000	3200
10	×	×				
15	×	×	×	×		
20	×	×	×	×		
30	×	×	×	×		
33.5	×	×	×	×		
40	×	×	×	×		
42.5	×	×	×	×		
47.5	×	×	×	×		
50	×	×	×	×		
63			×	×		
65			×	×		
75			×	×		
80			×	×		
90			×	×	×	
100			×	×	×	×
105				×	×	×
125				×	×	×
200				×	×	×
250				×	×	×
300				×	×	×
400					×	×
500					×	×
600					×	×

(3) 砂盘 砂盘是以合成树脂为粘结剂，将磨料粘结在专用的钢纸表面上而制成的一种磨具。这种磨具通常用于手提电动或风动磨光机上对金属或非金属材料进行除锈、抛光等干磨加工。砂盘的尺寸规格见表 6-50~表 6-52。

表 6-50 砂盘的外径尺寸 (JB4165—85) (mm)

外径 D	80	100	115	125	140	150	180	200	235
极限偏差	±2			±3					

表 6-51 砂盘的内径尺寸 (JB4165—85) (mm)

内径 d	6	8	12	16	22	40
极限偏差	+0.8 0					

表 6-52 砂盘外径和内径尺寸的组合 (JB4165—85) (mm)

内径 d \ 外径 D	80	100	115	125	140	150	180	200	235
6	+	+	+	+					
8	+	+	+	-					
12		+	+	-	+	+	+		
16		+	+	+	+	+	+		
22		+	+	+	+	+	+	+	+
40							+	+	+

(4) 筒形砂套 将砂布或砂纸作成圆筒形状而构成筒形砂套。筒形砂套的规格尺寸见表 6-53 和表 6-54。

表 6-53 筒形砂套的内径尺寸 (ZB J43008-89) (mm)

内 径 d		6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	60
极限 偏差	平接头	Js16											
	螺旋接头	Js14											
内 径 d		100	125	160	200	250	315	400					
极限 偏差	平接头	Js16											
	螺旋接头	Js14											

表 6-54 筒形砂套的宽度尺寸 (ZB J43008-89) (mm)

宽度	10	15	20	25	30	40	50	75	100	125	150	180	200	250	300
极限偏差	±1								±2						

(5) 研磨页轮 研磨页轮用砂布或砂纸制成, 它分为带轴研磨页轮和卡盘研磨页轮两种, 其规格尺寸见表 6-55 和表 6-56。

表 6-55 带轴研磨页轮的规格尺寸 (JB3891-85) (mm)

宽度	外 径 D			
	30	40	60	80
10	×			
15		×	×	
20			×	
30			×	×
40				×
50				×
轴径 d	3.15		6.3	
轴长 L	25.40			

表 6-56 卡盘研磨页轮的规格尺寸 (JB3981—85) (mm)

宽度	外 径 D						
	150	200	250	300	350	400	500
25	×						
50	×	×	×	×	×	×	
75	×				×	×	
100					×	×	×
孔径 d	32		40				

第七章 钳工基本操作

一、 整 削

用手锤敲击整子对金属进行切削加工的操作过程叫整削（又叫凿削）。

整削的作用是整掉或整断金属，使其达到要求的尺寸和形状。例如，整掉锻件的飞边、铸件的毛刺和浇冒口，整平焊接边缘，把板料或条料断成几块，整沟槽、油槽，整削各种曲面和平面等。

在现代化的工业中，不少的整削工作已经实现了机械化或被各种机械加工所代替。但是，在很多情况下，整削加工比机械加工更加符合多快好省的原则。由于整削操作方便、设备简单，所以应用范围仍十分广阔。特别是在中小型工厂中，整削的作用更加显著。

1. 整削原理

整削的主要工具是整子。整子和其他刀具一样，要从工件表面切掉一层金属，除其刃部要比被加工材料硬以外，还必须作成楔形（尖劈状），而且在加工时，整子还要与工件的切削表面形成适当的角度（见图7-1）。

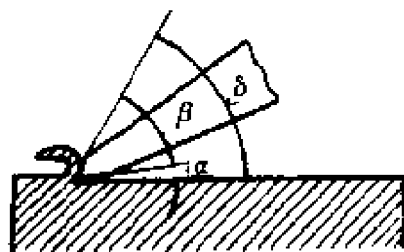


图7-1 整削时的角度

整子的前刃面和切削平面之间的夹角叫切削角。从图7-1中可以看出：

$$\delta = \beta + \alpha$$

式中 δ ——切削角；

β ——整子的楔角；

α ——后角（后刃面与切削面形成的夹角）。

由式中可见， δ 角的大小是由 α 角和 β 角决定的，而工作中整子的楔角 β 是不变的，所以切削角 δ 的大小取决于 α 角。一般情况下， α 角为 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。 α 角的大小直接影响着整削效率和工件质量。 α 角过大时，由于切削力大，

使錾子切入工件太深（图 7-2a）； α 角过小时，錾子的刃口很容易从工件表面滑出（图 7-2b）。所以，后角 α 是錾削中的关键角度。

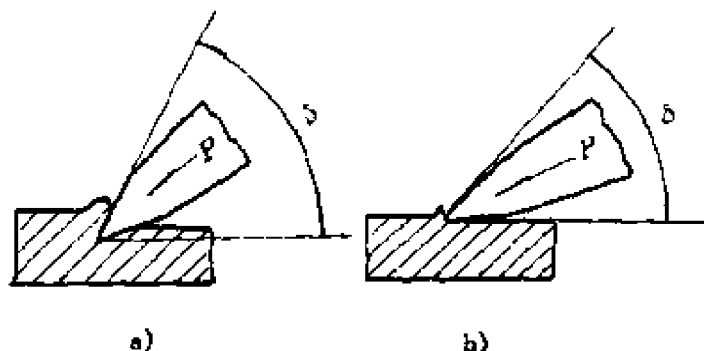


图 7-2 切削角大小与錾削工作的关系

此外，錾子楔角 β 的大小和錾削工作也有很大的关系：楔角越大，錾子的强度越高，但是切削的阻力也越大，不易切入工件，錾削起来不但费力，而且还会将被切材料挤得不平；然而，楔角过小，会使切削刃的强度减弱，錾刃容易折断。

錾子楔角的大小主要由被錾削工件材料的性质来决定。一般情况下，錾削脆、硬性的材料时，楔角要大些；錾削较软的材料时，楔角要小些。錾削常用金属材料的錾子楔角列于表 7-1 中。

表 7-1 根据材料选用錾子的楔角

工 作 材 料	錾 子 楔 角
硬钢、硬铸铁等	$65^{\circ} \sim 70^{\circ}$
碳素钢、软铸铁	60°
铜合金	$45^{\circ} \sim 60^{\circ}$
铝、锌	35°

2. 錾削类型

金属的錾削分为以下两类：

(1) 手工錾削 手工錾削使用的工具主要是锤子和錾子。当用宽 1mm 的錾子时，锤子的计算质量为 40g。錾去金属屑的厚度一般为 1~2mm。

(2) 机械化錾削 机械化錾削使用风动或电动工具。机械化錾削的效率比手工操作高 5~6 倍。

3. 錾削方法

錾削时，把工件夹持在虎钳口内，左手握錾，右手拿锤，挥锤向錾子敲击。操作者站立的姿势，应使全身不易疲劳，又便于用力。锤击时，手锤在右上画弧形作上下运动，眼睛要注视在錾刃和工件之间，这样才能保证錾削质量。

(1) 錾断

1) 錾断板料：把板料夹紧在虎钳上，使錾切处与钳口平行，用扁錾正对工件，从右向左沿钳口錾切（图 7-3），不直接錾断工件，而只使錾切深度超过工件厚度的一半；錾削至另一端，往复扳动板料，使其折断。

2) 錾断较厚的工件：较厚的工件不易折断。因此，应在錾至一定程度后，利用敲击的力量使之折断（图 7-4）。

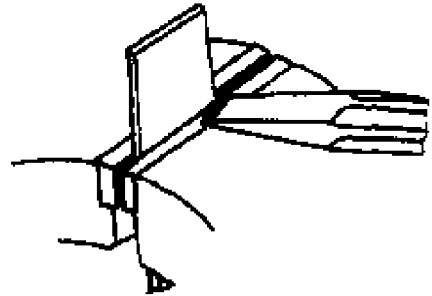


图 7-3 在虎钳上錾断板料

(2) 錾平面

1) 錾削窄平面：用扁錾錾削窄平面时，应使扁錾刃口的宽度大于被加工平面的宽度。每次錾削的厚度不得超过 0.5mm。在每次錾削至接近尽头时，应轻錾；对于脆性材料，为了防

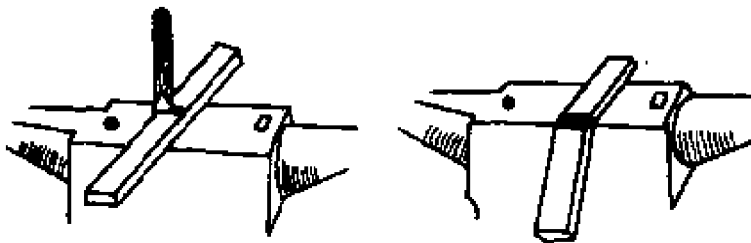


图 7-4 在铁砧上錾断较厚的工件

止把棱边錾掉，应调转方向，从工件的另一端錾去（图 7-5）。

2) 錾削宽平面：錾削宽平面时，先用尖錾开槽，然后再用扁錾錾平（图 7-6）。

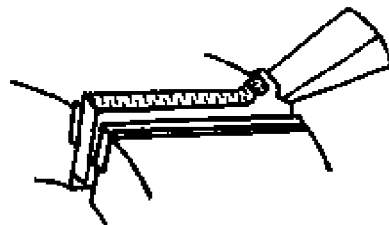


图 7-5 錾削窄平面

(3) 錾槽

1) 錾油槽：油槽錾的刃口宽度要和油槽宽度一致，高度是宽度的 3/4。錾削

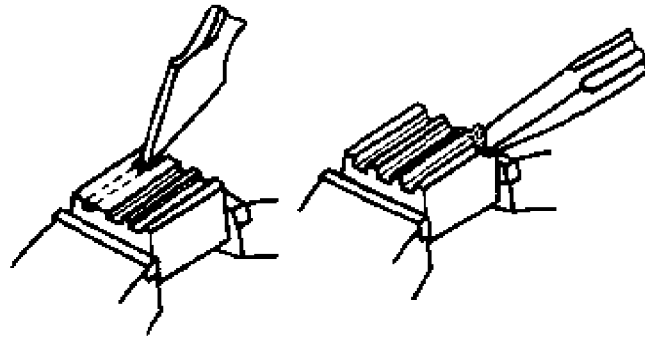


图 7-6 鏖削宽平面

时，应先按划线鏖出较浅的痕迹，然后再大量鏖削；鏖子的倾斜角度要灵活掌握，以使油槽的尺寸、深度和表面粗糙度达到要求（图 7-7）。

2) 鏖键槽：鏖削前，在工件上划好线，按线鏖削。鏖削两端带圆弧的键槽时，应先在槽的两端钻孔（孔径等于槽宽），然后选择合适的尖鏖，进行鏖削（图 7-8）。鏖削时，鏖削量要小，用力要轻。

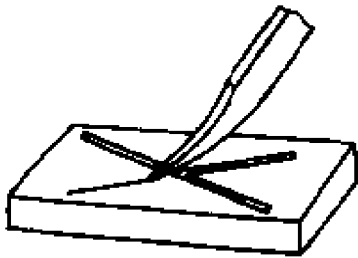


图 7-7 鏖油槽

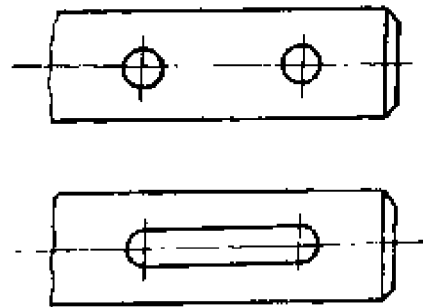


图 7-8 鏖键槽

4. 鏖削安全技术

- 1) 鏖子头部的毛刺要经常磨掉，以免伤手。
- 2) 鏖子应经常刃磨锋利，因为刃口钝了不但效率不高，而且鏖削出的表面也较粗糙，刀刃也容易崩裂。
- 3) 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。
- 4) 鏖削时，周围要有安全网，以免鏖下来的金属碎片飞出伤人。
- 5) 鏖削脆性金属时，操作者要戴防护眼镜，以免碎屑崩伤眼睛。
- 6) 操作中，握锤的手不准戴手套，以免锤子滑出伤人。

7) 要保持正确的錾削角度。如果錾子拿得太平, 用锤子锤击时, 錾子容易飞出伤人。

8) 錾削将近终了时, 击锤要轻, 以免用力过猛伤手。

5. 錾削时产生废品的原因及预防方法

錾削工作是一项粗中有细的操作, 不但要敢于挥锤击錾, 而且要做到稳、准、狠。錾削时, 产生废品的原因和预防方法见表 7-2。

表 7-2 錾削时产生废品的原因及预防方法

废品种类	原因	预防方法
工件变形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 立握錾切断时, 工件下面垫得不平 2. 刃口过厚, 将工件挤变形 3. 夹伤 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 放平工件, 较大工件由一人扶持 2. 修磨錾子刃口 3. 较软金属应加钳口铁, 夹持力量应适当
工件表面不平	<ol style="list-style-type: none"> 1. 錾子楔入工件 2. 錾子刃口不快 3. 錾子刃口崩伤 4. 锤击力不均 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调好錾削角度 2. 修磨錾子刃口 3. 修磨錾子刃口 4. 注意用力均匀, 速度适当
錾伤工件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 錾掉边角 2. 起錾时, 錾子没有吃进就用力錾削 3. 錾子刃口忽上忽下 4. 尺寸不对 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 快到尽头时调转方向 2. 起錾要稳, 从角上起錾, 用力要小 3. 掌稳錾子, 用力平稳 4. 划线时注意检查, 錾削时注意观察

二、锯 削

用锯对材料或工件进行切断或切槽等的加工方法叫锯削。

锯削是一种切削加工, 主要用于锯断各种原材料或半成品、锯掉工件上的多余部分以及在工件上开槽等。

锯削分手工锯削和机械锯削两种。

1. 锯削方法

锯削时, 右手握住锯柄, 左手握住锯弓的前上部。起锯时, 速度要慢, 用力不要过大; 推锯时, 锯齿起切削作用, 要加以适当的压力。锯削硬性材

料时，因不易切入，压力应大些，防止产生打滑现象；锯削软性材料时，压力应小些，防止产生咬住现象。但在向回拉锯时，不仅不需要加压力，还要把锯弓稍稍抬起，以减少锯齿的磨损。当工件快锯断时，要用手扶住悬在虎钳外的一段，以免工件落下伤人或摔坏工件。

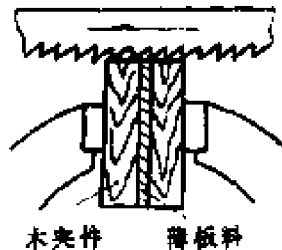


图 7-9 薄板的锯法

几种常见原材料的锯削方法如下：

(1) 锯薄板 比较薄的板料，锯削时会发生弯曲和颤动，使锯削无法进行。因此，锯削时应将板料夹在两块废木板的中间，连同木板一齐锯开（图 7-9）。

(2) 锯圆管 锯圆管一般不采用一锯到底的办法，而是将管壁锯透时，把管子向推锯方向移动，锯锯转转，直到锯掉为止（图 7-10）。

(3) 锯扁钢 为得到整齐的锯口，应从扁钢较宽的面下锯，这样锯缝的深度较浅，锯条不致卡住，如图 7-11 所示。

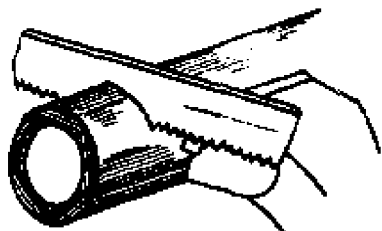


图 7-10 锯圆管

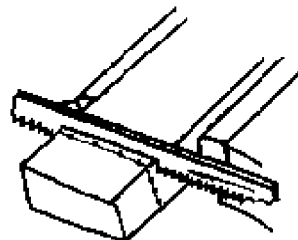


图 7-11 锯扁钢

2. 锯削时产生废品的原因及预防方法

表 7-3 锯削时产生废品的原因及预防方法

废品形式	原因	预防方法
尺寸不对	1. 划线不准 2. 没按线加工	1. 看清图样，划线时注意检查 2. 锯削时留有尺寸线
锯缝歪斜	1. 锯条扭曲 2. 锯齿一侧磨钝 3. 工件夹斜 4. 压力过大	1. 重新调整锯条松紧 2. 重换新锯条 3. 注意检查工件的夹持 4. 减轻压力
拉伤表面	1. 起锯时压力不均 2. 跑锯	1. 速度放慢，压力均匀 2. 注意握稳锯弓

3. 锯削时锯条损坏的原因及预防方法

表 7-4 锯条损坏的原因及预防方法

锯条损坏形式	原因	预防方法
锯条折断	1. 锯条装得过松或过紧 2. 工件抖动或松动 3. 锯缝歪斜, 借止时锯条扭曲折断 4. 压力太大 5. 新锯条在旧锯缝中卡住	1. 锯条松紧应装得适中 2. 工件装夹应稳固, 且使锯缝尽量靠近钳口 3. 握稳弓锯, 使锯缝与划线重合 4. 压力应适当 5. 调换新锯条从新的方向锯削
锯齿崩裂	1. 锯条粗细选择不当 2. 起锯方向不对 3. 突然碰到砂孔杂质	1. 正确选用粗、细锯条 2. 纠正起锯方向和起锯角度 3. 锯削铸件碰到砂眼时应减小压力
锯齿很快磨损	1. 锯削时不加切削液 2. 速度太快(新工人易犯这个毛病)	1. 注意选用切削液 2. 锯削速度应适当

三、锉 削

用锉刀对工件进行切削加工的方法叫锉削。锉削可用于加工工件的外表面、曲面、内外圆角、沟槽、孔和各种复杂表面;也可以在整削和锯削之后锉去一定的加工余量,使工件达到图样要求;还可以在装配中修整零件;特别是它适于完成机械加工所不能完成或没有必要采用机械加工的局部加工。

锉削分为粗、精两种。锉削后的表面质量决定于锉齿的粗细;加工后的表面形状则决定于锉刀断面的形状和锉刀运动的形式。因此,锉削时,要根据所要求的形状和加工精度正确选用各种不同的锉刀。

1. 锉削方法

(1) 锉平面

1) 普通锉法: 锉削时, 锉刀的运动方向是单方向的, 并且要沿工件的横向表面锉, 如图 7-12 所示。

2) 交叉锉法：锉削时，锉刀的运动方向是交叉的。因此，工件的锉削面上能显出高低不平的阴影（痕迹），如图 7-13 所示。这样容易锉出准确的平面。当平面还没有锉平时，常采用这种锉法来找正。

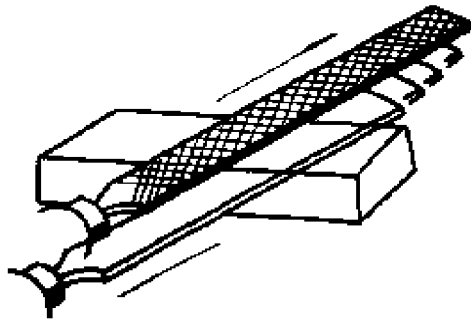


图 7-12 普通锉法

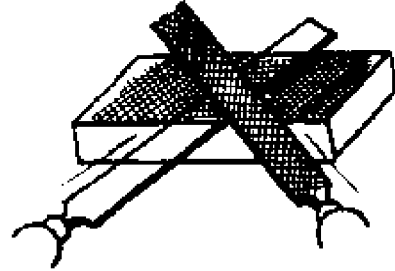


图 7-13 交叉锉法

3) 顺向锉法：这种锉法常用于交叉锉法之后，主要是把锉纹锉顺，起锉光作用，如图 7-14 所示。

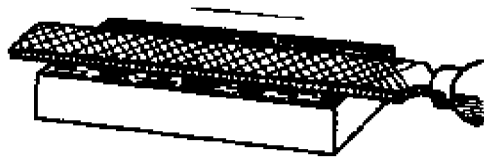


图 7-14 顺向锉法

(2) 锉曲面

1) 锉圆柱面（或凸弧面）：锉圆柱面时锉刀要同时完成两种运动——前进运动和绕圆弧面中心的转动（图 7-15）。两手的运动轨迹近似于两条渐开线。

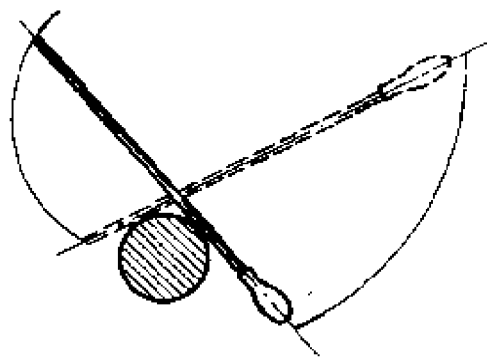


图 7-15 锉圆柱面时锉刀运动示意图

如果是将方形零件锉成圆柱形，应先锉棱，使之变成八角形、十六角形，然后再用上述方法锉成圆柱形。

2) 锉圆孔（或凹弧面）：锉削圆孔时，锉刀要同时完成三种运动，如图 7-16 所示。

只作前进运动或只作向左移动都锉不好圆孔，只有同时完成前进运动、左移运动和绕锉刀中心线的转动，才能锉好圆孔。

(3) 配键 配键牵涉到三个零件：键、轴、套（或轮），三者之间的关

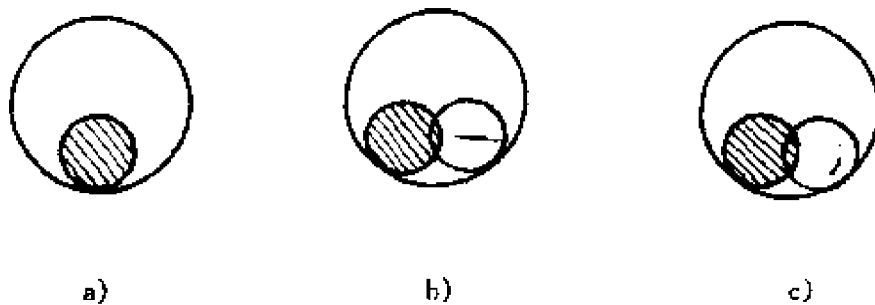


图 7-16 圆孔的锉削方法

a) 前进运动 b) 向左运动 c) 同时完成三种运动

系如图 7-17 所示。

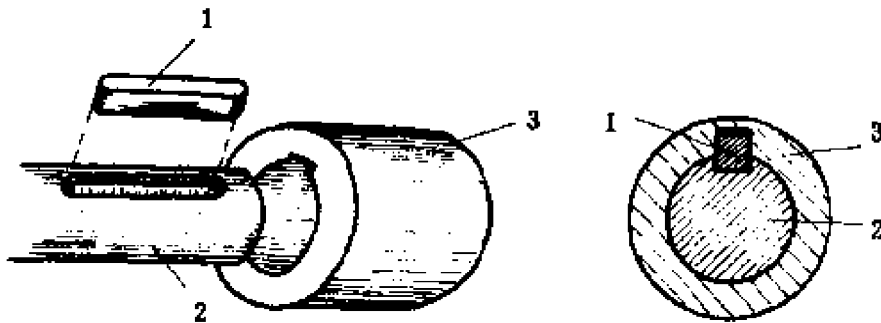


图 7-17 配键

1—键 2—轴 3—套（或轮）

锉配前，轴和孔上的键槽已加工好，键坯也已加工好，只是在键宽上留有 0.2mm 左右的锉修余量。现以平键为例说明锉配的方法：

1) 测量孔和轴上的键槽尺寸，如果宽度不等，要修整一致，并去掉毛刺。

2) 按键槽宽度尺寸锉削键的两侧余量，锉时要保持两侧平行，并与底面垂直。在锉削过程中，要经常试配，以达到与键槽的配合松紧适度。

3) 将键的两端锉成半圆形，同时锉准长度并倒角。应注意键配入轴槽内在长度方向要保证有 0.1mm 左右的间隙，否则，硬打入槽内，将引起轴或键的变形。

4) 修去键上的毛刺，擦净后上油，用木锤将键打入轴槽内。

5) 连轴带键一起推入孔内，如发现太紧，可将键的发亮部分锉去一些（此时键可不必从轴上取下），但应注意不要损伤轴的表面。

2. 钳工工作中常遇到的锉削操作

1) 锉削机架、基础板、减速器壳体、轴承等的支承面，以保证紧密贴合。

2) 锉削以软垫片互相结合的零件表面（如盖板、端盖等）。

3) 锉削零件表面以清除毛刺、斑痕和其他缺陷，并将不平处锉平。

3. 锉削时产生废品的原因及预防方法

表 7-5 锉削时产生废品的原因及预防方法

废品形式	原因	预防方法
工件夹坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 虎钳将精加工过的表面夹出凹痕来 2. 夹紧力太大，把空心件夹扁 3. 薄而大的工件没夹好，锉削时变形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 夹紧精加工工件应加护口片 2. 夹紧力不要太大，夹薄管最好用两块弧形木垫 3. 夹持薄而大的工件要用辅助工具
平面中凸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作技术不熟练，锉刀摇摆 2. 使用再生锉刀时用了凹面锉刀 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握正确的锉削姿势，采用交叉锉法 2. 选用锉刀时要检查锉刀的锉面，弯的锉刀、凹面锉刀不能用
工件形状不正确	<ol style="list-style-type: none"> 1. 划线不对 2. 没掌握锉刀每锉一次所锉的厚度，锉出尺寸界限 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据图样正确划线 2. 对每锉一次的锉削量要心中有数，锉削时思想要集中，并经常测量
表面不光洁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 锉刀粗细选择不当 2. 粗锉时锉痕太深 3. 锉屑嵌在锉纹中未清除 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 合理选用锉刀 2. 锉削时应始终注意表面的光洁程度，避免出现深痕 3. 经常清除锉屑
锉掉了不应锉的部位	<ol style="list-style-type: none"> 1. 没选用光边锉刀 2. 锉刀打滑把邻近平面锉伤 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 锉削垂直面时应选用光边锉刀，如没有光边锉刀则用普通锉刀改制 2. 注意不要打滑

四、刮 削

刮削是用刮刀刮除工件表面薄层的加工方法。它是利用刮刀、测量工具和显示剂，以手工方式，边研点测量，边用刮刀刮去高处的金属，使工件逐步达到规定的尺寸、几何形状、表面质量和密合性等要求的。刮削是一种精加工方法，刮削后工件表面上留下的一层微浅而美丽的花纹，既可增加表面的美观，又可利用它来贮油、减少摩擦，以提高工件的使用寿命。因此，机床的导轨面、轴承的摩擦面和常用的平板等，都采用刮削来达到较高的精度要求。

1. 刮削方法

(1) 平面刮削 平面刮削法适用于各种互相配合的平面和滑动平面，如平板、角度垫铁和机床导轨的滑动面等。

刮削平面时，刮刀作前后直线运动，前推进行切削，后退为空行程。所加压力的大小根据加工材料确定。金属较硬时，加压应大；材料较软时，加压应小。

根据工件的精度要求，刮削分为粗刮、细刮、精刮和刮花几种：

1) 粗刮：当机械加工后，表面刀痕显著、刮削余量较大或者工件表面生锈时，都需要首先进行粗刮。粗刮时，用长刮刀，刀口端部要平，刮过的刀迹较宽（10mm 以上），行程较长（10~15mm），刀迹要连成一片，不可重复。当高起的接触点达到每 25mm^2 内有 4~6 个时，粗刮就算达到了要求。

2) 细刮：粗刮后的表面高低相差很大，细刮就是将高点刮去，让更多的点子显示出来。细刮时，刮刀磨得中间略凸些，刀迹宽 6mm 左右，长 5~10mm，刀迹依点子而分布。连续两次的刮削方向，应成 45° 或 60° 的网纹。当点子达到每 25mm^2 的面积上有 10~16 个时，细刮就算完成。

3) 精刮：在细刮后要进一步提高质量，则需进行精刮。精刮时，用小刮刀轻刮，刀迹 4mm 左右，长约 5mm。当点子逐渐增多时，可将点子分为三种类型刮削：最大最亮的点子全部刮去；中等的点子在中部刮去一小片；小的点子留下不刮。经推磨第二次刮削时，小点子会变大，中等点子分为两个点子，大点子则分为几个点子，原来没有点子的地方也会出现新点子。经

过几次反复，点子就会越来越多。当达到每 25mm^2 的面积上有 20~25 个点子时，细刮工作即可结束。

4) 刮花：它是在已刮好的平面上，再经过有规律的刮削，使其形成各种花纹。这些花纹既能增加美观，又在滑动表面起着存油的作用，并且，还可借助刮花的消失，来判断平面磨损的程度。近来，已有电火花淬火机床代替刮花，导轨面淬火后，既可提高硬度又可烧出好看的花纹来，优点很多。

(2) 曲面刮削 曲面刮削的原理和平面刮削一样，但刮削内曲面时采用的是三角刮刀或匙形刮刀，刮削所作的运动是螺旋运动，并且以标准心棒或相配合的轴作为内曲面研点的工具。研磨时，将显示剂均匀地涂在轴面上，用轴在孔中来回转动几下，点子即可显示出来，然后对高点进行刮削。在刮削过程中，刮刀只可左右移动，而不可顺着长度方向刮削，以免留下刀痕。

曲面刮削开始时，刮刀压力要小些，然后逐渐增加，待刮刀刃口经过最高点以后，再逐渐减少压力，使刮刀慢慢地离开工件表面。以避免出现刀痕。

曲面刮削的精度检查同样以每 25mm^2 面积内的接触点数为标准，并且点子应均匀地分布在整个曲面上。

根据生产实践经验：刮削主轴轴瓦时，经常有意识的把轴瓦中间一段的接触点刮得稀一些，轴瓦两端的接触点刮得密一些，这样可使轴瓦中间间隙略大些，以利于改善润滑情况。同时，由于轴瓦两端配合较紧密，可使轴瓦不漏油。

另外，为了有效地减少摩擦和轴在运转过程中产生的热量，轴和轴瓦之间必须留有适当的间隙。刮研时应留间隙的大小见表 7-6。

表 7-6 轴瓦间隙 (mm)

轴瓦直径	刮削后应留间隙	油膜厚度	实际间隙
20~30	0.015	0.015~0.025	0.03
35~50	0.03	0.015~0.025	0.05
60~80	0.045	0.015~0.025	0.06
90~110	0.06	0.015~0.025	0.075
120~150	0.08	0.015~0.025	0.095
160~200	0.10	0.015~0.025	0.115
210~300	0.15	0.015~0.025	0.17

(3) 原始平板的刮削 平板是检查工具中最基本最重要的一种，所以必须做得非常精密。如果要刮削的平板只是一块，则必须用标准平板合研。如果连标准平板也没有，则必须用三块原始平板相互配刮，称为三块互刮法。

刮前先将三块平板编号（如 1、2、3），接着分别粗刮一遍，除去机械加工留下的刀痕。然后按照下列顺序进行合研刮削。

1) 以 1 为基准，将 2 和 3 与 1 合研后刮削（图 7-18a），达到密合后，再将 2 和 3 合研并同时刮削（图 7-18b）。

2) 以 2 为基准，将 1 与 2 合研后刮削（图 7-18c），达到密合后，再将 1 和 3 合研并同时刮削（图 7-18d）。

3) 以 3 为基准，将 2 与 3 合研后刮削（图 7-18e），达到密合后，再将 1 和 2 合研并同时刮削（图 7-18f）。

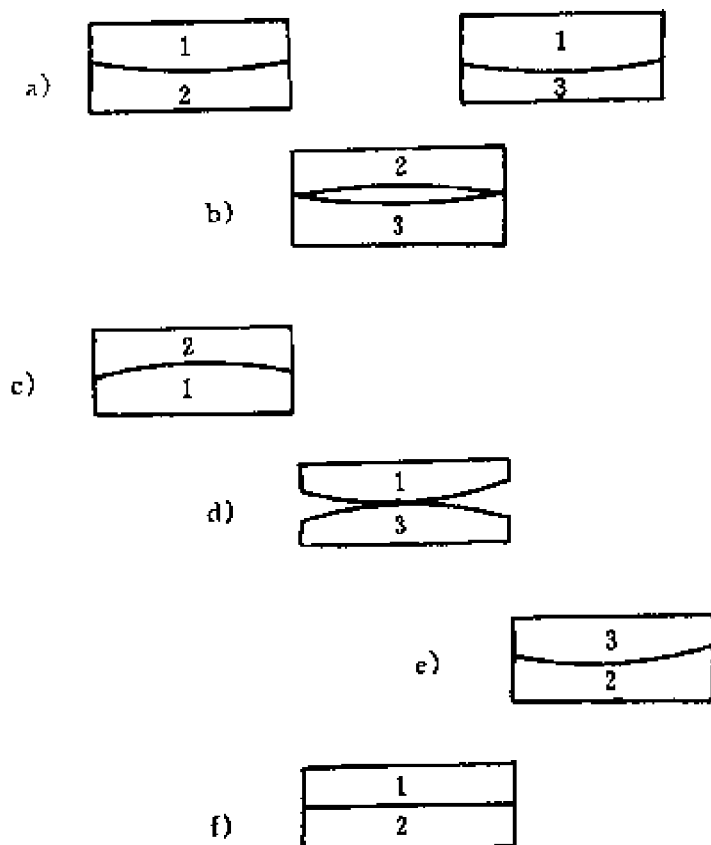


图 7-18 原始平板的刮削法

接着仍以 1 为基准，按上述顺序循环进行，直至达到平板所要求的精确

度为止。(各级平板的精度要求见表7-9)。

2. 刮削余量

刮削是一种繁重的体力劳动，每次的刮削量很小。因此，刮削余量不能太大；但是为了保证刮削质量，余量也不能太小。刮削余量的大小与工件的表面积有关。机械加工时，可根据表7-7选择适宜的刮削余量。

表7-7 刮削余量 (mm)

平面的刮削余量					
平面宽度	平面长度				
	100~500	>500~1000	>1000~2000	>2000~4000	>4000~6000
≤100	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
>100~500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

孔的刮削余量			
孔径	孔长		
	≤100	>100~200	>200~300
≤80	0.05	0.08	0.12
>80~180	0.10	0.15	0.25
>180~360	0.15	0.20	0.35

3. 显示剂

在刮削表面或检具表面上涂一种辅助材料，在推磨时来显示高点的部位，以便进行刮削，这种辅助材料叫显示剂。

由于刮削是一种精加工方法，所以显示剂必须具有色泽鲜明、颗粒细微、容易松散、无腐蚀性、价廉易得等特点。常用的几种显示剂见表7-8。

在推磨显示时，把红丹粉涂在零件表面上后，所显示的点子是红底黑点。没有闪光，容易看清，但刮屑容易粘住刀口。如果在标准面上涂红丹粉，点子不很明显，但刮削不易粘住刀口，而且第一次磨后再次推磨时，只需把红丹粉抹匀，不必再涂，因此可以节省显示剂。一般在粗刮时，把显示剂涂在标准面上，这样显示点子大，便于刮削。在精刮时，涂在零件上，这

样显示点子小，并且避免反光。为了显示更清晰，可同时使用红丹粉或蓝油，零件上涂红丹粉，标准面上涂蓝油。在细刮、精刮时，一般用蓝油，因为蓝油颗粒极细、粘性小，且显示鲜明。

表 7-8 常用的显示剂

名 称	配 制 方 法	适 用 场 合
红丹油	氧化铅粉、氧化铁粉用 N32 (20号) 或 N46 (30号) 机油调合	用于铸铁件的刮削显点
蓝 油	普鲁士蓝粉用 N46 (30号) 机油或蓖麻油调合	用于有色金属件的刮削显点
油彩、油墨		用于精密滑动轴承的刮削显点

4. 刮削的精度检验

刮削后，在 25mm×25mm 内的接触点数应达到表 7-9 的要求。

此外，也可通过计算实际贴合面积占全部面积的百分率来确定刮削的精度。百分率的大小根据工件的工作性质而定。

表 7-9 各种工件刮削的质量要求

工件种类	在 25mm×25mm 内的接触点数
0 级、1 级平板	25
2 级平板	20
3 级平板	12
机床主要导轨	20~25
机床次要滑动平面	12~18
轴承和轴	10~12
密封性零件	5
最差的刮研接触面	3

5. 刮削中产生的弊病和防止方法

表 7-10 刮削中产生的弊病和防止方法

弊病形式	产生原因	防止方法
深凹痕	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮削时刮刀倾斜 2. 用力太大 3. 刃口磨得过于弧形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮削时应拿稳刮刀，不使它倾斜 2. 减轻压力 3. 刃口圆弧应适当
震痕	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮削只在一个方向进行 2. 刮工件边缘时刮刀平行边缘所致 3. 刀刃伸出工件太多 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮削时必须交叉进行 2. 刮刀应与工作边缘成 45° 角 3. 刀刃伸出工件，应不超过刮刀宽的 1/4
丝纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮刀刃口不锋利或不光滑 2. 刮刀刃口有缺口或裂纹 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刃口必须磨锐 2. 刃口应磨得光滑平整
刮削面不精确	<ol style="list-style-type: none"> 1. 显示点子时，推磨的压力不匀；标准工具伸出工件太多，显示出来的是假点子，按假点子刮，面刮坏了 2. 检验工具本身不正确 3. 工件没放平稳 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 显示点子时，使用正确的推磨方法 2. 检验工具要经常检查，要采用正确的检验工具 3. 工件应放稳，刮时不能有摇动

6. 刮研工作的机械化

多年来，机器制造业都是采用手工刮削来保证精密机床的几何精度。虽然手工刮削能使工件达到较高的精度，而且，操作简便灵活，但却存在着效率低、劳动强度大、生产周期长等缺点。随着机械工业的蓬勃发展，目前采用机械加工方法代替手工刮削的工艺已经越来越多。如以精刨、精磨、精铣代替平面刮削；以精扩孔和精拉孔代替曲面刮削。有的还采用机械刮刀和气动刮刀来提高研削效率和减轻劳动强度。这虽然在某种程度上会使机械加工复杂化，但是刮削的效率却大大提高，从而取得了显著的经济效果。

五、研 磨

用研磨工具和研磨剂从工件上研去一层极薄表面层，使工件具有准确的尺寸和形状以及很高的表面质量，这种加工方法叫研磨。

研磨属于精加工工序，它在工具、量具和精密机械制造中具有广泛应用。随着机械工业的发展，研磨也由手工操作逐步趋向于机械化。

1. 研具

研具是研磨时决定工件表面几何形状的一种标准工具。它可以根据需要作成不同尺寸的圆柱体、圆锥体、圆环等。

(1) 对研具的要求

1) 研具的设计应考虑到研具磨损后的补偿调整；

2) 研具的几何形状应尽可能与工件一致，并且表面要光滑，无裂纹、斑点等缺陷；

3) 研具的材料应比工件软，并且要组织均匀、变形小，具有一定弹性，研磨性要好，寿命要长。

(2) 研具的材料

1) 灰铸铁：灰铸铁是作研具的最好材料，它具有润滑性能好、研磨效率高、磨耗相当小等优点，尤其适合于精研。常用于研磨的铸铁材料，其成分见表 7-11。

表 7-11 铸铁研磨材料的成分

用于精密研磨的铸铁材料成分		用于一般粗研磨的铸铁材料成分	
碳	2.7%~3.0%	碳	0.35%~3.7%
锰	0.4%~0.7%	锰	0.4%~0.7%
锡	0.45%~0.55%	锡	0.45%~0.55%
硅	1.3%~1.8%	硅	1.5%~2.2%
磷	0.65%~0.7%	磷	0.1%~0.15%

2) 软钢：它的强度高干灰铸铁，并且不易折断，变形，常用于研磨蜗纹和小孔（直径一般在 8mm 以下）。

3) 铜：铜多用于余量较大的粗研磨，精研磨仍用铸铁。

4) 铅：铅适用于软金属的光研磨。

5) 沥青：沥青多用于玻璃、水晶及其他透明材料的研磨。

(3) 常用的研具

1) 研磨棒

①整体式研磨棒：整体式研磨棒用于研磨内孔，其外径尺寸按零件的精度要求制作。每一种规格孔径的研磨，需有 2~3 个具有粗、半精、精研余量的研具来进行。对于要求较高的孔，每组研具常达 5 件之多。每组研具的直径差可参照表 7-12。

表 7-12 研具的直径差 (mm)

编 号	尺寸的确定	备 注
1	比被研孔小 0.015	开沟槽
2	比第 1 号大 0.01~0.015	开沟槽
3	比第 2 号大 0.005~0.008	开沟槽
4	比第 3 号大 0.005	开沟槽
5	比第 4 号大 0.003~0.005	不开沟槽

整体式研磨棒制造简便，但磨损后无法进行补偿，所以，一般在单件研磨或机修中使用。

②可调式研磨棒：可调式研磨棒是借心棒锥体的作用来调节外套直径的。这种研磨棒由一外锥体与带内锥孔的套组成。调节时，将螺母拧紧，即可使外套的外径胀大；反之，将螺母松开，则可使外径尺寸缩小。

可调式研磨棒制造时比整体式复杂，但由于其尺寸可在一定范围内调整，使用寿命较长，故可用来研磨成批生产的工件。

2) 研磨套：研磨套用于研磨轴径。它常作成可调式的。可调式轴用研磨套的结构和孔用的可调式研磨棒相反，它由一个可调的外套夹和一个研磨套组成。

研磨时，将工件夹在机床上，工件外圆上涂一层薄而均匀的研磨剂，套上研磨套，调整好研磨间隙。然后开动机床，手捏研磨套，在工件轴向的全长上来回移动，进行研磨。

3) 研磨平板：研磨平板用于研磨平面，常用的有以下两种：

①压砂平板：压砂平板是工件进行超精研磨时用的平板。研磨前，将细微的研磨剂均匀撒在两平板之间，然后，使平板相互对研，细微粉粒嵌入平板之工作表面，构成具有一定牢固性的“多刃研削面”。

经过压砂平板研磨后，工件表面的纹络细密，能得到准确的尺寸和很高的表面质量。

使用压砂平板研磨时常见的主要问题及解决方法见表 7-13。

表 7-13 使用压砂平板时常见的问题

序号	问 题	原 因	解 决 方 法
1	切削不均匀	研磨剂不均匀	将研磨剂涂匀
2	切削规律划伤	混进粗砂粒	用天然油石打掉粗砂粒
3	表面颜色发黄	平板表面已无切削力	重新压砂
4	无规律划伤	平板表面有研屑混入	清洗表面，少涂一滴硬脂后用汽油稀释

②玻璃平板：玻璃平板用于研磨不允许加研磨剂的工件，但这些工件研磨中又必须加水，因而要求平板具有很好的防锈能力。

玻璃平板通常由玻璃和普通平板用环氧树脂粘结而成，粘结后进行研磨，其表面质量根据工件的要求确定。

2. 研磨剂

(1) 研磨粉 其种类和用途、粒度和应用见表 7-14、表 7-15。

(2) 研磨膏 研磨膏是在研磨粉中加入粘结剂和润滑剂调制而成的。常用的添加剂有硬脂酸、石蜡、动物脂肪、凡士林、煤油、油酸等，其主要作用是使研磨粉均匀分布；另外，部分添加剂含有活性化学附加物，可提高研磨效率和表面质量。因此，研磨膏的应用极为广泛。

研磨膏的配制成分应按使用目的而定，一般情况下可按表 7-16 配制。

表 7-14 研磨粉的种类和用途

系列	研磨粉名称	代号	颜色	强度和硬度	用途	
					工件材料	应用范围
刚玉类	棕刚玉	GZ	棕褐色	比碳化硅稍软,韧性高,能承受很大压力	钢、铸铁、黄铜	初研磨(要求不太高时,也可作最后研磨)
	白刚玉	GB	灰白色	切削性能优于普通刚玉,而韧性稍低		
	铬刚玉	GG	浅紫色	韧性较高		
	单晶刚玉	GD	棕	透明、多棱、硬度大,强度高		
碳化物类	黑碳化硅	TH	黑色不透明	比刚玉硬,性脆而锋利	铸铁、钢、青铜、黄铜	初研磨、最后研磨
	绿碳化硅	TL	绿色半透明	较黑碳化硅性略脆		
	碳化硼	TP	黑色	比碳化硅硬	硬质合金、硬铝	
金刚石类	人造金刚石		灰色至黄白色	最硬	硬质合金	
	天然金刚石					
	氧化铁		红色至暗红色和紫色	比氧化铬软	钢	极细的最后研磨(抛光)
	氧化铬		深绿色	较硬	钢	

表 7-15 研磨粉的粒度和应用

加工方法	粒度	应用
粗研磨	100~240	一般产品零件的研磨
精研磨	W40~W14	
粗研磨	W14~W10	精密零件、量具、刃具的精研磨
半精研磨	W7~W5	
精研磨	W5以下	

表 7-16 研磨膏的成分及其应用

加工种类	研磨粉		配制成分(%)				
	名称	粒度	研磨粉	油酸	混合脂	凡士林	煤油
粗 研	刚玉	W14--W10	52	7	26	15	
半精研	刚玉	W7	45	22.4	31.5		1.1
精 研	刚玉	W5	40.8	20.5	36.7		2
抛 光	刚 玉	W5	6.5	29	45.1		6.5
	氧化铬	W5	12.9				
	氧化铬	W2.5	11.6	31	54		3.4
	氧化铬	W2.5	19.4	32.2	45.1		3.3
	氧化铬	W2.5	56	8	12	24	
	氧化铬	W5	23.3	26.7	46.7		3.3

注：煤油的加入量视天气而定，天暖应少加些，天冷可多加些。油酸与混合脂之和为一定数，例如油酸减少 5%，则混合脂应增加 5%。

(3) 研磨液 研磨液的作用在于使研磨粉均匀分布、润滑，并在工作表面形成氧化膜，从而加速研磨过程。常用的研磨液有以下几种：

1) 机油：应用较普遍，一般用 N15 (10 号) 机油。在精研中常用 1 份机油和 3 份煤油混合使用。

2) 煤油：主要用于要求研磨速度快，而对工件表面粗糙度要求不高的粗研磨。

3) 猪油：最适于精密研磨，因为猪油中含有动物性油酸，有助于研磨能细化表面粗糙度。

4) 水：适用于玻璃、水晶的研磨。

为了达到更好的研磨效果，当使用不同的研磨粉和不同材料的研具时，所加的研磨液亦不相同 (见表 7-17)。如使用研磨膏时，加少量机油作研磨液即可。

表 7 - 17 研磨液的选择

研磨粉	研具材料	研 磨 液
碳 化 硅	铸 铁 软 钢 铜	汽油、煤油、松节油、猪油 机油、猪油 机油、松节油、猪油
刚 玉	铸 铁 铜	汽油、猪油 苏打水、松节油
氧 化 铁	铜合金、锡合金 铝 合 金	煤 油 煤 油
氧 化 铬	坩埚、铸铁 软 钢	酒 精 松节油

3. 研磨方法

(1) 平面研磨 平面研磨分为粗研和精研两种：精研在带有沟槽的平板上进行；精研在光滑的平板上进行。

研磨前，先将研磨平板和工件的表面用煤油清洗，擦净后均匀地涂研磨剂，然后把工件放在研磨平板上，用手按住进行研磨。研磨时，工件按“8”字形轨迹运动，并要很细心地把平板每一个角落都研磨到，使平板磨耗均匀，以保持平板的准确性。每研 0.5min 后，把工件旋转 90°，这样才不致于把工件磨偏。

(2) 内孔研磨 内孔研磨是利用研磨棒进行的。研磨时，可将研磨棒装夹在机床主轴上，使之转动，手持工件作往复运动；也可以手拿着研磨棒使它在工件孔中转动并作往复运动。

研磨棒的直径一般比内孔小 0.01~0.015mm，其长度约为工件内孔长度的 2~3 倍。为了保证和工件内孔的配合，大部分都采用可调式研磨棒。

(3) 螺纹研磨 研磨外螺纹时，将工件装夹在机床主轴上作正、反转运动，用手握持带有内螺纹的研磨环，使之在工件上作往复运动。

研磨内螺纹时，将表面带有相同螺纹的研磨棒安装在机床主轴上作正、反转运动，用手握持工件使之在研磨棒上往复运动。

研磨螺纹时的转速可参照表 7-18 确定。

表 7-18 研磨螺纹时的转速 (r/min)

螺纹直径 (mm)	螺 距 (mm)			
	0.5~0.8	1~2	2.5~3.5	4~6
≤6	600	500	—	—
>6~30	500	500	400	300
>30~60	400	350	300	200
>60~120	—	350	250	150

4. 研磨余量

研磨是工件的最后一道精加工工序，要使工件达到精度和表面粗糙度要求，研磨余量必须适当。

研磨余量的大小可参照表 7-19~表 7-22 确定。小的和短的工件可采用较大的数值；大的和长的工件应采用较小的数值；不淬硬工件外圆的研磨余量可以将表 7-19 中的数值增加 1/3 左右。

表 7-19 外圆的研磨余量 (mm)

直 径	余 量	直 径	余 量
<10	0.005~0.008	51~80	0.008~0.012
11~18	0.006~0.008	81~120	0.010~0.014
19~30	0.007~0.010	121~180	0.012~0.016
31~50	0.008~0.010	181~260	0.015~0.020

表 7-20 内孔的研磨余量 (mm)

孔 径	铸 铁	钢
25~125	0.020~0.100	0.010~0.012
150~275	0.080~0.160	0.020~0.050
300~500	0.120~0.200	0.040~0.060

表 7-21 平面的研磨余量

(mm)

平面长度	平 面 宽 度		
	≤25	26~75	75~150
≤25	0.005~0.007	0.007~0.010	0.010~0.014
26~75	0.007~0.010	0.010~0.016	0.016~0.020
76~150	0.010~0.014	0.014~0.020	0.020~0.024
151~250	0.014~0.018	0.020~0.024	0.020~0.030

表 7-22 其他表面的研磨余量

(mm)

加工面	余 量	加工面	余 量
圆锥面	0.01~0.02	部分球面	0.02~0.025
内螺纹面	0.06~0.10	整球面	0.01~0.05
外螺纹面	0.003~0.005	齿轮面	0.01~0.04

5. 研磨时产生废品的原因及预防方法

表 7-23 研磨时产生废品的原因及预防方法

废品形式	产生原因	预防方法
表面不光洁	1. 磨料过粗 2. 研磨液不当 3. 研磨剂涂得太薄	1. 正确选用研磨料 2. 正确选用研磨液 3. 研磨剂涂布应适当
表面拉毛	研磨剂中混入杂质	重视并做好清洁工作
▽面成凸形或孔口扩大	1. 研磨剂涂得太厚 2. 孔口或工件边缘被挤出的研磨剂未擦去就继续研磨 3. 研磨棒伸出孔口太长	1. 研磨剂应涂得适当 2. 被挤出的研磨剂应擦去后再研磨 3. 研磨棒伸出长度应适当
孔呈椭圆形或有锥度	1. 研磨时没有更换方向 2. 研磨时没调头研	1. 研磨时应变换方向 2. 研磨时应调头研
薄形工件拱曲变形	1. 工件发热了仍继续研磨 2. 装夹不正确引起变形	1. 不使工件温度超过 50℃, 发热后应暂停研磨 2. 装夹要稳定, 不能夹得太紧

六、划 线

在毛坯或工件上，用划线工具划出待加工部位的轮廓线或作为基准的点、线的操作叫划线。

划线的目的在于：使工件在加工时有明确的标志；通过划线检查毛坯是否正确，有些不合格的毛坯通过划线借料的方法可以得到补救。

划线分为平面划线和立体划线两种。平面划线是在工件的一个表面上进行划线；立体划线是在工件的几个不同表面上进行划线。

1. 划线前的准备

(1) 工具准备 划线前必须根据工件划线的图形及各项技术要求，合理地选择所需要的各种工具，并且要对每件工具进行检查和校验。如有缺陷，应进行修理和调整，否则将影响划线的质量。

(2) 工件准备

1) 工件清理：毛坯上的污垢、氧化皮、飞边、泥土，铸件上残留的型砂、浇注冒口，半成品上的毛刺、铁屑和油污等都必须清除干净。尤其是划线的部位，更应仔细清理，以保证划线质量。

2) 工件检查：检查工件的目的是为了预先发现工件上的缩孔、砂眼、裂纹、歪斜以及形状和尺寸等方面的缺陷。在认定经过划线之后能够消除缺陷或这些缺陷不致造成废品时，才可进行下一步工作。

3) 工件表面涂色：为了使划出的线清晰，工件上的划线部位应该涂色。常用的涂料见表 7-24。

表 7-24 划线时常用的涂料

涂料名称	制 作 方 法	用 途
白灰水	用白灰、乳胶和水调成稀糊状	用于毛坯件
硫酸铜溶液	硫酸铜和水并加少量的硫酸溶液	用于已加工件
深颜色溶液	品青或孔雀绿等颜料加洋干漆、酒精混合而成	用于精加工件

4) 在工件孔中装中心塞块：划线时，为了划出孔的中心以便于用圆规划圆，在孔中要装入中心塞块，常用的中心塞块如图 7-19 所示。

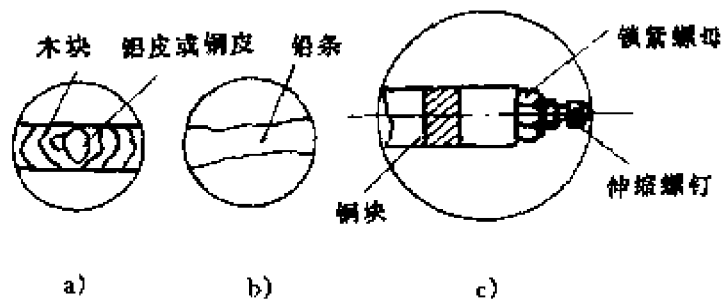


图 7-19 划中心孔用的中心塞块

a) 木塞块 b) 铅塞块 c) 可调塞块

一般小孔用木塞块和铅塞块，大孔用可调塞块。塞块要塞得紧，保证在打样冲眼以及工件搬动、翻身时不松动。

2. 划线基准的选择

(1) 划线基准 工件在划线时，必须首先选定一个或几个平面（或线）作为划线的根据，划其余的尺寸都

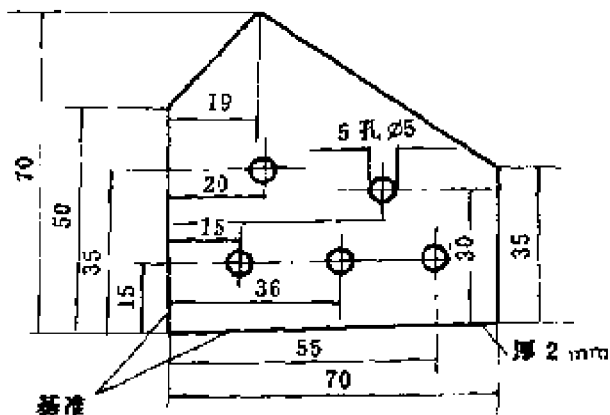


图 7-20 以两个互成直角的外平面为基准

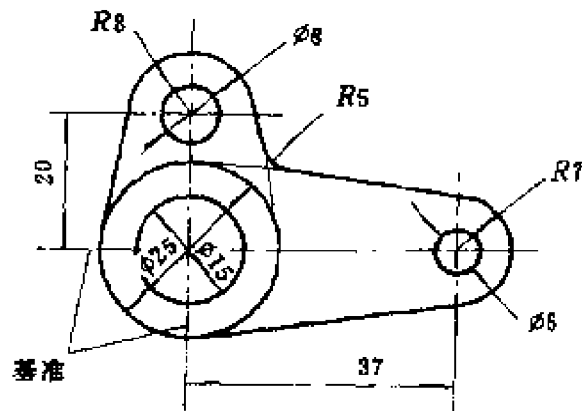


图 7-21 以两条中心线为基准

从这些线或面开始，这样的线或面就是划线基准。正确地选择划线基准是划好线的关键，有了合理的基准，才能使线划得准确、清晰、迅速。因此，划线前对图纸要进行认真、细致的分析，选择正确的基准。

(2) 选择划线基准的原则 选择划线基准时，要根据图纸上尺寸的标注、工件的形状和已加工的情况等来确定，兹举例如下：

1) 以两个互成直角的外平面（或线）作基准：如图 7-20 所示，划线前，先把这两个外表面加工平，使其互成 90° 角，然后其他尺寸都以这两个平面作为基准，划出加工线。

2) 以两条中心线为基准：如图 7-21 所示，划线前首先找出工件相对的两个位置，划出两条中心线，然后再根据中心线划出其他的加工线。

3) 以一个外平面和一条中心线为基准：如图 7-22 所示，划线前先将底平面加工平，然后划出中心线，再划其他加工线。

(3) 划线中的借料 对于形状和尺寸偏差较小的毛坯，可以通过划线，把每一部分待加工余量重新分配，使不合格的毛坯补救为合格的毛坯，这种划线的方法叫借料。

借料的方法分为以下几个步骤：

- 1) 检查毛坯各部尺寸和偏移情况；
- 2) 确定借料的方向和尺寸，并划好基准线；
- 3) 划其余所有的线，检查加工余量是否合理。

[例] 图 7-23 中细线条为偏心的轴承架铸件，该毛坯上 $\varnothing 40$ 孔的中心和外轮廓的中心向下、向右各偏移 6mm。如果划线时不借料，只根据 $\varnothing 40$ 铸件孔的中心来划线，加工后 $\varnothing 60$ 的孔和外轮廓就偏移太大了，而且底面也没有加工余量，此铸件就成为废品。所以必须通过划线借料加以补救。其方法是：把 $\varnothing 40$ 孔的中心线向上移动 4mm，并向左移动 6mm，如图 7-23

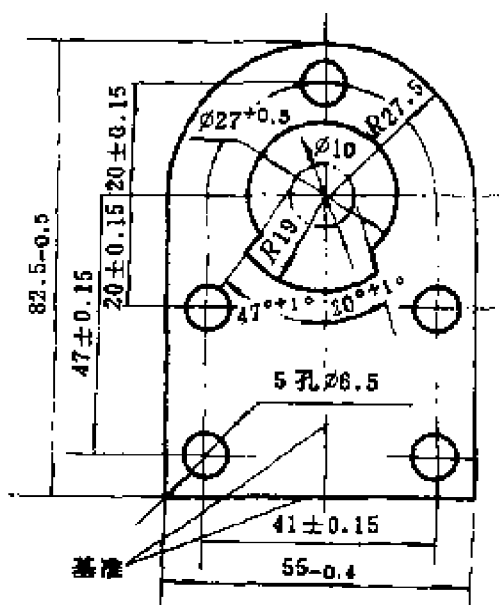


图 7-22 以一个外平面和一条中心线为基准

中的粗线条所示。这样， $\varnothing 60$ 的最小余量约为 4mm，底面的加工余量为 4mm，而且孔和外轮廓左右对称。这就补救了这个铸件，把废品变成了合格品。

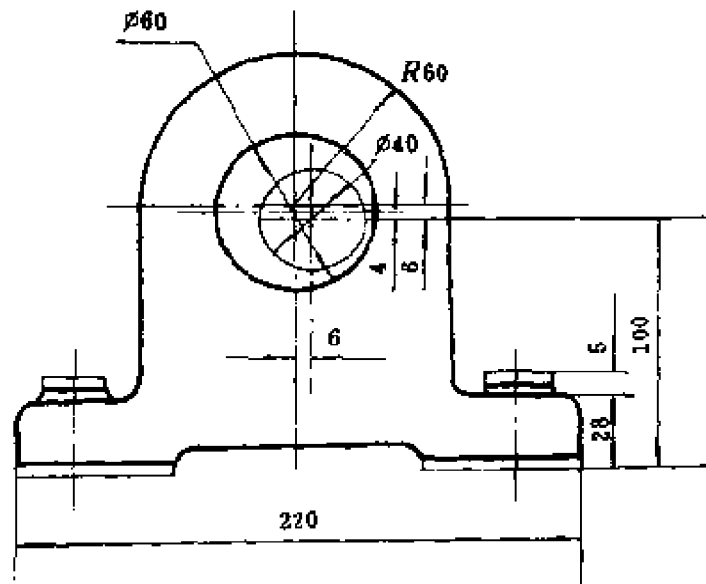


图 7-23 偏心轴承架铸件的借料

3. 划线方法

(1) 划线的步骤

1) 认真分析图样或实物，选定划线基准并考虑下道工序的要求，确定加工余量和需要划出哪些线。

2) 划线前，检查毛坯是否合格。

3) 划线时，应先划水平线，再划垂直线、斜线，最后划圆、圆弧和曲线等。

4) 对照图样或实物，检查划线的正确性以及是否有漏画的线。

5) 检查无误后，在划好的线上打出样冲眼。

(2) 几何作图法

1) 三角形的画法：在已知圆内作内接正三角形（图 7-24）。

过已知圆的中心 o 点划直线与圆周交于 a 点及 b 点；以 a 点为圆心，以 oa 为半径划弧与圆周交于 c 点及 d 点；连接 b 、 c 、 d 点，此时 $\triangle bcd$ 即为

已知圆的内接正三角形。

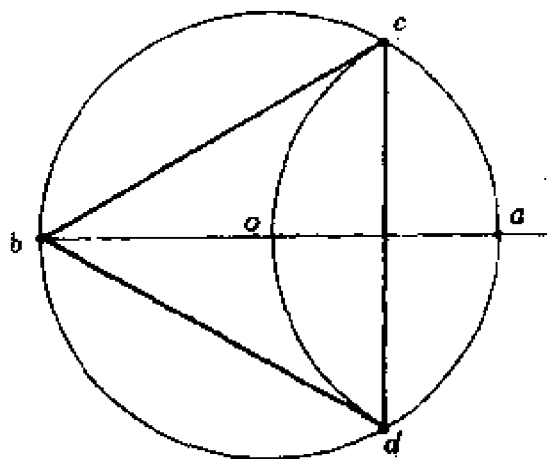


图 7-24 在已知圆内作内接正三角形

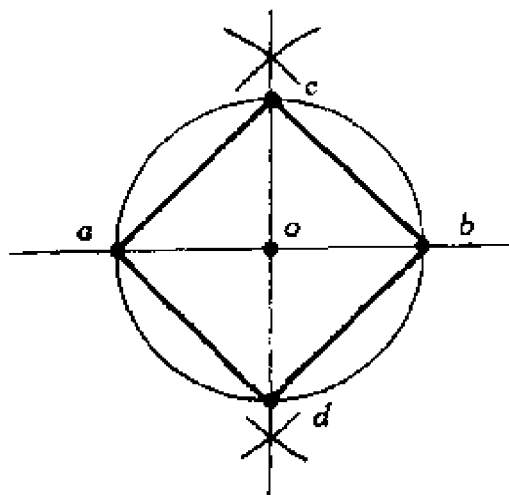


图 7-25 正方形的划法之一

2) 正方形的划法

①在已知圆内作正方形 (图 7-25): 在圆内划互相垂直的中心线, 同圆周相交于 a 、 b 、 c 、 d 四点, 连接 ac 、 ad 、 bc 、 bd , 就作出了正方形。

②已知一边作正方形 (图 7-26): 在已知边 ab 直线外取一点 o , 使 $oa = ob$, 以 o 为圆心、 ob 为半径划一段圆弧, 作 ao 的延长线, 同圆弧相交在 d 点, 作 bd 直线, 并取 $be = ab$; 用 ab 作半径, 分别用 a 、 e 作圆心各划圆弧, 相交在 f 点, 连 af 和 ef 成直线, $abef$ 就是所作的正方形。

3) 在已知圆内作正六边形: 过已知圆的圆心 o , 作直径 ab 。以 a 点及 b 点为圆心, 以 oa 为半径划弧, 与已知圆交于 c 、 d 和 e 、 f 点, 依次连接 ac 、 ce 、 eb 、 bf 、 fd 、 da , 即得所求的正六边形 (图 7-27)。

4) 内接任意正多边形的划法 (图 7-28): 通过圆心, 作直径 ab , 根据要划正多边形的边数, 把直径也等分成几个等份。例如, 要作正五边形, 就把 ab 也分成 5 等份, 分别以直径的两端点 a 和 b 作圆心, ab 作半径各划一段圆弧, 相交在 c 点。从 c 点作直线, 通过点 2 (作任何正多边形都是这样), 并延长使它相交在圆周上一点 d ; 连 ad 所成的直线, 就是所求的正多边形一边的长; 用 ad 的长等分圆周, 连各等分点, 即得所求的正多边形。

5) 椭圆的划法: 已知长轴和短轴, 划椭圆 (图 7-29)。

已知长轴 ab 和短轴 cd , 用直线连接 a 和 c 点。用 o 点作圆心, ao 作半

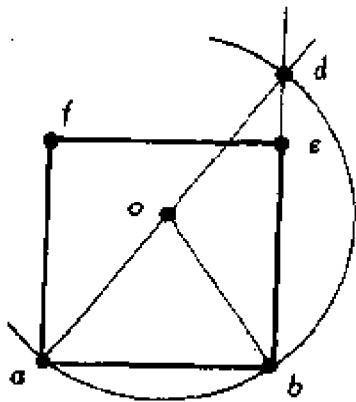


图 7-26 正方形的划法之二

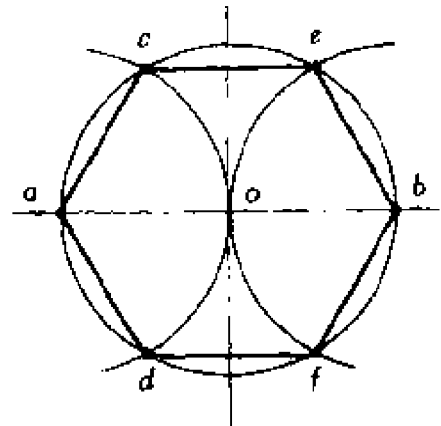


图 7-27 在已知圆内作正六边形

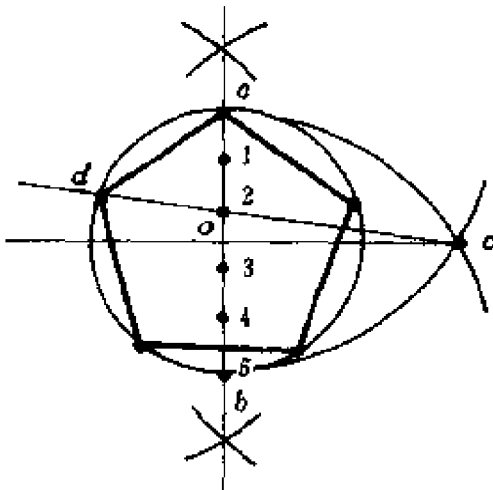


图 7-28 内接任意正多角形的划法

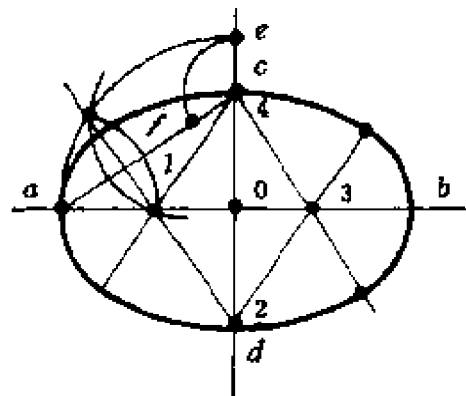


图 7-29 椭圆的划法

径划圆弧，同 oc 的延长线相交在 e 点。再用 c 点作圆心， ce 作半径划圆弧，同 ac 直线相交在 f 点，通过 af 的中点划垂直线同长轴相交在点 1，而同短轴相交在点 2。并在这两点相对称的地方，定出点 3 和点 4。然后分别用 1、2、3、4 作圆心， $a1$ 、 $c2$ 、 $b3$ 、 $d4$ 作半径，划圆弧，在切点的地方相接，就可以划出椭圆。

(3) 计算作图法

1) 已知一边作正多边形：根据已知的正多边形一边的数值，利用计算的方法求出该正多边形的外接圆直径；按照直径的大小，先划出外接圆，然后以已知一边的长沿圆周画出所要求的等分点，再将等分点连接起来，即得所要求的正多边形。其计算公式为：

$$D = Ra$$

式中 D ——正多边形外接圆的直径；

R ——求外接圆直径的常数（表 7-25）；

a ——正多边形一边的长。

表 7-25 正多边形边数 (N) 和常数 (R) 的关系

N	R	N	R	N	R
1	—	21	6.7095	41	13.064
2	—	22	7.0266	42	13.382
3	1.1547	23	7.3438	43	13.700
4	1.4142	24	7.6613	44	14.018
5	1.7013	25	7.9787	45	14.335
6	2.0000	26	8.2962	46	14.654
7	2.3048	27	8.6138	47	14.972
8	2.6131	28	8.9315	48	15.290
9	2.9238	29	9.2493	49	15.608
10	3.2361	30	9.5668	50	15.926
11	3.5494	31	9.8845	51	16.244
12	3.8637	32	10.202	52	16.562
13	4.1735	33	10.520	53	16.880
14	4.4940	34	10.838	54	17.200
15	4.8098	35	11.156	55	17.516
16	5.1259	36	11.474	56	17.835
17	5.4423	37	11.792	57	18.152
18	5.7588	38	12.110	58	18.470
19	6.0756	39	12.427	59	18.790
20	6.3924	40	12.745	60	19.107

注： $R = \csc \frac{180^\circ}{N}$ （其中 N 为正多边形的角数或边数）。

〔例〕已知正八边形的一边长为 10mm，求外接圆的直径。

解：先在表 7-25 上查出，正多边形的边数 (N) 等于 8 时，常数 R 的值为 2.6131。

外接圆直径 $D = Ra = 2.6131 \times 10 = 26.131 \text{ mm}$

2) 在圆内作正多边形：先利用简单的公式算出任意正多边形一边的长度，然后以所得的长度去等分圆周，即可得所求的正多边形。其计算公式为：

$$a = KD$$

式中 a ——圆内要作的正多边形的一边长；

K ——求正多边形边长的常数（见表 7-26）；

D ——圆的直径。

表 7-26 内接正多边形边数 (N) 和常数 (K) 的关系

N	K	N	K	N	K
1	—	21	0.14904	41	0.07655
2	—	22	0.14231	42	0.07473
3	0.86603	23	0.13617	43	0.07300
4	0.70711	24	0.13053	44	0.07134
5	0.58779	25	0.12533	45	0.06976
6	0.50000	26	0.12054	46	0.06824
7	0.43388	27	0.11609	47	0.06679
8	0.38268	28	0.11196	48	0.06540
9	0.34202	29	0.10812	49	0.06407
10	0.30902	30	0.10453	50	0.06279
11	0.28173	31	0.10117	51	0.06156
12	0.25882	32	0.09802	52	0.06038
13	0.23932	33	0.09506	53	0.05924
14	0.22252	34	0.09227	54	0.05814
15	0.20791	35	0.08964	55	0.05709
16	0.19509	36	0.08716	56	0.05607
17	0.18375	37	0.08481	57	0.05509
18	0.17365	38	0.08258	58	0.05414
19	0.16459	39	0.08047	59	0.05322
20	0.15643	40	0.07846	60	0.05234

注： $K = \sin \frac{180^\circ}{N}$ （其中 N 为正多边形的角数或边数）。

〔例〕有一个圆的直径是 100mm，要在圆内作十六边形，求一边长。

解：查表 7-26，多边形的边数 (N) 为 16 时，常数 K 的数值是 0.19509。

$$a = KD = 0.19509 \times 100 = 19.509 \text{ mm}$$

(4) 查表作图法

1) 查弦长作图法：半径一定时，圆上每一个圆心角都有相应的弦长 (图 7-30a)。当 $R=1$ 时， $1^\circ \sim 180^\circ$ 圆心角的弦长见表 7-27。根据表上查出的弦长，就可以作出所要划的角度线。

〔例〕如图 7-30b 所示，在直线 AB 上的 C 点作一直线 CD，使 $\angle DCA = 30^\circ$ 。

解：查表 7-27 得， 30° 圆心角对应的弦长为 0.518。以 C 点为圆心，以 100mm 为半径划弧，与直线交于 E 点；在 E 点以 51.8mm 为半径划弧，与前一圆弧交于 F 点，连 CF，则 CF 就是所要划的角度线。

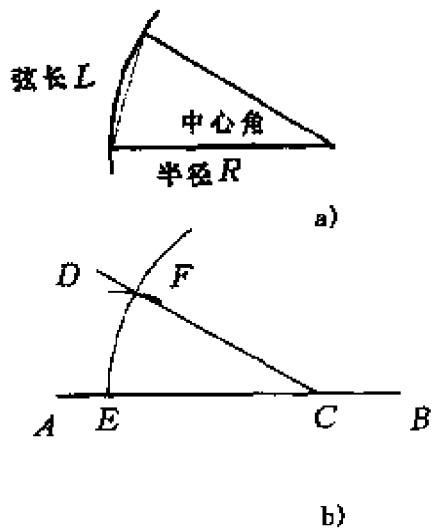


图 7-30 查弦长作图法

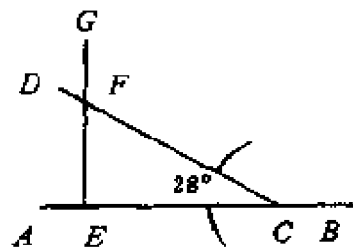


图 7-31 查三角函数表作图法

2) 查三角函数表作图法

〔例〕如图 7-31 所示，在直线 AB 上的 C 点作直线 CD，使 $\angle DCA = 28^\circ$ 。

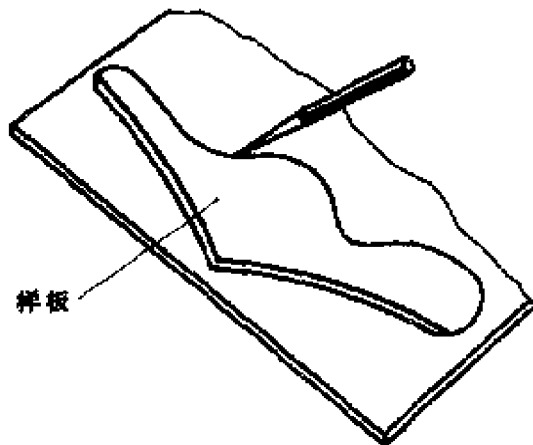


图 7-32 按样板划线

表 7-27 弦长表

圆心角	弦长	圆心角	弦长	圆心角	弦长	圆心角	弦长	圆心角	弦长	圆心角	弦长
1°	0.017	31°	0.534	61°	1.015	91°	1.426	121°	1.741	151°	1.936
2°	0.035	32°	0.551	62°	1.030	92°	1.439	122°	1.749	152°	1.941
3°	0.052	33°	0.568	63°	1.045	93°	1.451	123°	1.758	153°	1.945
4°	0.070	34°	0.585	64°	1.060	94°	1.463	124°	1.766	154°	1.949
5°	0.087	35°	0.601	65°	1.075	95°	1.475	125°	1.774	155°	1.953
6°	0.105	36°	0.618	66°	1.089	96°	1.486	126°	1.782	156°	1.956
7°	0.112	37°	0.635	67°	1.104	97°	1.498	127°	1.790	157°	1.960
8°	0.139	38°	0.651	68°	1.118	98°	1.509	128°	1.798	158°	1.963
9°	0.157	39°	0.668	69°	1.133	99°	1.521	129°	1.805	159°	1.966
10°	0.174	40°	0.684	70°	1.147	100°	1.532	130°	1.813	160°	1.970
11°	0.192	41°	0.700	71°	1.161	101°	1.543	131°	1.820	161°	1.973
12°	0.209	42°	0.717	72°	1.176	102°	1.554	132°	1.827	162°	1.975
13°	0.226	43°	0.733	73°	1.190	103°	1.565	133°	1.834	163°	1.978
14°	0.244	44°	0.749	74°	1.204	104°	1.576	134°	1.841	164°	1.980
15°	0.261	45°	0.765	75°	1.217	105°	1.587	135°	1.848	165°	1.983
16°	0.278	46°	0.781	76°	1.231	106°	1.597	136°	1.854	166°	1.985
17°	0.296	47°	0.797	77°	1.245	107°	1.608	137°	1.861	167°	1.987
18°	0.313	48°	0.813	78°	1.259	108°	1.618	138°	1.867	168°	1.989
19°	0.330	49°	0.829	79°	1.272	109°	1.628	139°	1.873	169°	1.991
20°	0.347	50°	0.845	80°	1.286	110°	1.638	140°	1.879	170°	1.992
21°	0.364	51°	0.861	81°	1.299	111°	1.648	141°	1.885	171°	1.994
22°	0.382	52°	0.877	82°	1.312	112°	1.658	142°	1.891	172°	1.995
23°	0.399	53°	0.892	83°	1.325	113°	1.668	143°	1.897	173°	1.996
24°	0.416	54°	0.908	84°	1.338	114°	1.677	144°	1.902	174°	1.997
25°	0.433	55°	0.923	85°	1.351	115°	1.687	145°	1.907	175°	1.998
26°	0.450	56°	0.939	86°	1.364	116°	1.696	146°	1.913	176°	1.999
27°	0.467	57°	0.954	87°	1.377	117°	1.705	147°	1.918	177°	1.999
28°	0.484	58°	0.970	88°	1.389	118°	1.714	148°	1.922	178°	2.000
29°	0.501	59°	0.985	89°	1.402	119°	1.723	149°	1.927	179°	2.000
30°	0.518	60°	1.000	90°	1.414	120°	1.732	150°	1.932	180°	2.000

解：先查三角函数， $\text{tg}28^\circ = 0.53171$ ，然后量出一段线 $CE = 100\text{mm}$ ，在 E 点作 AB 线的垂线 EG ，从 E 点量出一段线 $EF = 53.171\text{mm}$ ，得 F 点，连 CF 。 CF 就是与 AB 成 28° 角的线。

基数取 100mm 比较方便，如工件较小，基数也可取 50mm ，这时 $EF = 26.585\text{mm}$ 。

(5) 按样板划线法 对一些经常重复制造的、形状不变的工件，可以做出样板，按样板划线（图 7-32）。

样板一般用钢板、纸板、木板等制作。为了满足划线的要求，样板必须具有一定的质量，制作金属构件时所用样板的质量要求见表 7-28。

表 7-28 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
两相邻轴线间的距离	± 0.5	± 1
相邻孔中心的间距	± 1	± 1
孔中心与基准线的偏移量	± 0.5	± 0.5
平行孔边缘的间距	± 1	± 1.5
轴线间角的正切值	1/1000	1/700
矩形对角线	± 2	± 3
直线度	1/1000，但不大于 10	1/1000，但不大于 15
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

对于不适合制作样板的，也可将成品直接放在工件表面上进行划线。

(6) 找中心 如果要在有孔的工件端面划线，或者在圆料的端面划线，均需先划出中心来，找中心的方法如下：

1) 采用几何划法找中心：首先以硬木或铅块，紧嵌于圆孔内，表面与端面高低一致，然后在内孔边缘上选三点 A 、 B 、 C （如图 7-33a 所示），

作 AB 弦与 BC 弦的垂直平分线，相交点 O 即为圆心。

2) 用划卡找中心：将划卡的两脚张开，距离稍大于或小于圆的半径，划卡弯曲的卡脚靠在圆周上，分别以接近对称的四点为圆心，划四个相交弧。取四段弧的中间一点即是所找的中心（图 7-33b）。

3) 用划针盘找中心：将工件放在 V 形铁上，把划针调整到接近于工件的中心位置上划一条线，然后把工件转过 180° ，并把刚才划的线找平，用原划针盘（划针高度不

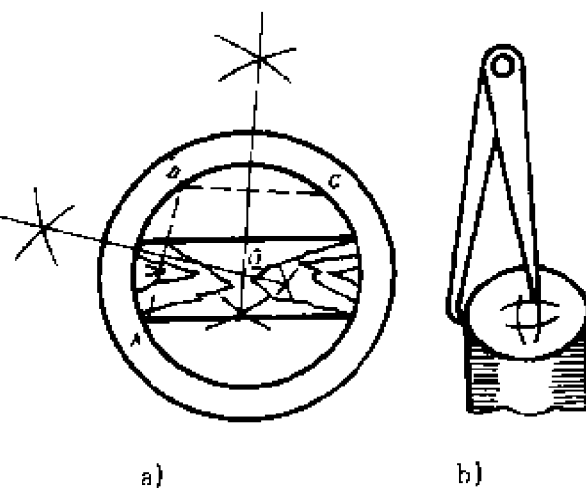


图 7-33 找中心的方法

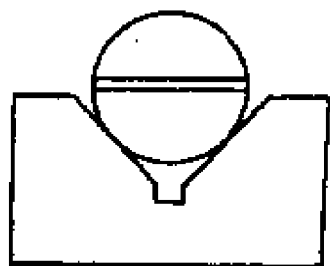


图 7-34 用划针盘在 V 形铁上找中心

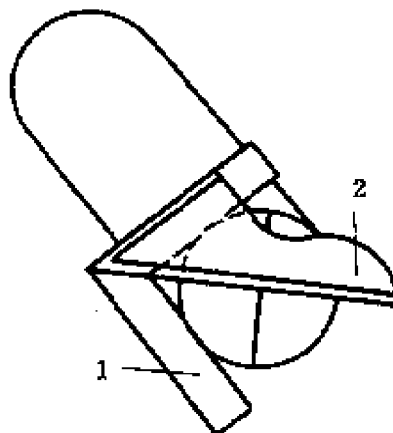


图 7-35 用定心角尺找中心

变) 再划一条线（图 7-34）。这时如果两条线恰好重合，说明它就是中心线；如果不重合，说明中心线在这两条平行线之间。于是，把划针调整到两条线中间，再划一条线，然后转 180° 校正一次。这样就能划出正确的中心线。中心线找出后，将工件任意转过一个角度（最好是 90° 左右），再划一条中心线，二者的交点就是所找的中心。

4) 用定心角尺找中心：定心角尺是在角尺 1 的上边铆一个直尺 2，将角尺直角分成两半。使用时，把角尺放在工件的端面上，使角尺内边和工件

的圆柱表面相切，沿直尺划一条线，然后转一个角度再划一条线，两线的交点，就是所找的中心（图7-35）。

4. 划线时产生废品的原因及预防方法

表 7-29 划线时产生废品的原因及预防方法

序号	产生废品的原因	预防方法
1	图纸有错误	划线前要认真检查工作图，发现错误及时提出并改正
2	划线人员粗枝大叶，没有弄清图纸尺寸和要求就急于划线	要认真熟悉图纸，按图纸要求进行划线
3	没有选定基准就盲目划线	划线前一定要选好基准
4	工件放得不稳，划针固定得不牢，划线时出现移位，致使划线歪斜	划线前一定要将工件安置稳妥，并将划针固紧
5	划线工具、量具本身有缺陷，划线前未能及时修理和校正	划线前一定要对工具、量具进行认真检查、修理和校正
6	划线后不经仔细检查，便进行加工	划完线后，一定要认真检查和校对
7	划线人员缺乏工作经验和操作不得法，量错和算错尺寸	划线人员要加强学习和锻炼，不断提高操作水平

七、孔 加 工

任何一种机器，没有孔是做不成的。譬如：要把零件联接起来，需要各种不同尺寸的螺钉孔、销钉孔和铆钉孔；为了把传动部件固定起来，需要各种安装孔；机器零件本身也有许多各种各样的孔（油孔、工艺孔、减重孔等）。

各种孔的加工，除去一部分由机工完成外，很大一部分是由钳工来完成的。因此，在机器的装配和修理过程中，钳工经常会遇到孔加工的问题。

钳工工作范围内的孔加工，主要是钻孔、扩孔、铰窝和铰孔等。

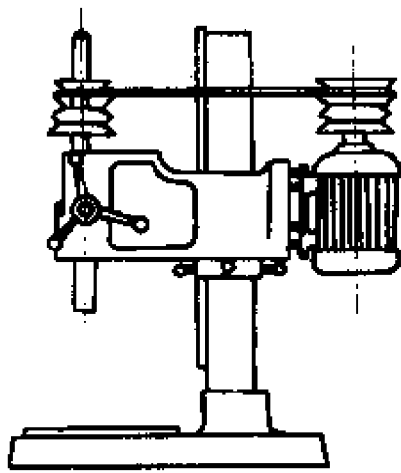


图 7-36 台式钻床

1. 钻孔

用钻头在实体材料上加工孔的方法，叫钻孔。钻孔时，工件固定不动，钻头除了围绕轴心作旋转运动（切削运动）外，还要对着工件作直线运动（进给运动）。由于这两种运动是同时进行的，所以，钻头是按螺旋运动来钻孔的。

(1) 钻孔设备

1) 台式钻床：台钻是一种小型钻床，是钳工装配和修理等工作中常用的设备。它通常安装在钳台上，用来钻削直径在 12mm 以下的孔。

图 7-36 所示为普通的台式钻床。这种钻床结构简单，效率高，操作容易，调整方便，适用于单件和小批量生产。

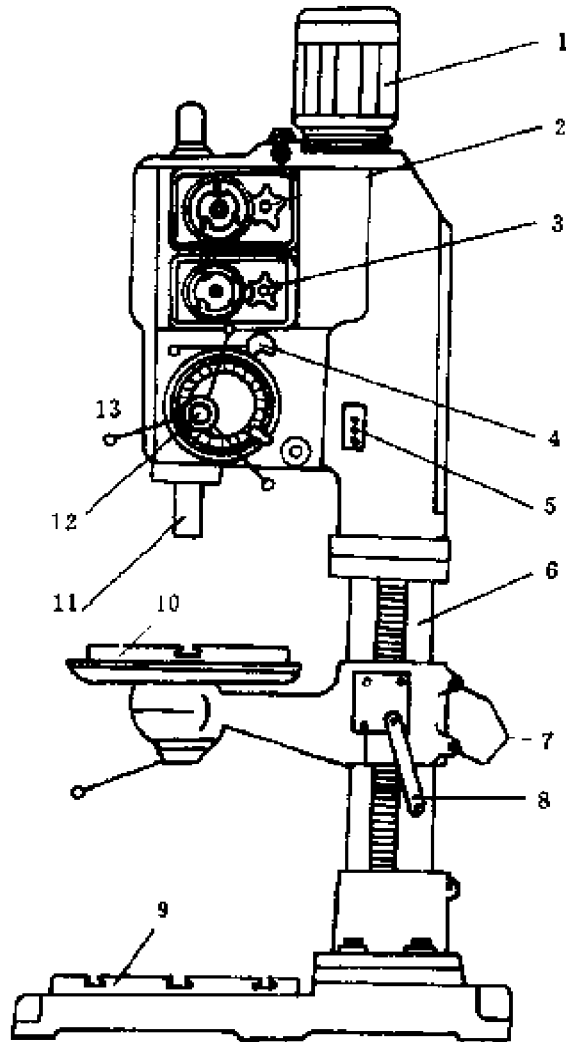


图 7-37 Z525B 型立式钻床

1—电动机 2—主轴变速手柄 3—进给变速手柄 4—离合器手柄 5—按钮 6—立柱
7—锁紧手柄 8—工作台升降手柄 9—方形工作台 10—圆形工作台 11—主轴 12—自动端盖 13—进刀手柄

2) 立式钻床：它是钻床中最普遍的一种，具有不同的型号，可用来加

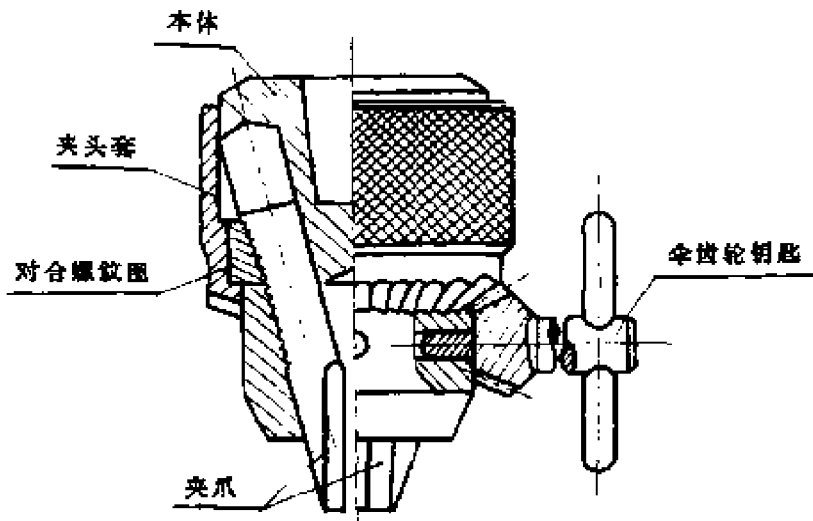


图 7-38 钻夹头

工各种尺寸的孔。

图 7-37 为 Z525B 型立式钻床，其最大钻孔直径为 25mm，主轴有 6 种转速，可以手进刀，也可自动进刀。它的钻孔运动是通过变速齿轮箱和进刀箱来实现的。



图 7-39 钻套

3) 摇臂钻床：其自动化程度较高，使用范围较广，是一种高精度的大型钻床，适用于较大工件的孔加工。国产

Z35 型摇臂钻床的最大钻孔直径为 50mm。主轴变速分 19 级，转速范围为 28~1700r/min；进刀变速级数为 18 级，进刀量范围为 0.03~1mm/r。

摇臂钻床的主轴箱可以在横臂上移动，横臂可以绕立柱轴线转动和沿立柱上下滑动，横臂的位置，由制动装置固定。因此，在横臂长度允许的范围内，可以将主轴对准工件的任何位置。

摇臂钻床可用来进行钻孔、扩孔、铰平面、镗孔和铰孔等工作。

(2) 钻孔夹具

1) 钻头夹具

①钻夹头：它是用来夹持直径较小的、尾部为圆柱体的钻头的一种夹

具。钻夹头的构造如图 7-38 所示，在夹头的三个斜孔内装有带螺纹的夹爪，夹爪上的螺纹和夹头套筒内的螺纹相配合，旋转套筒可使三个夹爪同时合拢或张开，从而将钻头夹紧或松开。

②钻套：钻套（又叫钻床）是用来夹持尾部为圆锥体的钻头的一种夹具。由于钻头（或钻夹头）尾部圆锥体的尺寸大小不同（见表 7-30），为了适应各种钻床主轴的锥孔（如一般立式钻床主轴的锥孔为莫氏锥度 3 号或 4 号，摇臂钻床主轴的锥孔为莫氏锥度 5 号或 6 号等），常常用钻套作过渡联接。一般钻套都按锥度大小的不同组成一套（图 7-39），在一个钻套不适用的情况下，还可以用两个以上的钻套作过渡联接。钻套尾部的长方通孔，是由钻套上卸下钻头时，打入楔铁用的。钻套的规格见表 7-31。

表 7-30 钻头尾部圆锥体的规格

钻头直径 (mm)	6~15.5	15.6~23.5	23.6~32.5	32.6~49.5	49.6~65	68~80
莫氏圆锥号	1	2	3	4	5	6

表 7-31 钻套的规格

莫氏圆锥号		全 长 (mm)	外锥体大端直径 (mm)	内锥体大端直径 (mm)
外 锥	内 锥			
1	0	80	12.963	9.045
2	1	95	18.805	12.065
3	1	115	24.906	12.065
3	2	115	24.906	17.781
4	2	140	32.427	17.781
4	3	140	32.427	23.826
5	3	170	45.495	23.826
5	4	170	45.495	31.269
6	4	220	63.892	31.269
6	5	220	63.892	44.401

2) 工件夹具

①钻模：钻模是使工件定位和夹紧的一种夹具。它由定位、夹紧装置和确定刀具位置与方向的钻套以及夹具体等组成。

钻孔中使用钻模具有以下优点：

(a) 减少划线工序，缩短工艺过程和生产周期。

(b) 钻模是根据工件的形状、特点而设计的定位安装基准和夹紧装置，使工件在安装时能达到迅速而方便的目的，从而减少辅助时间。

(c) 因有钻套确定钻孔位置和限制刀具产生较大的摆动，所以能保证加工孔的正直和孔与孔、孔与基准面之间的位置精度，提高加工质量。

(d) 操作简单、安全，容易掌握，能减轻体力劳动。

②平口钳（又叫机用虎钳）：用来装夹平整的工件。

③手虎钳：用来夹持小型工件和薄板件。

④弯板：用来将工件竖直地进行装夹。

(3) 钻头 钻头是一种双刃或多刃刀具，由碳素工具钢或高速钢制成，并经淬火和回火处理。

钻头的种类很多，如中心钻、麻花钻、扁钻、群钻等等。它们的几何形状虽不相同，但切削原理是一样的，都有两个对称排列的切削刃，使得钻削时产生的力保持平衡。

1) 中心钻：中心钻用来在回转体工件上钻中心孔，使之适合于机床上顶尖的角度。中心钻有三种型式：A型、B型和R型，分别用于加工A型、B型和R型中心孔。各型中心钻的规格尺寸见表7-32、表7-33和表7-34。

2) 麻花钻：由于这种钻头的工作部分像“麻花”形状，所以称为麻花钻。它是钻孔的主要刀具。

麻花钻由碳素钢或高速钢制成，经过热处理，硬度可达HRC62~65，并且在600℃的切削温度下也不降低。

①麻花钻头的构造：麻花钻头的构造如图7-40所示，它主要由以下几个部分组成：

(a) 切削部分：它包括一条横刃和两条主切削刃，起主要切削作用。

(b) 导向部分：它由螺旋槽、刃带、齿背和钻心组成。其主要作用是导引钻头、排除切屑和输入冷却液等。

(c) 颈部：它是为磨削尾部而设计的，钻头的规格、标号一般都刻在这里。

(d) 钻柄部分：它的主要作用是和机床主轴连接，传递动力。钻柄的末端叫钻舌，其作用是防止钻头在锥孔内旋转，并且便于将钻头从锥孔中退出。

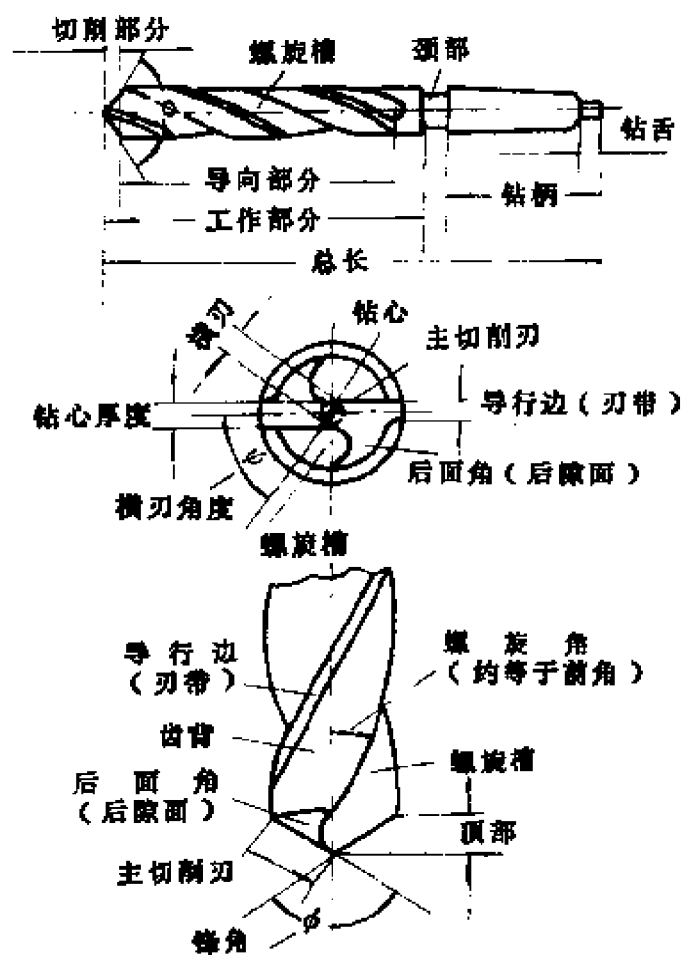
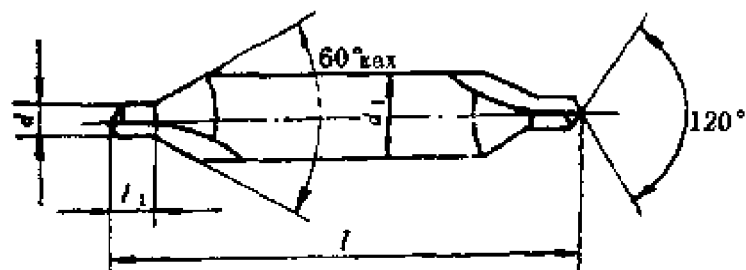


图 7-40 麻花钻头的构造

② 麻花钻头的技术规格：麻花钻头是按照国家标准加工制造的。常用麻花钻头的型式和基本尺寸见表 7-35~表 7-37。

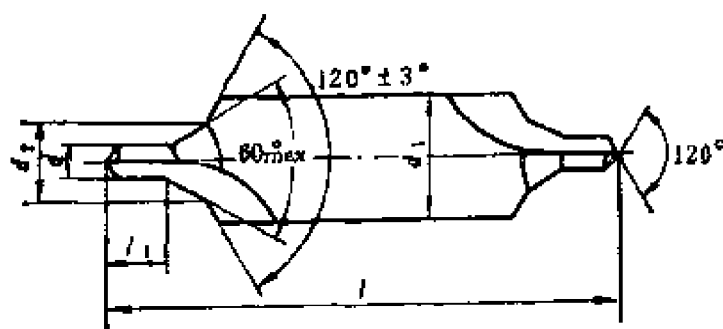
表 7-32 A 型 (不带护锥) 中心钻 (GB6078—85A 型) (mm)



d		d ₁		l		l ₁		d		d ₁		l		l ₁		
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	max	min	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	max	min	
(0.50)	+1.10 0	3.15	0	31.5	±2	1.0	0.8	2.50	+0.10 0	6.30	0	45.0	±2	4.1	3.1	
(0.63)						1.2	0.9	3.15	+0.12 0	8.00	-0.036	50.0		4.9	3.9	
(0.80)						1.5	1.1	4.00	+0.15 0	10.00	0	56.0	±3	6.2	5.0	
1.00						1.9	1.3	(5.00)	+0.15 0	12.50	-0.043	63.0		7.5	6.3	
(1.25)						2.2	1.6	6.30	+0.15 0	16.00	0	71.0		9.2	8.0	
1.60						4.00	35.5	2.8	2.0	(8.00)	+0.15 0	20.00	0	80.0	11.5	10.1
2.00						5.00	40.0	3.3	2.5	10.00	+0.15 0	25.00	-0.062	100.0	14.2	12.8

注：括号内的尺寸尽量不采用。

表 7-33 B 型 (带护锥) 中心钻 (GB6078—85B 型) (mm)

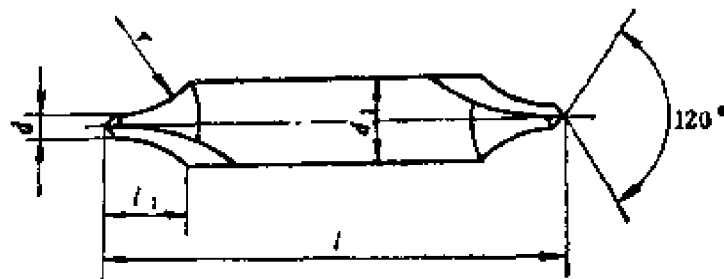


(续)

d		d_1		d_2		l		l_1	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	max	min
1.00	+0.10 0	4.0	0	2.12	+0.10	35.5	±2	1.9	1.3
(1.25)		5.0	+0.030	2.65	0	40.0		2.2	1.6
1.60		6.3	0 -0.036	3.35	+0.12 0	45.0		2.8	2.0
2.00		8.0		4.25		50.0		3.3	2.5
2.50		10.0		5.30		56.0		4.1	3.1
3.15	+0.12 0	11.2	0 -0.043	6.70	+0.15	60.0	±3	4.9	3.9
4.00		14.0		8.50	0	67.0		6.2	5.0
(5.00)		18.0		10.60	+0.18 0	75.0		7.5	6.3
6.30	20.0	13.20	80.0	9.2		8.0			
(8.00)	25.0	17.00	100.0	11.5		10.1			
10.00	-0.15 0	31.5	0 -0.062	21.20	+0.21 0	125.0	14.2	12.8	

注：括号内的尺寸尽量不采用。

表 7-34 R 型 (弧形) 中心钻 (GB6078—85R 型) (mm)



(续)

d		d_1		l		l_1	r	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	max	min
1.00	+0.10 0	3.15	0 -0.030	31.5	± 2	3.00	3.15	2.50
(1.25)						3.35	4.00	3.15
1.60		4.00		35.5		4.25	5.00	4.00
2.00		5.00		40.0		5.30	6.30	5.00
2.50		6.30		45.0		6.70	8.00	6.30
3.15	+0.12 0	8.00	0 -0.036	50.0	± 3	8.50	10.00	8.00
4.00		10.00		56.0		10.60	12.50	10.00
(5.00)		12.50	0	63.0		13.20	16.00	12.50
6.30	+0.015 0	16.00	-0.043	71.0	± 3	17.00	20.00	16.00
(8.00)		20.00	0	80.0		21.20	25.00	20.00
10.00		25.00	-0.052	100.0		26.50	31.50	25.00

注：括号内的尺寸尽量不采用。

③麻花钻头主要角度的选择：钻头好用不好用，主要决定于它的切削角度是否正确，麻花钻头的主要切削角度可根据加工材料的不同按表 7-38 来选择。

④麻花钻头的刃磨：钻头刃磨的目的，主要是把钝了或损坏的切削部分刃磨成正确的几何形状，使钻头保持良好的切削性能。

麻花钻头的刃磨一般在砂轮机上进行。刃磨时，要注意以下几点：

(a) 钻头切削部分的几何角度要符合要求：锋角大小要合适，并且要被钻头的中心线平分；两条主要切削刃要等长。

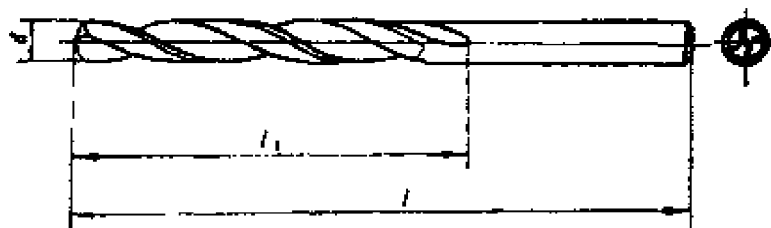
(b) 对于直径较小的钻头，可用手拿着在砂轮上刃磨；对于直径较大的钻头，为了刃磨准确，可利用专门夹具在钻头磨床上进行。

(c) 刃磨时，要随时检查磨出的角度。对于有经验的人来说，可用目测检查；也可以用综合样板进行检查。

(d) 为了防止切削部分在刃磨时过热退火，要经常把钻头浸入冷却液中浸蘸。

表 7-35 直柄麻花钻 (GB1436—85)

(mm)



<i>d</i>		极限 偏差	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>d</i>		极限 偏差	<i>l</i>	<i>l</i> ₁
基本尺寸	第一系列				第二系列	基本尺寸			
2.80		0 -0.014	61	33	3.80		0 -0.018	75	43
	2.85					3.90			
2.90					4.00				
	2.95					4.10			
3.00			4.20						
	3.10	0 -0.18	65	36		4.30		80	47
3.20						4.40			
	3.30				4.50				
	3.40			4.60					
3.50			70	39		4.70			
	3.60				4.80				
	3.70				4.90				

(续)

<i>d</i>		极限 偏差	<i>l</i> 基本 尺寸	<i>l</i> ₁ 基本 尺寸	<i>d</i>		极限 偏差	<i>l</i> 基本 尺寸	<i>l</i> ₁ 基本 尺寸
基本尺寸 第一系列	基本尺寸 第二系列				基本尺寸 第一系列	基本尺寸 第二系列			
5.00		0 -0.18	86	52		7.90	0 -0.022	117	75
	5.10				8.00				
5.20					8.10				
	5.30				8.20				
	5.40				8.30				
5.50			8.40						
	5.60		8.50						
	5.70		8.60						
5.80			8.70						
	5.90		8.80						
6.00		0 -0.22	93	57	9.00	8.90	0 -0.027	125	81
	6.10				9.10				
6.20					9.20				
	6.30				9.30				
	6.40				9.40				
6.50			9.50						
	6.60		9.60						
6.70			9.70						
6.80			9.80						
	6.90		9.90						
7.00		101	63	10.00	10.10	0 -0.027	133	87	
	7.10			10.20					
7.20				10.30					
	7.30			10.40					
	7.40			10.50					
7.50				10.60					
	7.60			10.70					
	7.70			10.80					
7.80							142	94	

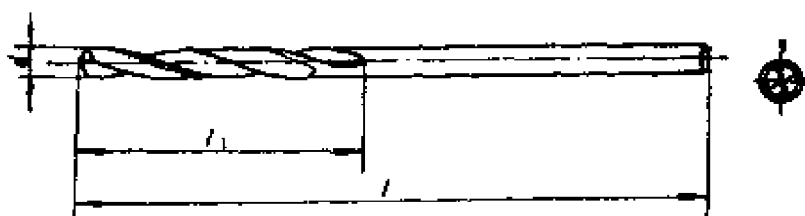
(续)

d		极限 偏差	l	l ₁	d		极限 偏差	l	l ₁	
基本尺寸					基本尺寸					
第一系列	第二系列				第一系列	第二系列				
	10.90	0 -0.027	142	94		13.70	0 -0.027	160	108	
11.00					13.80					
	11.10				13.90					
11.20					14.00					
	11.30					14.25				
	11.40				14.50					
11.50						14.75				
	11.60				15.00					
	11.70					15.25				
11.80					15.50					
	11.90					15.75				
12.00					0 -0.027	101				101
	12.10		16.25							
	12.20	16.50								
	12.30		16.75							
	12.40	17.00								
12.50			17.25							
	12.60	17.50								
12.70			17.75							
12.80		18.00								
	12.90		18.25							
13.00		18.50								
	13.10		18.75							
	13.20	19.00								
	13.30		19.25							
	13.40	0 -0.033	160	108	19.50		0 -0.033	205	140	
13.50						19.75				
	13.60				20.00					

注：1. 第一系列直径的麻花钻应优先使用和生产。
2. 带扁尾的麻花钻仅在特殊订货时制造，扁尾的尺寸和公差按 GB1442—85（直柄工具用传动扁尾及套筒的尺寸和公差）。

表 7-36 直柄小麻花钻 (GB6134--85)

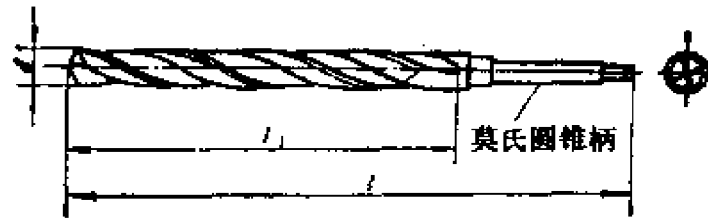
(mm)



<i>d</i>		<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>d</i>		<i>l</i>	<i>l</i> ₁	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	基本尺寸	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	基本尺寸	
0.20	0 -0.010	19	2.5	0.85	0 -0.014	30	10	
0.22				0.88		32	11	
0.25			0.90					
0.28			0.92					
0.30			0.95					
0.32			0.98					
0.35			1.00	34				12
0.38			1.05	36				14
0.40			1.10					
0.42			1.15	20		16		
0.45	1.20							
0.48	1.25							
0.50	1.30							
0.52	1.35	38	18					
0.55	1.40	40	18					
0.58	1.45							
0.60	1.50	26	20					
0.62	1.55							
0.65	1.60							
0.68	1.65							
0.70	1.70							
0.72	1.75			28	22			
0.75	1.80							
0.78	1.85			30	24			
0.80	1.90							
0.82	1.95	43	20					
		46	22					
		49	24					

表 7-37 锥柄麻花钻 (GB1438—85)

(mm)



d		极限 偏差	基本 尺寸	l ₁	莫氏 圆锥 柄号	d		极限 偏差	基本 尺寸	l ₁	莫氏 圆锥 柄号
第一 系列	第二 系列					基本尺寸	基本尺寸				
3.00		0 -0.014	114	33	1	8.00		0 -0.022	156	75	1
3.20		0 -0.018	117	36		8.20					
3.50			120	39		8.50					
3.80			124	43		8.80					
4.00			128	47		9.00					
4.20			133	52		9.20					
4.50			138	57		9.50					
4.80			144	63		9.80					
5.00			150	68		10.00					
5.20			156	75	10.20						
5.50		0 -0.018	138	75	1	10.50		0 -0.027	168	87	1
5.80		0 -0.022	144	81		10.80					
6.00						11.00					
6.20						11.20					
6.50						11.50					
6.80						11.80					
7.00						12.00					
7.20						12.20					
7.50						12.50					
7.80					12.80						
			156	75		13.00			182	101	
						13.20					

(续)

d		极限 偏差	l 基本 尺寸	l_1 基本 尺寸	莫氏 圆锥 柄号	d		极限 偏差	l 基本 尺寸	l_1 基本 尺寸	莫氏 圆锥 柄号
基本尺寸						基本尺寸					
第 一 系列	第 二 系列					第 一 系列	第 二 系列				
13.50		0	189	108	2		20.25	0	243	145	
13.80						20.50					
14.00						20.75					
	14.25					21.00					
14.50			21.25								
	14.75		21.50								
15.00			21.75								
	15.25		22.00								
	15.40		22.25								
15.50			22.50								
	15.75	22.75									
16.00		-0.033	218	120	2	23.00		-0.033	253	155	
	16.25					23.25					
16.50						23.50					
	16.75					23.75					
17.00			24.00								
	17.25		24.25								
	17.40		24.50								
17.50			24.75								
	17.75		25.00								
18.00			25.25								
	18.25	25.50									
18.50		-0.033	233	125	2	25.75		-0.033	281	160	3
	16.75					26.00					
17.00						26.25					
	17.25					26.50					
	17.40		26.75								
17.50			27.00								
	17.75		27.25								
18.00			27.50								
	18.25										
18.50											
	18.75										
19.00		-0.033	228	130	2			0	281	160	
	17.25										
	17.40										
17.50											
	17.75										
18.00											
	18.25	-0.033	233	135	2			0	286	165	
18.50											
	18.75										
19.00											
	19.25										
	19.40										
19.50		-0.033	238	140	2			0	291	170	
	19.25										
	19.40										
19.50											
	19.75										
20.00											

(续)

d		极限 偏差	基本 尺寸	基本 尺寸	莫氏 圆锥 柄号	d		极限 偏差	基本 尺寸	基本 尺寸	莫氏 圆锥 柄号
第一 系列	第二 系列					第一 系列	第二 系列				
	27.75	0 -0.033	296	175	3	35.50	0 -0.039	339	190	4	
28.00						36.00					
	28.25					36.50					
28.50						37.00					
	28.75					37.50					
29.00						38.00					
	29.25					38.50					
29.50						39.00					
	29.75					39.50					
30.00						40.00					
	30.25	0 -0.039	301	180	3	40.50	0 -0.039	354	205	4	
30.50						41.00					
	30.75					41.50					
31.00						42.00					
	31.25					42.50					
31.50						43.00					
	31.75					43.50					
32.00						44.00					
32.50						44.50					
33.00						45.00					
		0 -0.039	334	185	3	45.50	0 -0.039	359	210	4	
33.50						46.00					
34.00						46.50					
34.50						47.00					
35.00											
		0 -0.039	339	190	3	36.50	0 -0.039	364	215	4	
						37.00					
						37.50					
						38.00					
						38.50					

表 7-38 麻花钻头切削角度的选择

(°)

钻 孔 材 料	锋角 ϕ	后角 α	螺旋角 ω
一般钢铁材料	116~118	12~15	20~32
一般韧性钢铁材料	116~118	6~9	20~32
铝合金 (深孔)	118~130	12	32~45
铝合金 (通孔)	90~120	12	17~20
软黄铜和青铜	118	12~15	10~30
硬青铜	118	5~7	10~30
铜和铜合金	110~130	10~15	30~40
软铸铁	90~118	12~15	20~32
冷 (硬) 铸铁	118~135	5~7	20~32
淬火钢	118~125	12~15	20~32
铸钢	118	12~15	20~32
锰钢 (7~13% 锰)	150	10	20~32
高速钢	135	5~7	20~32
镍钢 (HBS250~400)	135~150	5~7	20~32
木材	70	12	30~40
硬橡皮	60~90	12~15	10~20

3) 扁钻: 扁钻 (图 7-41) 是一种结构比较简单的钻头, 它的导向性差, 不易排屑, 一般只在没有麻花钻头的情况下才使用。

扁钻一般用碳素工具钢或高速钢锻出, 经车削、热处理、刃磨而成。刃磨时, 锋角 2ϕ 按工件的材料来选择: 材料硬时, 磨得大些; 材料软时, 磨得小些。一般为 $116^\circ \sim 118^\circ$ 。

4) 群钻: 群钻是我国广大钻工同志, 在生产实践中不断总结钻削经验, 对麻花钻头切削部分的几何形状进行重大改革而创造出来的一种新型钻头。这种钻头的特点是: 主切削刃分为三段 (外刃、内刃、圆弧刃); 横刃变短、变尖、磨低; 在一边外刃上磨出分屑槽。这种钻头的扭转力和轴向力较小, 散热性好, 能

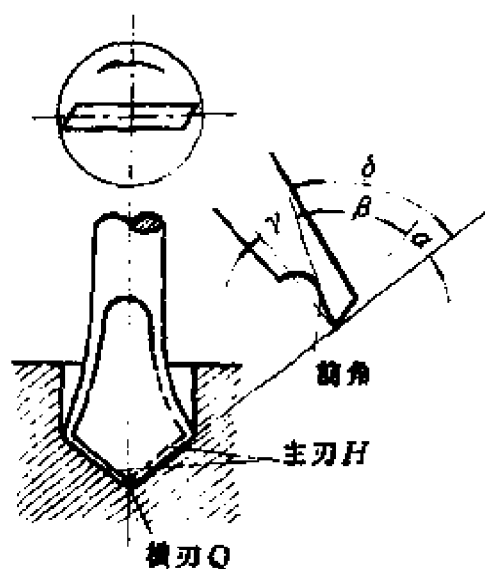


图 7-41 扁钻头

自行断屑，排屑容易，并且切屑变形小，能提高切削用量。这样，就大大提高了生产效率和孔的加工质量，同时也大大提高了钻头的使用寿命。

①群钻的几何形状和各部分名称：中型标准群钻的几何形状和各部分的名称如图 7-42 所示。

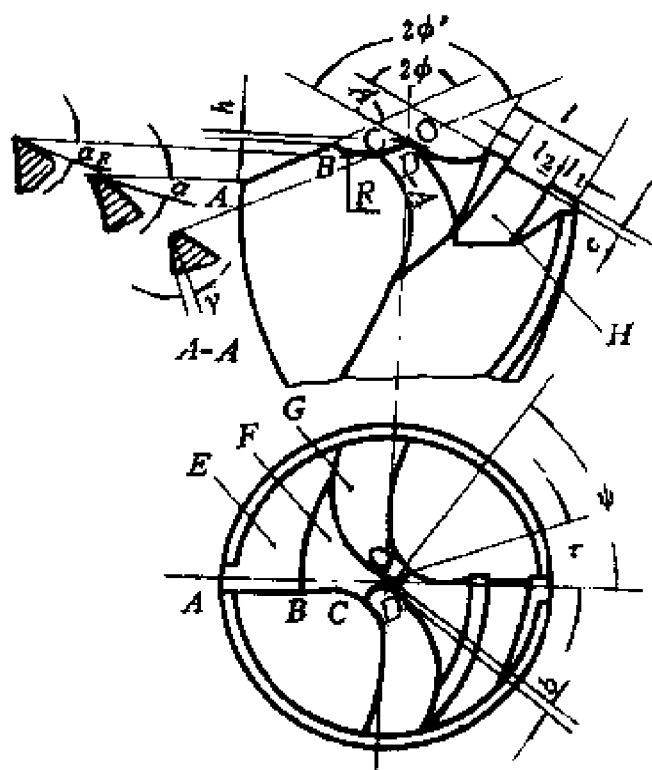


图 7-42 中型标准群钻

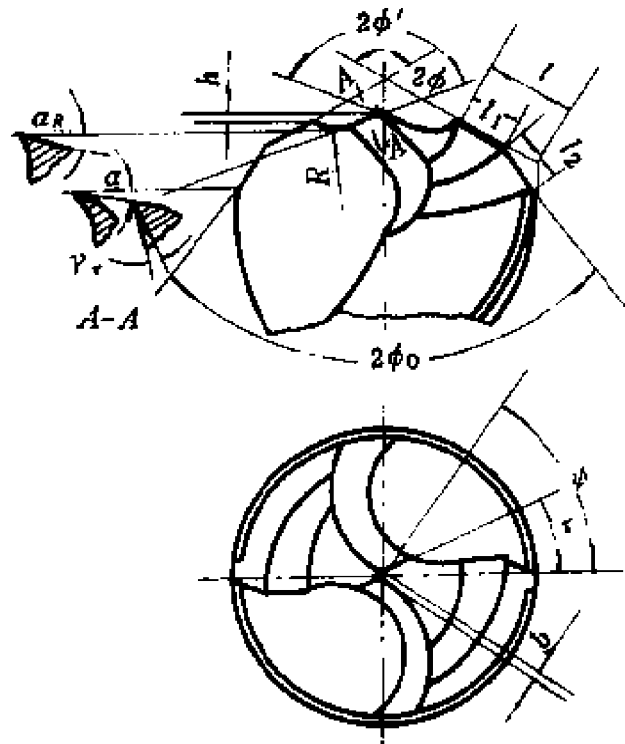
AB—外刃 BC—圆弧刃 CD—内刃 E—外刃后面
 F—圆弧刃后面 G—内刃前面 H—外屑槽后面 $2\phi'$ —
 内刃锋角 2ϕ —外刃锋角 γ_r —内刃前角 α —外刃后角
 α_R —圆弧后角 ϕ —横刃斜角 τ —内刃斜角 l —外刃
 长 l_1 —槽矩 l_2 —槽宽 c —槽深 h —尖高 b —槽刃
 长 R —圆弧半径

②常用群钻切削部分的几何参数。

(续)

钻头 直径 D	尖高 h	圆弧 半径 R	外刃 长 l	槽距 l_1	槽宽 l_2	横刃长		槽 深 c	槽 数 z	外刃 锋角		内刃 锋角 $2\phi'$	横刃 斜角		内刃 前角 γ_2	内刃 斜角 τ	外刃 后角 α	圆弧 后角 α_R
						I	II			I	II		I	II				
						b				2ϕ			ψ					
(mm)									(条)		(°)							
附 注	(1) I—加工一般钢材; II—加工铝合金 (2) 参数值按直径范围的中间值来定, 允许偏差为 \pm (3) 钻铝合金时将前面、后面用油石背光 (4) 本表图形系直径 15~40mm 的中型标准群钻											近 似 比 例	$h \approx 0.03D$ $R \approx 0.1D$ $l \approx 0.2D (D \leq 15)$ $0.3D (D > 15)$ $b \approx 0.03D (I)$ $\approx 0.02D (II)$					

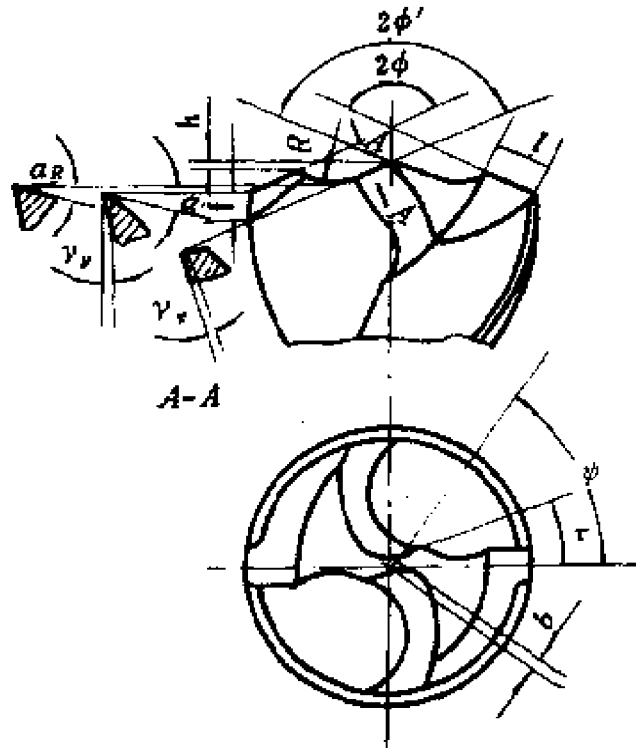
表 7-40 铸铁群钻切削部分的几何参数



(续)

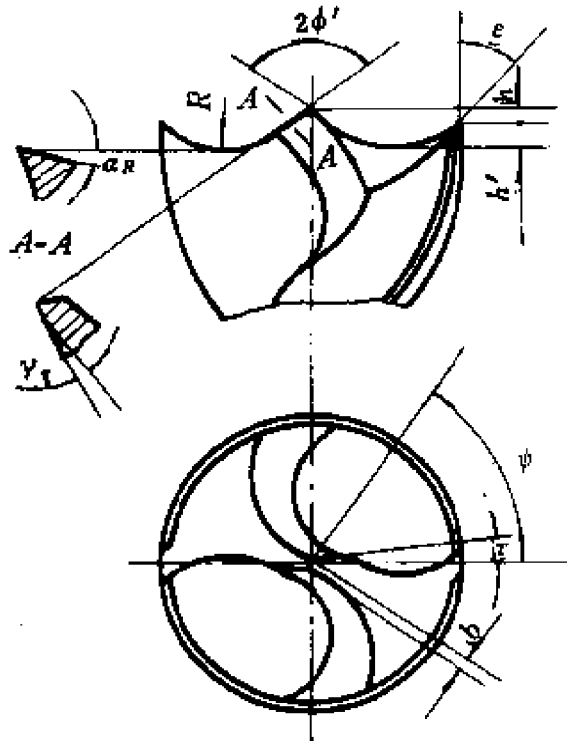
钻头 直径 D	尖高 h	圆弧 半径 R	横刃长 b	总外 刃长 l	分外 刃长 $l_1 = l_2$	外刃 锋角 2ϕ	第二 锋角 $2\phi_0$	内刃 锋角 $2\phi'$	横刃 斜角 ϕ	内刃 前角 γ_2	内刃 斜角 τ	外刃 后角 α	圆弧 后角 α_R
(mm)					(")								
5~7	0.11	0.75	0.15	1.9									
>7~10	0.15	1.25	0.2	2.7								20	18
>10~15	0.2	1.75	0.3	4									20
>15~20	0.3	2.25	0.4	5.5									
>20~25	0.4	2.75	0.48	7									
>25~30	0.5	3.5	0.55	8.5	31/5	120	70	135	65	-10		25	15
>30~35	0.6	4	0.65	10									
>35~40	0.7	4.5	0.75	11.5									
>40~45	0.8	5	0.85	13									
>45~50	0.9	6	0.95	14.5								30	13
>50~60	1	7	1.1	17									15
附 注	参数值按直径范围的中间值来定, 允许偏差为±									近似 比例	$h \approx 0.02D$ $R \approx 0.12D$ $b \approx 0.02D$ $l \approx 0.3D$ $l_1 = l_2 \approx 0.6l$		

表 7-41 黄铜群钻切削部分的几何参数



钻头直径 D	肖高 h	圆弧 半径 R	横刃长 b	外刃长 l	修磨 长度 f	外刃锋角		内刃 锋角 $2\phi'$	横刃 锋角 ϕ	外刃 纵向 前角 γ_v	内刃 前角 γ_r	内刃 斜角 τ	外刃 后角 α	圆弧 后角 α_R
						I	II							
(mm)						(°)								
5-7	0.2	0.75	0.15	1.3										
>7-10	0.3	1	0.2	1.9	1.5							20	15	18
>10-15	0.4	1.5	0.3	2.6										
>15-20	0.55	2	0.4	3.8		125	110	135	65	8	-10			
>20-25	0.70	2.5	0.48	4.9										
>25-30	0.85	3	0.55	6	3							25	12	15
>30-35	1	3.5	0.65	7.1										
>35-40	1.15	4	0.75	8.2										
附 注	(1) I—钻黄铜；II—钻胶木 (2) 参数值按直径范围的中间值来定，允许偏差为± (3) 钻胶木时不必修磨前面 (4) γ_v 指外缘点纵向修磨前角，便于观察控制										近似 比例	$h \approx 0.03D$ $R \approx 0.1D$ $b \approx 0.02D$ $l \approx 0.2D$		

表 7-42 薄板群钻切削部分的几何参数



钻头直径 D	横刃长 b	尖高 h	圆弧半径 R	圆弧深度 h'	内刃锋角 $2\phi'$	刃尖角 ε	内刃前角 γ_r	圆弧后角 α_R
(mm)					(°)			
5~7	0.15	0.5	用单圆弧连接	$>(\delta+1)$	110	40	-10	15
>7~10	0.20							
>10~15	0.30							
>15~20	0.40	1	用双圆弧连接	$>(\delta+1)$	110	40	-10	12
>20~25	0.48							
>25~30	0.55							
>30~35	0.65							
>35~40	0.75	1.5						
附注	(1) δ 是指料厚 (2) 参数值按直径范围的中间值来定, 允许偏差为 \pm							

(4) 钻削

1) 钻孔时的切削用量

表 7-43 钢料钻孔时的切削用量

加工材料			深径比 L/D	切削用量	直 径 D (mm)									
碳钢 (10, 15, 20, 35, 40, 45, 50 等)	合金钢 40Cr, 38CrSi, 60Mn, 35CrMo, 18CrMnTi 等	其他钢			8	10	12	16	20	25	30	35	40~60	
正火 <HBS 207 或 $\sigma_b < 600$ MPa	<HBS143 或 $\sigma_b < 500$ MPa	易切钢	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.24	0.32	0.40	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9	
			切削速度 v (m/min)	24	24	24	25	25	25	26	26	26		
				转速 n (r/min)	950	760	640	500	400	320	275	235	—	
			3~8	进给量 f (mm/r)	0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6	0.67	0.75	
				切削速度 v (m/min)	19	19	19	20	20	20	21	21	21	
				转速 n (r/min)	750	600	500	390	300	240	220	190	—	
HBS170~229 或 $\sigma_b = 600\sim 800$ MPa	HBS143~207 或 $\sigma_b = 500\sim 700$ MPa	碳素工具钢、铸钢	≤ 3	进给量 f (mm/r)	0.2	0.28	0.35	0.4	0.5	0.56	0.62	0.69	0.75	
			切削速度 v (m/min)	20	20	20	21	21	21	22	22	22		
				转速 n (r/min)	800	640	530	420	335	270	230	200	—	
			3~8	进给量 f (mm/r)	0.17	0.22	0.28	0.32	0.4	0.45	0.5	0.56	0.62	
				切削速度 v (m/min)	16	16	16	17	17	17	18	18	18	
				转速 n (r/min)	640	510	420	335	270	220	190	165	—	
附注	(1) 钻头平均寿命为 90min (2) 当钻床-刀具系统刚性低、钻孔精度要求高和钻削条件不好时, 应当降低进给量													

表 7-44 铸铁钻孔时的切削用量

加工材料		深径比 L/D	切削用量	直径 D (mm)								
灰铸铁	可锻铸铁、 锰铸铁			8	10	12	16	20	25	30	35	40~ 60
HBS143~229	可锻铸铁 (HBS≤219)	≤3	进给量 f(mm/r) 切削速度 v(m/min) 转速 n(r/min)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9	1	1.1
		3~8	进给量 f(mm/r) 切削速度 v(m/min) 转速 n(r/min)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
HBS170~269	可锻铸铁 (HBS179~ 270) 锰铸铁	≤3	进给量 f(mm/r) 切削速度 v(m/min) 转速 n(r/min)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
		3~8	进给量 f(mm/r) 切削速度 v(m/min) 转速 n(r/min)	0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6	0.67	0.75
附注	(1) 钻头平均寿命为 120min (2) 应使用乳化液冷却 (3) 当钻床-刀具系统刚性低、钻孔精度要求高和钻削条件不好时(如倾斜表面,带铸造黑皮),应适当降低进给量											

表 7-45 铝合金钻孔时的切削用量

加工材料	深径比 L/D	切削用量	直 径 D (mm)								
			8	10	12	16	20	25	30	35	40~ 60
铝合金	≤3	进给量 f (mm/r)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9	1	1.1
		切削速度 v (m/min)	45	45	45	46	46	46	47	47	47
		转速 n (r/min)	1700	1400	1200	910	730	580	500	430	—
	>3~8	进给量 f (mm/r)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9
		切削速度 v (m/min)	36	36	36	37	37	37	38	38	38
		转速 n (r/min)	1400	1120	950	240	590	470	400	350	—

注:1. 当排屑、冷却不好, 钻孔精度、表面粗糙度要求高时, 应适当降低进给量 f 和改变切削速度 v ;

2. 对有些加工性好的铝合金, 可适当提高进给量 f 和切削速度 v 。

表 7-46 手动进给时的进给量

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 给 量 f (mm/r)																
钢的抗拉强度 (MPa)	≤900	0.15	0.18	0.22	0.25	0.22	0.19	0.15	0.14	0.13	0.11	0.1	0.09	0.08	0.05	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
<HBS170 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	
≥HBS170 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	

2) 攻螺纹前钻底孔用钻头的直径

表 7-47 常用普通螺纹钻底孔用麻花钻头的直径 (根据 JB/Z228—85) (mm)

公称直径 D	螺 距 p		钻头直径 d	公称直径 D	螺 距 p		钻头直径 d
5	粗	0.8	4.2	18	粗	2.5	15.5
	细	0.5	4.5		细	2	16
6	粗	1	5		粗	1.5	16.5
	细	0.75	5.2		细	1	17
8	粗	1.25	6.8	20	粗	2.5	17.5
	细	1	7		细	2	18
		0.75	7.2		细	1.5	18.5
10	粗	1.5	8.5	22	粗	2.5	19.5
		1.25	8.8			2	20
	细	1	9			细	1.5
12	粗	0.75	9.2	24	粗	1	21
		1.75	10.2			3	21
		1.5	10.5			2	22
		1.25	10.8			细	1.5
14	粗	1	11	27	粗	1	23
		2	12			3	24
		1.5	12.5			2	25
		1.25	12.8			细	1.5
16	粗	1	13	30	粗	1	26
		2	14			3.5	26.5
		1.5	14.5			3	27
		1	15			2	28
16	细			30	细	1.5	28.5
						1	29

表 7-48 英制螺纹钻底孔用钻头的直径

公称直径 (in)	每英寸 牙数	钻头直径 (mm)		公称直径 (in)	每英寸 牙数	钻头直径 (mm)	
		铸铁、 青铜	钢、 黄铜			铸铁 青铜	钢、 黄铜
3/16	24	3.7	3.7	7/8	9	19.1	19.3
1/4	20	5.0	5.1	1	8	21.9	22
5/16	18	6.4	6.5	1 1/8	7	24.6	24.7
3/8	16	7.8	7.9	1 1/4	7	27.8	27.9
7/16	14	9.1	9.3	1 1/2	6	33.4	33.5
1/2	12	10.4	10.5	1 5/8	5	35.7	35.8
9/16	12	12	12.1	1 3/4	5	38.9	39
5/8	11	13.3	13.5	1 7/8	4 1/2	41.4	41.5
3/4	10	16.3	16.4	2	4 1/2	44.6	44.7

表 7-49 圆柱管螺纹钻底孔用钻头的直径

公称直径 (in)	每英寸牙数	钻头直径 (mm)	公称直径 (in)	每英寸牙数	钻头直径 (mm)
1/8	28	8.8	1	11	30.6
1/4	19	11.7	1 1/8	11	35.2
3/8	19	15.2	1 1/4	11	39.2
1/2	14	18.9	1 3/8	11	41.6
5/8	14	20.8	1 1/2	11	45.1
3/4	14	24.4	1 3/4	11	51
7/8	14	28.1	2	11	57

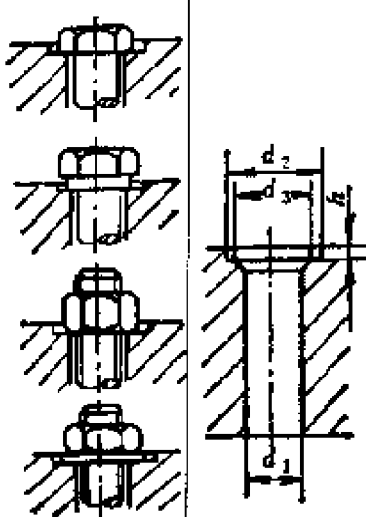
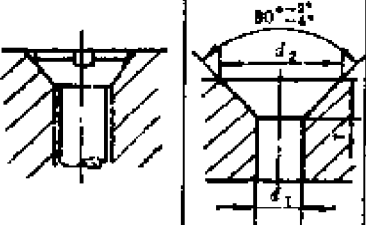
表 7-50 圆锥管螺纹钻底孔用钻头的直径

55° 圆锥管螺纹			60° 圆锥管螺纹		
公称直径 (in)	每英寸 牙数	钻头直径 (mm)	公称直径 (in)	每英寸 牙数	钻头直径 (mm)
1/8	28	8.4	1/8	27	8.6
1/4	19	11.2	1/4	18	11.1
3/8	19	14.7	3/8	18	14.5
1/2	14	18.3	1/2	14	17.9
3/4	14	23.6	3/4	14	23.2
1	11	29.7	1	11 1/2	29.2
1 1/4	11	38.3	1 1/4	11 1/2	37.9
1 1/2	11	44.1	1 1/2	11 1/2	43.9
2	11	55.8	2	11 1/2	56

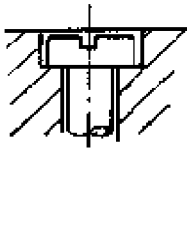
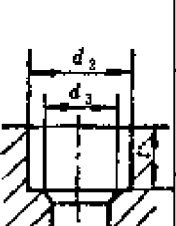
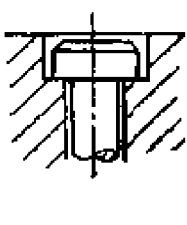
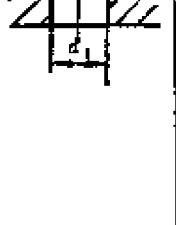
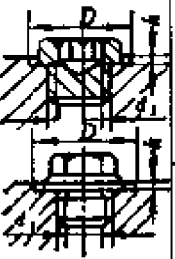
3) 联接零件的沉孔尺寸

表 7-51 沉孔尺寸 (GB152—88)

(mm)

普通螺纹公称直径			M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	
通孔直径			d_1 (H13)	2.4	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	17.5	22	26	33	39
用于六角螺栓和六角螺母的沉孔尺寸		d_2 (H15)	—	9	10	11	13	18	22	26	33	40	48	61	71	
		d_3	—									16	20	24	28	36
用于沉头及半沉头螺钉的沉孔尺寸		d_2 (H13)	4.5	6.4	9.6	10.6	12.8	17.6	20.3	—						
		r	1.2	1.6	2.7	2.7	3.3	4.6	5.0	—						

(续)

普通螺纹公称直径				M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	
通孔直径				d_1 (H13)	2.4	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	17.5	22	26	33	39
适用于GB 65的圆柱头沉孔尺寸			d_2 (H13)	—		8	10	11	15	18	—						
			t (H13)	—		3.2	4	4.7	6.0	7.0	—						
适用于GB 70的圆柱头沉孔尺寸			d_2 (H13)	—		8	10	11	15	18	20	26	33	40	48	—	
			t (H13)	—		4.6	5.7	6.8	9.0	11	13	17.5	21.5	25.5	32	—	
			d_3	—		—						16	20	24	28	36	—
普通螺纹公称直径				M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.25	M12 × 1.5	M14 × 1.5	M16 × 1.5	M18 × 1.5	M20 × 1.5	M22 × 1.5	M24 × 2	M27 × 2	M33 × 2	M42 × 2	M48 × 2
油塞		d_1	7	9	10.8	10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5	25	31	40	46	
		D	16	20	26	26	26	26	32	32	32	32	38	45	60	60	—

注：对尺寸 h 只要能制出与通孔轴线垂直的圆平面即可。

4) 钻削时用的切削液

表 7-52 切削液的选择

被加工材料	切削液	被加工材料	切削液
结构钢	乳化液	铸钢及可锻铸铁	乳化液
工具钢	乳化液	铜	乳浊液、菜籽油
铸铁	不用切削液	铝及铝合金	乳化液
冷硬铸铁	煤油	镁合金	4%食盐水
黄铜或青铜	不用切削液		

(5) 钻孔中钻头损坏的原因和预防方法

表 7-53 钻孔中钻头损坏的原因和预防方法

损坏形式	损坏原因	预防方法
工作部分折断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用钝钻头工作 2. 进刀量太大 3. 钻屑塞住钻头的螺旋槽 4. 钻孔将穿透时, 由于进刀阻力迅速降低而突然增加了进刀量 5. 工件松动 6. 钻铸件时碰到缩孔 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 把钻头磨锋利 2. 减小进刀量, 合理提高切削速度 3. 钻深孔时, 钻头退出几次, 使钻屑能向外排出 4. 钻孔将穿透时减少进刀量 5. 将工件可靠地加以固定 6. 钻预计有缩孔的铸件时要减少走刀量
切削刃迅速磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 切削速度过高 2. 钻头刃磨角度与工件硬度不适应 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减低切削速度 2. 根据工件硬度选择钻头刃磨角度

(6) 钻孔时易出现的问题及产生原因

表 7-54 钻孔时易出现的问题及产生原因

出现问题	产生原因
孔大于规定尺寸	1. 钻头中心偏, 角度不对称 2. 机床主轴摆动, 钻头弯曲
孔壁粗糙	1. 钻头不锋利, 角度不对称 2. 后角太大 3. 进给量太大 4. 切削液选用不当或切削液供给不足
孔位移	1. 工件划线不正确 2. 工件装夹不当或未紧固 3. 钻头横刃太长, 找正不准、定心不良 4. 开始钻孔时, 孔钻偏而没有找正
孔歪斜	1. 工件与钻头不垂直, 钻床主轴与台面不垂直 2. 横刃太长, 或进给量太大, 使钻头轴向力过大造成钻头弯曲 3. 工件内部组织不均、有砂眼(气孔)
钻头折断	1. 钻头磨钝, 仍继续钻孔 2. 钻头螺旋槽被切屑堵住, 没有及时排屑 3. 孔快钻通时, 没有减小进给量 4. 钻黄铜等易孔刀材料时, 没有减小钻头前角 5. 钻刃修磨得过于锋利, 产生崩刃现象, 而没能迅速退刀
切削刃迅速磨损或碎裂	1. 切削速度过高, 切削液选用不当或切削液供给不足 2. 没有根据材料的特性和工艺特性来刃磨钻头的切削角度 3. 工件内部硬度不均或有砂眼 4. 钻刃过于锋利, 进给量过大 5. 怕钻头安装不牢, 用钻刃往工件上墩

2. 扩孔

用扩孔工具扩大工件孔径的加工方法，叫做扩孔。

对于直径较大的孔，一般至少要分两次钻出。即先用小直径的钻头钻出小孔，然后用麻花钻或专用的扩孔钻扩大。用麻花钻扩孔时，底孔直径约为要求直径的50%~70%；用扩孔钻扩孔时，底孔直径约为要求直径的90%。扩孔可以作为孔的最后加工工序，也可以作为铰孔、磨孔前的预加工。

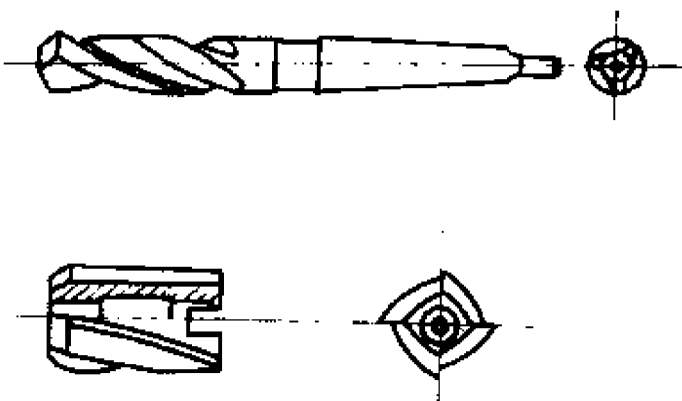


图 7-43 扩孔钻

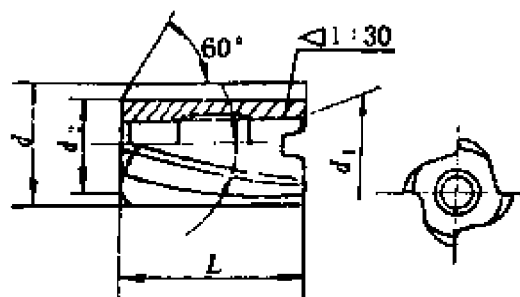
(1) 扩孔钻 常用的扩孔钻有整体式和套式两种(图7-43)。套式扩孔钻多用于大直径的扩孔。

由于扩孔钻的切削刃和刃带比钻头多，所以导向性好，工作起来比较稳定，振动小，不易偏斜。同时，扩孔钻没有横刃，轴向切削力小，刀具强度也高。因此，扩出的孔精度和表面质量较高。

扩孔钻的型式和尺寸见表7-55~表7-57。

表 7-55 套式扩孔钻 (GB1142-84)

(mm)



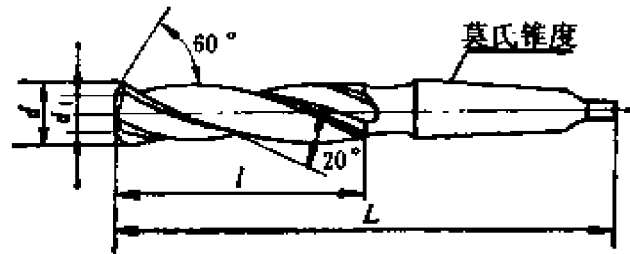
(续)

推荐 值	d (h8)		L		d ₁	d ₂ 最小	d (h8)		L		d ₁	d ₂ 最小	
	分级范围		基本 尺寸	偏差			推荐 值	分级范围		基本 尺寸			偏差
	大于	至						大于	至				
25	23.6	35.5	45	0 -1.6	13	20	46	45	53	56	19	38	
26						21	47					39	
27						22	48					40	
28						23	50					42	
29						24	52					44	
30						25	55	53	63	63		22	46
31						26	58						49
32						27	60						51
33						28	62						53
34						29	65						54
35	30	70	63	75	71	59							
36	35.5	45.0	50	0 -1.6	16	30	72	63	75	71	27		61
37						31	75	64					
38						32	80	75	90	80	32		67
39						33	85						72
40						34	90					77	
42						36	95					80	
44						38	100	90	100	90		40	85
45						39	100	85					

注：直径 d 推荐值系常备的扩孔钻规格，用户有特殊需要时，也可供应分级范围内任一直径的扩孔钻。

表 7-56 锥柄扩孔钻 (GB1141-84)

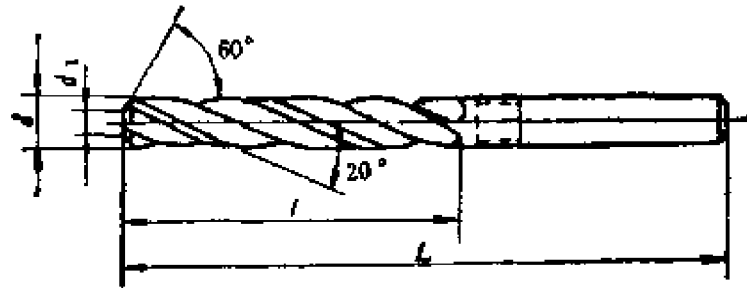
(mm)



d (h8)			L	l	$d_1 \approx$	莫氏 锥柄 号	d (h8)			L	l	$d_1 \approx$	莫氏 锥柄 号
推荐 值	分级范围						推荐 值	分级范围					
	大于	至						大于	至				
7.8	7.5	8.5	156	75	5.1	1	21.7	21.2	22.4	248	150	14.3	—
8.0							22.0						
8.8	8.5	9.5	162	81	5.8		22.7	22.4	23.02	253	155	15	
9.0							23.0						
9.8	9.5	10.0	168	87	6.5		—	23.02	23.6	276	160	15.6	
10.0							23.7						
—	10.0	10.6	175	94	7.1		24.0	23.6	25	281	160	16.3	
10.75	24.7												
11.0	10.6	11.8	182	101	7.8		25.0	25.0	26.5	286	165	17	
11.75							25.7						
12.0	11.8	13.2	189	108	8.1		26.0	26.5	28.0	291	170	17.6	
12.75							27.7						
13.0	13.2	14.0	212	114	8.4	28.0	28.0	30.0	296	175	19		
13.75						29.7							
14.0	14	15	218	120	9.1	—	30.0	31.5	301	180	19.5		
14.75						30.0							
15.0	15	16	218	120	10.4	31.6	31.5	31.75	306	185	20		
15.75						32.0							
16.0	16	17	223	125	11	33.6	33.5	35.5	339	190	21.5		
16.75						34.0							
17.0	17	18	228	130	11.7	34.6	35.0	37.5	344	195	22		
17.75						34.6							
18.0	18	19	233	135	12.3	35.0	35.5	37.5	349	200	23		
18.7						35.6							
19.0	19	20	238	140	13	36.0	37.5	40.0	349	200	23.5		
19.7						37.6							
20.0	20	21.2	243	145	13.6	38.0	37.5	40.0	349	200	24.5		
20.7						39.6							
21.0	40.0					40.0					25		
											26		

表 7-57 直柄扩孔钻 (GB4256—84)

(mm)



d			偏差	L	l	d ₁ ≈	d			L	l	d ₁ ≈			
推荐值	分级范围						推荐值	分级范围					偏差		
	大于	至					大于	至							
3.00	—	3.00	0 -0.014	61	33	1.2	—	10.00	10.60	133	87	6.5			
3.30	3.00	3.35	0 -0.018	65	36	1.5	10.75	10.60	11.80	142	94	7.1			
3.50	3.35	3.75		70	39		11.00								
3.80	3.75	4.25		75	43	2	11.75	11.80	13.20				151	101	7.8
4.00				12.00											
4.30	4.25	4.75	80	47	2.6	12.75	11.80	13.20	151	101	8.1				
4.50			13.00	8.4											
4.80	4.75	5.30	0 -0.027		86	52	3.2	13.75	13.20	14.00	160	108	9.1		
5.00				14.00											
5.80	5.30	6.00		93	57	3.9	14.75	14.00	15.00	169				114	9.7
6.00				15.00											
—	6.00	6.70	0 -0.022	101	63	4.5	15.75	15.00	16.00	178	120	10.4			
6.80	6.70	7.50		109	69		16.00						16.00	17.00	
7.00				7.50	8.50	117	75	5.2	16.75						16.00
7.80	17.00														
8.00	8.50	9.50	0 -0.022	125	81	5.8	17.75	17.00	18.00	191	130	11.7			
8.80				18.00											
9.00	9.50	10.00		133	87	6.5	18.75	18.00	19.00				198	135	12.3
9.80				19.00											
10.00	9.50	10.00	19.75	19.00	20.00	19.00	20.00	0 -0.023	205	140	13				

注：直径 *d* 推荐值系常备的扩孔钻规格，用户有特殊需要时，也可供应分级范围内任一直径的扩孔钻。

(2) 扩孔时的切削用量

1) 扩孔时切削用量的计算

① 切削深度 a_p

用麻花钻扩孔时 $a_p = (0.15 \sim 0.25) D$;

用扩孔钻扩孔时 $a_p = 0.5D$ 。

② 进给量：用麻花钻扩孔时，其进给量约为钻孔进给量的 1.2~1.8 倍；用扩孔钻扩孔时，约为钻孔进给量的 2.2~2.4 倍。

③ 切削速度：扩孔时，其切削速度约为钻孔切削速度的 1/2。

2) 扩孔时的切削用量，见表 7-58。

表 7-58 钢件扩孔时的切削用量

钢件扩孔	扩孔钻直径 (mm)										
	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80
	扩孔钻进给量 (mm/r)										
$\sigma_b \leq 600\text{MPa}$	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0	2.2	2.4	2.8
$\sigma_b = 60 \sim 900\text{MPa}$	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.4	1.8	1.8	2.0	2.2	2.2
$\sigma_b \geq 950\text{MPa}$	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.2	1.6	1.6	1.8	2.0	2.0
进给量 (mm/r)	钢件扩孔时，在各种扩孔钻直径及进给量下的切削速度 (m/min)										
0.5	37	37	36	33							
0.6	34	34	33	30	31						
0.7	31	31	31	28	29	29	21	21			
0.8		29	29	26	27	27	20	20	19		
1.0		26	26	23	24	24	18	18	16	16	
1.2			23	21	22	22	16	16	15	15	13
1.4				19	21	20	15	15	14	14	12
1.6					19	19	14	14	13	13	12
1.8						18	13	13	12	12	11
2.0							12	13	12	11	10

表 7-59 铸铁扩孔时的切削用量

铸铁扩孔	扩孔钻直径 (mm)										
	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80
	扩孔钻进给量 (mm/r)										
HBS ≤ 170	1.2	1.4	1.6	2.0	2.2	2.6	2.8	3.0	3.0	3.5	4.5
HBS ≥ 170	0.8	1.0	1.2	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.4	2.6	3.5
进给量 (mm/r)	铸铁扩孔时, 在各种扩孔钻直径及进给量下的切削速度 (m/min)										
0.6	32										
0.7	30	31									
0.8	28	29	29								
1.0	26	27	27	27							
1.2	24	25	25	25	25	25					
1.4		24	24	24	24	24	20	21			
1.6			22	22	22	23	19	20	19		
1.8				21	21	22	18	19	18	18	
2.0				21	21	21	17	18	17	17	17

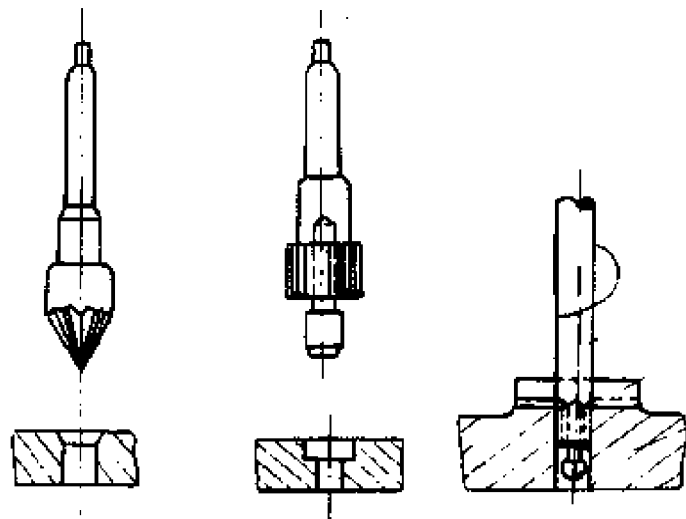


图 7-44 铰钻的应用

3. 铰窝

铰窝就是对孔口部分进行加工, 例如, 铰孔口端面、倒角、铰圆柱头或

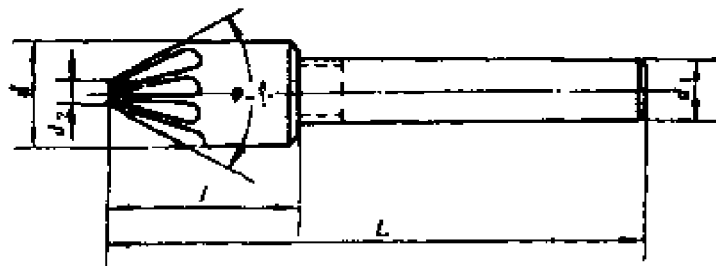
圆锥头用的埋头孔等 (图 7-44)。

(1) 铤钻 铤钻是铤窝用的刀具, 按其切削部分的形状有三种基本型式:

- 1) 外锥面铤钻, 用于孔口倒角或去毛刺;
- 2) 内锥面铤钻, 用于倒螺栓外角;
- 3) 平面铤钻, 用于铤沉孔或平面。

常用铤钻的型式和尺寸见表 7-60~表 7-62。

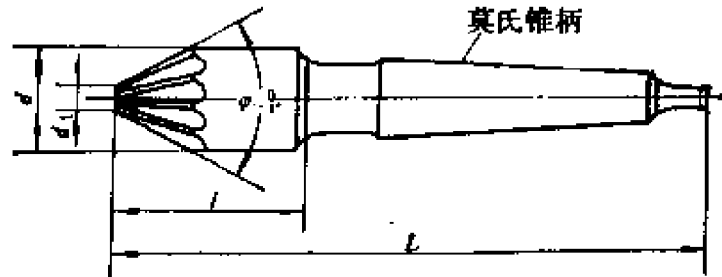
表 7-60 60°, 90°, 120° 直柄锥面铤钻 (GB4258-84) (mm)



d		d_1		L				l				参 考			
基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	$\varphi = 60^\circ$		$\varphi = 90^\circ, \varphi = 120^\circ$		$\varphi = 60^\circ$		$\varphi = 90^\circ, \varphi = 120^\circ$		d_2	齿数		
				基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差				
8	0	8	0	48	0	44	0	16	0	12	0	1.6	4		
10	-0.15			50	-1.6	46		-1.6	18	-1.1		14		-1.1	2
12.5	0			52	0	48		0	20	0		16		0	2.5
16	-0.18	60	0	56		-1.3	24		-1.3		20	-1.3	3.2		
20	0	10	0.036	60	-1.9	60	0	28	0	24	0	4	6		
25	-0.21			69	-1.9	65	-1.9	33		0	29	-1.3		7	

表 7-61 60°, 90°, 120° 锥柄锥面铰钻 (GB1143—84)

(mm)

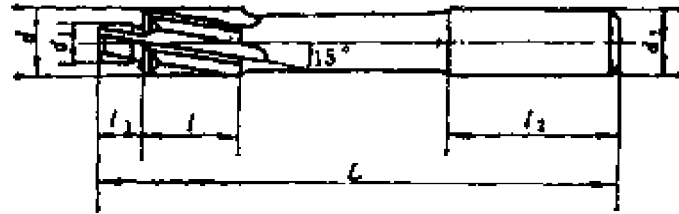


d		L				l				莫氏锥柄号	参 考	
基本尺寸	偏差	φ = 60°		φ = 90°, φ = 120°		φ = 60°		φ = 90°, φ = 120°			d ₁	齿数
		基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
16	0 -0.18	97	0	93	0	24	0	20	0	1	3.2	6
20	0	120	-2.2	116	-2.2	28	-1.3	24	-1.3	2	4	
25	-0.21	125	0	121	0	33	0	29	0		7	
31.5	0	132		124		40		32		9		
40	-0.25	160	-2.5	150	-2.5	45	-1.6	35	0	3	12.5	8
50	0	165	0	153	0	50	0	38	-1.6		16	
63	0	200		185		58		43	20	10		
80	0.30	215	-2.9	196	-2.9	73	-1.9	54	0 -1.9		4	25

注：莫氏锥柄的尺寸和偏差按 GB1443—78《莫氏工具圆锥的尺寸和公差》标准的规定。

表 7-62 带导柱直柄平底铰钻 (GB4260—84)

(mm)



铰钻代号 ($d \times d_1$)	d		d_1		d_2		L	l	适用螺 栓或螺 钉规格	参 考		
	基本 尺寸	偏差	基本 尺寸	偏差	基本 尺寸	偏差				l_1	l_2	齿数
2.5×1.2	2.5	-0.051	1.2				45	7	M1	1.2	—	
2.8×1.4	2.8	-0.026	1.4						M1.2	1.4		
3.2×1.6	3.2		1.6					M1.4	1.6			
3.6×1.8	3.6		1.8	-0.014	$d_2 =$			M1.6	1.8			
4.5×2.4	4.5		2.4	-0.028	d		56	10	M2	2.4		
5×1.8	5	+0.065	1.8			0			M1.6	1.8		
5×2.9		+0.035	2.9			-0.000	M2.5	2.9				
6×2.4	6		2.4					M2	2.4			
6×3.4			3.4	-0.020			71	14	M3	3.4		
				-0.038	5				M2.5	2.9		
7.5×2.9	7.5		2.9	-0.014								
				-0.028								
8.5×3.4	8.5	+0.078	3.4						M3	3.4		
8.5×4.5		+0.042	4.5						M4	4.5		
10×3.4	10		3.4	-0.020			80	18	M3	3.4		
10×5.5			5.5	-0.038	9	0			M5	5.5		
11×4.5	11		4.5			0.005			M4	4.5		
12×5.5	12	+0.093	5.5						M5	5.5		
12×6.6		+0.050	6.6						M6	6.6		
15×6.6	15		6.6	-0.025								
15×9			9.0	-0.047					M8	9.0		
18×9	18	+0.103	9.0									
18×11		+0.060	11.0	-0.032					M10	11.0		
				-0.059	12.5	0	100	22			40.0	4
20×9	20		9.0	-0.025		-0.005			M8	9.0		
20×11		+0.125	11.0	-0.032					M10	11.0		
		+0.073		-0.059								

注：导柱直径 (d_1) 适用通孔按中等装配。

(2) 铰窝时的切削用量 铰窝时的切削速度为钻孔时的 1/2~1/3。铰铸铁时, $v = 8 \sim 12 \text{m/min}$; 铰钢时, $v = 8 \sim 14 \text{m/min}$; 铰有色金属时, $v =$

25m/min。

铰窝时，一般采用手动进刀。铰窝的深度可用游标卡尺的深度尺进行测量。

4. 铰孔

用铰刀从工件孔壁上切除微量金属层，以提高其尺寸精度和表面质量的方法，叫做铰孔。圆柱形或圆锥形孔都可以进行铰削。

(1) 铰刀

1) 铰刀的分类

- ①按使用方法分为手用和机用两种；
- ②按加工孔的形状分为圆柱孔、圆锥孔和阶梯形孔三种；
- ③按构造形式分为整体式和组合式两种；
- ④按直径的调整性能分为可调节式和不可调节式；
- ⑤按铰刀的齿形分为直齿和螺旋齿两种。

2) 圆锥铰刀工作部分的锥度

表 7-63 圆锥铰刀工作部分的锥度

圆锥号		锥 度 值	β	圆锥角 (2β) 偏 差
公制	4	1:20 = 0.05	1°25'56"	粗 ± 1'
	6			精 ± 30"
莫氏	0	1:19.212 = 0.05205	1°29'27"	粗 ± 1' 精 ± 30"
	1	1:20.047 = 0.04988	1°25'43"	
	2	1:20.020 = 0.04995	1°25'50"	
	3	1:19.922 = 0.05020	1°26'16"	粗 ± 50"
	4	1:19.254 = 0.05194	1°29'19"	精 ± 25"
	5	1:19.002 = 0.05263	1°30'26"	粗 ± 40" 精 ± 20"
	6	1:19.180 = 0.05214	1°29'36"	粗 ± 30" 精 ± 15"

3) 常用铰刀的型式和规格尺寸

表 7-64 手用铰刀规格 (GB1131—84)

直 径 (mm)	1, 1.2, (1.5), 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14, (15), 16, (17), 18, (19), 20, (21), 22, (23), (24), 25, (26), (27), 28, (30), 32, (34), (35), 36, (38), 40, (42), (44), 45, (46), (48), 50, (52), (55), 56, (58), (60), (62), 63, (67), 71
-------------	---

注：带括号的尺寸尽量不采用。

表 7-65 普通型可调节手用铰刀规格 (JB3869—85)

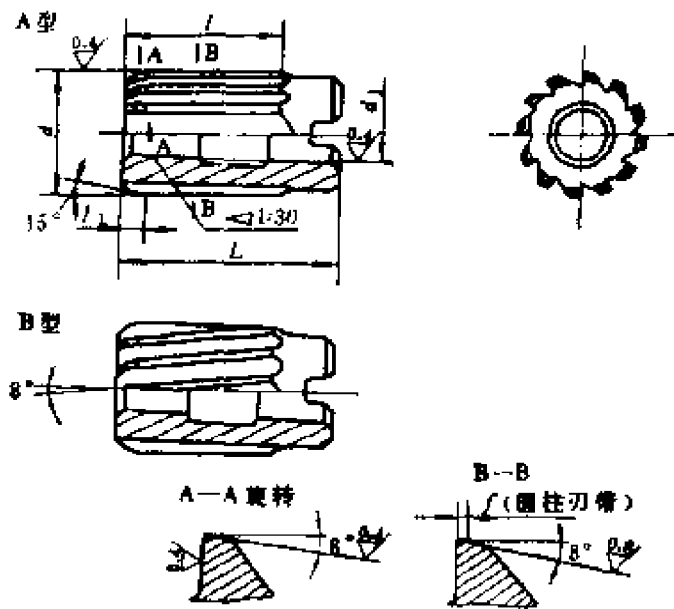
铰刀调节范围 (mm)	>6.5~7, >7~7.75, >7.75~8.50, >8.5~9.25, >9.25~10, >10~10.75, >10.75~11.75, >11.75~12.75, >12.75~13.75, >13.75~15.25, >15.25~17, >17~19, >19~21, >21~23, >23~26, >26~29.5, >29.5~33.5, >33.5~38, >38~44, >44~54, >54~68, >68~84, >84~100
----------------	---

表 7-66 直柄 (GB1132—84)、锥柄 (GB1133—84) 机用铰刀的规格

直柄机 用铰刀	直 径 (mm)	1, 1.2, 1.4, (1.5), 1.5, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14, (15), 16, (17), 18, (19), 20			
锥柄机 用铰刀	直 径 (mm)	5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14	(15), 16, (17), 18, (19), 20, (21), 22, (23)	(24), 25, (26), (27), 28, (30)	32, (34), (35), 36, (38), 40, (42), (44), 45, (46), (48), 50
	莫氏锥 柄号	1	2	3	4

注：带括号的尺寸尽量不采用。

表 7-67 套式机用铰刀的型式和规格尺寸 (GB1135—84) (mm)

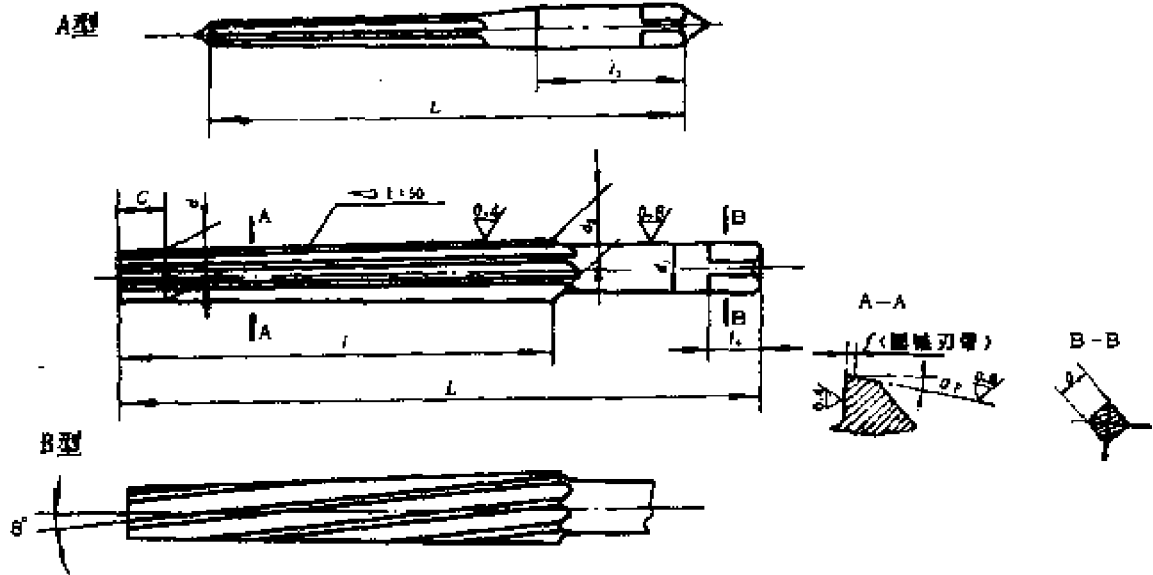


推荐值	d		精度等级			基本尺寸	L 偏差	基本尺寸	l 偏差	d ₁	参 考		
	大于	至	H7级	H8级	H9级						t ₁	f	齿数
25	23.6	30	+0.017 +0.009	+0.026 +0.016	+0.044 +0.025	45	0 -1.6	32	0 -1.6	13	2.5	0.20~ 0.30	8
(26)													
(27)													
28													
(30)	30	35.5	+0.021 +0.012	+0.036 +0.019	+0.062 +0.030	50		36		16	3.5	0.25~ 0.40	10
32													
(34)													
(35)													

(续)

推荐 值	<i>d</i>					<i>L</i>		<i>l</i>		<i>d</i> ₁	参 考		
	分级范围		精度等级			基本 尺寸	偏差	基本 尺寸	偏差		<i>l</i> ₁	<i>f</i>	齿数
	大于	至	H7级	H8级	F9级								
36	35.5	42.5				56		40		19	3.5	0.25~	10
(38)													
40													
(42)													
45	42.5	50.8				63		45	0 -1.6	22	0.25~	0.40	12
(47)													
(48)													
50													
(52)							0 -1.9						
56	50.8	60				71		50		27	4	0.30~	14
(58)													
(60)													
63	60	71				80		56		32	0.30~	0.50	14
(65)													
71													
(72)													
(75)	71	85				90		63	0 -1.9	40	0.30~	0.50	14
80													
(85)													
90	85	100				100		71		50	5	0.30~	16
(95)													
100													

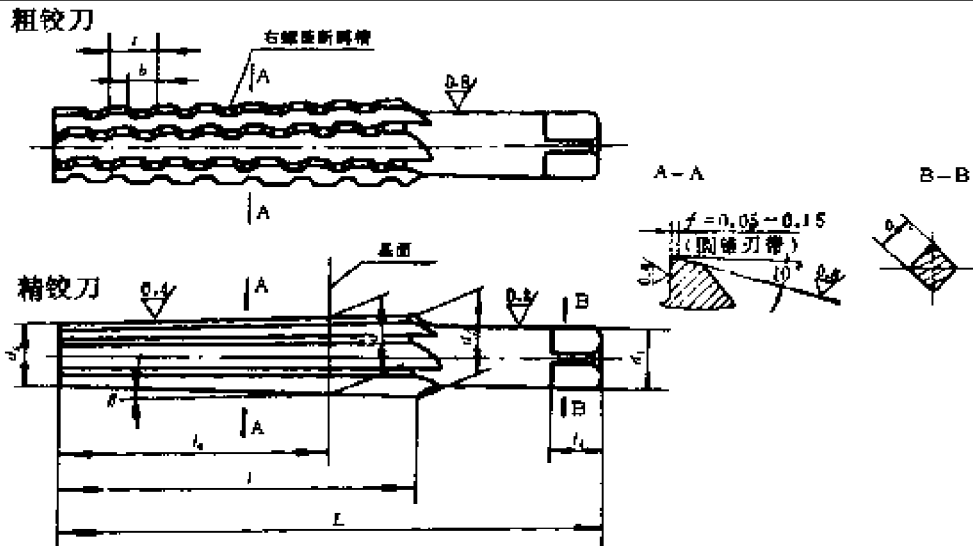
表 7-68 手用 1:50 锥度销子铰刀的型式和规格尺寸 (GB1136—84) (mm)



基本尺寸	偏差	L		l		C	d ₂		d ₁		a	l ₁	参 考		
		基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			l ₂	α _p	f 最大
0.6	0 -0.014	35	±1.5	10	±1	5	0.70	3.15	0 -0.075	2.5	5	16	16°	0.05	4
0.8				12			0.94								
1.0				16			1.22								
1.2				20			1.50								
1.5				25			1.90								
2.0				32			2.54								
2.5	40	3.12	15	14°	0.10										
3	65	±1.5				3.70	4	3.15	6						
4	75					4.9	5	4	7						
5	85					6.1	6.3	5	8						
6	95					7.3	8	0	6.3	9					
8	125					9.8	10	-0.09	8	11					
10	155		12.3	12.5	10	12°	0.15	6							
12	180	14.6	14	0					10	13					
16	200	19.0	18	-0.11					11.2	14					
20	225	23.4	22.4	0					14	18					
25	245	28.5	28	0					18	22					
30	250	33.5	31.5	-0.13					22.4	26					
40	0	285	215	±2	+2	15	9°	0.20	8						
50	-0.033	300	220							44.0	40	0	31.5	34	
	-0.039									54.1	50	-0.16	40	42	

注: 1. 专业生产的铰刀按 A 型。
 2. 直径 $d \leq 6\text{mm}$ 的铰刀可制成反顶尖。
 3. 柄部方头的偏差按 GB 4267—84《直柄回转工具用柄部直径和传动方头尺寸》标准的规定。

表 7-69 直柄莫氏圆锥和公制圆锥铰刀的型式和规格尺寸 (GB1139-84) (mm)



圆锥号	d		d ₂	d ₁	l ₀	L		l		d ₁		a	l ₄	参考				
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			c	b	齿数		
																粗	精	
公制	4	4	+0.03	4.4	2.9	22	48	±1.5	30	±1	4	0	3.15	6				
	6	6	0	6.5	4.5	30	63		40		5	-0.075	4.0	7				
莫氏	0	9.045	+0.04 0	9.722	6.574	48	93	±1.5	61		8	0	6.3	9	4	1.2		
	1	12.065	+0.05 0	12.863	9.571	50	102		66		10	-0.09	8	11	5	1.5	4	6
	2	17.780	0	18.679	14.733	61	121	±1.5	79		14	0	11.2	14	6	2		
	3	23.825	+0.06 0	24.829	20.010	76	146		96		20	0	16	20	8	2.5		6
	4	31.267	+0.07 0	32.410	26.229	97	179	±2	119		25	-0.13	20	24	10	3		
	5	44.391	0	45.767	37.873	124	222		150		31.5	0	25	28	12	3.5	8	10
6	62.348	+0.08 0	65.016	54.172	176	300	±2	208		45	-0.16	35.5	38	14	4	1	12	

注: 1. 直径 $d \leq 6\text{mm}$ 的铰刀可制成反顶尖。
 2. 柄部方头的偏差按 GB 4267-84《直柄回转工具用柄部直径和传动方头尺寸》标准的规定。

(2) 铰削

1) 铰孔前的预加工

表 7-70 铰孔前的预加工

孔的精度	在实体工件上加工孔	在铸或锻出孔的工件上加工
IT8	< 15mm 的孔: 钻孔后一次铰孔	一次或两次镗孔, 然后铰孔
	> 15mm 的孔: 钻孔后用扩孔钻扩孔, 然后铰孔; 或钻孔后用车刀车孔, 然后铰孔	两次镗孔, 然后铰孔
IT7	钢料 < 12mm, 铸铁 < 15mm 的孔: 钻孔后一次铰或两次铰孔; 钢料 > 12mm, 铸铁 > 15mm 的孔: 一次钻孔后, 用车刀车孔或扩孔钻扩孔, 然后铰孔, 或钻孔后两次铰孔	用车刀分粗车与精车后一次铰出, 或用车刀一次车孔后, 两次铰成

2) 铰孔方法

①铰圆柱孔: 铰孔时, 首先根据孔径、孔的精度和表面质量要求, 确定孔的加工工序和工序间的加工余量 (见表 7-71), 然后按照需要进行钻孔或扩孔, 最后进行铰孔。

手铰时, 两手用力要均匀, 并且只能正转, 不能倒转, 否则会挤住切屑, 使刀刃崩裂或损坏, 影响加工质量。铰孔时应不断加切削液, 铰完后铰刀顺转退出。

机铰时, 最好在工件一次装好后, 连续进行钻孔、扩孔和铰孔, 这样可以保证刀具轴心的位置不变。当不便采用连续加工时, 可采用浮动夹头, 以减少铰孔后孔径扩大的现象。

②铰圆锥孔: 尺寸较小的圆锥孔, 可先按小头直径钻出圆柱孔, 然后用圆锥铰刀铰削即可。对于深度尺寸较大的孔, 为了节省时间, 铰孔前首先钻出阶梯孔, 然后再用铰刀铰削。铰削过程中, 要经常用相配的锥销来检查铰孔的尺寸。

表 7-71 基孔制 IT7 和 IT8 级精度孔钻、扩、铰工序间的加工余量

在实心材料上加工孔						
加工孔径 (mm)	钻孔	扩 孔		铰 孔		
				IT7		IT8
		粗	精	粗	精	粗
3	2.9	-	-	-	3	3
4	3.9	-	-	-	4	4
5	4.8	-	-	-	5	5
6	5.8	-	-	-	6	6
8	7.8	-	-	7.96	8	8
10	9.8	-	-	9.96	10	10
12	11.0	-	11.85	11.95	12	12
14	13.0	-	13.85	13.95	14	14
15	14.0	-	14.85	14.95	15	15
16	15.0	-	15.85	15.95	16	16
18	17.0	-	17.85	17.94	18	18
20	18.0	-	19.80	19.94	20	20
22	20.0	-	21.80	21.94	22	22
24	22.0	-	23.80	23.94	24	24
25	23.0	-	24.80	24.94	25	25
26	24.0	-	25.80	25.94	26	26
28	26.0	-	27.80	27.94	28	28
30	15.0	23.0	29.80	29.93	30	30
32	15.0	30.0	31.75	31.93	32	32
35	20.0	33.0	34.75	34.93	35	35
38	20.0	36.0	37.75	37.93	38	38
40	25.0	38.0	39.75	39.93	40	40
42	25.0	40.0	41.75	41.93	42	42
45	25.0	43.0	44.75	44.93	45	45
48	25.0	46.0	47.75	47.93	48	48
50	25.0	48.0	49.75	49.93	50	50

3) 铰孔时的切削用量

①吃刀深度 (铰孔余量): 用一把铰刀铰孔, 一次铰成, 孔径在 20mm 以下时, 铰孔余量为 0.1~0.2mm; 用两把铰刀铰孔, 分粗、精铰, 孔径为 5~80mm 时, 粗铰余量为 0.25~0.5mm, 精铰余量为 0.05~0.15mm。

②进给量: 铰孔时的进给量见表 7-72~表 7-74。

表 7-72 手动铰圆柱孔时的进给量

加工的材料	孔 径 (mm)												
	6	8	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
	进给量 f (mm/r)												
钢, 抗拉强度 (MPa)													
<900	0.4	0.55	0.65	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2.1	2.2	2.4
≥900	0.3	0.45	0.5	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9
<HBS170 的铸 铁、青铜、黄 铜、铝合金	0.95	1.35	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.5	5.1	5.6	6
≥HBS170 的铸铁	0.65	0.9	1.05	1.3	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.9	3.4	3.6	4

表 7-73 机动铰圆柱孔时的进给量

铰孔直径 (mm)	加 工 材 料			
	钢, 抗拉强度 (MPa)		≤HBS170 的铸 铁、黄铜、铝合金	>HBS170 的铸 铁
	≤900	>900		
	进给量 f (mm/r)			
5	0.2~0.5	0.15~0.35	0.6~1.2	0.4~0.8
8	0.3~0.7	0.25~0.6	0.85~1.7	0.55~1.1
10	0.4~0.9	0.35~0.7	1~2	0.65~1.3
15	0.55~1.2	0.45~1	1.25~2.5	0.8~1.6
20	0.65~1.4	0.55~1.2	1.5~3	1~2
25	0.7~1.6	0.6~1.3	1.75~3.5	1.15~2.3
30	0.8~1.8	0.65~1.5	2~4	1.3~2.6
35	0.9~2	0.7~1.6	2.25~4.5	1.45~2.9
40	0.95~2.1	0.8~1.8	2.5~5	1.6~3.2
50	1.1~2.5	0.9~2	2.8~5.6	1.8~3.6
60	1.3~2.8	1~2.3	3.2~6.4	2.1~4.2
80	1.5~3.2	1.2~2.6	3.75~7.5	2.5~5

表 7-74 采用硬质合金铰刀铰孔时的进给量

铰孔直径 (mm)	加 工 材 料			
	钢		HBS≤170 的铸 铁	HBS>170 的 铸铁
	未淬火的	淬火的		
进给量 f (mm/r)				
10	0.35~0.5	0.2~0.3	0.85~1.3	0.65~1
15	0.35~0.55	0.25~0.33	0.9~1.4	0.7~1.1
20	0.4~0.6	0.3~0.37	1~1.5	0.8~1.2
25	0.45~0.65	0.32~0.4	1.1~1.6	0.85~1.3
30	0.5~0.7	0.35~0.43	1.2~1.8	0.9~1.4
35	0.55~0.75	0.37~0.47	1.25~1.9	0.95~1.45
40	0.6~0.8	0.4~0.5	1.3~2	1~1.5
50	0.65~0.85	-	1.4~2.1	1.1~1.6
60	0.7~0.9	-	1.6~2.4	1.25~1.8
80 及以上	0.9~1.2	-	2~3	1.5~2.2

4) 铰孔时切削液的选择

表 7-75 铰孔用的切削液

工 件 材 料	适用的切削液
碳素钢、工具钢、合金钢、铸钢	机油、菜籽油
黄铜、铸铁、青铜	不加切削液
紫 铜	肥皂水
铝及铝合金	煤油、柴油、菜籽油
贵重零件	鱼油、猪油、蓖麻油

(3) 铰孔时产生废品的原因及预防方法

表 7-76 铰孔时废品的种类、产生原因及预防方法

废品种类	产生原因	预防方法
1. 表面粗糙度达不到要求	1. 铰孔余量太大或太小 2. 铰刀切削刃不锋利 3. 不用切削液或采用不合适的切削液 4. 铰刀退出时反转 5. 切削速度太高 6. 刀槽内切屑粘积过多 7. 刀刃上粘有切屑 8. 刀刃上有崩裂、缺口	1. 留必要的铰孔余量 2. 刃磨铰刀 3. 选择适当的切削液 4. 铰刀退出时应顺转 5. 降低切削速度 6. 清除切屑 7. 用油石轻轻将切屑磨去 8. 重新刃磨或更换新刀
2. 孔呈多角形	1. 铰削余量太大, 铰刀振动 2. 铰削前钻孔不圆	1. 减少铰削余量或将铰削余量分 2~3 次铰削 2. 铰削前先用钻头扩孔
3. 孔径扩张	1. 铰刀与孔中心不重合 2. 铰孔时两手用力不匀 3. 铰铸铁时没加煤油 4. 铰锥孔时没及时用锥销检查, 铰得太深 5. 进给量与加工余量过大	1. 钻孔后立即铰孔或采用浮动夹头 2. 注意两手用力平衡 3. 加煤油 4. 铰锥孔时经常用相配的锥销检查 5. 减少进给量与加工余量
4. 孔径缩小	1. 铰刀磨损, 尺寸减小 2. 铰刀磨钝 3. 铰铸铁时加了煤油	1. 调节铰刀尺寸或更换新铰刀 2. 刃磨铰刀 3. 不加煤油

八、攻、套螺纹

1. 攻螺纹

用丝攻加工工件内螺纹的方法叫攻螺纹。

(1) 攻螺纹的方法

1) 手工攻螺纹

①工件装夹要正, 并且要将工件需要攻螺纹的一面置于水平或垂直位置, 以便在攻螺纹时, 容易判断和保持丝锥垂直于工件的方向。

②在开始攻螺纹时, 要尽量把丝锥放正。然后用一只手压住丝锥柄的中

部，用另一支手轻轻转动铰杠。当丝锥的切削部分全部进入工件时，就不需要再施加轴向力，靠螺纹自然旋进即可。

③攻螺纹时，每次扳转铰杠，丝锥旋进不应太多，一般以每次旋进 $0.5\sim 1r$ 为宜。

④扳转铰杠时，两手用力要平衡。切忌用力过猛或左右晃动，否则容易将螺纹牙型撕裂，导致螺纹孔扩大或出现锥度。

⑤在塑性材料上攻螺纹时，要经常浇注足够的切削液。

⑥攻不通的螺纹时，要经常把丝锥退出，将切屑清除，以保证螺纹孔的有效长度。

⑦丝锥用完后，要擦洗干净，涂上机油，隔开放好。切不可混在一起，以免将丝锥刃口碰伤。

2) 机器攻螺纹

①丝锥装夹在机床主轴上后，其径向振摆一般应不超过 0.05mm ；工件夹具的定位支承面和丝锥中心的垂直度偏差不得大于 $0.05/100$ ；工件螺纹底孔和丝锥的同轴度允差应不大于 0.05mm 。

②当丝锥即将进入螺纹底孔时，进刀要轻要慢，以防止丝锥与工件发生撞击。

③攻螺纹时，应在钻床进给手柄上施加均匀的压力，以协助丝锥进入工件。但当校准部分进入工件时，压力即应解除，靠螺纹自然旋进。

④攻螺纹时的切削速度：钢材为 $6\sim 15\text{m}/\text{min}$ ；调质后的或较硬的钢材为 $5\sim 10\text{m}/\text{min}$ ；不锈钢为 $2\sim 7\text{m}/\text{min}$ ；铸铁为 $8\sim 10\text{m}/\text{min}$ 。

⑤通孔攻螺纹时，丝锥的校准部分不能伸出另一端太多，否则在倒转退出丝锥时，将会产生乱扣。

(2) 攻螺纹时常用的切削液

表 7-77 攻螺纹时常用的切削液

加工材料	切削液	机加工时流量
钢	机加工可用浓度较大的乳化油或含硫量在1.7%以上的硫化切削油；工件表面粗糙度要求较细时，可加菜油及二硫化铝等；手工加工时用机油	$8\sim 12\text{L}/\text{min}$

(续)

加工材料	切削液	机加工时流量
灰铸铁	一般不用；如工件表面粗糙度要求细或材质较硬，可用煤油；机加工速度在8m/min以上时，可用浓度为10%~15%的乳化液	不少于4L/min
可锻铸铁	浓度为15%~20%的乳化液	不少于6L/min
青铜、黄铜、锌合金、铝合金	手工加工时可不用切削液；机加工时用浓度为15%~20%的乳化液	不少于6L/min
不锈钢	(1) 硫化切削油 60%，油酸 15%，煤油 25% (2) 黑色硫化油 (3) 机油	不少于6L/min

(3) 攻螺纹时丝锥折断的原因及预防方法

表 7-78 攻螺纹时丝锥折断的原因及预防方法

折断原因	预防方法
<ol style="list-style-type: none"> 1. 螺纹底孔太小 2. 丝锥太钝、工件材料太硬 3. 丝锥扳手过大，扭转力矩大，操作者手部感觉不灵敏，往往丝锥卡住仍感觉不到，继续扳动使丝锥折断 4. 没及时清除丝锥屑槽内的切屑，特别是韧性大的材料，切屑在孔中堵住 5. 韧性大的材料（不锈钢等）攻螺纹时没用切削液，工件与丝锥咬住 6. 丝锥歪斜，单面受力太大 7. 不通孔攻螺纹时，丝锥尖端与孔底相顶，仍旋转丝锥，使丝锥折断 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确计算与选择底孔直径 2. 磨锋丝锥后角 3. 选择适当规格的扳手，要随时注意出现的问题，并及时处理 4. 按要求反转割断切屑，及时排除，或把丝锥退出清理切屑 5. 应选用切削液 6. 攻螺纹前要用90°角尺找正丝锥与工件孔的同轴度 7. 应事先做出标记，攻螺纹中注意观察丝锥旋进深度，防止相顶，并要及时清除切屑

(4) 攻螺纹中经常出现的废品形式及产生原因

表 7-79 攻螺纹中经常出现的废品形式及产生原因

废品形式	产生原因
烂牙	<ol style="list-style-type: none">1. 螺纹底孔直径太小, 丝锥不易切入, 孔口烂牙2. 换用二锥、三锥时, 与已攻出的螺纹没有旋合好就强行攻削3. 头锥攻螺纹不正, 用二锥、三锥时强行纠正4. 对塑性材料未加切削液或丝锥不经常倒转来断、排屑, 而使已切出的螺纹被啃伤5. 丝锥磨钝或刃刃有粘屑6. 铰杠掌握不稳, 攻强度较低的材料时, 螺纹容易被切烂7. 当丝锥磨钝、崩刃或刃口有粘屑时, 也会将螺纹牙型刮烂
滑牙	<ol style="list-style-type: none">1. 攻不通孔螺纹时, 丝锥已到底, 仍继续转动丝锥2. 在强度较低的材料上攻较小螺纹孔时, 丝锥刚切入并已切出螺纹时, 仍继续加压力, 或攻完退出时, 当还有几扣螺纹未退出, 仍连铰杠一起转出
螺孔攻歪	<ol style="list-style-type: none">1. 丝锥位置不正2. 机攻时丝锥与螺孔不可心
螺纹牙深不够	<ol style="list-style-type: none">1. 攻螺纹前底孔直径太大2. 丝锥磨损

2. 套螺纹

用板牙或螺纹切头加工工件螺纹的方法叫套螺纹。

(1) 套螺纹的方法

1) 为了使板牙容易对准工件和切入, 圆杆端部要倒成 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的斜角, 锥体的最小直径要比螺纹小径小, 以使切出的螺纹端部避免出现锋口。否则, 螺纹端部容易发生卷边而影响螺母的拧入。

2) 套螺纹时, 切削力矩很大, 圆杆要用硬木或厚铜板垫好, 才能可靠地夹紧。圆杆套螺纹部分离钳口也要尽量近。

3) 开始时, 为了使板牙切入工件, 要在转动板牙时施加轴向压力。但等板牙面旋入并切出螺纹时, 则不需再加压力, 以免损坏螺纹和板牙。

4) 套螺纹时, 应保持板牙的端面与圆杆的轴线垂直。否则, 切出的螺纹牙一面深一面浅。

5) 在钢料上套螺纹要加切削液, 以提高螺纹表面质量和延长板牙寿命。

常用的切削液为加浓的乳化液或机油，要求较高时可用菜油或二硫化钼。

(2) 套螺纹时圆杆的直径 用板牙在圆杆上套螺纹时，牙尖要被挤高一些，因而圆杆直径应比螺纹的大径小些。

圆杆直径可用经验公式算出：

$$d_0 \approx d - 0.13p$$

式中 d_0 ——圆杆直径；

d ——螺纹大径；

p ——螺距。

圆杆直径也可由表 7-80 中查得。

表 7-80 套螺纹时圆杆的直径

公制螺纹				英制螺纹			管 螺 纹		
螺纹 大径 (mm)	螺距 (mm)	圆杆直径 (mm)		螺纹 大径 (in)	圆杆直径 (mm)		螺纹 大径 (in)	圆杆直径 (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	1.00	5.80	5.80	1/4	5.9	6.0	1/8	9.4	9.5
M8	1.25	7.80	7.90	5/16	7.5	7.6	1/4	12.7	13.0
M10	1.50	9.75	9.85	3/8	9.1	9.2	3/8	16.2	16.5
M12	1.75	11.76	11.88	—	—	—	1/2	20.5	20.7
M14	2.00	13.70	13.82	—	—	—	—	—	—
M16	2.00	15.70	15.82	1/2	12.1	12.2	5/8	22.4	22.7
M18	2.50	17.70	17.82	—	—	—	—	—	—
M20	2.50	19.72	19.86	5/8	15.3	15.4	3/4	25.9	26.2
M22	2.50	21.72	21.86	—	—	—	—	—	—
M24	3.00	23.65	23.79	3/4	18.4	18.5	7/8	29.7	30.0
M27	3.00	26.65	26.79	—	—	—	—	—	—
M30	3.50	29.60	29.74	7/8	21.5	21.6	1	32.7	33.0
M36	4.00	35.66	35.83	1	24.6	24.8	1 1/8	37.3	37.6
M42	4.50	41.55	41.72	—	—	—	1 1/4	41.4	41.7
M48	5.00	47.55	47.72	—	—	—	—	—	—
M52	5.00	51.80	51.80	1 1/4	30.8	31	1 3/8	43.7	44.1
M60	5.50	59.50	59.70	—	—	—	—	—	—
M64	6.00	63.50	63.70	—	—	—	1 1/2	47.1	47.5
M68	6.00	67.50	67.70	1 1/2	37.1	37.3	—	—	—

(3) 套螺纹中产生废品的原因及预防方法

表 7-81 套螺纹中产生废品的原因及预防方法

废品形式	产生原因	预防方法
螺纹乱扣	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低碳钢及塑性好的材料套螺纹时, 没用切削液, 螺纹被撕坏 2. 套螺纹时没有反转切断切屑, 造成切屑堵塞, 啃坏螺纹 3. 套螺纹圆杆直径太大 4. 板牙与圆杆不垂直, 由于偏斜太多又强行找正, 造成乱扣 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按材料性质选用切削液 2. 按要求反转, 并及时清除切屑 3. 将圆杆加工得合乎尺寸要求 4. 要随时检查和找正板牙与圆杆的垂直度, 发现偏斜及时修整
螺纹偏斜和螺纹深度不均	<ol style="list-style-type: none"> 1. 圆杆倒角不正确, 板牙与圆杆不垂直 2. 两手旋转板牙架用力不均衡, 摆动太大, 使板牙与圆杆不垂直 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按要求正确倒角 2. 两手用力要保持均衡, 使板牙与圆杆保持垂直
螺纹太瘦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 板手摆动太大, 由于偏斜多次借正, 使螺纹中径小了 2. 板牙起削后, 仍加压力扳动 3. 活动板牙与开口板牙尺寸调得太小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 要握稳板牙架, 旋转套螺纹 2. 起削后只用平衡的旋转力, 不要加压力 3. 准确调整板牙的标准尺寸
螺纹太浅	圆杆直径太小	正确确定圆杆直径尺寸

3. 攻、套螺纹用的刀具

(1) 丝锥 丝锥是攻内螺纹用的一种刀具, 由工具钢或高速钢制成, 并经过淬火处理。

1) 丝锥的构造: 丝锥由切削部分、导向部分和柄部组成 (图 7-45)。切削部分在丝锥的前端, 呈圆锥形, 有锋利的切削刃, 切削工作主要靠这部分来完成; 导向部分又叫修光部分, 攻螺纹时起修光和导向作用。切削和导向部分有 3~4 条容屑槽, 用来容纳、排除切屑并形成切削刃。丝锥的柄部为圆柱形, 末端有方榫, 用来把丝锥安装在扳手上, 并起传递扭矩的作用。

2) 丝锥的几何角度: 丝锥在铣出容屑槽并经磨削之后便形成了各个角

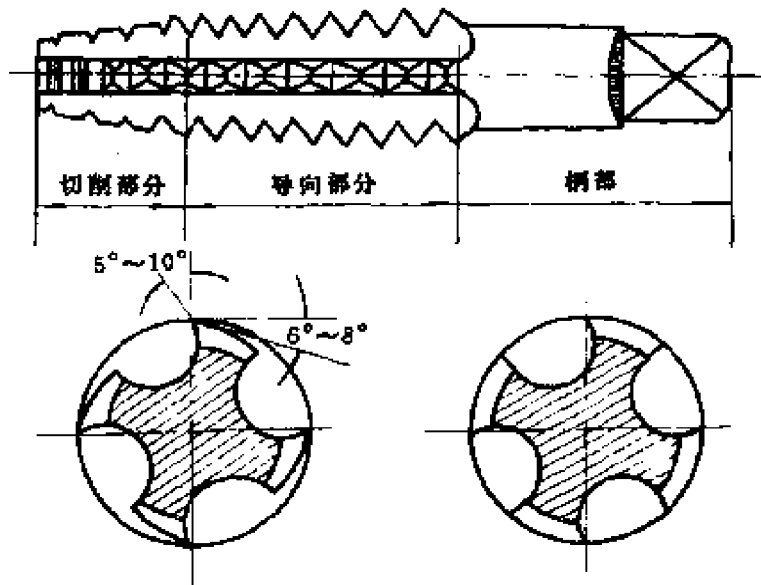


图 7-45 丝锥的构造

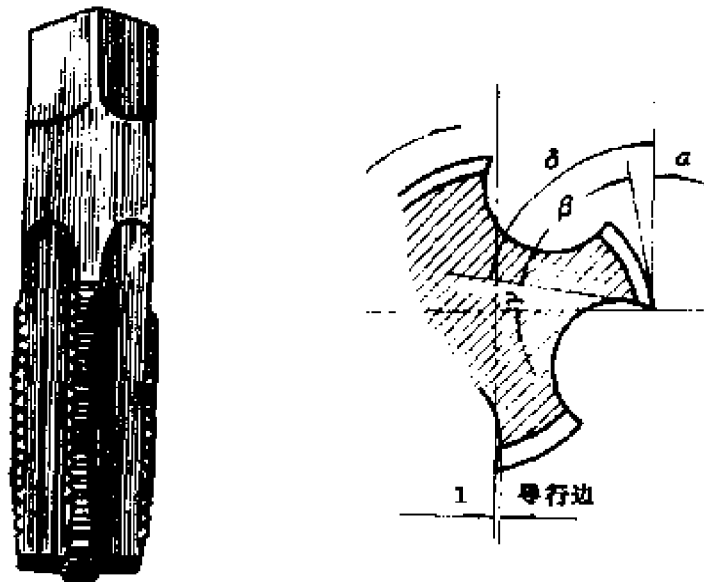


图 7-46 丝锥的几何角度

度：前角 γ 、后角 α 、楔角 β 、切削角 δ (图 7-46)。这些角度的大小应根据工件的材料确定。在硬材料上攻螺纹时，取 $\alpha = 12^\circ \sim 15^\circ$ ；在较软的材料上攻螺纹时，取 $\alpha = 18^\circ \sim 20^\circ$ 。前角 γ 可按表 7-82 选择。

表 7-82 丝锥前角的选择

切 削 材 料	前 角 γ
灰铸铁、钢	$5^{\circ} \sim 15^{\circ}$
韧性钢、青铜、黄铜	$0^{\circ} \sim 5^{\circ}$
人造塑料	0°
压成纸板	$18^{\circ} \sim 20^{\circ}$
软金属	$20^{\circ} \sim 30^{\circ}$

3) 丝锥的种类和应用

①手用丝锥：手用丝锥用于手动攻螺纹。考虑到丝锥的切削能力，同时也为了减小攻螺纹时的阻力，常把一螺纹孔的攻螺纹工作分为两次或三次进行完成，所以，手用丝锥一般由两只或三只组成一套。

②机用丝锥：机用丝锥用于机械攻螺纹，通常是单独的一个。为了装夹方便，丝锥的柄部较长，切削部分也比手用丝锥长。机用丝锥也可用于手工攻螺纹。

③管螺纹丝锥：管螺纹丝锥专门用来加工管接头上的螺纹。它分为圆柱形管螺纹丝锥和圆锥形管螺纹丝锥两种。管螺纹丝锥有一个的，也有两个组成一套的。

4) 常用丝锥的技术规格：常用的粗柄带颈机用和手用丝锥的型式与基本尺寸见图 7-47 和表 7-83、表 7-84。

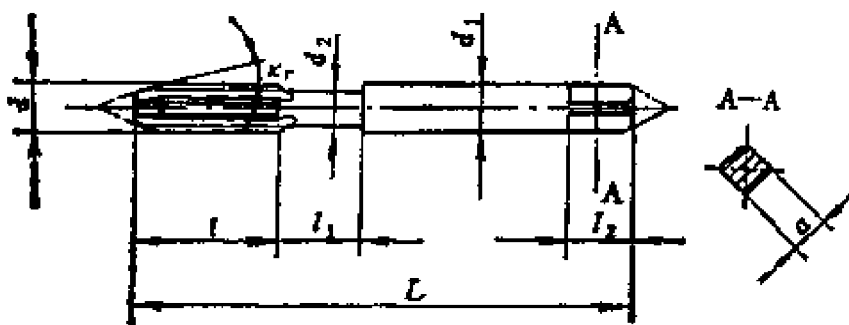


图 7-47 丝锥的型式

表 7-83 粗牙普通螺纹用丝锥的基本尺寸 (摘自 GB3464—83) (mm)

代号	公称直径 d	螺距 P	d_1	l	L	d_{2min}	l_1	方 头	
								a	l_2
M3	3.0	0.50	3.15	11.0	48.0	2.12	7.0	2.50	5
M3.5	3.5	(0.60)	3.55	13.0	50.0	2.50		2.80	
M4	4.0	0.70	4.00		16.0	58.0	2.80	8.0	3.15
M4.5	4.5	(0.75)	4.50	3.15			3.55		
M5	5.0	0.80	5.00	19.0	66.0	3.55	11.0	4.00	7
M6	6.0	1.00	6.30	22.0	72.0	4.50		5.00	
M7	(7.0)		7.10			5.30	5.60		
M8	8.0	1.25	8.00	24.0	80.0	6.00	13.0	6.30	9
M9	(9.0)		9.00			7.10	14.0	7.10	10
M10	10.0	1.50	10.00	24.0	80.0	7.50	15.0	8.0	11

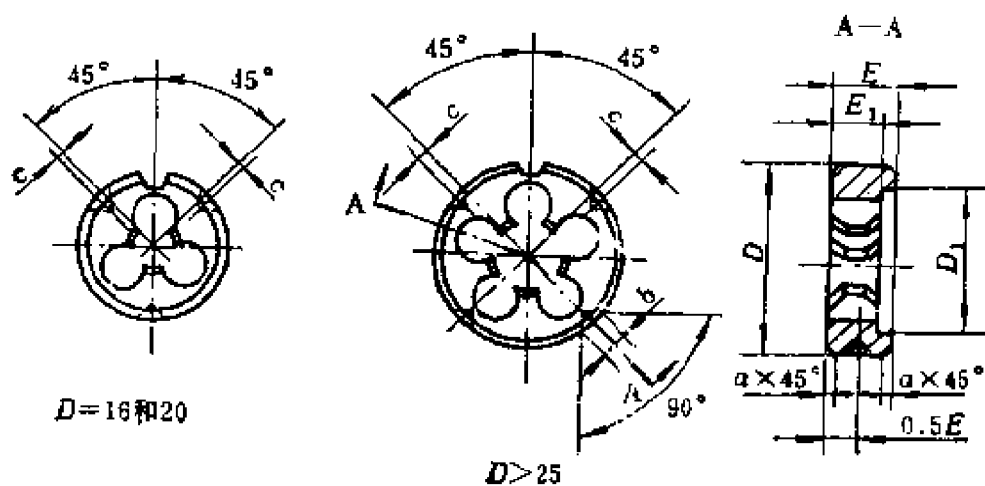


图 7-48 圆板牙的型式

(2) 板牙 板牙是加工外螺纹的一种刀具, 由合金工具钢或高速钢制

作，并经过淬火处理。

板牙的种类很多，常用的有以下几种：

1) 圆板牙：圆板牙就像一个圆螺母，只是上边钻有几个排屑孔并形成刀刃。圆板牙的型式和基本尺寸见图 7-48 和表 7-85、表 7-86。

表 7-84 细牙普通螺纹用丝锥的基本尺寸 (摘自 GB3464—83) (mm)

代号	公称直径 d	螺距 P	d_1	l	L	d_{2min}	l_1	方 头		
								a	l_2	
M3×0.35	3.0	0.35	3.15	11.0	48.0	2.12	7.0	2.50	5	
M3.5×0.35	3.5		3.55		50.0	2.50		2.80		
M4×0.5	4.0	0.50	4.00	13.0	53.0	2.80	8.0	3.15	6	
M4.5×0.5	4.5		4.50		3.15	3.55				
M5×0.5	5.0		5.00	16.0	58.0	3.55	9.0	4.00	7	
M5.5×0.5	(5.5)	5.60	17.0	62.0	4.00	4.50				
M6×0.75	6.0	0.75	6.30	19.0	66.0	4.50	11.0	5.00	8	
M7×0.75	(7.0)		7.10			5.30		5.60		
M8×0.75	8.0		8.00			6.00	13.0	6.30	9	
M8×1		1.00	69.0							
M9×0.75	(9.0)	0.75	9.00	66.0	7.10	14.0	7.10	10		
M9×1		1.00							69.0	
M10×0.75	10.0	0.75	10.00	20.0	73.0	7.50	15.0	8.00	11	
M10×1		1.00								76.0
M10×1.25		1.25								

表 7-85 粗牙普通螺纹用圆板牙的基本尺寸 (摘自 GB970—83) (mm)

代 号	公称直径 d			螺距 P	基本尺寸		参 考 尺 寸												
	第一系列	第二系列	第三系列		D	E	D_1	E_1	c	b	a								
M1×0.25	1			0.25	16	5	11	2.5	0.5	3	0.2								
M1.1×0.25		1.1																	
M1.2×0.25	1.2																		
M1.4×0.3		1.4		0.35															
M1.6×0.35	1.6																		
M1.8×0.35		1.8																	
M2×0.4	2			0.45															
M2.2×0.45		2.2																	
M2.5×0.45	2.5																		
M3×0.5	3			0.5								20	7	—	—	0.6	4	0.5	
M3.5×0.6		3.5																	(0.6)
M4×0.7	4																		0.7
M4.5×0.75		4.5		(0.75)															
M5×0.8	5			1															
M6×1	6																		
M7×1			7																
M8×1.25	8			1.25	25	9	—	—	0.8	5	1								
M9×1.25			9																(1.25)
M10×1.5	10																		1.5
M11×1.5			11	(1.5)															
M12×1.75	12			1.75															30

(续)

代 号	公称直径 d			螺 距 P	基本尺寸		参 考 尺 寸				
	第一系列	第二系列	第三系列		D	E	D_1	E_1	c	b	a
M14×2		14		2	38	14				6	1
M16×2	16										
M18×2.5		18		2.5	45	18	—	—	1.2	6	1
M20×2.5	20										
M22×2.5		22		3	55	22			1.5	8	2
M24×3	24										
M27×3		27		3.5	65	25			1.8		
M30×3.5	30										

表 7-86 细牙普通螺纹用圆板牙的基本尺寸 (摘自 GB970—83) (mm)

代 号	公称直径 d			螺 距 P	基本尺寸		参 考 尺 寸				
	第一系列	第二系列	第三系列		D	E	D_1	E_1	c	b	a
M1×0.2	1			0.2	16	5	11	2	0.5	3	0.2
M1.1×0.2		1.1									
M1.2×0.2	1.2										
M1.4×0.2		1.4									
M1.6×0.2	1.6										
M1.8×0.2		1.8									
M2×0.25	2			0.25							
M2.2×0.25		2.2									
M2.5×0.35	2.5			0.35	20		15	2.5		4	
M3×0.35	3										
M3.5×0.35		3.5									

(续)

代 号	公称直径 d			螺距 P	基本尺寸		参 考 尺 寸					
	第一系列	第二系列	第三系列		D	E	D_1	E_1	c	b	a	
M4×0.5	4			0.5	20	5			0.5	4	0.2	
M4.5×0.5		4.5										
M5×0.5	5											
M5.5×0.5			5.5	0.75					0.6			
M6×0.75	6											
M7×0.75			7									
M8×0.75	8			1	25	9			0.8		0.5	
M8×1												
M9×0.75												
M9×1			9	1						5		
M10×0.75	10			0.75								
M10×1												1
M10×1.25					1.25	30	11	1	1			
M11×0.75			11	0.75								
M11×1												1
M12×1												
M12×1.25	12			1.25								
M12×1.5												1.5
M14×1												
M14×1.25		14		1.25								
M14×1.5				1.5								
M15×1.5												15

(续)

代 号	公称直径 d			螺距 P	基本尺寸		参 考 尺 寸																											
	第一系列	第二系列	第三系列		D	E	D_1	E_1	c	b	a																							
M16×1	16			1	45	14			1.2	6																								
M16×1.5				1.5																														
M17×1.5		17																																
M18×1	18			1																														
M18×1.5				1.5																														
M18×2			2																															
M20×1	20			1								55	16			1.5	8																	
M20×1.5				1.5																														
M20×2				2																														
M22×1	22			1														65	18			1.8	1											
M22×1.5				1.5																														
M22×2				2																														
M24×1	24			1	65	18			1.8	1																								
M24×1.5				1.5																														
M24×2				2																														
M25×1.5			25	1.5							65													18			1.8	1						
M25×2				2																														
M27×1	27			1																									65	18			1.8	1
M27×1.5				1.5																														
M27×2				2																														
M28×1			28	1																														
M28×1.5				1.5																														

(续)

代 号	公称直径 d			螺 距 P	基本尺寸		参 考 尺 寸				
	第一系列	第二系列	第三系列		D	E	D_1	E_1	c	b	a
M28×2			28	2	65	18	—	—	1.8	8	1
M30×1	30			1							
M30×1.5				1.5							
M30×2				2							
M30×3				(3)							

注：1. M14×1.25 仅用于火花塞。

2. 第三系列和括号内的尺寸尽可能不采用。

2) 可调式板牙：它由两个半块组成，相对地装在板牙架上，用螺钉来调节两块板牙间的距离。这种板牙，每副有两排刀刃。

3) 管螺纹板牙：这种板牙专门用来套管子的外螺纹。它由四块板牙组成，镶嵌在可调的板牙架内。管螺纹板牙分为圆柱管螺纹板牙和圆锥管螺纹板牙两种。

九、锡 焊

将被焊接的工件表面和焊料加热，使焊料熔化，填满被焊接工件的缝隙，把工件联接起来。这种操作叫焊接。

焊接的种类很多。用气体燃烧来熔化焊料和加热焊件的叫气焊；用电弧产生的高温来熔化焊料和加热焊件的叫电焊。用熔点高于 500℃ 的焊料进行的焊接叫硬焊；用熔点低于 400℃ 的焊料进行的焊接叫软焊；硬焊和软焊又通称为钎焊。锡焊属于软焊，是钳工最常用的一种焊接方法。

锡焊的主要特点在于工件不产生变形（因其本身并不熔化）；设备简单；操作方便。大部分金属及合金都可进行锡焊。如在无线电工业中，它广泛地用来焊接导线和联接导线与零件等。

1. 焊料和焊剂

(1) 焊料 锡焊用的焊料叫焊锡，它是锡和铅的合金，一般熔点在

180~300℃之间。焊料的含锡量越高越易熔化，流动性越好。焊接时可根据表7-87来选择焊料。

表7-87 焊料的成分和用途

成 分		熔 点 (℃)	用 途
锡 (%)	铅 (%)		
25	75	257	火焰焊接
30	70	249	建筑上或粗的白铁工作
33	67	242	锌皮、镀锌铁皮
40	60	223	黄铜皮、马口铁皮
90	10	219	餐具和厨房用具

(2) 焊剂 焊剂又叫焊药，它的作用是清除焊缝处的金属氧化膜等污物，保护金属不受氧化，帮助焊锡流动，增加焊接强度。

常用的焊剂有以下几种：

1) 稀盐酸：配制时，把浓盐酸用水冲淡，直到不冒烟时为止。它只适用于焊接镀锌铁皮。

2) 氯化锌：把锌皮放入稀盐酸中溶解而成。一般锡焊均可应用。

3) 焊膏：焊膏是粉末状焊锡和焊剂的混合物。它只适用于小的焊件和涂锡。

4) 松香：它的吸氧作用比较小，适用于黄铜、紫铜和表面光洁的工件。特别对于铅是一种有效的焊剂。

2. 锡焊的方法

(1) 锡焊前的准备

1) 准备好工具和辅助材料，如钢丝刷、小毛刷、焊接剂、锤形烙铁、硝砂（氯化铵）、木压板、砂布、抹布等。

2) 清理烙铁：焊接前需用钢丝刷把附着的氧化铜刷掉。使用中要防止烙铁口过热。

3) 工件的清理：焊接前，先用工具清理焊接处，使之出现金属光泽。面上如有不清洁的地方，就会使被焊接的工件接合不牢。

(2) 锡焊的操作步骤

1) 固定焊缝位置，清洁焊缝；

- 2) 加热烙铁到需要的温度；
- 3) 取出烙铁，蘸上焊剂，熔化焊锡，使焊锡粘在烙铁头上；
- 4) 在焊缝处涂上焊剂；
- 5) 把粘有焊锡的烙铁放在焊缝处，稍停一会儿，使焊件发热，然后均匀地慢慢移动，使焊锡填满焊缝；
- 6) 清理焊缝，检查焊接质量。

3. 焊缝

(1) 对接焊缝 如图 7-49 所示。薄板的接缝可以作成斜面，以扩大焊接面。

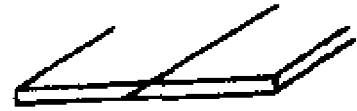


图 7-49 对接焊缝

(2) 搭接焊缝 如图 7-50 所示。配合较好的搭接焊缝，焊料层应薄而均匀。



图 7-50 搭接焊缝



图 7-51 盖板焊缝

(3) 盖板焊缝 如图 7-51 所示。采用盖板焊缝时，盖板必须适合工件的形状。如果板料配合得好，焊接后能保证足够的强度。

4. 焊接时应注意的事项

- 1) 锡焊前，必须认真搞好焊接表面的清洁处理工作。
- 2) 锡焊时，为了防止焊料变脆而影响结合强度，焊料的加热温度不宜过高。
- 3) 烙铁加热时，不得超过 600°C （暗红色）。因为 600°C 以上，紫铜会氧化并与锡结合成青铜，涂不上锡。
- 4) 在使用喷灯时，切不可过度充气，否则会发生爆炸，引起火灾。不可把燃料注入未冷的喷灯内。
- 5) 在用带酸性的焊剂时，工件焊完之后必须将工件冲洗干净，否则，剩下的酸剂将与金属产生化学作用，引起金属腐蚀。
- 6) 由于酸有毒，在配焊剂时，一定要有完善的劳动保护条件和良好的通风设备，以免影响工人的身体健康。

十、粘 结

1. 概述

利用粘结剂将工件连结起来，这种方法叫粘结。粘结可代替部分铆接、焊接和机械装配。

采用粘结方法的主要优点如下：

- 1) 不需特殊的设备和费重的原材料；
- 2) 可以粘合一些不易焊接或铆接的金属和非金属材料；
- 3) 粘结处应力分布均匀，不存在由于铆、焊而引起的应力集中现象，硬质合金刀具、陶瓷刀具等使用粘结，可消除裂纹、变形等缺陷；
- 4) 粘结的零件不需要经过高精度的机械加工；
- 5) 具有密封、绝缘、耐水、耐油等特点。

粘结所用的粘结剂，按照材料分为无机粘结剂和有机粘结剂两大类。无机粘结剂有磷酸盐型和硅酸盐型两种；有机粘结剂品种很多，用得最多的是环氧树脂粘结剂。

无机和有机两种粘结剂的性能比较见表 7-88。

表 7-88 无机粘结剂和有机粘结剂的比较

序号	项 目	无 机 粘 结 剂	有 机 粘 结 剂
1	抗拉强度	低	较无机高
2	剪切强度	较高	一般
3	脆 性	大	较无机小
4	粘结强度	套接、槽接时剪切强度高	平面粘结时强度比无机高
5	耐高温性能	200℃以上强度稍有下降， 600℃以上强度急剧下降	多数在 100℃左右强度即显著下降
6	耐腐蚀性	耐水和油类，不耐酸碱	各种原料不同，都耐水和油
7	可粘结材料	适于粘黑色金属	可粘各种材料
8	粘结工艺	较简便	要求较严格
9	固化条件	常温，不需加压	多数要加温、加压
10	成 本	较 低	较 高

注：表中 1、2、3 项系指粘结剂本身。

2. 无机粘结技术

(1) 无机粘结剂 机械工业中应用最广的无机粘结剂是磷酸-氧化铜。它不但能粘结金属，而且还能粘结陶瓷等多种材料。

磷酸-氧化铜的特点如下：

- 1) 化学稳定性较好，一般室温条件下可久置不变；
- 2) 耐水、油，耐高温，能长久地耐 500℃ 高温，在 700℃ 左右才开始软化；
- 3) 操作简便、迅速，粘结后凝固硬化快，可不必加温干燥，经数小时就能使用。如急需用，可在 60~80℃ 温度中烘烤一些时间（根据粘结面积大小而定）即可使用。
- 4) 成本低。

磷酸-氧化铜的机械性能和耐腐蚀性见表 7-89。

磷酸-氧化铜的主要成分为正磷酸和氧化铜。

表 7-89 磷酸-氧化铜的机械性能和耐腐蚀性

机 械 性 能		耐 腐 蚀 性		
名 称	数 值	溶解浓度	时间 (h)	溶去质量 (g)
抗拉强度	800~1200N/cm ²	水	97	0.0236
抗压强度	8300N/cm ²	10% 硼砂水	97	0.6402
平面剪切应力	1160N/cm ²	机油	96	0.0817
套接剪切应力	5130N/cm ²	盐酸 (10%)	144	2.7665
相对密度	3.69	硫酸 (15%)	0.5	1.2792
熔点	950℃	氢氧化钠 10%	95.5	0.1277
硬度	HBS161	氯化钠 10%	98	0.2638

正磷酸的制取方法：取 85% 工业磷酸 100mL，加入氢氧化铝 5~10g 或金属铝 1.5~4g，加热至 110℃；待氢氧化铝或金属铝全部分解后停止加热，冷却后，成粘稠状透明或淡黄色液体，再加 10% 蒸馏水即成。

氧化铜的制取方法：将金属铜或铜的化合物，溶解在硫酸或硝酸中，便

得到硫酸铜或硝酸铜。然后把硫酸铜或硝酸铜加热至 820℃，即分解成为黑色块状的氧化铜。研成粉，用 320 目筛子过后即成。

磷酸 - 氧化铜的粘结强度，没有环氧树脂高，一般只适用于套接和平面密封。由于它的脆性较大，不能承受过大的冲击力，并且拆卸困难，所以，适于在受力不大、粘结后不需要再拆卸的场合，来代替过盈配合和焊接、铆接等工艺。特别是适合于刀具、量具和夹具的粘结。

磷酸 - 氧化铜可加入一些填料来改善其机械性能，如表 7 - 90 所示。

表 7 - 90 磷酸 - 氧化铜加入填料的作用

填 料	数 量	作 用
氧化铍、氧化镁	1%	增加粘结吸附力
三氧化铬	0.5% - 1%	使之对金属有较好亲和力，减少对金属表面所产生的不良影响
氢氟酸	几滴	使粘结剂对陶瓷、玻璃有较好结合力
氧化锌	1%	减少脆性
玻璃纤维	1%	防止固化时裂开
电熔刚玉粉	70%	提高耐高温性，可达 800℃ 左右
金属钨粉	3% - 5%	增加粘结铝的强度

(2) 粘结过程

1) 粘结结构的准备：粘结接头的结构形式是决定粘结强度的重要因素。最好的结构是轴套类配合结构（简称套接），其次是 T 形槽、燕尾槽、U 形槽结构。平面对接和搭接，应尽量避免使用。

接合处的表面光洁度越低，其粘结强度越高，一般应在 $\nabla 1 \sim \nabla 3$ 范围内。可通过滚花、铣浅槽或车成螺距为 1mm、牙深为 0.3mm 的螺纹来提高粘结强度。

粘结面的配合间隙，一般指单面间隙（即粘结层厚度），通常取 0.1 - 0.2mm。

2) 粘结面的处理：在粘结前，被粘结面需经过除锈、脱脂和清洗。除锈可用砂纸打磨；脱脂和清洗可采用香蕉水、丙酮或三氯乙烯作清洗剂。

3) 调胶

① 粘结剂配比 K 的选择

$$K = \frac{\text{氧化铜}}{\text{磷酸溶液}} = 3 \sim 5 \text{g/mL}$$

配比 K 的选择直接关系着粘结的效果： K 越大，粘结强度越好，但凝固时间短时，若 K 大于 5，则不易调配。一般在气温 20°C 以上，环境比较干燥的条件下， $K = 4 \sim 5$ 。

② 调胶过程：先将按配比称量的氧化铜粉置于铜板或铝板上，中间挖一凹坑，然后用量杯将量好的磷酸溶液倒入凹坑里，再用竹片由内向外缓慢调和均匀（约需 5min 左右），使其成浓胶状，并能拉出 10~30mm 长的丝条即可。

4) 涂胶粘结：将搅拌好的粘结剂分别涂于工件的两个配合面，随后按正确位置将工件粘合在一起。

5) 干燥：干燥是一个凝固硬化的过程，温度越高，凝固硬化速度越快，所需干燥时间就越短。但干燥速度过快，易使粘结剂急剧收缩，产生裂纹，影响粘结强度。

(3) 无机粘结技术在钳工工作中的应用

1) 在刀具、量具上的应用：一般接长钻头、铰刀等的柄部，多用铜焊，但由于高温烧焊容易造成刀具和切削部分退火、弯曲变形和出现内应力大等弊病。如果采用粘结方法，即可避免这些缺陷，并且干燥后就可使用，大大简化了工艺过程。

2) 机床导轨磨损的粘结修复：如图 7-52 所示，车床尾座底面由于长期在床面上来回滑动，容易磨损。磨损后，尾座心轴轴线将低于主轴轴线，严重影响加工精度。采用无粘接技术进行修复，不但效果好，而且工艺简单。粘结前，先将尾座已磨损的导轨面加工成很粗糙的带小沟槽的表面，并将塑料层压板的粘结面拉毛。待粘结完成、干燥后，再刮削压板的导轨面至要求。采用粘结方法，不但容易保证质量，而且，修复后还可减少机床导轨的磨损。

3. 有机粘结技术

(1) 有机粘结剂 有机粘结剂有粉状、糊状、薄膜、液体等几种形态，而以液体状态的使用最为普遍。

有机粘结剂通常由几种原料组成。常以富有粘性的合成树脂或弹性体作

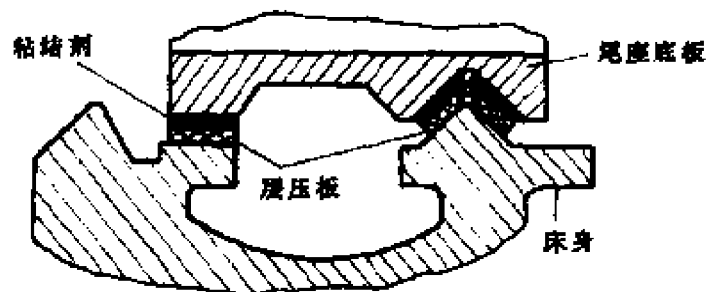


图 7-52 车床尾座底板的粘堵

为基体，再添加增塑剂、固化剂、填料、溶剂等配制而成。

1) 环氧树脂粘结剂：凡含有环氧基团的高分子聚合物，统称为环氧树脂。由于它对各种材料都有良好的粘结性能，所以应用极为广泛。其优点是粘合力强，硬化收缩小，能耐化学药品、溶剂和油类的腐蚀，电绝缘性能好，使用方便，只要施加接触压力，在室温或不太高的温度下就能固化。主要缺点是耐热性差、脆性大，使用时需添加增韧剂等原料，才能得到较好的效果。

① 环氧树脂粘结剂的成分：环氧树脂粘结剂是以环氧树脂为基体，加入适量的固化剂、增塑剂、稀释剂和各种填料等调和而成的。

(a) 环氧树脂：它是由环氧氯丙烷和二酚基丙烷在苛性钠溶液中缩聚而成的。目前国产环氧树脂的主要技术指标见表 7-91。

表 7-91 常用国产环氧树脂的主要技术指标

国产牌号	软化点 (°C)	环氧值 (当量/100g)	备注
6101	14~22	0.40~0.47	低分子量
618	液 态	0.48~0.59	低分子量
634	20~28	0.32~0.57	低分子量
637	30~38	0.23~0.33	低分子量
644	15	0.45	低分子量
601	64~76	0.18~0.22	低分子量
603	78~85	0.10~0.18	低分子量
604	80~95	0.09~0.11	低分子量
607	110~135	0.04~0.07	低分子量

(b) 固化剂 (硬化剂): 环氧树脂本身是一种热塑性物质, 必须加入固化剂才能变成一种不溶的热固性物质。

固化剂的用量对环氧树脂粘结剂的机械性能影响很大, 尤其对它的抗剪强度影响更大, 因此必须适当控制。一般常用的固化剂用量见表 7-92。

表 7-92 固化剂的用量 (按环氧树脂重量为 100g 计)

固化剂名称	形 状	用量 (g)
乙二胺	无色液体	7~8
三乙烯四胺	无色液体	12~14
多乙烯多胺	深棕色液体	12~14
β 羟基乙二胺	深棕色液体	8~18
聚酰胺树脂	深棕色树脂胶状体	33~100
己二胺	无色片状晶体	12~14
顺丁烯二酸酐	白色晶体	30~40
邻苯二甲酸酐	白色光泽斜状结晶	35~45

(c) 增塑剂: 它是一种高沸点液体或低熔点固体的有机化合物, 与基体有良好的相溶性, 但并不参与化学反应。其主要作用是增加环氧树脂粘结剂的塑性, 提高抗冲击强度和抗弯强度。有些增塑剂还具有稀释作用, 便于操作。但应注意不能加入过多, 过多反而会影响环氧树脂粘结剂的抗弯、抗拉、耐热等机械性能。增塑剂的一般用量见表 7-93。

表 7-93 增塑剂的用量 (按环氧树脂用量为 100g 计)

名 称	形 状	用量 (g)
邻苯二甲酸丁酯	无色液体	10~20
651 聚酰胺树脂	深棕色粘状液体	20~100
邻苯二甲酸二辛酯	无色液体	15~20
磷酸三辛酯	白色结晶	20~30
304 不饱和聚酯树脂	褐色粘性液体	20~30

(d) 稀释剂：添加稀释剂的目的在于降低粘度，便于浸润胶合件表面，提高粘结力，增加体积容量和填料含量，便于操作并延长使用时间。

稀释剂分为活性稀释剂（即参加化学反应）和非活性稀释剂（不参加反应，只是机械混合）两种。活性稀释剂对强度影响不大，用量可适当超过20%。非活性稀释剂若挥发不尽，则有气泡存在，对环氧树脂粘结剂强度的影响很大，因此用量不得大于20%。

稀释剂的一般用量见表7-94。

表7-94 稀释剂的用量（按环氧树脂重量为100g计）

名 称	用 量 (g)	备 注
690 活性溶剂	10~20	系活性稀释剂
丙酮	5~20	系非活性稀释剂
甲苯	5~20	系非活性稀释剂
二甲苯	5~20	系非活性稀释剂

(e) 填料：加入填料的作用在于提高粘结剂的强度和使用温度，并改善其机械物理性能（见表7-95）。

表7-95 填 料

填 料 名 称	作 用
石棉纤维、玻璃纤维	提高冲击韧性
铁粉、石英粉、瓷粉	提高硬度
氧化铝粉、瓷粉	增加粘结力
石棉绒、硅胶粉	提高耐热性
铝粉、铜粉	增加导热性
滑石粉、白粉	增加粘度
石墨粉、二硫化钼	提高耐磨性
三氧化二铬	增加耐腐蚀性

②环氧树脂粘结剂的典型配方：环氧树脂粘结剂的配方很多，现将一些工厂较成熟的几种典型配方列于表7-96。

表 7-96 环氧树脂粘结剂的典型配方

序号 或 牌号	主要成分及比例 (%, 质量比)		固 化 工 艺			粘 结 强 度 (N/mm ²)		备 注
			温 度 (°C)	时 间 (h)	压 力 (MPa)	室 温 抗 剪	高 温 抗 剪	
(1)	6101 [#] 或 618 [#] 环氧 树脂	100	室温和加温 66	38 4		19 (钢材)		
	660 [#] 聚酰胺	100	120	0.5		22 (铝材)		
	铅 粉	25	150	0.3		(室温 固化)		
(2) J-11	6101 [#] 环氧树脂	100	25	24	0.05	20 (铝材)		耐 温 120°C, 抗 介 质 性 能 好, 调 胶 后 在 20°C 下 可 使 用 3h
	200 [#] 聚酰胺	80						
	600 [#] 稀释剂	24						
	间苯二胺	0.7						
(3) HS-30	610 [#] 环氧树脂	100	150	3		30.7 (钢材)	100°C 为 13.2 150°C 为 5.0	适 于 黑 色 金 属 的 粘 结, 如 镶 片 齿 轮 滚 刀 的 粘 合
	聚乙烯醇缩丁醛	30						
	间苯二甲胺	15						
	丙酮	适量						
(4) MS-2	6010 [#] 环氧树脂	100	130	2	接 触 压 力	15	100°C 为 10	为 成 品, 贮 存 期 1a
	聚硫橡胶	10						
	MS-2 微胶囊	50						
(5)	601 [#] 环氧树脂	100	160 再	2 再		36 (铅- 铝)		被 粘 结 件 要 预 热 至 120°C 涂 胶, 可 自 制 成 棒 状
	691 [#] 甘油脂	40	180	4				
	铝 粉	18						
(6) 急 修 补 用 胶	聚丁二烯环氧及聚 硫橡胶	140	100	1	接 触 压 力	20	100°C 为 7.0	流 动 性 好, 粘 结 强 度 和 韧 性 较 好
	液体咪唑和不饱和 聚脂	15						
	石英粉	适量						

③环氧树脂粘结剂的调配：首先根据使用要求，选择适当的配比。然后按配比称取环氧树脂、填料、稀释剂、增韧剂、增塑剂等，根据固化剂的性能及固化要求进行配制。

④涂胶：涂胶时，粘结表面最好用吹风机预热至50~60℃，然后以玻璃棒或涂油的画笔涂上一层胶，放置10min左右，使胶能在表面上扩散渗透，再加热刮去多余的胶，胶的厚度应控制在0.15mm以内，并要求厚薄均匀。

2) 密封胶：过去，机械设备的各种端面、丝扣、管螺纹等机构，为了密封，大都采用精密加工，例如减速箱上下结合面一般都由钳工刮削。采用液体密封胶可代替石棉、塑料、橡皮等固定垫圈，并且不需进行精密加工。它有耐油、耐水、耐压的密封作用，对于杜绝漏气、漏油、漏水均有很好的效果。

密封胶的主要品种见表7-97。

3) 酚醛树脂：酚醛树脂成本低，有良好的耐热、耐水、耐油和耐化学介质的性能。缺点是较脆，需要加温、加压固化。酚醛树脂粘结剂均以成品供应，无需自己调配。其主要牌号见表7-98。

表7-97 密封胶的主要牌号及性能

牌 号	主要成分	溶 剂	可耐介质	使用温度 (℃)	使用 压力 (MPa)	对金属 的粘 结力	主要特性
601	聚酯型聚 氨酯	丙酮醋酸 乙酯	汽油、煤 油、润滑 油、氟利 昂、机 油、水	-40~150	>0.7	弱	不干型密封胶， 永不成膜，易拆 卸，用于经常拆卸 的部位
602	聚酯型聚 氨酯	丙酮二氯 乙烷	汽油、煤 油、水、 4104滑 油	-40~200	>0.7	弱	不干型密封胶， 永不成膜，易拆 卸，用于经常拆卸 的部位
609	丁腈橡胶 一酚醛	丙酮二氯 乙烷	各种油 类、水	-40~250	>1	稍强	干型密封胶，易 成膜，弹性较好， 对金属粘合力较 大，用于不经常拆 卸的部位

(续)

牌 号	主要成分	溶 剂	可耐介质	使用温度 (℃)	使用 压力 (MPa)	对金属 的粘 结力	主要特性
HXJ - 1	聚酯型聚 氨酯	丙酮二氯 乙烷	空 气、 水、 汽 油、 煤 油、 润 滑油、 稀 酸、 稀碱	- 50~250	>3	弱	永不固化, 易拆 卸装配, 用于小间 隙 (0.1~0.15mm) 的密封
Y-150 厌氧胶	改性环氧 树脂	丙 酮	汽油、机 油、 丙 酮、 水、 空气、 稀 酸、 稀碱	- 30~150	>5	较强	用于不经常拆卸 的螺丝接头, 防松 防漏, 固化后粘结 抗剪强度可达 10 N/mm ² , 固化速度 快, 耐老化, 弹性 好, 脆性较小, 可 作粘结剂用

表 7-98 酚醛树脂粘结剂的主要牌号

牌 号	固 化 条 件			剪 切 强 度 (N/mm ²)	主 要 用 途 及 性 能
	温 度 (℃)	时 间 (h)	压 力 (MPa)		
201 (FSC-1)	160	3	0.1	室温: 22.4 (铝) 150℃: 13.5 (铝)	适于粘金属及非金属, 可在 70~150℃ 下使 用, 耐老化
203 (FSC-3)	160	2	0.25	室温: 32.2 (铝) 150℃: 5.2 (铝)	适于粘金属及非金属, 可在 -70~100℃ 下使 用, 耐老化, 耐介质腐 蚀, 韧性好
705 (JX-5)	180	2	0.2	室温: 21.9 (铝) 100℃: 11.4 (铝)	适于粘铝合金, 可 在 150℃ 下长期使用
F-4	130	4	0.1	室温: 24 (铝) 200℃: 12.9 (铝)	适于粘各种材料, 可在 200℃ 下长期使用

(2) 有机粘结技术在钳工工作中的应用

1) 在量具上的应用

①在游标卡尺、千分尺上镶硬质合金测头：在游标卡尺、千分尺上镶硬质合金测头时，因其表面很光滑，如采用其他粘结剂，则难以粘结，而采用502快速胶，却能粘结好，而且效果比较理想。

②塞规手柄与量头的联接：塞规手柄与量头的联接，除可采用无机粘结剂外，多数有机粘结剂（如环氧树脂、HXJ-3型万能胶、914快速固化环氧胶、502快速胶等）均能粘结，而且效果很好。

2) 在非金属材料上的应用

①有机玻璃对接：采用三氯甲烷（即氯仿）能溶解有机玻璃，因此粘结强度较好。涂胶时应多涂几次，并互相对研，迭合后要稍许施加一定压力，自然干燥一天即可固化。

②塑料的粘结：图7-53为摩托车上的刹车片，工作温度高达200℃，过去采用12个铆钉铆接，由于工序多、工效低、寿命短，不能满足大量生产的需要。后来，经用环氧树脂粘结和JF-1（即204）胶液粘结，都取得了很好的效果。

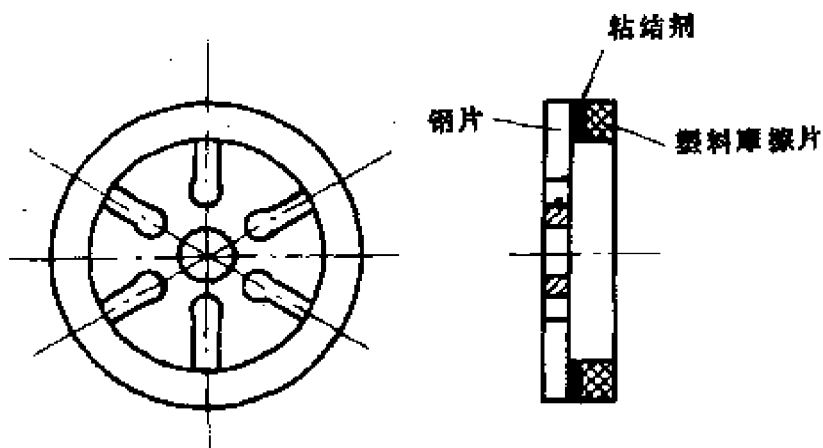


图7-53 塑料摩擦片的粘结

3) 在设备维修上的应用：机床导轨、塞铁等磨损后，不但可用无机粘结剂修复，而且可用环氧树脂粘结修复。修复时，一般采用镶玻璃纤维板，用砂条拉毛，并用丙酮清洗。实践证明，使用650#聚酰胺树脂为固化剂，并加入2%~3%的乙二胺（促进固化时间缩短），可以获得很好的粘结效果。

十一、铆 接

用铆钉把两个或两个以上的工件联接起来，叫铆接。铆接主要由铆工来完成。钳工遇到的铆接工作，是在装配与修理中用手锤和简单的胎、模具来完成的少量操作。

1. 铆接的种类

(1) 按照使用情况分类

1) 活动铆接：它的接合可互相转动，如手钳、剪刀、卡钳、圆规等。

2) 固定铆接：它的接合部分是固定不动的。固定铆接按用途又可分为三种：

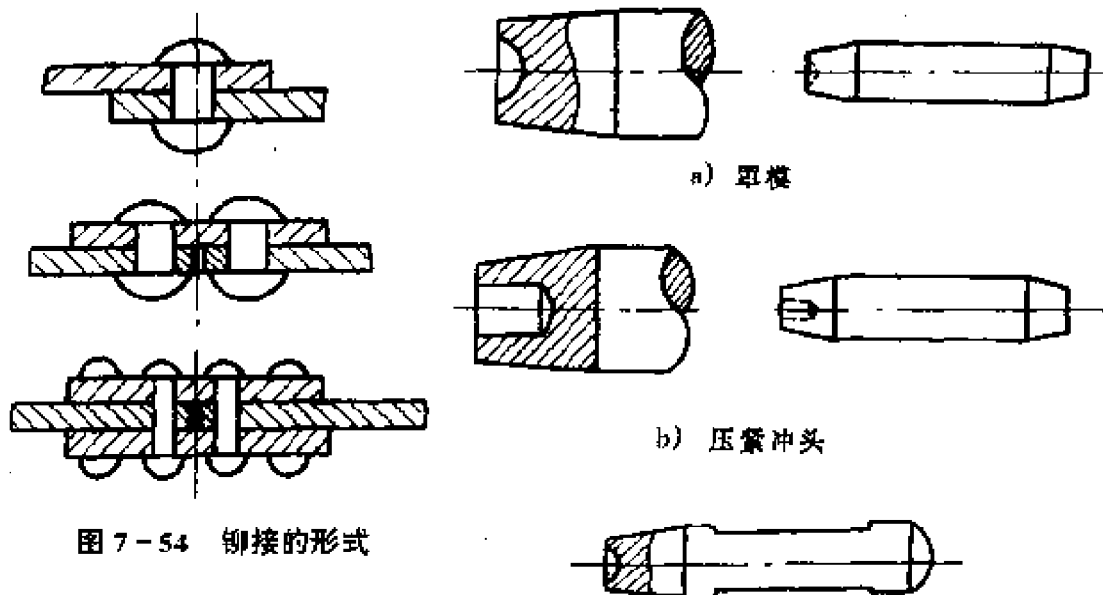


图 7-54 铆接的形式

① 坚固铆接：用于钢结构，如屋架、桥梁、车辆和起重设备等；

② 紧密铆接：用于制造低压容器（如液体、气体的容器）以及各种液体、气体管路的铆接。这种铆接的铆钉排列较密，接缝中常夹有橡皮或其他填料，以防漏气或漏液。

③ 坚固紧密铆接：用于高压容器（如蒸汽锅炉）。它既要能承受巨大的

图 7-55 铆接工具

压力，又要保持紧密。

(2) 按照铆接方法分类

1) 冷铆；

2) 热铆。

(3) 按照铆接形式分类

1) 搭接；

2) 对接：对接又分为单盖板和双盖板两种（图 7-54）。

2. 铆接工具

(1) 手锤 手工铆接用的手锤多为圆头手锤。手锤的规格按铆钉直径来选定，最适宜的是 0.2~0.5kg 重的小手锤。

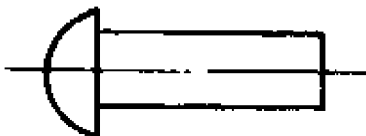
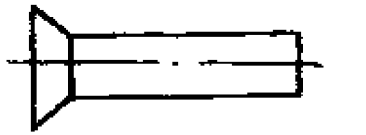
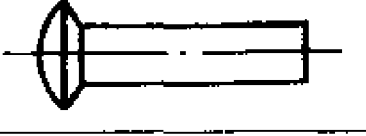
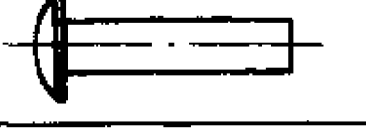
(2) 压紧冲头 压紧冲头的形状如图 7-55b 所示。当铆钉插入孔内后，常用它来压紧被铆接的板料。

(3) 罩模和顶模 其构造如图 7-55a、c 所示，二者的工作部分都是半圆形的凹球面，并且都经过淬火和抛光。

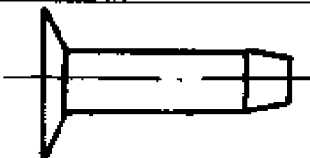

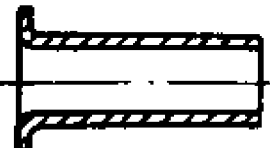
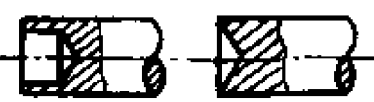
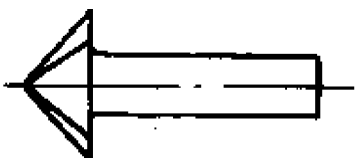
3. 铆钉

(1) 铆钉的种类和应用

表 7-99 铆钉的种类及其应用

名称	形状	应用
半圆头铆钉		用钢料制成，应用于钢结构的房架、桥梁、起重机等铆接，应用很广
埋头铆钉		用钢料制成，应用于框架等工件表面要求平的地方，如门窗、活页、天窗等
平页埋头铆钉		用钢料制成，应用于表面粗糙，不容易滑跌的地方，如脚踏板、楼梯等
半圆头铆钉		用铝镁合金料制成，应用于铆薄板料等

(续)

名称	形状	应用
皮带铆钉		用紫铜料制成, 应用于铆油毡、橡皮、牛皮等软材料
管子空心铆钉		用钢料制成的空心铆钉, 应用于电器方面及一些皮带的铆接
管子空心铆钉		用黄铜料制成的空心铆钉, 应用于电器部件的铆接
杆形铆钉		用钢料制成, 应用于机械制造方面
尖头铆钉		根据需要制作的, 应用于艺术性的工作方面的铆接

(2) 铆钉的直径和长度

1) 铆钉直径的确定: 铆钉的直径是根据铆接板的厚度确定的。一般情况下, 可根据表 7-100 来选择。

表 7-100 铆钉直径的选择 (mm)

构件计算厚度	9.5~12.5	13.5~18.5	9~24	24.5~28	28.5~31
铆钉直径	19	22	25	28	31

表 7-100 中的计算厚度可参照下列原则加以确定:

- ① 钢板与钢板搭接铆接时, 为厚钢板的厚度;
- ② 厚度相差较大的钢板互相铆接时, 为较薄钢板的厚度;

③钢板与型钢铆接时，为两者的平均厚度。

根据上述原则，铆钉直径一般等于板厚的 1.8 倍。标准铆钉的直径可：表 7-101 选择。

表 7-101 标准铆钉直径 (mm)

铆钉直径	公称直径	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	13.0	16.0
	允 差		±0.1			+0.2 -0.1			+0.3 -0.2		+0.4 -0.2	

2) 铆钉长度的确定：铆接时所用铆钉的长度，除了铆接件的厚度外，留作铆合头用的部分，其长度必须足够用来作出完整的铆合头。

一般常用的半圆头铆钉如图 7-56 所示。其钉杆长度可用下列公式计算：

$$l = 1.12\delta + (1.25 \sim 1.5)d \quad (\text{mm})$$

式中 l ——铆钉杆的长度 (mm)；

δ ——铆件的总厚度 (mm)；

d ——铆钉直径 (mm)。

半圆头铆钉伸出部分的长度，应为铆钉直径的 1.25~1.5 倍。

埋头铆钉伸出部分的长度，应为铆钉直径的 0.8~1.2 倍。

确定铆钉的直径和长度时，应根据结构要求，按照国家规定的标准进行选择。

(3) 常用铆钉的型式和尺寸

表 7-102 半圆头铆钉

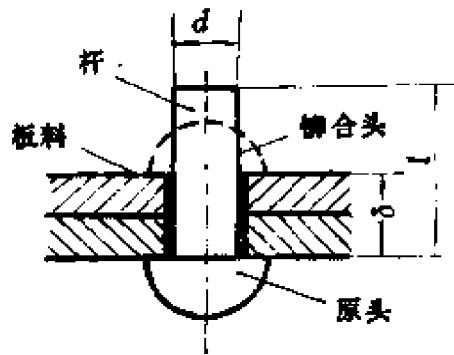
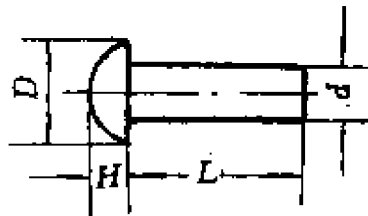


图 7-56 半圆头铆钉的长度

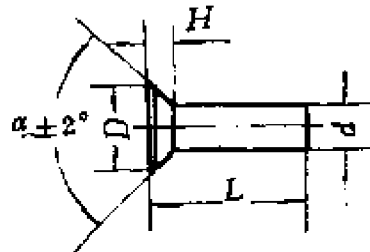
(续)

公称直径 d	头 部 尺 寸		钉杆长度 L	
	直 径 D	厚 度 H	精 制	
(mm)				
0.6	1.1	0.4	1~6	
0.8	1.4	0.5	1.5~8	
1	1.8	0.6	2~8	
(1.2)	2.1	0.7	2.5~8	
1.4	2.5	0.8	3~12	
(1.6)	3	1	3~12	
2	3.5	1.2	3~16	
2.5	4.6	1.6	5~20	
3	5.3	1.8	5~26	
(3.5)	6.3	2.1	7~26	
4	7.1	2.4	7~50	
公称直径 d	头 部 尺 寸		钉杆长度 L	
	直 径 D	厚 度 H	粗 制	精 制
(mm)				
5	8.8	3		7~55
6	11	3.6		8~60
8	14	4.8		16~65
10	17	6		16~85
12	21	8	20~90	20~90
(14)	24	9	22~100	22~100
16	29	10	26~110	26~110
(18)	32	12.5	32~150	—
20	35	14	32~150	—
(22)	39	15.5	38~180	—
24	43	17	52~180	—
(27)	48	19	55~180	—
30	53	21	55~180	—
36	62	25	58~200	—

注：1. 括号内的直径尽可能不采用。

2. 钉杆长度系列 (mm): 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34*, 35*, 36*, 38, 40, 42, 44*, 45*, 46*, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 62*, 65, 68*, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200; 其中带*记号的长度, 只有精制铆钉 (GB867—76), 带+记号的长度, 只有粗制铆钉 (GB863—76)。

表 7-103 沉头铆钉



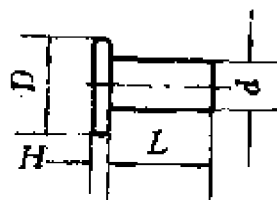
$d = 1 \sim 10, \alpha = 90^\circ; d = 12 \sim 36, \alpha = 60^\circ$

公称直径 d	头部尺寸		钉杆长度 L 精 制	公称直径 d	头部尺寸		钉杆长度 L	
	直径 D	厚度 H			直径 D	厚度 H	粗 制	精 制
(mm)				(mm)				
1	1.9	0.5	2~8	10	17.6	4	—	16~75
1.2	2.1	0.5	2.5~8	12	18.6	6	20~75	18~75
(1.4)	2.7	0.7	3~12	(14)	21.5	7	20~100	20~100
1.6	2.9	0.7	3~12	16	24.7	8	24~100	24~100
2	3.9	1	3.5~16	(18)	28	9	28~150	—
2.5	4.6	1.1	5~18	20	32	11	30~150	—
3	5.2	1.2	5~22	(22)	36	12	38~180	—
(3.5)	6.1	1.4	6~24	24	39	13	50~180	—
4	7	1.6	6~30	(27)	43	14	55~180	—
5	8.8	2	6~50	30	50	17	60~200	—
6	10.4	2.4	6~50	36	58	19	65~200	—
8	14	3.2	12~60					

注：1. 括号内的直径尽可能不采用。

2. 钉杆长度系列 (mm): 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34*, 35*, 36*, 38, 40, 42, 44*, 45*, 46*, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 62*, 65, 68*, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200; 其中带 * 记号的长度只有精制铆钉 (GB869—76), 带 + 记号的长度只有粗制铆钉 (GB865—76)。

表 7-104 平头铆钉



公称直径 d	头部直径 D	头部厚度 H	钉杆长度 L	公称直径 d	头部直径 D	头部厚度 H	钉杆长度 L
(mm)				(mm)			
2	4	1	4~8	5	10	2	10~26
2.5	5	1.2	5~10	6	12	2.4	12~30
3	6	1.4	6~14	8	16	2.8	16~30
(3.5)	7	1.6	6~18	10	20	3.2	20~30
4	8	1.8	8~22				

注：长度系列 (mm)：4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30。括号内直径建议不采用。

表 7-105 号头铆钉 (上海产品)

号 码	钉杆直径 d (mm)	钉杆长度 L (mm)	号 码	钉杆直径 d (mm)	钉杆长度 L (mm)
6	2.77	4.76	12	4.09	7.94
7	2.84	5.08	14	4.72	9.53
8	3.05	5.56	16	5.59	10.32
9	3.30	5.95	18	6.05	11.90
10	3.66	6.75	20	7.21	13.10

4. 铆接方法

铆接方法有手工铆接和机械铆接两种。每种方法又分为热铆接和冷铆接。

热铆接是将铆钉热到一定温度，再进行铆合。一般铆钉直径大于 10mm 时均采用热铆接；铆钉直径小于 10mm 时，多采用冷铆接。冷铆时，铆钉不必加热，直接冷作铆接。

(1) 手工铆接 先在铆件上钻孔，去掉毛刺，倒角，然后插入铆钉。
铆接时，针对不同的铆钉，采用不同的操作方法。

1) 半圆头铆钉：首先把铆钉的半圆头放在顶模上，把压紧冲头有孔的一端套在铆钉伸出部分上，用手锤敲击压紧冲头，使铆接件压紧贴合；接着取下压紧冲头，用手锤逐渐将铆钉伸出部分墩粗成不够完整的铆合头；最后用罩模罩在上边，用手锤敲击罩模上端，以形成铆合头，其操作方法如图 7-57 所示。

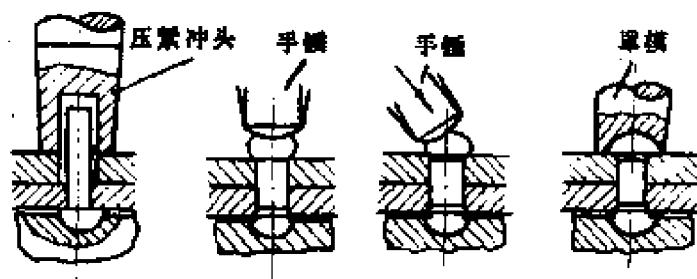


图 7-57 半圆头铆钉的铆接方法

2) 埋头铆钉：将截断的圆钢棒插入孔内，首先墩粗，然后铆第二个面，再铆第一个面，其操作过程如图 7-58 所示。

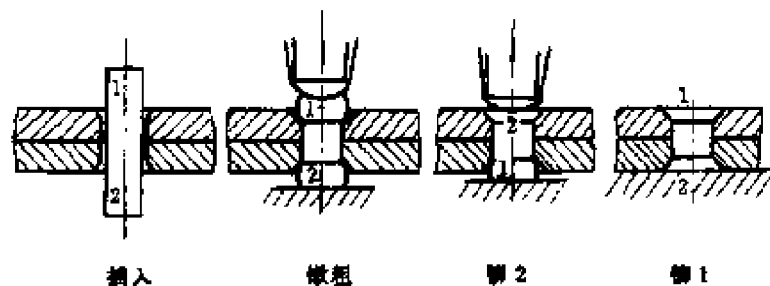


图 7-58 埋头铆钉的铆接步骤

3) 空心铆钉：将铆钉插入孔后，先用样冲冲一下，再用特制的冲子做好铆合头，如图 7-59 所示。

(2) 机械铆接 由于手工铆接的效率低、劳动强度大，所以，在大量生产中，常采用机械铆接的方法。它主要是利用机械化铆钉枪和铆接机进行铆

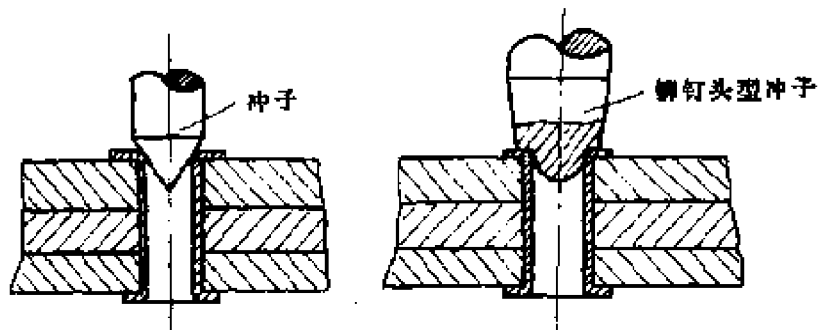


图 7-59 空心铆钉的铆接

接。

(3) 铆接前的钻孔直径 铆接前，需在铆件上钻出铆钉孔来。钻孔时，应按照铆钉的直径合理地选择钻头。孔钻得过大或过小都会影响铆接的质量。合理的钻孔直径可按照表 7-106 来选择。

表 7-106 铆钉直径和钻孔直径 (mm)

铆钉直径	4	5	6	7	8	10	11.5	13	16	19	22	25	28	30	34	38	
钻孔直径	精配	4.1	5.2	6.2	7.2	8.2	10.5	12	13.5	16.5	20	23	26	29	31	35	39
	中等配	4.2	5.5	6.5	7.5	8.5	10.5	12	13.5	16.5	20	23	26	29	31	35	39
	粗配	4.5	5.8	6.8	7.8	8.8	11	12.5	14	17	21	24	27	30	32	36	40

5. 铆接时产生废品的原因及防止方法

表 7-107 铆接时产生废品的原因及防止方法

废品形式	产生原因	防止方法
铆合头偏斜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铆钉杆太长 2. 铆钉孔偏斜，孔未对准 3. 墩粗铆合头时，不垂直 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确计算确定铆钉长度 2. 孔要钻正，插入铆钉孔应同心 3. 墩粗时，锤击力要保持垂直
铆合头不光洁有凹痕	<ol style="list-style-type: none"> 1. 罩模工作表面不光洁 2. 锤击时用力过大，连续快速锤击，将罩模弹回时，棱角碰伤铆合头 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查罩模并抛光 2. 锤击力要适当，速度不要太快，把稳罩模

(续)

废品形式	产生原因	防止方法
铆合头太扁	铆钉杆长度不够	正确计算及选定铆钉杆长度
埋头孔没填满	1. 铆钉杆长度不够 2. 镦粗时, 方向与板料不垂直	1. 正确选定铆钉杆长度 2. 铆钉方向与锤击要和工件垂直
原铆合头没贴紧工件	1. 铆钉孔直径太小 2. 孔口没倒角	1. 正确选定铆钉孔直径 2. 孔口应倒角
工件上有凹痕	1. 罩模放置太歪斜 2. 罩模太大	1. 罩模应放正 2. 罩模应与铆合头相符
铆钉杆在孔内弯曲	1. 铆钉孔太大 2. 铆钉杆直径太小	1. 正确选定铆钉孔直径 2. 铆钉杆直径应符合标准要求
工件之间 有间隙	1. 工件板料不平整 2. 板料没压紧贴合	1. 铆接前应平整板料 2. 用压紧冲头, 将板料压紧贴合

十二、矫正、弯曲和绕簧

1. 矫正

(1) 概述 条料、棒料、板料和某些零件由于加工、搬运、热处理、使用等原因经常产生弯曲、翘曲或扭曲等缺陷, 消除这些缺陷的操作叫做矫正。

矫正的原理是, 材料在外力作用下, 使内部组织发生变化、晶格之间产生滑移, 从而达到矫正的目的。

矫正工作不适于脆性材料, 韧性材料经过锤击后, 性质也要发生明显的变化: 一种是表面硬度增加, 这种现象叫冷作硬化; 一种是使材料变脆。因

此，在矫正后应进行退火处理，以恢复其原有的机械性能。

矫正分为手工矫正和机械矫正两种：手工矫正是钳工用手工工具在平台、铁砧或虎钳上进行的，包括扭转、弯曲、延展、伸张等操作；机械矫正是在校直机、压力机、冲床等设备上进行的。这里讲的主要是手工矫正。

(2) 矫正用的工具和设备

1) 支持矫正件的工具有矫正平板、V形铁、铁砧等。

2) 加力用的工具有手锤、铜锤、木锤、压力机和校直机等。

3) 检验用的工具有平板、角尺、直尺、划针盘和百分表等。

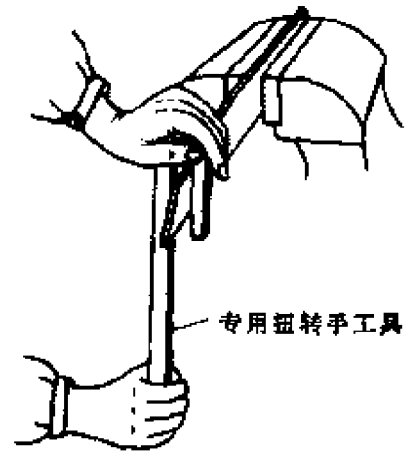


图 7-60 用扭转法矫直

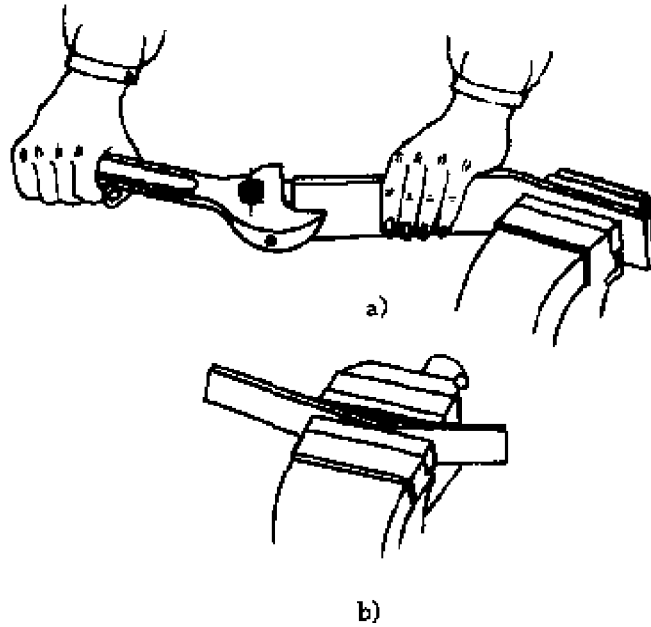


图 7-61 用弯曲法矫直

a) 在虎钳上用扳手把弯曲条料初步扳直

b) 利用虎钳口把条料初步夹直

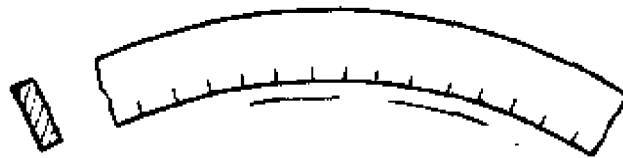


图 7-62 用延展法矫直

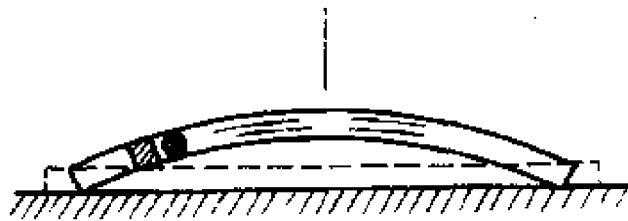


图 7-63 用锤击法矫直棒料

(3) 矫正方法

1) 条料的校直: 条料产生弯曲变形时, 须用扭转的方法进行校直, 操作方法如图 7-60 所示。矫正时, 将工件夹在虎钳上, 用特制的工具将条料扭转回原来的形状。

当条料在厚度方向上弯曲时, 应首先在虎钳上利用弯曲法进行校直 (图 7-61), 然后再放到平板上用锤子继续校直, 直至其平直度达到要求为止。

条料在宽度方向上弯曲时, 必须用延展法矫直 (图 7-62)。矫直时, 锤击弯形里面的材料 (图中细实线为锤击部位), 使下边逐渐伸长而变直。

2) 棒料和轴类零件的矫直: 弯曲的棒料, 一般采用锤击法矫直。首先用目测或光隙法确定弯曲的部位和程度, 用粉笔作好记号, 然后把棒料放到平板上 (凸起部位向上, 如图 7-63 所示), 用手锤锤击凸起部位, 使之变直。

小直径的棒料可夹在虎钳上, 用手扳直; 大直径的棒料和轴类零件等则需装在压力机上进行矫直 (图 7-64)。工件用平垫铁或 V 形铁支承, 支承位置可根据变形情况进行调节。

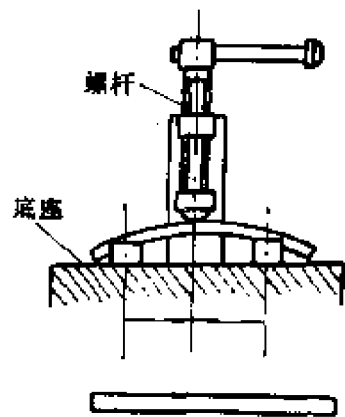


图 7-64 用压力机矫直

对于精度要求较高的轴类零件, 在矫直前可用百分表对各部分进行测

量。在需要和条件允许的情况下，也可一边加热，一边矫直。

3) 线材和薄板的矫正：弯曲的细长线材，可用伸张法来矫直，如图7-65所示。矫直时，将线材的一端夹在虎钳上，在靠近钳口处把线材在一圆木上绕一圈，用左手握住圆木向后拉，右手展开线材，把它拉直。

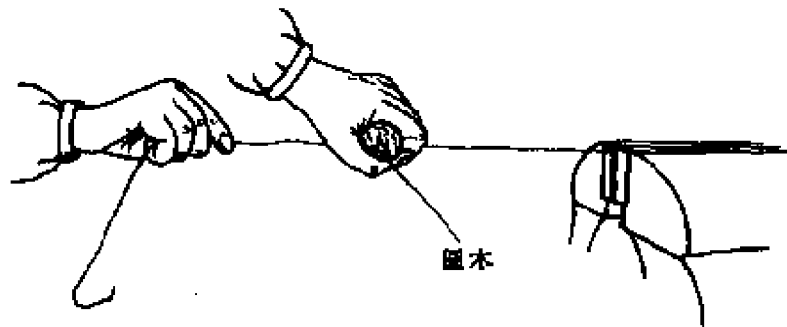


图 7-65 线材的矫直

翘曲的金属薄板，可在平板上用木锤矫平（图7-66a），也可以用平木块来矫平（图7-66b）。

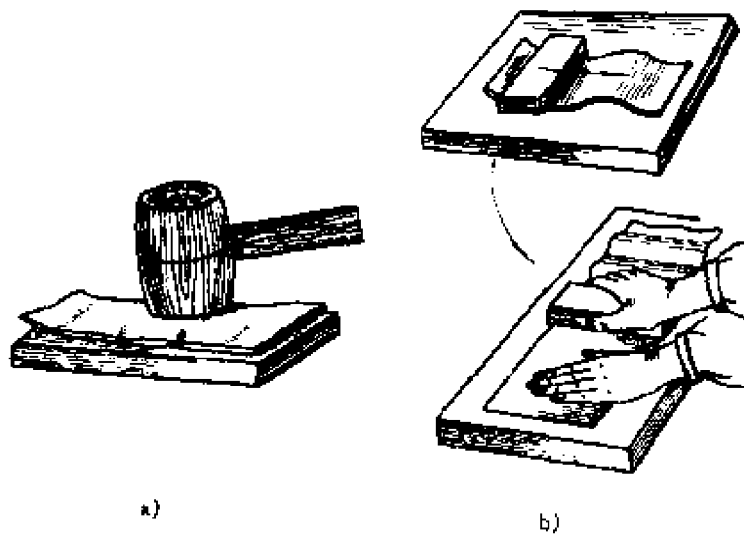


图 7-66 薄板的矫平

a) 用木锤矫平 b) 用平木块矫平

2. 弯曲

(1) 弯曲的概念 将板料、棒料、条料、型材、钢丝、管子等弯成所要

求的形状或一定的角度，这种操作叫弯曲。

弯曲会使材料产生塑性变形，因此，只有塑性好的材料才适合弯曲。

变形的大小与下列因素有关（如图 7-67）：

1) r/S 值越小，变形越大； r/S 值越大，变形越小（ r 为弯曲半径， S 为材料厚度）；

2) 弯曲角 α 越小，变形越大；弯曲角 α 越大，变形越小。

由弯曲变形而引起的内应力和弯曲处的冷作硬化，可用退火的方法加以消除。

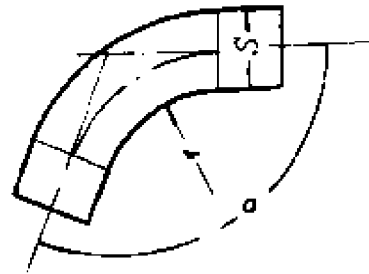


图 7-67 弯曲半径和弯曲角

(2) 弯曲前毛坯长度的计算 在弯曲时，如果图纸上没有注明毛坯的展开长度，就要计算出来，才能下料和弯曲。计算时先把图纸上的工件形状分成最简单的几何形状，然后把各段的计算结果加起来，即可得到毛坯的总长度。图 7-68 是三种弯曲工件的图形。图上的直线部分不用计算，圆弧部分可用下列公式计算：

$$A = \pi \left(r + \frac{S}{2} \right) \frac{\alpha}{180^\circ}$$

式中 A ——圆弧长度 (mm)；

r ——内弯曲半径 (mm)；

S ——材料厚度 (mm)；

α ——与圆弧相对的圆心角 ($^\circ$)。

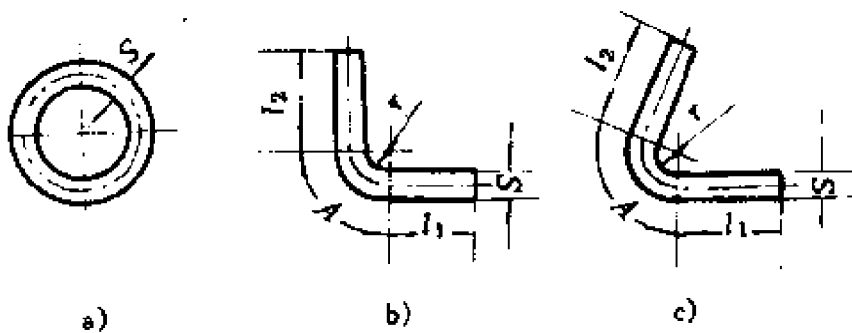


图 7-68 三种弯曲图形

a) 圆环形 b) 直角形 c) 肘形

〔例〕图 7-69 是一个肘形工件图。求出毛坯的展开长度。已知：圆心角 $\alpha = 120^\circ$ ，内弯曲半径 $r = 5\text{mm}$ ，材料厚度 $S = 2\text{mm}$ ，一边长 27mm，另一边长是 30mm。

解： $L = l_1 + l_2 + A$

式中 L ——毛坯总长度；

l_1 、 l_2 ——各直线部分长度；

A ——圆弧部分长度。

因为 $l_1 = 27 - (5 + 2) = 20$ (mm)

$l_2 = 30 - (5 + 2) = 23$ (mm)

$$\begin{aligned} A &= \pi \left(r + \frac{S}{2} \right) \frac{\alpha}{180^\circ} \\ &= 3.1416 \times \left(5 + \frac{2}{2} \right) \times \frac{120^\circ}{180^\circ} \\ &= 12.56 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

所以 $L = 20 + 23 + 12.56 = 55.56$ (mm)。

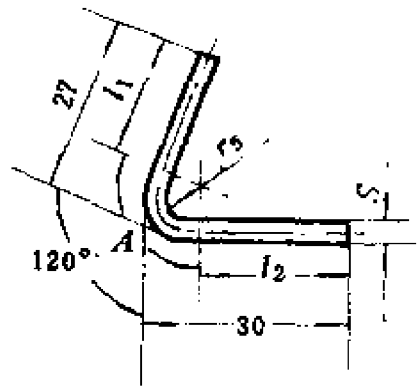


图 7-69 弯曲肘形工件图

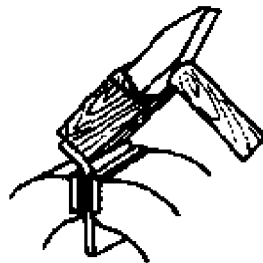


图 7-70 弯直角的方法

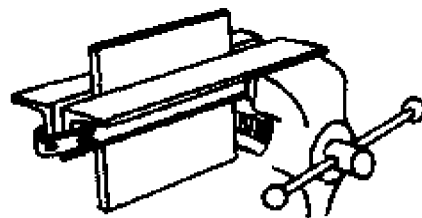


图 7-71 用角铁夹持工件

(3) 弯曲方法 弯曲的方法有两种：冷弯和热弯。

冷弯——在常温下进行弯曲，叫冷弯。

热弯——将工件的弯曲部分加热，然后进行弯曲，叫热弯。

一般厚度在 5mm 以上的板料，进行热弯。通常，热弯由锻工进行，钳工只进行冷弯操作。

1) 弯直角形工件：先在弯曲的地方划好线，然后夹在虎钳上，使线和钳口平齐，两边与钳口垂直，用锤敲打根部，使之成直角形（图 7-70）。

如果虎钳钳口比工件短或深度不够时，可用角铁作的夹具来夹持工件（如图 7-71）。

2) 咬口：把板料的两个边弯曲，使它们互相紧紧扣合的操作叫咬口。

图 7-72 是单扣平卧式咬口的操作程序：

- a) 弯成直角形；
- b) 翻转板料，弯成 $75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ；
- c) 伸出板料；
- d) 锤打伸出部分，使弯角缩小和下凹；
- e) 把板料的两个边扣合起来；
- f) 咬口敲紧。

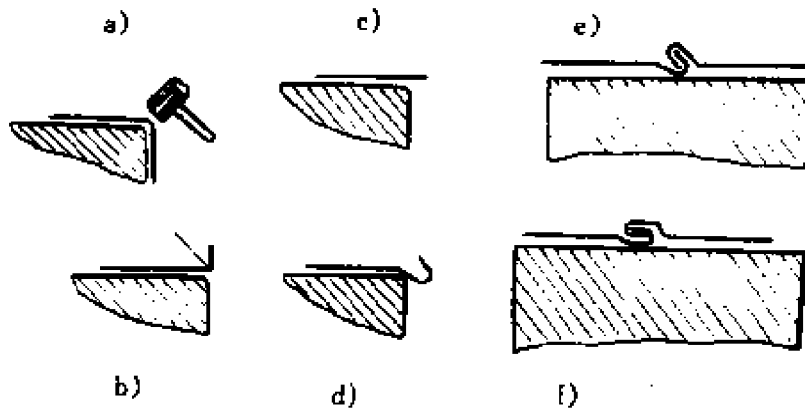


图 7-72 单扣平卧式咬口

3) 管材的弯曲

① 弯曲方法

(a) 冷弯：适用于直径较小的钢管或铜管的弯曲。弯曲前应灌入铅或松香，亦可采用穿芯弯曲。

当管径 $D < 40\text{mm}$ 时，可用手动弯管器弯曲；

当管径 $D > 40\sim 100\text{mm}$ 时，应在弯管机上弯曲。无缝钢管的穿芯冷弯，也应在弯管机上进行。

钢管在弯曲前应对弯曲部分进行退火处理，方法是將鋼管燒紅後在水或油中冷卻。

(b) 热弯：适用于直径较大的钢管的弯曲。弯曲前，应填充黄砂，灌黄

砂时需不断敲击管壁使其充实，再用木塞堵住两端，而后加热，再行弯曲。

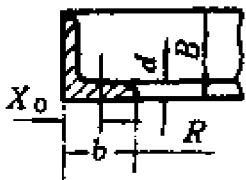
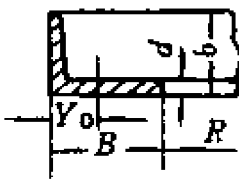
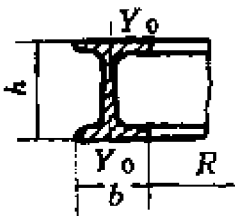
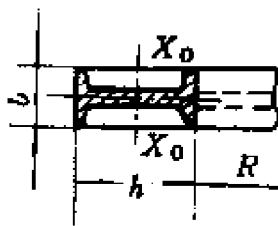
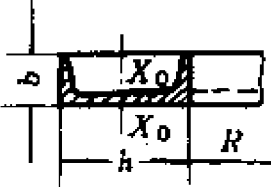
②最小弯曲半径

(a) 计算公式

表 7-108 型材、管材最小弯曲半径的计算公式

名称	简图	状态	计算公式
等边角钢外弯		热	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.14} - Z_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.04} - Z_0$
等边角钢内弯		热	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.14} - b + Z_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.04} - b + Z_0$
不等边角钢小边外弯		热	$R_{\min} = \frac{b - X_0}{0.14} - X_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - X_0}{0.04} - X_0$
不等边角钢大边外弯		热	$R_{\min} = \frac{B - Y_0}{0.14} - Y_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{B - Y_0}{0.04} - Y_0$

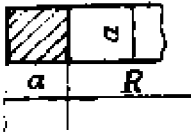
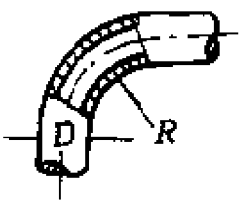
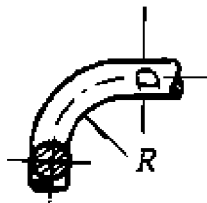
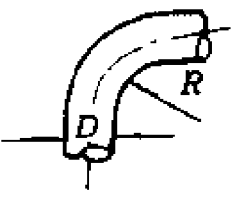
(续)

名称	简图	状态	计算公式
不等 边角 钢小 边内 弯		热	$R_{\min} = \frac{b - X_0}{0.14} - b + X_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - X_0}{0.04} - b + X_0$
不等 边角 钢大 边内 弯		热	$R_{\min} = \frac{B - Y_0}{0.14} - B + Y_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{B - Y_0}{0.04} - B + Y_0$
工字 钢以 Y_0 - Y_0 轴 弯曲		热	$R_{\min} = \frac{b}{2 \times 0.14} - \frac{b}{2} = 3.07b$
		冷	$R_{\min} = \frac{b}{2 \times 0.04} - \frac{b}{2} = 12b$
工字 钢以 X_0 - X_0 轴 弯曲		热	$R_{\min} = \frac{h}{2 \times 0.14} - \frac{h}{2} = 3.07h$
		冷	$R_{\min} = \frac{h}{2 \times 0.04} - \frac{h}{2} = 12h$
槽钢 以 X_0 - X_0 轴 弯曲		热	$R_{\min} = \frac{h}{2 \times 0.14} - \frac{h}{2} = 3.07h$
		冷	$R_{\min} = \frac{h}{2 \times 0.04} - \frac{h}{2} = 12h$

(续)

名称	简图	状态	计算公式
槽钢 以 Y_0 Y_0 轴外 弯		热	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.14} - Z_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.04} - Z_0$
槽钢 以 Y_0 Y_0 轴内 弯		热	$R_{\min} = \frac{b \cdot Z_0}{0.14} - b + Z_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.04} - b + Z_0$
碳钢板弯曲		热	$R_{\min} = S$
		冷	$R_{\min} = 2.5S$
扁钢弯曲		热	$R_{\min} = 3a$
		冷	$R_{\min} = 12a$
圆钢弯曲		热	$R_{\min} = a$
		冷	$R_{\min} = 2.5a$

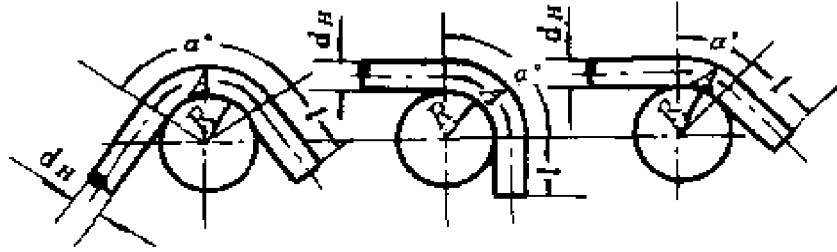
(续)

名称	简图	状态	计算公式
方钢弯曲		热	$R_{\min} = a$
		冷	$R_{\min} = 2.5a$
无缝钢管弯曲		冷	$D < 20, R \approx 2D$ $D > 20, R \approx 3D$
不锈钢圆钢弯曲		热	$R_{\min} = D$
		冷	$R_{\min} = (2 \sim 2.5) D$
不锈钢耐酸钢管弯曲		充砂加热	$R_{\min} = 3.5D$
		气焊 嘴加热	弯曲一侧有折纹 $R_{\min} = 2.5D$
		不充砂冷弯	专门弯管机上弯 $R_{\min} = 4D$

(b) 管材最小弯曲半径数值表

$$A = \pi \left(R + \frac{d_H}{2} \right) \frac{\alpha^\circ}{180^\circ}$$

表 7-109 管材的最小弯曲半径



紫铜管与黄铜管				焊 接 钢 管					
d_H	壁厚	R	l_{\min}	d_H		壁厚	R		l_{\min}
							热	冷	
5	1	10		13.5	1/4"		40	80	40
6	1	10	18	17	3/8"		50	100	45
7	1	15		21.25	1/2"	2.75	65	130	50
8	1	15	25	26.75	3/4"	2.75	80	160	55
10	1	15	30	33.5	1"	3.25	100	200	70
12	1	20	35	42.25	1 1/4"	3.25	130	250	85
14	1	20		48	1 1/2"	3.5	150	290	100
15	1	30	45	60	2"	3.5	180	360	120
16	1.5	30		75.5	2 1/2"	3.75	225	450	150
18	1.5	30	50	88.5	3"	4	265	530	170
20	1.5	30		114	4"	4	340	680	230
24	1.5	40	55		5"		400		
25	1.5	40			6"		500		
28	1.5	50							
35	1.5	60							
45	1.5	80							
55	2	100							

(续)

无缝钢管			不锈钢管			不锈钢无缝钢管		
d_H	壁厚	R	d_H	壁厚	R	d_H	壁厚	R
6	1	15	14	2	18	6	1	15
8	1	15	18	2	28	8	1	15
10	1.5	20	(22)	2	50	10	1.5	20
12	1.5	25	25	2	50	12	1.5	25
14	1.5	30	32	2.5	60	14	1.5	30
14	3	18	38	2.5	70	16	1.5	30
16	1.5	30	45	2.5	90	18	1.5	40
18	1.5	40	57	2.5	110	20	1.5	40
18	3	28	(76)	3.5	225	22	1.5	60
20	1.5	40	89	4	250	25	3	60
22	3	50	102			32	3	80
25	3	50	(108)	4	360	38	3	80
32	3	60	133	4	400	41	3	100
32	3.5	60	139	4	450	57	4	180
38	3	80				76	4	220
38	3.5	70				89	4	270
44.5	3	100				102		
45	3.5	90	硬聚氯乙烯管			108	6	340
57	3.5	110				138	6	420
57	4	150	12.5	2.25	30	159	6	600
76	4	180	15	2.25	45	194	10	800
89	4	220	25	2	60	219	12	900
102			25	2	80			
108	4	270	32	3	110	铝管		
133	4	340	40	3.5	150	6	1	10
159	4.5	450	51	4	180	8	1	15
159	6	420	65	4.5	240	10	1	15
194	6	500	76	5	330	12	1	20
219	6	500	90	6	400	14	1	20
245	6	600	114	7	500	16	1.5	30
273	8	700	140	8	600	20	1.5	30
325	8	800	166	8	800	25	1.5	50
371	10	900				30	1.5	60
426	10	1060				40	1.5	80
						50	2	100
						60	2	125

3. 绕簧

弹簧是各种机器、设备的重要零件之一，大自火车、飞机，小至仪器、钟表，都离不开弹簧。钳工在实际操作中，经常会遇到各种各样的弹簧，当折断、损坏，无合适的现成弹簧配换时，就需要自行制作。因此，手工绕簧也是钳工应当掌握的一种操作技术。

所谓绕簧，乃是利用手工和一些必要的工具、设备，将钢丝缠绕在摇杆上以制作弹簧的一种操作方法。

(1) 弹簧的种类 弹簧的种类很多，应用极广。按照受力情况，可分为压力弹簧、拉力弹簧和扭力弹簧；按弹簧的外形，可分为圆柱弹簧、圆锥弹簧和板弹簧。最常见的是圆柱弹簧。

(2) 常用的绕簧工具

1) 摇杆：摇杆（心轴）是绕簧用的主要工具，其作用是将钢丝盘绕在它的上面，以制作弹簧。

摇杆由一根直而圆的钢条或钢丝制成，一端制成带曲拐的摇把，另一端做有固定钢丝的小孔或缺口。图 7-73 为几种常用的摇杆形状。

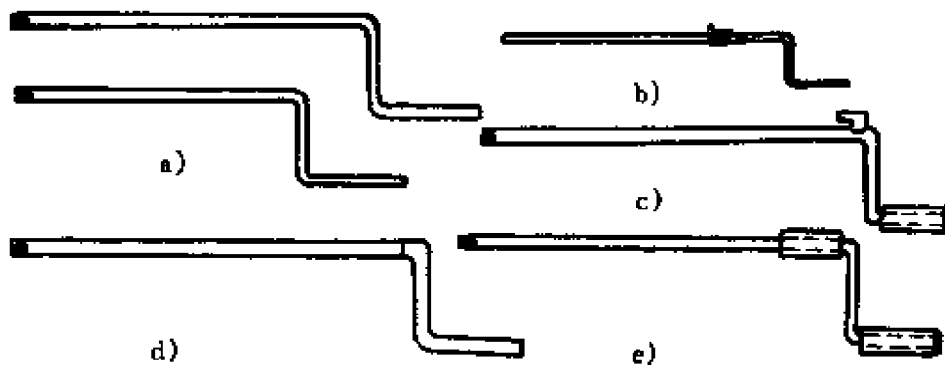


图 7-73 摇杆的形状

图 7-73a 是一端带有小孔或缺口的摇杆，适用于盘绕钢丝直径在 4mm 以下的弹簧；图 7-73b 是摇把侧面带有小钩的摇杆，适用于盘绕钢丝直径在 1mm 以下的弹簧；图 7-73c 的摇杆，在靠近曲拐部分焊有固定钢丝用的小铁块，它适用于盘绕钢丝直径 2~8mm 的弹簧。

根据所绕弹簧的直径和长度，摇杆有粗细长短之分。粗摇杆可用圆钢来

制作，要求严格的，可以车削出来（如图 7-73d）；细摇杆可用钢丝制作。为了操作方便，可在摇杆的手握部分加上套管（如图 7-73e）。

2) 间距销子：间距销子是在盘绕压缩弹簧时控制间距用的。常用的有两种：一种是固定间距销（图 7-74 左）；另一种是活动间距销（图 7-74 右）。活动间距销用钢板或铁板制成，在盘绕时，用手操作，随时可将间距销子卡在摇杆上，使弹簧产生间距。当盘得够长后，又可将间距销子取下，盘成两端并圈的压缩弹簧，从而省去了两端压紧的工序。



图 7-74 间距销子

3) 盘簧板：盘簧板的作用主要是架托摇杆和使钢丝得到一定的牵引力，并且有规律地盘绕在摇杆上。

除上述几种主要工具外，还需要一些辅助工具，如：弹簧压缩加工板（用于对新盘好的压缩弹簧进行压缩加工）、手虎钳、钢丝钳、扁嘴钳等。

(3) 绕簧的计算

1) 拉伸弹簧所需钢丝长度的计算：绕簧时，如果需要知道用料的多少或某一段钢丝是不是够长，可通过下面的公式进行计算：

$$L = \pi D_2 n + L_1 + L_2$$

式中 L ——拉伸弹簧所需钢丝的长度 (mm)；

D_2 ——弹簧的中径 (mm)；

n ——弹簧的工作圈数；

L_1 ——钩的展开长度 (mm)；

L_2 ——安全余量 (mm)。

2) 拉伸弹簧摇杆直径的确定：由于弹簧绕好后，直径要扩大，所以摇杆直径要选得比弹簧的内径小一些。通常，可按照下面的经验公式来计算：

$$D_0 = (0.75 \sim 0.8) D_1$$

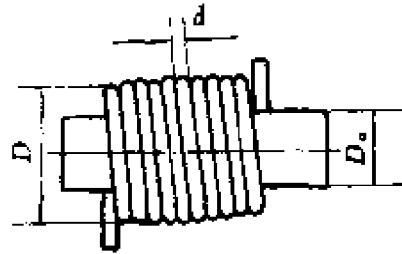
式中 D_0 ——摇杆直径 (mm)；

D_1 ——弹簧内径 (mm)。

若弹簧以内径与其他零件相配，系数可选得稍大一些；若以外径与其他零件相配，则选用较小的系数。

除了采用计算的方法之外，亦可按照表 7-110 来确定摇杆的直径。

表 7-110 摇杆的直径 (mm)



d	0.3	0.5	0.8	1.0	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	摇杆 公差	
D	摇杆直径 D_0											
3	2.1										± 0.1	
4	3.1	2.5										
5	4.0	3.5	2.7	2.0								
6	5.0	4.5	3.6	2.9								
8		6.4	5.5	4.8								
10		8.4	7.4	6.7								
12			9.3	8.5	6.1	4.8						
14			11.1	10.4	8.0	6.6	5.2					
18				14.3	11.9	10.4	9.0					± 0.2
20				16.2	13.8	12.2	10.8					
22					16.6	14.1	12.7	10.5				
32					25.5	24.0	22.5	20.2	17.2	16.1		
40							30.3	28.1	26.1	24.0		
50								37.9	35.8	33.5		
60								47.2	45.0	42.5		

注：1. 在车床上热盘弹簧，摇杆直径应等于弹簧内径。

2. 冷绕弹簧用的摇杆直径按小于弹簧内径选定，其差值按经验决定。2级和3级精度钢弹簧，可按本表的数据选用。

3) 旋绕比：弹簧中径 (D_2) 与钢丝直径 (d) 之比 ($\frac{D_2}{d}$) 叫做旋绕比。旋绕比小的弹簧，弹力大，弹性范围小；旋绕比大的弹簧，虽然弹性范围大了，但弹力却减小了。即：旋绕比与弹力成反比，与弹性范围成正比。

旋绕比小的弹簧适用于弹力大、活动范围小的地方；旋绕比大的弹簧，适用于弹力小、活动范围大的地方。

一般弹簧常用的旋绕比 $C = 4 \sim 9$ 。 $C < 4$ 时，钢丝变形厉害，使用寿命短，工作范围小，实用意义不大； $C > 25$ 时，弹簧易颤动，其直径不易作得很准确，只有在特殊情况下才采用。普通弹簧的旋绕比可参照表 7-111 选择。

表 7-111 普通弹簧的旋绕比

d (mm)	0.2~0.4	0.45~1	1.1~2.2	2.5~6	7~16	18~24
$C = \frac{D_2}{d}$	7~14	5~12	5~10	4~10	4~8	4~6

(4) 绕簧的方法 绕簧可用绕簧机或车床绕制。但需要数量不多的小弹簧，可由钳工手工绕制，其方法如图 7-75 所示。

绕压力弹簧时，把钢丝的一端插入摇杆的小槽内，折弯卡牢，然后夹紧钢丝。用左手扶摇杆，右手转手柄，同时使摇杆稍向前移动，使钢丝一圈紧靠着一圈地缠绕在摇杆上。绕制完毕后，拉出需要的弹簧簧距，再从摇杆上取下来，切断成需要的长度。

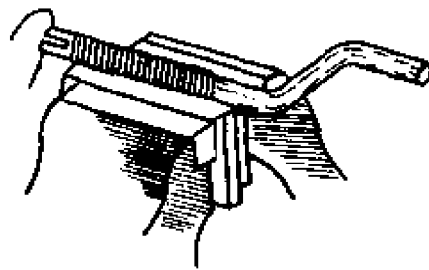


图 7-75 绕簧方法

缠绕拉力弹簧时，为了提高拉力，先用直径较大的摇杆正绕（方法同前），然后再进行反绕。反绕时，先将弯头卡入摇杆，用起子将弯头拨在第一圈和第二圈之间，再夹在钳口中绕制。绕完后切断成所需要的长度。

拉力弹簧的两端需要作出联接环，以便使用。弯环时，用起子将弯环部分撬开，用尖嘴钳将弹簧不弯曲的地方夹住，用另一尖嘴钳将环弯成 90° ，再把环扭转到中心。

绕制的弹簧都需要经过热处理。优质碳素弹簧钢只需回火；铬钒合金弹簧钢丝则需要进行淬火和回火处理。

第三篇 专业钳工

第八章 装配钳工

一、概 述

按规定的技术要求，将零件或部件进行配合和联接，使之成为半成品或成品的工艺过程，称为装配。

装配对设备的精度和工作质量有很大的影响。例如：车床的主轴与床身导轨装配得不平行，车削出来的零件就会出现锥度；车床的主轴与横溜板导轨装配得不垂直，加工出来的零件端面就会不平。装配时，零件表面如果有碰伤或者配合表面擦洗得不干净，设备工作起来，零件就会很快磨损，这样就会降低设备的使用寿命。装配得不好的设备，其生产能力就要降低，消耗的功率就会增加。因此，装配是一项非常重要而细致的工作。

装配工作，一般由装配钳工来完成。

1. 对装配工作的要求

1) 装配前，应对零件的形状和尺寸精度等进行认真检查，特别要注意零件上的各种标记，以免装错。

2) 固定联接的零、部件，不得有间隙；活动联接的零件，应能灵活而均匀地按规定方向运动。

3) 各种变速和变向机构，必须位置正确，操纵灵活，手柄位置和变速表应与机器的运转要求相符合。

4) 高速运动机构的外面，不得有凸出的螺钉头和销钉头等。

5) 各种运动部件的接触表面，必须保证有足够的润滑油，并且油路要畅通。

6) 各种管道和密封部件，装配后不得有渗漏现象。

7) 每一部件装配完后，必须仔细检查和清理干净，特别是在封闭的箱

内（如齿轮箱等），不得遗留任何杂物。

8) 试车前，应对各部件联接的可靠性和运动的灵活性等进行认真地检查；试车时，要从低速到高速逐步进行，不可一开始就用高转速。并且，要根据试车情况，进行必要的调整，使其达到运转的要求。

2. 装配的一般过程

- 1) 装配前的准备。
- 2) 部件装配。
- 3) 总装配。
- 4) 调整和试验。
- 5) 装配后的整理和修饰。

3. 装配的组织形式及其选择

表 8-1 装配的组织形式及其选择

形式	方法	应用范围和特点
固定装配	集中装配	产品是固定的，全部过程均由一部分人完成。适用于单件或小批量生产。装配周期长，辅助面积大，要求工人操作水平高
	分散装配	把产品装配工作分散为部件装配和总装配。适合于成批生产。较上述方法工作人数增加，效率提高，周期缩短
移动装配 (产品)	按一定节拍周期移动	工序是分散的，产品按统一节拍周期性地输送到工作位置。适于大批量生产
	按自由节拍移动	工序是分散的，产品按各工序所需输送到工作位置，没有统一节拍。适于大批量生产
	按一定速度连续移动	分工原则同上，产品按一定速度经输送装置连续经过工作位置。适于大批量生产

4. 装配时联接的种类

表 8-2 装配时联接的种类

固定联接		活动联接	
可拆的	不可拆的	可拆的	不可拆的
螺纹、键、楔、销等	铆接、焊接、压合、胶合、热压等	轴与滑动轴承、柱塞与套筒等间隙配合零件	任何活动联接的铆合头

二、装配前的准备工作

1) 熟悉装配图和有关技术文件, 了解所装机械的用途、构造、工作原理、各零部件的作用、相互关系、联接方法及有关技术要求, 掌握装配工作的各项技术规范。

2) 确定装配的方法和程序, 准备必要的工艺装备。

3) 准备好所需的各种物料(如铜皮、铁皮、保险垫片、弹簧垫圈、止动铁丝等)。所有皮质油封在装配前必须浸入加热至 66°C 的机油和煤油各半的混合液中浸泡 $5\sim 8\text{min}$; 橡胶油封应在摩擦部分涂以齿轮油。

4) 检查零部件的加工质量及其在搬运和堆放过程中是否有变形和碰伤, 并根据需要进行适当的修整。

5) 所有的偶合件和不能互换的零件, 要按照拆卸、修理或制造时所作的记号妥善摆放, 以便成对成套地进行装配。

6) 装配前, 对零件进行彻底清洗, 因为任何脏物或灰尘都会引起严重的磨损。

三、装配方法

1. 装配的一般方法

表 8-3 一般装配方法及其适用范围

装配方法	适用范围和特点
完全互换法	配合零件公差之和小于或等于装配允许偏差, 零件完全互换。操作方便, 易于掌握, 生产率高, 便于组织流水作业。但对零件的加工精度要求较高。适用于配合零件数较少, 批量较大, 零件采用经济加工精度制造时采用
不完全互换法	配合零件公差平方和的平方根小于或等于装配允许偏差, 可不加选择进行装配, 零件可互换。亦有操作方便, 易于掌握, 生产率较高, 便于组织流水作业的优点。同时因公差较完全互换法放宽, 较为经济合理。但有极少数零件需返修或更换。适于零件略多, 批量大或零件加工精度需放宽制造时采用

(续)

装配方法	适用范围和特点
分组选配法	配合副中零件的加工公差按装配允许偏差放大若干倍,对加工后的零件测量分组,对应的组进行装配,同组可以互换。零件能按经济精度制造,配合精度高。但增加了测量分组工作,由于各组配合零件不可能相同,容易造成部分零件的积压。适于成批或大量生产,配合零件数少,装配精度较高时采用
调整法	选定配合副中一个零件制造成多种尺寸,装配时利用它来调整到装配允许偏差;或采用可调装置改变有关零件的相互位置来达到装配允许偏差;或采用误差抵消法。零件可按经济精度制造,能获得较高装配精度。但装配质量在一定程度上依赖操作者的技术水平。调整法可用于多种装配场合
修配法	在某零件上预留修配量,或在装配后再进行一次精加工,综合消除其积累误差。可获得很高的装配精度,但很大程度上依赖操作者的技术水平。适于单件或小批生产,或装配精度要求高的场合

2. 过盈联接的装配

(1) 过盈联接装配的主要方法

1) 压装法:压装法是过盈联接最常采用的一种装配方法,它是将具有过盈量配合的两个零件压到配合位置的装配方法。根据施压方式的不同,压装法分为冲击压装、工具压装和压力机压装三种。

过盈联接采用压装时的要求如下:

①配合零件的前端最好有一定的倾斜角(通常约为 10°),以使压装力尽量减少。

②压装前,配合表面必须用油润滑,以防卡住,同时也可提高结合强度。

③压装时,必须保证轴与孔的中心线一致,不允许存在倾斜现象。

④对于薄壁轴套,压装时要防止变形。

⑤在压装的最后阶段,用力要均匀,压装速度要一致,并且不得间断,一直到压装完成。

2) 热装法:热装法是将具有过盈量配合的两个零件,装配时先将包容件加热胀大,再将被包容件装入到配合位置的装配方法。

热装法采用的加热方法主要有以下几种:火焰加热法;介质加热法;电阻和辐射加热法;感应加热法。

为了传递一定的轴向力和转矩，采用热装法装配时，过盈量必须有适当的数值，一般可根据下面的经验公式确定：

$$\delta = \frac{d}{25} \times 0.04$$

式中 δ ——轴、孔间的过盈量 (mm)；

d ——轴和孔的基本尺寸 (mm)。

即每 25mm 直径需 0.04mm 过盈量。

表 8-4 列出了基本尺寸为 25~750mm 的过盈配合轴、孔的偏差。

表 8-4 过盈配合轴、孔的偏差 (mm)

基本尺寸	轴的偏差	孔的偏差	基本尺寸	轴的偏差	孔的偏差
25	+0.06	+0.015	300	+0.52	+0.030
	+0.04	0		+0.48	0
50	+0.10	+0.015	325	+0.57	+0.030
	+0.08	0		+0.52	0
75	+0.14	+0.015	350	+0.61	+0.035
	+0.12	0		+0.56	0
100	+0.18	+0.016	375	+0.65	+0.035
	+0.16	0		+0.60	0
125	+0.23	+0.016	400	+0.69	+0.040
	+0.20	0		+0.64	0
150	+0.27	+0.018	425	+0.73	+0.040
	+0.24	0		+0.68	0
175	+0.31	+0.018	450	+0.77	+0.050
	+0.28	0		+0.72	0
200	+0.35	+0.020	475	+0.81	+0.050
	+0.32	0		+0.76	0
225	+0.40	+0.020	500	+0.85	+0.050
	+0.36	0		+0.80	0
250	+0.44	+0.025	525	+0.89	-0.050
	+0.40	0		+0.84	0
275	+0.48	+0.025	550	+0.93	-0.060
	+0.44	0		+0.88	0

(续)

基本尺寸	轴的偏差	孔的偏差	基本尺寸	轴的偏差	孔的偏差
575	- 0.97	+ 0.060	675	- 1.14	+ 0.070
	+ 0.92	0		+ 1.08	0
600	+ 1.02	+ 0.060	700	+ 1.18	+ 0.070
	+ 0.96	0		+ 1.12	0
625	+ 1.06	+ 0.060	725	+ 1.22	+ 0.070
	+ 1.00	0		+ 1.16	0
650	+ 1.10	+ 0.060	750	+ 1.26	+ 0.070
	+ 1.04	0		+ 1.20	0

3) 冷装法: 冷装法是将具有过盈量配合的两个零件, 装配时先将被包容件用冷却剂冷却, 使其尺寸收缩, 再装入包容件使其达到配合位置的装配方法。

① 冷却温度的计算: 冷装时, 配合零件的温差为

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{\alpha d \times 10^3} (\text{℃})$$

式中 α ——低温时零件的冷缩系数 (1/℃ 或 1/K), 见表 8-5;

d ——零件配合尺寸 (mm);

Δd ——被冷却零件的最大收缩量 (μm), 见表 8-6。

若操作室内的温度为 t_0 , 则零件所需的冷却温度为

$$t = t_0 - \Delta t$$

表 8-5 材料的冷缩系数 (1/℃ 或 1/K)

序号	材料名称	冷缩系数 α ($\times 10^{-6}$)
1	钢 (含碳量 < 1%) 经淬火	9.5
2	铸 钢	8.5
3	铸 铁	8
4	可锻铸铁	8
5	铜	14

(续)

序号	材料名称	冷缩系数 a ($\times 10^{-6}$)
6	青 铜	15
7	黄 铜	16
8	铝 合 金	18
9	锰 合 金	21

表 8-6 不同配合尺寸的 Δd 值 (μm)

配合尺寸 (mm)	过渡配合				过盈配合		
	n6	m6	k6	js6	s7, u5, u6	s6	r6
>30~50	47	39	32	20	99	64	59
>50~80	55	45	38	25	135	80	70
>80~120	65	55	46	32	180	115	90
>120~180	77	65	55	39	245	150	110
>180~260	90	75	65	46	330	195	135
>260~360	110	90	80	58	440	260	175
>360~500	130	110	95	70	595	350	220

【例】挖掘机履带架的青铜套的配合尺寸为 $\varnothing 180r6$ ，车间温度为 20°C ，求冷装时的冷却温度 t_0 。

解：查表 8-5 知，材料为青铜时，冷缩系数 $a = 15 \times 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ ；查表 7-6 知，配合尺寸为 $180r6$ 时， $\Delta d = 110 \mu\text{m}$ 。

代入公式得

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{ad \times 10^3} = \frac{110}{15 \times 10^{-6} \times 180 \times 10^3} = 41^{\circ}\text{C}$$

已知 $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$

所以，冷装时的冷却温度

$$t = t_0 - \Delta t = 20 - 41 = -21^{\circ}\text{C}$$

②冷却剂的选择：常用的冷却剂有固体二氧化碳（俗名干冰）、液态氮、

液体氧和液态空气。其主要性能见表 8-7。

表 8-7 冷却剂的主要性能

序号	冷却剂名称	状态	沸点 (°C) (标准压力下)	汽化潜热 (kJ/kg) (标准压力下沸点时)	密度 (kg/m ³)
1	干冰 (固体 CO ₂)	固态	-78.5	575	1190 (固态)
2	液态氮	液态	-195.8	201	808 (液态)
3	液态氧	液态	-182.5	217	1140 (液态)
4	液态空气	液态	-190 ~ -195	197	861 (液态)

冷却剂一般是根据冷却温度来选择的。冷却温度高于 -78°C，属于一般性冷却范围，用干冰比较适宜，干冰的汽化潜热高，冷却效率亦高；冷却温度低于 -78°C，属深冷范围，则需用液态氮或液态空气，也可用液态氧。

③冷却剂耗量的计算：冷却剂的耗量

$$N = \frac{1000Q}{K\beta\rho} + A \quad (\text{L})$$

式中 K ——冷却剂的汽化潜热 (kJ/kg)，见表 8-7；

β ——热损失系数，一般为 0.5~0.9；

ρ ——液态气体的密度 (kg/m³)，见表 8-7；

A ——零件冷却完毕，槽内残存的冷却剂 (L)；

Q ——冷却时所放出的热量 (kJ)。

冷却时所放出的热量可按下式计算：

$$Q = (Gc + G_1c_1) \Delta t \quad (\text{kJ})$$

式中 G ——被冷却零件的重量 (kg)；

G_1 ——容器的重量 (kg)；

c ——被冷却零件材料的比热容 [kJ/(kg·K)]，见表 8-8；

c_1 ——容器材料的比热容 [kJ/(kg·K)]，见表 8-8；

Δt ——温差 (K)。

表 8-8 金属材料的比热容

材料名称	比热容 [kJ/(kg·K)]	材料名称	比热容 [kJ/(kg·K)]
灰铸铁	0.54	青铜	0.38
铸钢	0.48	紫铜	0.37
软钢	0.50	铝	0.90
黄铜	0.40	铅	0.14

④冷装使用的设备

(a) 冷却槽：它是对零件进行冷却的主要设备，一般做成圆形，有内外双层壁，中间放置绝缘材料。槽底用木料垫住，槽盖亦有绝热层，盖上有小孔供观察用。其结构如图 8-1 所示。

(b) 贮存罐：贮存罐是贮存和运输冷却剂的特制容器。因为液态氮、液

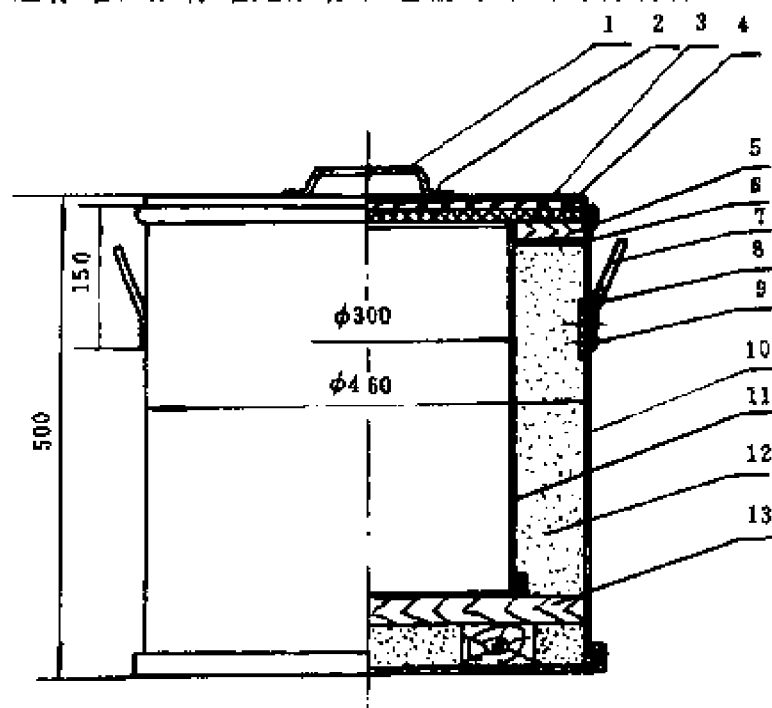


图 8-1 冷却槽

- 1—提手 2—木螺钉 3—槽盖 4—毡垫 5—压环 6—毡圈
 7—手柄 8—垫板 9—铆钉 10—外壳 11—圆筒
 12—碳酸镁 13—槽座

态氧和液态空气都是深冷物质，所以，必须装在贮存罐内，否则很快就会挥发。

小型贮存罐的规格和性能见表 8-9。

表 8-9 小型液态气体贮存罐的规格和性能

容 量		容器重量 (kg)		尺寸 (mm)		贮存损失 (g/h)
L	kg	空重	装满后	直径	高	
5	5.7	4.5	10.2	240	500	50
10	11.3	7.5	18.8	295	620	45
15	17	17	34	360	690	40

⑤操作方法：首先将需要冷却的零件清洗干净，装入冷却槽中（每次最好装 10kg 左右），然后注入冷却剂（每 15L 冷却剂可冷缩 8~10kg 零件），并立即盖好盖。约经 5min 之后，冷却即告结束。开盖后，用钳子将零件夹出，放在木板上，然后即可把它装入孔内。冷装时，要注意调整好零件在孔内的位置，约 1min 之后，零件温度才能回升。

操作时，工人必须穿全身防护工作服，戴好手套，并严格遵守安全操作规程。

(2) 过盈联接装配方法的选择

表 8-10 过盈联接装配方法的选择

装配方法		设备或工具	工艺特点	应用举例
压 装 法	冲击压装	用手锤或重物冲击	简便，但导向性不易控制，易出现歪斜	适用于配合要求低、长度短的零件装配，如销、短轴等。多用于单件生产中
	工具压装	螺旋式、杠杆式、气动式压装工具	导向性比冲击压装好，生产率较高	适用于小尺寸联接件的装配，如套筒和一般要求的滚动轴承等。多用于中小批生产
	压力机压装	齿条式、螺旋式、杠杆式气动压力机或液压机	压力范围 (1~1000) $\times 10^4 \text{N}$ 。配合夹具使用，可提高导正性	适用于采用轻、中型过盈配合的联接件，如齿圈、轮毂等。或批生产中广泛采用

(续)

装配方法		设备或工具	工艺特点	应用举例
热装法	火焰加热	喷灯、氧乙炔、丙烷加热器、炭炉	加热温度小于 350℃。使用加热器，热量集中，易于控制，操作简便	适用于局部加热的中或大型联接件
	介质加热	沸水槽、蒸汽加热槽、热油槽	沸水槽加热温度 80 ~ 100℃，蒸汽槽可达 120℃，热油槽 90 ~ 320℃，均可使联接件去污干净，热胀均匀	适用于过盈量较小的联接件，如滚动轴承、连杆衬套等
	电阻和辐射加热	电阻炉、红外线辐射加热箱	加热温度可达 400℃ 以上，热胀均匀，表面洁净，加热温度易于自动控制	适用于中、小型联接件成批生产
	感应加热	感应加热器	加热温度可达 400℃ 以上，加热时间短，调节温度方便，热效率高	适用于采用特重型和重型过盈配合的中、大型联接件
冷装法	干冰冷缩	干冰冷缩装置（或以酒精、丙酮、汽油为介质）	可冷至 -78℃，操作简便	适用过盈量小的小型联接件和薄壁衬套等
	低温箱冷缩	各种类型低温箱	可冷至 -40 ~ -140℃，冷缩均匀，表面洁净，冷缩温度易于自动控制，生产率高	适用于配合面精度较高的联接件，在热态下工作的薄壁套筒件
	液氮冷缩	移动或固定式液氮槽	可冷至 -195℃，冷缩时间短，生产率高	适用于过盈量较大的联接件

四、装配时零件的清理和洗漆

装配时，首先要对零部件进行严格的清理和洗涤，这对加快装配速度、提高产品质量和寿命均有很大影响，必须认真做好。

1. 装配时必须进行的主要清洗工作

- 1) 装配前, 首先要清除掉零件上残存的铁锈、灰砂、切屑、研磨剂、油污等, 特别是, 对于孔和沟、槽等地方, 更应认真清理。
- 2) 装配后, 必须彻底清除在装配时产生的金属切屑及其他污物。
- 3) 产品试车后, 应洗去因摩擦而产生的金属微粒等。

2. 化学除锈

产品零件如果长期不用, 或者在存放期间由于保养不当而生锈, 装配时, 必须首先将它除掉。对于批量小的, 可用刮刀、砂布、钢丝刷等进行清理, 但对于批量大的, 则需采用化学除锈。

表 8-11 除锈液对黑色金属除锈的应用

配 方	处理温度	处理时间	说 明
1. 铬酐: 15% 磷酸: 8.5% 水: 76.5%	85~95℃	2min 以上	只能除轻锈, 对金属不腐蚀。适用于精密零件、轴承等除锈
2. 铬酐: 150g (±5%) 硫酸: 15g (±10%) 水: 1L	80~90℃	轻锈数分钟即可去除, 重锈需数小时	适用于精密零件、仪表零件等除锈, 对金属腐蚀很小, 对光洁度影响不大
3. 磷酸: 480ml (相对密度: 1.71) 丁酮或丙酮: 500ml 对苯二酚: 20g 水: 2~2.5L	室 温	数十秒到数分钟	除锈快, 对金属腐蚀不大。处理超过 5min 时, 金属受腐蚀变暗变黑
4. 磷酸: 550ml (相对密度 1.71) 丁醇: 50ml 乙醇: 50ml 对苯二酚: 10g 水: 240ml	室 温	10s 到 30min	除锈速度快, 对金属腐蚀不大, 超过 30min 金属就变黑。适用棉花蘸取作局部除锈
5. 硫酸 (工业): 18%~20% 食盐: 4%~5% 硫脲: 0.3%~0.5% 水: 余量	65~80℃	25min 到 40min	适用于对尺寸要求不严的大型零件, 如铸铁件氧化皮的清除等, 处理后再用冷水冲洗→中和, (碳酸钠 2%, 水 98%, 浸洗 5~10min) →冷水冲洗

化学除锈乃是利用化学药品将锈溶解掉。化学除锈可用除锈液和除锈膏

进行。

化学除锈的工艺流程一般为：除油→热水洗→除锈→中和（用3%~5%的碳酸钠水溶液）→流动水冲洗（或洗涤剂洗）→钝化→干燥→防锈处理（涂防锈油或油漆等）。

(1) 除锈液除锈

表 8-12 除锈液对有色金属除锈的应用

配 方	处理温度	处理时间	说 明
铜合金（铝青铜及铅青铜除外）			
1. 硫酸（相对密度 1.84）： 100ml 水：900ml	室 温	数分钟到 30min	对金属腐蚀不大，能除轻锈和重锈，但常留有痕迹
2. 草酸：10% 水：90%	室 温	8~9min	适用于铍青铜
3. 硫酸（相对密度 1.84）： 30ml 铬酐：90g 碳酸钠：1g 水：1L	室 温	1~1.5min	有除锈和钝化作用。处理时间过长，对金属有溶解作用
铝合金			
1. 铬酐：80g 磷酸（相对密度 1.71）： 200ml 水：1L	室 温	数分钟到 10min	对金属腐蚀极微，但不能除掉重锈
2. 硝酸：5%	室 温	数分钟到 10min	加 1% 重铬酸钾，可减少对金属的腐蚀
3. 苛性钠： 40~60g 水：1L	50~60℃	1~2s	对金属腐蚀较大。适用于尺寸要求不严的零件。除锈后要进行钝化处理
镁合金			
1. 铬酐：20% 水：80%	室 温	8~10min	增加温度可以缩短时间，对金属腐蚀极小
2. 铬酐：2% 水：98%	60~70℃	8~10min	

(2) 除锈膏除锈 用除锈膏除锈速度快，一般用于大部件的局部除锈或精度要求不高的黑色金属件的除锈。

1) 用于黑色金属的除锈膏的配方：

盐酸（相对密度 1.19）	40%
六次甲基四胺	2%
水	58%
锯木屑	适量
耐火泥	适量

2) 除锈方法：先除去表面油污，再涂一层厚度约 1~5mm 的除锈膏。除锈时间，以除去锈为标准，一般需要 20~60min。重锈如一次除不尽，可以再涂一次。温度最好高于 30℃，要防止日晒、雨淋。

3. 机械零件的清洗

机械零件的清洗，可用清洗剂在清洗槽或专用的清洗机中进行。清洗的方法有喷洗、浸洗、超声波清洗等。

常用的清洗剂有：石油溶剂（汽油、煤油、轻柴油）、氯化碳氢溶剂（三氯乙烯、四氯化碳等）和碱性清洗液等。它们的配方和应用见表 8-13~8-15。

表 8-13 石油清洗剂的应用

材料及配方	材料性能及主要用途	清洗工艺说明
1. 汽油，常用为 200 号工业汽油，也有用 120 号或 160 号汽油	汽油：易挥发，易燃烧，去除油脂能力强，是最常用的清洗液。用于钢、铁、有色金属产品的清洗。洗后，零件表面由于汽油挥发而吸收热量，使零件表面温度下降，在温度高的天气会产生凝露。防止方法：可在最后一次清洗用的汽油中加入少量的（2%~3%）置换型防锈油，如：661、201、204-1 等防锈油，以提高其防蚀能力。操作前，手上可涂一层“液体手套”。“液体手套”有保护皮肤的作用，并可以用水洗掉	一般用浸洗、擦洗方法。大批生产时用 200 号汽油喷洗，清洗的次数，根据情况和要求而定，一般为 1~2 次。精密零件的清洗，可采用下列工艺方法： (1) 用含有 2% 的 201 防锈油的汽油清洗 (2) 再用汽油清洗 (3) 最后用酒精洗

(续)

材料及配方	材料性能及主要用途	清洗工艺说明
2. 煤油或轻柴油	易燃烧, 挥发后常留下微量油迹。用于一般产品零件的清洗	可以用浸洗、喷洗等方法
3. 含有添加剂的汽油: 200号汽油94%, 石油磺酸钠1%, 司本-80 1%, 十二烷基醇酰胺1%, 苯骈三氮唑酒精溶液1%, 蒸馏水2%	易燃, 去污力比用汽油清洗强, 能去除手汗、无机盐、油脂等。不需再加置换型防锈油, 对钢、铜合金零件等有短期的防锈作用。主要用于超声波清洗精密零件	适用于超声波清洗机。主要工艺如下: (1) 用200号汽油浸洗一遍 (2) 再用添加剂汽油在超声波机器上清洗一次 (3) 再用汽油浸洗一次

表 8-14 氯化物清洗剂的应用

清洗剂	性能及用途	工艺说明
1. 三氯乙烯 (以工业三氯乙烯加入0.1%~0.2%稳定剂, 如乙二胺、三乙胺、吡啶四氯化喹等)	沸点低, 易挥发, 无燃烧性, 不与空气形成可爆性混合气体, 但有一定毒性, 所以通风必须要好 (大气中允许浓度不得超过 $50\text{mg}/\text{m}^3$); 脱脂能力很强。适用于钢铁零件除油脱脂, 如零件解封除油、热处理后除油等。一些不能与油类相接触的产品零件可用它清洗, 是一种很经济的清洗方法	由于它有一定的毒性, 所以大多数用清洗机清洗 一般零件在槽内清洗5~8min就可去除油脂 三氯乙烯可以用蒸馏法回收继续使用
2. 四氯化碳	它有很强的脱脂能力, 常用于小批的零件除油, 如忌油产品的零件等	适用于冷浸洗、擦洗。清洗后应立即擦干, 防止凝露影响

表 8-15 碱性清洗液的应用

清洗液配方 (%)	性能及用途	清洗工艺说明
1. 氢氧化钠: 0.5~1 碳酸钠: 5~10 水玻璃: 3~4 水: 余量	强碱性, 加热的溶液能清洗矿物油、植物油及钠基脂。适用于一般钢件除油	(1) 用热溶液 (60~90℃) 浸洗或喷洗 5~10min (2) 再用冷水漂洗
2. 氢氧化钠: 1~2 磷酸三钠: 5~8 水玻璃: 3~4 水: 余量	同 上	同 上
3. 磷酸三钠: 5~8 磷酸二氢钠: 5~6 水玻璃: 5~6 烷基苯磺酸钠: 0.5~1 水: 余量	碱性较弱, 加热的溶液有除油能力, 对金属腐蚀性较低。适用于钢铁及铝合金零件的清洗	(1) 用热溶液 (60~95℃) 浸洗或喷洗 5~10min (2) 再用冷水漂洗
4. 十二烷基硫酸钠: 0.5 油酸三乙醇胺: 3 苯甲酸钠: 0.5 水: 余量	碱性更弱, 加热的溶液能去除油脂。适用于精加工、抛光后的钢质零件和铝合金零件的清洗	先在加热到 90℃ 的溶液中浸洗, 然后用防锈水漂洗

五、典型机构的装配

1. 螺纹联接的装配

(1) 对螺纹联接装配的要求

- 1) 螺纹联接件应具有适当的强度，并且要能够互换。
- 2) 螺钉或螺母与零件贴合的表面应光洁、平整，否则容易松动或使螺钉弯曲。

3) 装配前，螺钉、螺母应在机油中清洗干净，螺孔内的脏物也要用压缩空气吹出。

4) 螺纹联接装配后要稳固、可靠，经久耐用。

5) 在工作有振动时，为防止螺钉、螺母回松，应采用防松装置。

(2) 装配方法

1) 旋紧螺钉的方法：螺钉的旋紧程度和顺序，对装配工作的精度和机器的寿命有很大的关系。因此，装配时必须采用正确的旋紧方法。

图 8-2 是几种常见的螺钉分布情况，旋紧时必须按照图中所标的顺序号进行。

旋紧螺钉时，可采用各种扳手和旋具，旋紧力应适当，旋扭的松紧要适度。

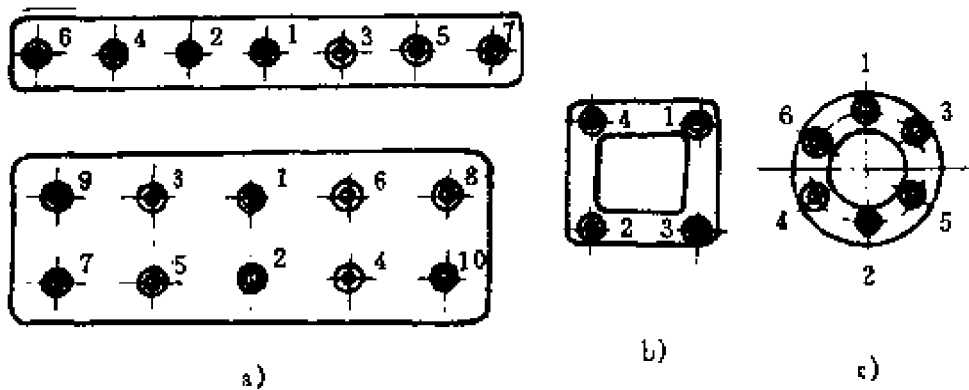


图 8-2 旋紧螺钉的顺序

a) 条形工件 b) 方形工件 c) 圆形工件

2) 螺纹联接的防松办法

- ① 采用锁紧螺母防松。
- ② 用金属丝来防松成对的螺栓。
- ③ 用开口销插入六角槽形螺母的槽或螺栓的孔中来止动。
- ④ 用弹簧垫圈、止动垫圈或带翅垫圈来防松。
- ⑤ 用点铆的办法来制止螺母的回松。
- ⑥ 沉头螺钉用打样冲眼的办法来止动定位。

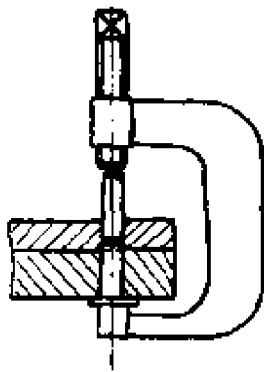
3) 螺栓联接装配的质量检查：螺栓联接的装配应符合技术文件的规定。

为了防止螺栓联接对被装配零件产生影响，装配后必须进行质量检查，特别是成组螺纹联接，有时会产生松紧不一。其方法一般都是在最后用扳手在各个螺母上重扳一下，以了解螺母是否全部都拧紧。

另一种检查方法是采用敲击了解紧固程度，如听到的是破裂声，则表示两者配合不紧，须加以紧固。但因敲击振动易使螺钉松开，故检查后仍需将各个螺钉重新紧固一遍。

2. 销联接的装配

(1) 圆柱销的装配 圆柱销全靠配合时的过盈固定在孔中，一旦经拆卸而失去过盈，就必须调换。



装配时，先将两个被联接的零件一起钻孔和铰孔，严格控制配合精度；然后选择合适的销钉涂上润滑油，用铜棒垫好，轻轻打入孔内。某些定位销不能用打入法时，可用 C 形夹头把销子压入孔内（见图 8-3）。

(2) 圆锥销的装配 圆锥销大部分是定位销，其本身有 1:50 的锥度，比圆柱销联接更加牢固可靠，而且拆卸方便，可在一个孔内装拆多次，不会影响装配质量。

图 8-3 用夹头把销子压入孔中 装配时，将两工件相互定位后进行钻孔，再以铰刀铰削。铰好孔后，如能以手指将圆锥销塞入孔内 80%~85%，则能得到正常的过盈，而销子装入孔内的深度一般也较适当（图 8-4）。

有时，为了便于取出销子，可采用带螺纹的圆锥销。拧紧螺母，即可将

带螺纹的销子拔出。

(3) 开口销的装配 开口销由扁圆的钢条对合而成，属于圆柱形销的一种。它的两腿长短不同，以便于劈开。如果螺母拧紧后须进行止动，则可将开口销插进螺栓顶上预先开好的孔内，将两腿扳开即可；如果螺母、螺栓均有孔或槽，则必须旋正对准后方可装销。

3. 键联接的装配

键用于把轴和套装的零件（如齿轮、带轮、联轴器等）联接成一体，以传递转矩。

(1) 平键的装配 根据断面形状的不同平键分为正方形与长方形两种。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。

在装配平键时，其两侧面与轴上键槽的两侧面必须带有一定的过盈，以免在倒转时键产生松动现象。平键顶面与轮毂间必须留有 $0.10\sim 0.40\text{mm}$ 的间隙，而键的底面则应与槽底贴实。其装配方法如下：

- 1) 清除键槽的锐边，以免装配时造成过大的过盈；
- 2) 修配键与槽的配合精度，一般，键在轴端为平头；在轴中间则键端为半圆头，这时必须修锉半圆头；
- 3) 键装在轴的键槽中必须与槽底面贴实，一般采用虎钳夹紧（必须在轴与键平面之间垫上铜皮）或敲击等方法；
- 4) 轮毂上的键槽与键配合过紧时，可修整轮毂的键槽，但不允许松动。

(2) 斜键（楔形键）的装配 斜键的形状与平键相似，只是在顶面带有 $1:100$ 的斜度，斜键带有钩头（图 8-5），以便于拆装。斜键的顶面要和键槽的顶面相接触，以承受振动和一定的轴向力，因而其斜度应一致。装配时，要防止轮毂产生偏斜，并且键头与轮毂间应留一定的空隙，以便于拆卸。

斜键的装配方法如下：

- 1) 清除键槽的锐边；
- 2) 修配键和槽的配合精度，然后把轮毂套在轴上；
- 3) 使轴与轮毂键槽对正，在斜键的斜面涂色来检查斜度是否正确，用

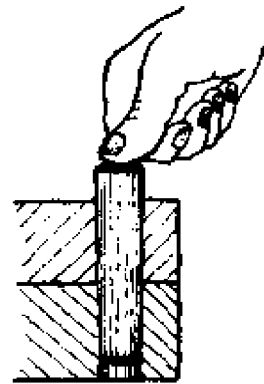


图 8-4 圆锥销的正确配合

刮削法进行修整，使键与轮毂键槽紧密配合，并使接触长度符合要求；

4) 清洗斜键和键槽等，并将斜键涂油敲入键槽中。

斜键的工作面长度要与轮毂轴槽互相吻合，并且须保持过盈配合，以防止产生以下两种缺陷：

- ① 轮毂装到轴上后发生倾斜；
- ② 轮毂中心线与轴中心线发生配合间的偏移。

(3) 花键的装配 当需要传递较大的转矩时，常采用花键联接。花键联接具有以下优点：

- 1) 可保证轮毂在轴上的同心性；
- 2) 受压应力比其他键面小，因为轮毂和轴有很大的接触面积；
- 3) 轴几乎不会削伤，特别是在花键的数目多而键的高度不太大的时候。

花键的数目根据轴径和传递动力的大小而定，一般为 6 个、8 个和 10 个以上。

外花键与内花键多为间隙配合。外花键在滚出或铣出后，一般都经过磨削；内花键则是拉削加工出来的，因此外花键和内花键都比较准确。

装配花键前，应用油石或细锉清除键上的毛刺和尖角。然后把内花键套在外花键上，根据涂色检验的结果修正其间的配合，直至内花键在外花键上能够自由滑动为止。

花键分外径定心、内径定心和键侧定心几种方式。装配时，不得修整定心面。

装配花键时，一般可调换相互位置，取其配合较好的位置使用。

装配后，应进行检查。检查的方法是用手晃动轴上的轮，应感觉不到有任何间隙；零件在全长上移动的松紧程度要一致，不允许有局部倾斜或花键的咬塞现象。

4. 轴承的装配

(1) 滑动轴承的装配 装配滑动轴承时，要根据不同的轴承结构采取不同的方法。装配后，要满足技术要求，保证轴承有良好的润滑条件。

整体式滑动轴承（轴套）的装配方法如下：

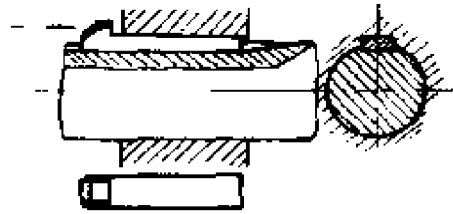
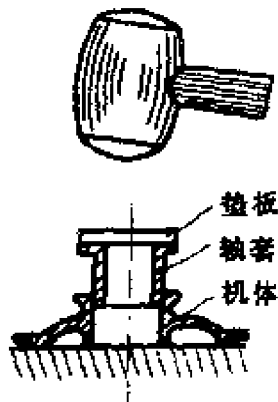


图 8-5 斜键联接

1) 压装轴套：根据轴套尺寸和过盈量的大小，可采用敲入或压装的方法进行装配。当尺寸和过盈量较小时，可用手锤加垫板将轴套敲入（图 8-6）；当轴套尺寸和过盈量较大时，则需用压力机或拉紧夹具把轴套压入机体；当直径过大或过盈量超过 0.1mm 时，可用加热机体或冷却轴套的方法进行装配。



2) 固定轴套：轴套压入后，为了防止转动，可用螺钉和定位销等加以固定（见图 8-7）。

3) 装配后的检查和修整：轴套（尤其是薄壁套）在压入后，常常产生变形（如内径缩小或成为椭圆形、圆锥形等）或工作表面损坏，因此，装配后必须进行检查和修整。

修整时，可采用铰削、刮研、珩磨等方法，使轴套和轴径之间的间隙和接触点达到要求。

(2) 滚动轴承的装配 滚动轴承的装配，主要是

图 8-6 轴套的敲入 指轴承内环与轴及轴承外环与轴承孔的装配。

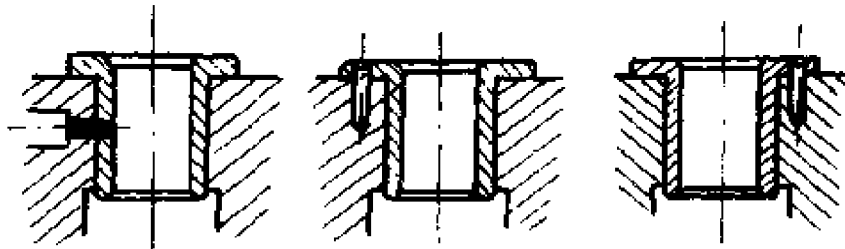


图 8-7 轴套的固定

装配前，首先应对相配合轴孔的尺寸和形状进行检查，看是否合乎要求；然后进行清洗；最后根据配合性质采取不同的装配方法。对过盈量大的，除可用压力机压装外，还可采用热装的方法；过盈量较小的，可用手锤敲入。

装配后，应进行间隙调整。一般情况下，可通过控制端盖垫片的厚度，使其具有 0.25~0.5mm 的轴向间隙。

轴承内外环的轴向除可用轴肩固定外，还可采用压板及垫压盖加以限制。轴向载荷越大、轴承转速越高，越应注意固紧；否则，将会因松动而造成轴承损坏。

5. 带传动机构的装配

(1) 对带传动装配的技术要求

- 1) 两根传动轴必须严格地保持平行；
- 2) 带轮装在轴上，应没有歪斜和摆动；
- 3) 当两个带轮的宽度相同时，它们的端面应位于同一平面内；
- 4) 平带在轮面上应保持在中位置，工作时不应脱落；
- 5) 带的张紧力应能保持带和带轮的接触面间有足够的摩擦力，以传递一定的功率。

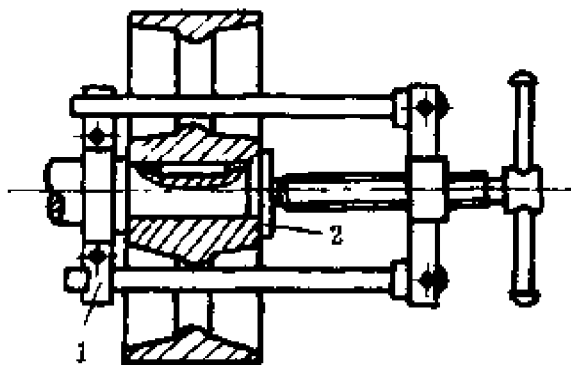


图 8-8 螺旋压装工具

1—卡头 2—压板

(2) 带轮的装配 带轮和轴一般采用过渡配合，靠键来传递动力。

装配时，首先按轴和轮毂孔中的键槽修配键，涂上润滑油后，再把带轮压装到轴上。压装时，最好采用专用的螺旋压装工具（图 8-8）。不要直接敲打带轮的端部。压装后，可通过垫板对轮毂的各个地方轻轻敲打，以消除因倾斜而产生的卡住现象。

(3) 带轮装配后的检验 带轮装在轴上后，应在轮缘处检查其径向和端面跳动。较大的带轮可用划针盘检查，较小的带轮可用百分表检查。

带轮之间的相互位置，对带传动质量的影响很大，如果偏移，就会使带的张力不均、磨损加剧，甚至造成带自行滑脱。因此，带轮之间的相互位置也需要进行检查和调整。如果中心距不大，可用铸铁平尺进行检查（图 8-9a）；如果中心距较大，可用拉线法进行检查（图 8-9b）。

带的张紧力，一般凭经验选定。在安装新带时，其初拉力应比正常的张紧力大。这样，在工作过一段时期后，带才能仍然保持一定的张紧力。

6. 齿轮传动机构的装配

(1) 对圆柱齿轮传动机构装配的技术要求

- 1) 相互啮合的齿轮轴线要互相平行，并保持一定的中心距；
- 2) 轮齿间应有一定的间隙和足够的接触斑点；

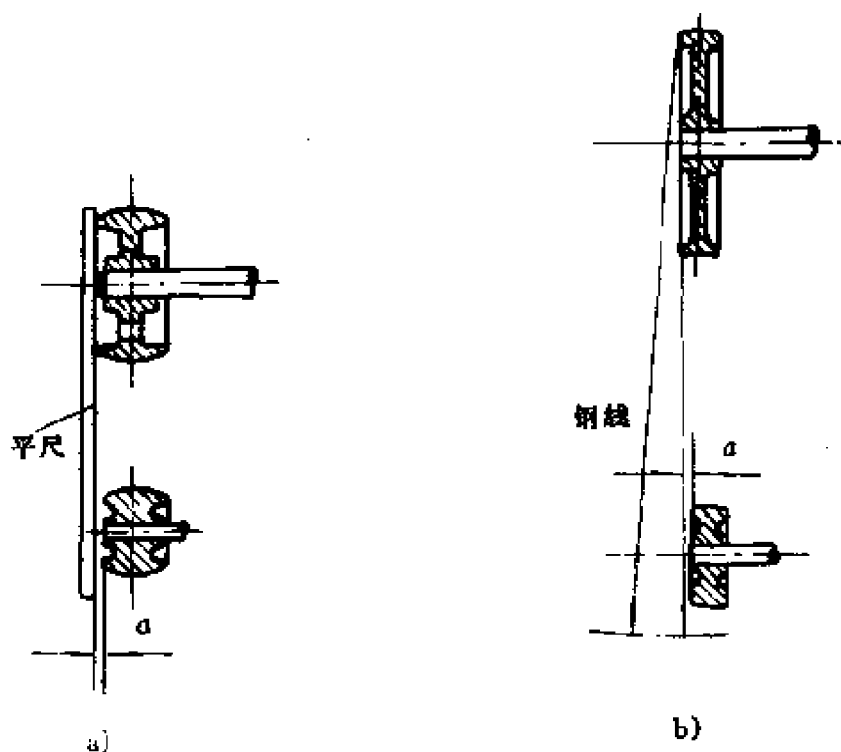


图 8-9 带轮安装位置的检查

3) 工作时要传动平稳、噪音小。

(2) 将齿轮安装到轴上的方法 齿轮与轴通常采用键联接。齿轮与轴的配合，一般采用动配合；对于工作时不移动的齿轮，可采用过渡配合。

安装前，首先要检查齿轮的轮齿和轮孔是否有碰伤和毛刺，检查齿轮孔与轴的配合是否适当，并用涂色法检验两个齿轮的啮合情况。安装时，要避免齿轮在轴上歪斜和产生变形。当齿轮和轴的过盈量不大时，可用手工具敲击压装；但对于过盈量较大和精度要求较高的齿轮，则最好采用专用的压入工具。

(3) 齿轮传动机构装配质量的检查 齿轮传动机构装配后，对于啮合质量的检验主要是进行齿侧间隙和接触斑点的检验。

检验齿侧间隙一般采用压铅法，即将铅片或铅丝放在齿轮间，旋转齿轮后，对被压扁的铅片或铅丝进行测量，其厚度即为齿轮的齿侧间隙；也可用塞尺进行测量。一般传动齿轮的齿侧间隙为 $0.041 \sim 0.078\text{mm}$ 。

相互啮合齿轮的接触斑点，可用涂色法进行检验。在轮齿的高度上，接触斑点一般不应少于 $30\% \sim 50\%$ ；在轮齿的长度上，一般不应少于 $40\% \sim$

70%。通过涂色检验，还可以判断装配时产生误差的原因（图 8-10）。

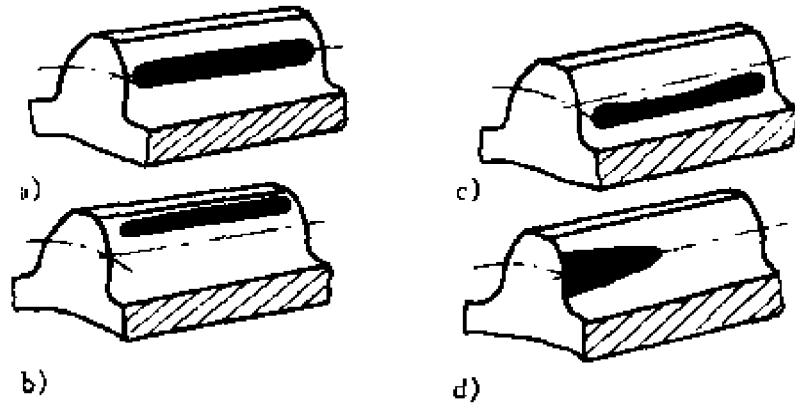


图 8-10 用涂色法检验啮合情况

- a) 正确的 b) 中心距太大
c) 中心距太小 c) 中心线歪斜

当接触斑点的位置正确，而面积太小时，可在齿面上加研磨剂进行研磨，以达到足够的接触面积。

7. 蜗杆传动机构的装配

装配蜗杆传动机构的主要技术要求是：要保证蜗轮上齿的圆弧中心与蜗杆的轴线在同一个垂直于蜗轮轴线的平面内，具有正确的啮合中心距，并要

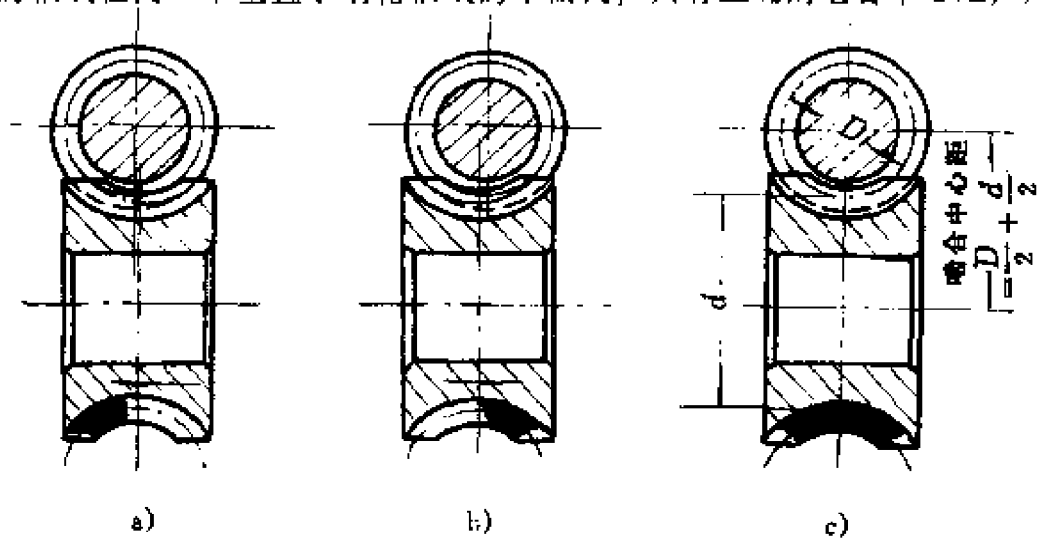


图 8-11 用涂色法检验蜗杆与蜗轮两轴线是否在同一平面上

- a)、b) 不在同一平面内 c) 在同一平面内

有适当的啮合侧隙和正确的啮合接触面。其调整方法是：在蜗杆上均匀地涂一层显示剂，转动蜗杆，按蜗轮上的接触印痕来判断啮合的质量。如图 8-11 所示，a、b 为两轴线不在同一平面内的情况。如果蜗杆的位置已固定，则可按箭头方向调整蜗轮的轴向位置使达到要求（如图中 c 所示）。

蜗杆传动的装配精度见表 8-16。蜗杆与蜗轮啮合时的齿侧间隙见表 8-17。

表 8-16 蜗杆传动的装配精度

精度等级	偏差和公差代号	模数 m (mm)	中心距 (mm)			
			>40~80	>80~160	>160~320	>320~630
			μm			
7	接 触 斑 点		按齿高不小于 50% 按齿长不小于 35%			
	$\Delta s_A, \Delta r_A$	>1~30	± 42	± 55	± 70	± 85
	$\Delta s_g, \Delta r_g$	>1~30	± 34	± 42	± 52	± 65
	轴心线歪 斜度公差	>1~2.5 >2.5~6 >6~10 >10~16	13 18 26 36			
8	接 触 斑 点		按齿高不小于 50% 按齿长不小于 50%			
	$\Delta s_A, \Delta r_A$	>1~30	± 65	± 90	± 110	± 130
	$\Delta s_g, \Delta r_g$	>1~30	± 52	± 65	± 85	± 105
	轴心线歪 斜度公差	>1~2.5 >2.5~6 >6~10 >10~16	17 22 34 45			
9	接 触 斑 点		按齿高不小于 30% 按齿长不小于 35%			
	$\Delta s_A, \Delta r_A$	>1~30	± 105	± 140	± 180	± 210
	$\Delta s_g, \Delta r_g$	>1~30	± 85	± 106	± 130	± 170
	轴心线歪 斜度公差	>1~2.5 >2.5~6 >6~10 >10~16	21 28 42 55			

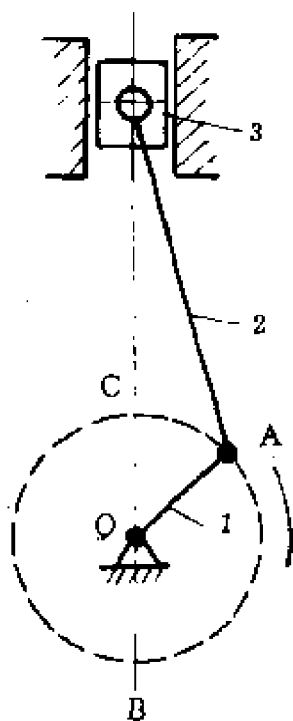
表 8-17 齿侧保证间隙

中心距 (mm)	>40~80	>80~160	>160~320	>320~630
齿侧保证间隙 (mm)	95	130	190	260

蜗杆传动机构装配后，不但要检验其齿侧间隙和啮合情况，而且还要检验其旋转的灵活性，即不论蜗轮停止在任何位置，旋转蜗杆时，都不应有咬住现象。

8. 曲轴、连杆、活塞机构的装配

(1) 曲轴、连杆、活塞机构的动作原理



曲轴、连杆、活塞机构可用来改变运动的性质，实现转动和直线运动的转换。其动作原理如图 8-12 所示。从图中可以看到，它由曲轴 1、连杆 2 及活塞 3 组成。曲轴 1 绕定点 O 作旋转运动，连杆 2 两端用活动联接将曲轴和活塞连接起来。当曲轴由图示位置作顺时针旋转时，通过连杆带动活塞向下运动，当由 A 点转至 B 点时，活塞不能再向下运动，呈瞬时静止状态；A 点越过 B 点后，使活塞开始向上运动，当 A 点转至 C 点，活塞在滑套上部瞬时静止。曲轴连续转动，活塞就做上下往复运动。

(2) 曲轴、连杆、活塞机构的装配

1) 曲轴的装配：曲轴的装配应保证曲轴中心线和支承轴承中心线平行。为达到这一目的，基本措施就是刮研轴承。

装配时应注意，吊装曲轴时，在曲臂之间要用支

图 8-12 曲轴、连杆、活塞机构示意图

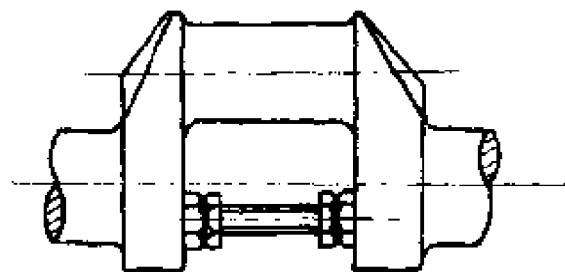


图 8-13 曲臂间用支柱支撑

柱支撑（图 8-13），以防产生变形。

主轴承的径向安装间隙见表 8-18。

表 8-18 主轴承与轴的安装间隙（mm）

主轴直径	内燃机（压缩机）			蒸汽机	
	转速 < 150 r/min	转速 150~500 r/min	转速 > 500 r/min	油线润滑	压力润滑
≤75		0.055~0.06	0.055~0.09	0.10	0.10
76~100		0.055~0.09	0.055~0.12	0.10	0.10
101~125		0.07~0.11	0.07~0.14	0.10	0.13
126~150		0.085~0.135	0.085~0.18	0.10	0.13
151~175		0.11~0.16	0.11~0.20	0.13	0.15
176~200		0.12~0.18	0.12~0.24	0.15	0.18
201~250	0.12~0.20	0.14~0.22	0.14~0.30	0.18	0.23
251~300	0.15~0.25	0.18~0.27	0.18~0.36	0.23	0.28
301~350	0.18~0.30	0.21~0.31		0.28	0.33
351~400	0.21~0.36	0.24~0.36		0.33	0.39
401~450	0.24~0.40	0.28~0.40		0.39	0.45
451~500	0.27~0.42	0.31~0.45		0.45	0.50

对于柴油机和压缩机，主轴承与轴径的配合间隙的通用数值为

$$\delta = 0.0005D + 12.5/n - 0.001D + 2.5/n \quad (\text{mm})$$

式中 D ——轴的直径；

n ——柴油机的转数。

有的中等负荷的柴油机，也可采用以下数值：

$$\delta = D/1000 \sim D/1500 \quad (\text{mm})$$

大负荷的柴油机可取 $\delta = 1.5D/1000$ （mm）。

对于蒸汽机，压力润滑的主轴承与轴径安装间隙的通用数值为 $(0.0009 \sim 0.0010) D$ ；油线润滑时为 $(0.0008 \sim 0.0009) D$ ，但间隙不得小于 0.1mm 或大于 0.5mm。

装配时，主轴承与轴径配合的最大允许间隙不得超过表 8-19 所规定的

数值。

表 8-19 主轴承与轴径的最大允许间隙 (mm)

主轴直径	内燃机 (压缩机)		蒸汽机	
	转速 ≤ 150 r/min	转速 > 150 r/min	油线润滑	压力润滑
≤ 150	0.25	0.30	0.26	0.31
151~200	0.30	0.35	0.30	0.35
201~250	0.35	0.40	0.34	0.40
251~300	0.40	0.45	0.38	0.45
301~325	0.40	0.45	0.40	0.45
326~350	0.45	0.50	0.42	0.48
351~400	0.45	0.50	0.46	0.50
401~450	0.50	—	0.48	0.52
451~500	0.55	—	0.50	0.55

2) 连杆的装配: 装配前, 应检查连杆两端大小孔中心线的平行度。对

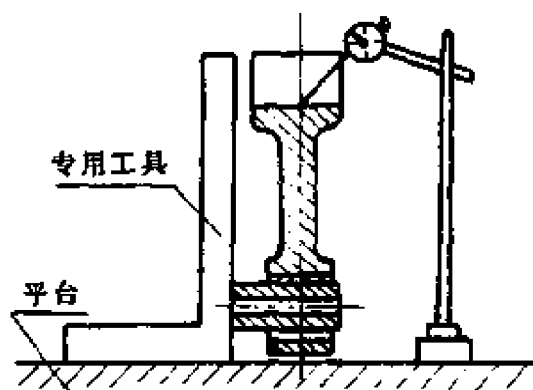


图 8-14 用专用工具检查连杆两端孔中心线的平行度

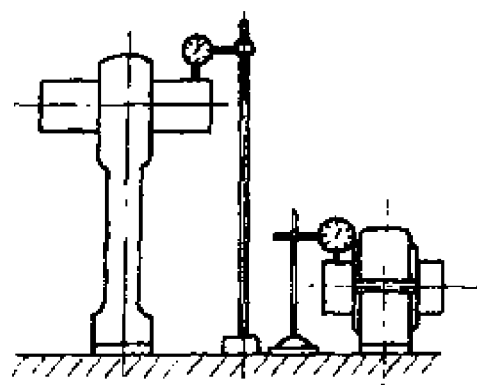


图 8-15 组合式连杆的分别检查

于整体式连杆, 应先将小端的衬套压入, 并与活塞销研配, 利用专用工具检查, 如图 8-14 所示。百分表沿轴向移动, 如读数超过标准范围, 则需修刮小端铜套, 而大端轴承孔绝不能修刮。

对于大端与杆身组合而成的组合式连杆, 可将它们分别置于平台上, 在

孔内插入假轴来检查，如图 8-15 所示。对于十字式连杆，可将其放于平台上，用塞尺检查下端面，使之紧密贴合；上端面放上水平仪，检查两端所联接的轴承孔，如图 8-16 所示。两孔中心线的平行度，一般应不超过 1000:0.15，否则应修刮。

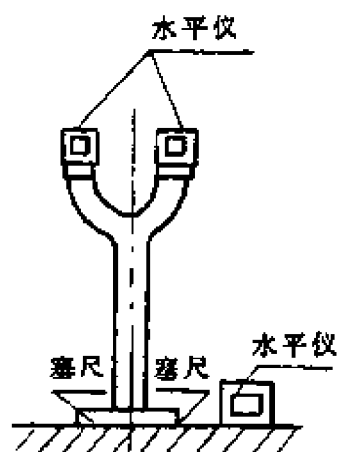


图 8-16 十字头式连杆的检查

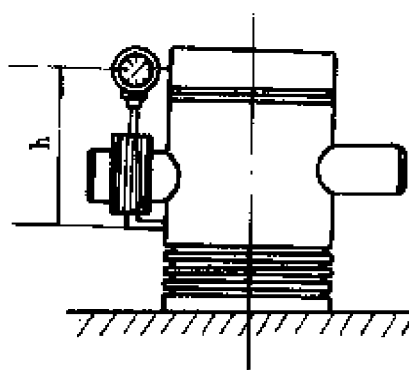


图 8-17 活塞销孔与活塞垂直度的检查

3) 活塞的装配

①活塞销的装配：装活塞销前应检查活塞销孔中心线与活塞体中心线的垂直度。检查方法如图 8-17 所示，用带有百分表和定位器的假轴测量两边，观察百分表读数的差异，一般每米不得大于 0.10mm。活塞销孔的椭圆度和锥度偏差不得超过直径公差 的 50%，活塞销孔的不同心度不得大于 0.01mm。

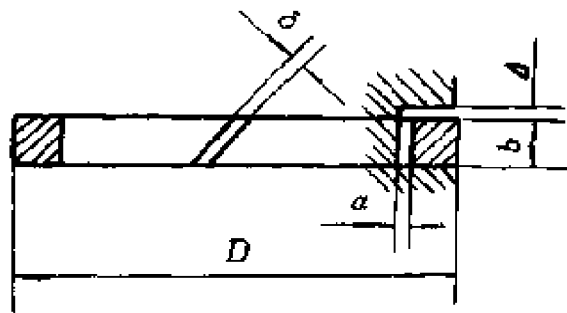
活塞销与活塞的装配数据见表 8-20。

表 8-20 活塞销与轴承和销孔的过盈及间隙 (mm)

活塞销直径	活塞销与轴承间隙		浮动式活塞销与孔间隙或过盈			固定式活塞销过盈
	青铜	白合金	铸铁活塞	铝活塞	有边轴承	
≤50	0.04~0.06		0~0.01	0.01~0.02	0.03~0.04	0~0.01
51~75	0.05~0.08		0.01~0.015	0.02~0.03	0.04~0.05	0.01~0.015
76~100	0.08~0.12		0.01~0.015	0.02~0.035	0.05~0.07	0.01~0.015
101~150	0.12~0.18	0.10~0.16	0.015~0.02	0.025~0.04	0.07~0.10	0.015~0.02
151~200	0.18~0.22	0.16~0.18			0.10~0.14	0.02~0.03
201~250	0.22~0.26	0.18~0.24			0.14~0.18	0.02~0.03

②活塞环的装配：在装配活塞环时，应检查活塞环的弹性和装配间隙。用手压合自由开口，松开手后，应能恢复原状；装配间隙见表 8-21。活塞环装入环槽内，应能用手转动，不得有阻滞现象。各环切口位置应互相交错，不得重合在一条线上。刮油环的切口应当朝下。

表 8-21 活塞环与活塞的装配间隙 (mm)



活塞环直径 D	径向背间隙 a		切口处安装热胀间隙 δ			与环槽相配的平面间隙 Δ		
	内燃机 压缩机	蒸汽机	内燃机	压缩 机	蒸汽机	内燃机及压缩机		蒸汽机
						最上两道环	其余环	
≤ 50	0.5	0.5	0.25~0.30	0.2	0.10~0.20	0.06~0.09	0.03~0.06	0.02~0.04
51~75			0.40~0.45	0.3	0.15~0.25			0.02~0.04
76~100			0.50~0.60	0.4	0.20~0.30			0.03~0.05
101~125	0.75	0.75	0.60~0.75	0.5	0.25~0.35	0.08~0.11	0.05~0.08	0.04~0.06
126~150			0.75~0.90	0.6	0.35~0.45			0.04~0.06
151~200			1.00~1.20	0.8	0.45~0.55			0.05~0.07
201~250			1.25~1.50	1.0	0.55~0.65			0.05~0.07
251~300			1.50~1.80	1.2	0.65~0.75	0.10~0.14	0.06~0.10	0.06~0.09

4) 曲轴、连杆、活塞机构的总装配：曲轴销与连杆大端采用滑动轴承联接，装配时应用涂色法检查、刮研，并调整轴承开口处的垫片，使其间隙合乎表 8-22 的要求；轴承两端面与曲轴臂之间也应保持有 $(0.01 \sim 0.05) d$ 的轴向间隙 (d 为轴径)。连杆小端轴承经修刮后与活塞销的间隙应符合表 8-20 的要求。活塞与气缸的装配间隙见表 8-23，并且活塞在上止点和下止点时前后左右的间隙应相等 (图 8-18)。活塞任意位置的偏斜度一般每 100mm 活塞行程不超过 0.02mm。

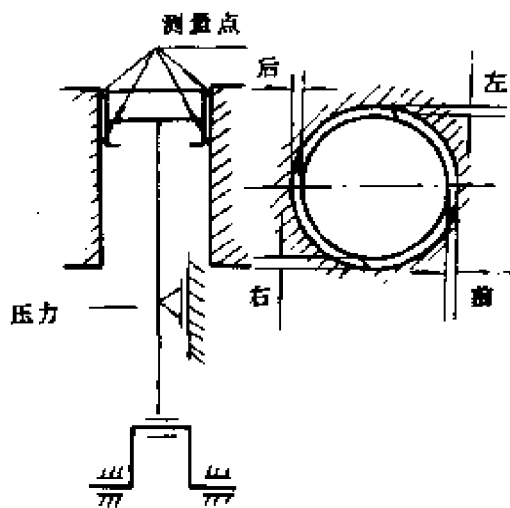


图 8-18 活塞与气缸间隙测量部位

表 8-22 曲轴销与连杆大端轴承的装配间隙 (mm)

轴 径	内 燃 机			蒸 汽 机	
	转速 < 150 r/min	转速 150~500 r/min	转速 > 500 r/min	油线润滑	压力润滑
≤100		0.085~0.095	0.095~0.11	0.10	0.10
101~150		0.085~0.14	0.11~0.165	0.10	0.13
151~200		0.14~0.19	0.165~0.22	0.13~0.15	0.15~0.18
201~250	0.15~0.20	0.19~0.24	0.22~0.27	0.18~0.20	0.20~0.23
251~300	0.20~0.25	0.24~0.29	0.27~0.33	0.23~0.25	0.25~0.28
301~350	0.25~0.30	0.29~0.33		0.28~0.30	0.30~0.33
351~400	0.30~0.34	0.33~0.38		0.33~0.36	0.36~0.39
401~450	0.34~0.38	0.38~0.43		0.39~0.42	0.42~0.45
451~500	0.38~0.42	0.43~0.48		0.45~0.47	0.47~0.50

表 8-23 活塞与气缸的装配间隙 (mm)

气缸直径	蒸汽机	内 燃 机						
		四冲程筒形活 塞裙部间隙		高中速二冲 程裙部间隙	筒形活塞顶部间隙		低速二冲程筒形铸 钢活塞、短活塞	
		铸铁活塞	铝活塞		冷却铸 铁、铝	无冷却	裙部间隙	顶部间隙
≤75	0.01~0.15	0.07	0.15	0.10	0.45~0.54	0.52~0.62		
76~100	0.15~0.20	0.075~0.10	0.18~0.20	0.12~0.15	0.54~0.58	0.62~0.66		
101~125	0.20~0.25	0.10~0.125	0.22~0.25	0.15~0.19	0.60~0.73	0.69~0.82		
126~150	0.25~0.30	0.125~0.15	0.27~0.30	0.18~0.23	0.75~0.90	0.86~1.00		
151~175	0.30~0.35	0.15~0.175	0.31~0.35	0.21~0.26	0.95~1.10	1.10~1.25		
176~200	0.30~0.35	0.175~0.20	0.36~0.40	0.24~0.30	1.10~1.30	1.25~1.50		
201~250	0.35~0.40	0.20~0.25	0.45~0.50	0.30~0.38	1.30~1.50	1.50~1.70	0.40~0.50	1.5~1.7
251~300	0.40~0.45	0.25~0.30	0.54~0.60	0.36~0.45	1.50~1.80	1.80~2.05	0.50~0.60	1.8~2.1
301~350	0.45~0.50	0.30~0.35		0.42~0.52	1.90~2.10	2.15~2.40	0.60~0.70	2.2~2.4
351~400	0.50~0.60	0.35~0.40		0.48~0.60	2.20~2.40	2.50~2.75	0.70~0.80	2.5~2.8
401~450	0.60~0.70	0.40~0.45		0.54~0.68	2.50~2.70	2.85~3.10	0.80~0.90	2.9~3.1
451~500	0.60~0.70	0.45~0.50		0.60~0.75	2.80~3.00	3.20~3.40	0.90~1.00	3.2~3.4
501~550	0.70~0.80	0.50~0.55		0.66~0.82	3.10~3.30	3.55~3.75	1.00~1.10	3.6~3.8
551~600	0.70~0.80	0.55~0.60		0.72~0.90	3.40~3.60	3.90~4.10	1.10~1.20	3.9~4.1
601~650	0.80~0.90	0.60~0.65		0.78~0.97	3.70~3.90	4.20~4.45	1.20~1.30	4.2~4.4
651~700	0.80~0.90	0.65~0.70		0.84~1.05	4.00~4.20	4.55~4.80	1.30~1.40	4.6~4.8
701~750	0.90~1.10	0.70~0.75		0.90~1.10	4.30~4.50	4.90~5.20	1.40~1.50	4.9~5.2
751~800	0.90~1.10				4.60~4.80	5.30~5.60	1.50~1.60	5.3~5.6

十字头轴与轴承的装配间隙见表 8-24; 滑块与导板的间隙按图 8-19 测量, 其间隙见表 8-25。活塞倾斜, 可以修锉连杆下端面, 或修刮曲轴销轴承

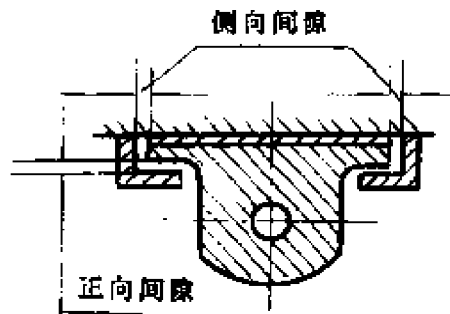


图 8-19 滑块与导板间隙测量部位

和十字头轴承来消除。

表 8-24 十字头轴与轴承的装配间隙(mm)

十字头轴直径	内 燃 机		蒸汽机(直径间隙)	
	径向间隙	轴向间隙	油线润滑	压力润滑
≤50	0.04~0.06	0.25~0.40	0.05	0.08
51~75	0.05~0.07	0.30~0.40	0.05~0.08	
76~100	0.06~0.10	0.30~0.45	0.08	0.08~0.10
101~125	0.08~0.13	0.38~0.62	0.08	0.10
126~150	0.10~0.15	0.38~0.62	0.10~0.13	0.13
151~175	0.12~0.17	0.45~0.65		
176~200	0.13~0.18	0.50~0.80	0.10~0.13	0.13~0.15
201~225	0.15~0.20	0.50~0.80	0.13	0.15
226~275	0.17~0.23	0.50~0.80		
276~300	0.20~0.28	0.55~0.85	0.15	0.20

表 8-25 滑块与导板的间隙(mm)

十字头轴直径	内 燃 机		蒸汽机	
	工作平面	侧向面	工作平面	侧向面
≤50	0.08~0.11	0.10~0.16	0.05~0.11	0.10~0.16
51~75	0.10~0.13	0.12~0.16	0.10~0.13	0.12~0.18
76~100	0.10~0.13	0.12~0.18	0.10~0.13	0.12~0.18

(续)

十字头轴直径	内 燃 机		蒸 汽 机	
	工作平面	侧向面	工作平面	侧向面
101~125	0.13~0.16	0.15~0.25	0.13~0.16	0.15~0.25
126~150	0.13~0.16	0.15~0.25	0.13~0.16	0.15~0.25
151~175	0.15~0.20	0.15~0.25	0.15~0.20	0.15~0.25
176~200	0.15~0.20	0.18~0.25	0.15~0.20	0.18~0.28
201~225	0.15~0.20	0.20~0.32	0.15~0.20	0.20~0.30
226~250	0.17~0.24	0.20~0.32	0.17~0.24	0.20~0.32
251~275	0.17~0.24	0.20~0.32	0.17~0.24	0.20~0.32
276~300	0.20~0.28	0.22~0.35	0.20~0.28	0.22~0.35

六、部件装配

将两个以上的零件按要求,用各种不同的方式联接起来,使之成为产品的一部分称为部件装配。

部件装配是总装配的基础。部件装配质量的好坏,直接影响着总装配的进行和产品的质量。

部件装配的缺点,如果总装配时才发现,就会造成返工,耽误总装配的时间;更严重的是某些缺点,可能在产品使用时才发现以致造成事故,所以部件装配一定要保证质量。

1. 装配程序

部件装配的过程包括以下四个阶段:

1) 装配前,按图纸检查零件的加工情况,并根据需要进行适当的补充加工,如钻孔、铰孔、攻丝等。

2) 对配合零件进行选配、修配和研配,使之合乎要求;对组合件进行装配,并进行零件的相互试配。

3) 部件的装配和调整。

4) 部件试验。即根据部件的专门用途进行工作试验。例如,对齿轮箱进行空转试验及负荷试验;对某些转动部件进行平衡试验;对有密封性要求的部件进行水压(或气压)试验等。

只有通过试验,确定合格的部件,才能进行总装配。

2. 装配注意事项

部件装配时,应注意以下事项:

- 1) 要记录下部件试验所得的数据;
- 2) 相互配合的零件要作好标记;
- 3) 零件之间的相对位置,重要的要进行铅封;
- 4) 不马上进行总装配的部件应作好防锈、防尘保养。

七、总 装 配

将预先装好的部件、组件和一些零件组合成为产品的过程叫总装配。

1. 总装配的任务

总装配的工作范围,包括零件与部件的联接、部件与部件的联接,以及在联接过程中,部件与部件相对位置的校正、部件与基面(如机座或床身等的导轨)相对位置的调整和校正等。在各部件间的装配位置确定以后,进行钻孔、攻丝、铰销孔以及总体性的联接和装配工作。

2. 总装配的组织形式

根据产品的复杂程度和批量,总装配的组织形式一般分为以下两种:

(1) 分组法 分组法系指对所装配的产品,从总装配、调整、空转试验、负荷试验、精度检验、直至成品为止,完全由一个装配小组负责到底。此种形式,当装配工作量较大时,装配的周期较长,影响装配场地的周转,并且每个装配小组都需要配置一套工具和工艺装备,很不经济。因此,分组法一般常用于单件、小批生产中。

(2) 分工序法 分工序法又叫流水作业法,它是由几个人组成一个小组专门装配产品的某一工序(包括几个部件),各工序间又按照工艺过程组成流水作业线。这种组织形式,比采用分组法装配,速度快、周期短,并且可减少工艺装备的需要量。

分工序法是一种比较完善的组织形式。此种形式有利于采用机械化、自

动化的输送方式(如辊道、输送带、传送链、回转工作台、机械手等),因此,常用于大批量生产中。

3. 总装配时应注意的事项

- 1)严格按照工艺规程所规定的操作步骤和使用工具进行装配;
- 2)在装配过程中,应遵循从里到外、从上到下、以不影响下道工序为原则的次序进行;
- 3)装配时要认真细心地进行,对各配合零件的操作,不能破坏其本身的精度和光洁度;
- 4)在任何情况下,均应保证脏物不进入机器的零、部件内;
- 5)机器总装后,要在滑动和旋转部分加润滑油,以防在运转时有拉毛、咬住或烧毁的危险;
- 6)最后,要严格按照技术要求,进行逐项的检查工作。如油路要畅通,手柄位置要正确,各种变速和变向机构要操纵灵活等等。

八、润 滑

为了避免机体间直接接触和减少机件相对运动部分的摩擦,在机器设备装配、试验和使用中必须进行润滑。设备润滑一般采用润滑剂。润滑剂还起散热的作用。

润滑剂分为润滑油和润滑脂两种。

1. 润滑油

(1)对润滑油的要求

- 1)润滑油应具有一定的粘度,以保证在相对运动的零件上具有持久的油膜,保持润滑能力。
- 2)润滑油不得腐蚀机械零件,不得含有水分和机械杂质。温度变化时,其粘度改变的幅度要小。
- 3)润滑油在使用中不得形成大量的积灰和沥青层。
- 4)润滑油必须经过化验,确定符合规定要求后,方能使用。
- 5)加入设备内的润滑油必须经过过滤,并且所加油量必须达到规定的油标位置。
- 6)凡需两种油料混合使用时,应先按比例配合好,然后再使用。

7) 液压系统的油液, 必须特别注意清洁, 不得使用再生油液。

(2) 常用润滑油的主要性能 见表 8-26 和表 8-27。

表 8-26 机械油的主要性能要求(GB443—84)

项 目	质 量 指 标									
	N5	N7	N10	N15	N22	N32	N46	N68	N100	N150
运动粘度(40℃, mm ² /s)	4.14~5.06	6.12~7.48	9.00~11.00	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90.0~110	135~165
倾点(℃)	实测	实测	实测	实测	实测	实测	实测	实测	实测	实测
凝点(℃) 不高于	-10	-10	-10	-15	-15	-15	-10	-10	0	0
残炭(%) 不大于	—	—	—	0.15	0.15	0.15	0.25	0.25	0.5	0.5
灰分(%) 不大于	0.005	0.005	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
水溶性酸或碱	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
酸值(mgKOH/g) 不大于	0.04	0.04	0.04	0.14	0.14	0.16	0.2	0.35	0.35	0.35
机械杂质(%) 不大于	无	无	无	0.005	0.005	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007
水分(%)	无	无	无	无	无	无	无	无	痕迹	痕迹
闪点(开口,℃) 不低于	110	110	125	165	170	170	180	190	210	220
腐蚀(T3, 100℃, 3h)	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格
色度(号) 不深于	8 (1.5)	8 (1.5)	8 (1.5)	9 (1.5)	13 (2.5)	15 (3.0)	20 (5.5)	20 (5.5)	24 (7.5)	24 (7.5)

注:1. 括号内数据为相当于 ASTM1500 的色度号, 作参考用。

2. 用户要求不加降凝剂时 N5~N68 允许凝点不高于 -5℃ 出厂。

3. 用糠醛或酚精制各号机械油规定不含糠醛和酚。

表 8-27 常用齿轮、蜗杆油的主要性能和用途

名称	代号	运动粘度 mm ² /S		闪点 开口 ℃ 不低于	凝点 ℃ 不高于	主要用途
		40℃	50℃			
SY1172-80 抗氧防锈工业齿轮油	N68	61.2~74.8	37.1~44.4	170	-8	一般齿轮, 齿面应力小于 350~500N/mm ² 时的润滑
	N100	90~110	52.4~63.0			
	N150	135~165	75.9~91.2			
	N220	198~242	108~129	200		
	N320	288~352	151~182			
	N460	414~506	210~252			
GB5903-86 中负荷工业齿轮油	N68	61.2~74.8	37.1~44.4	170	-8	有冲击的低负荷齿轮及中 负荷齿轮齿面应力为 500~ 1000N/mm ² , 如化工、冶金、 矿山等机械的齿轮
	N100	90~110	52.4~63.0			
	N150	135~165	75.9~91.2			
	N220	198~242	108~129	200		
	N320	288~352	151~182			
	N460	414~506	210~252			
GB3141 重负荷工业齿轮油	N68	61.2~74.8	37.1~44.4	170	-8	高负荷齿轮, 齿面应力大 于 1100N/mm ² , 冶金、轧钢、 井下采掘机械用齿轮
	N100	90~110	52.4~63.0			
	N150	135~165	75.9~91.2			
	N220	198~242	108~129	200		
	N320	288~352	151~182			
	N460	414~506	210~252			
蜗轮蜗杆油	N680	612~748	300~360	220		
	N220	198~242	108~129			
	N320	288~352	151~182			
	N460	414~506	210~22			
	N1000	900~1100	425~509			

2. 润滑脂

润滑脂俗称黄油或黄干油, 颜色从淡黄到深褐色。当机件不适于用润滑油时, 可采用高粘度的润滑脂。

(1) 对润滑脂的要求

1) 润滑脂在任何负荷下, 均需保持良好的润滑性能, 并具有适当的流动性;

2) 当温度变化时, 润滑脂只应稍稍改变其稠度, 但在使用和保管期内绝不允许变质。

(2) 润滑脂的性能和用途 见表 8-28~8-30。

表 8-28 常用润滑脂的主要性能和用途

名称	牌号	滴点 ℃ 不低于	工作锥入度 (25℃ 150g) 1/10mm	用途
钠基润滑脂 (GB429—89)	2	160	265~295	工作温度在 -10~110℃ 的一般中负荷机械设备轴承润滑; 不耐水(或潮湿)
	3	160	220~250	
钙钠基润滑脂 (ZBE36001—88)	ZGN—1	120	250~290	在 80~100℃、有水分或较潮湿环境中工作的机械润滑; 多用于铁路机车、列车; 小电动机、发电机滚动轴承(温度较高者)润滑; 不适于低温工作
	ZGN—2	135	200~240	
压延机用润滑脂 (GB493—65)①	ZGN40—1	80	310~355	轧钢机、滚道、矫正机等重型设备轴承润滑; ZGN40—1 适用集中润滑系统, ZGN40—2 适用于单机润滑
	ZGN10—2	85	250~295	
石墨钙基润滑脂 ZBE36002—88	ZG—S	80	—	人字齿轮、起重机、挖掘机的底盘内轮、矿山机械、绞车钢丝绳等高负荷、高压力、低速度的粗造机械润滑及一般开式齿轮润滑; 能耐潮湿
滚珠轴承脂 (SY1514—82)①	ZGN69—2	120	250~290 -40℃ 时 为 30	机车、汽车、电机及其他机械的滚动轴承润滑
通用锂基润滑脂 (GB7324—87)	ZL—1	170	310~340	适用于 -20~120℃ 宽温度范围内各种机械的滚动轴承、滑动轴承及其它摩擦部位的润滑
	ZL—2	175	265~295	
	ZL—3	180	220~250	
二硫化铝锂基脂	ZL—1E	175	310~340	具有良好的极压性能。用于高负荷和高温下操作的冶金、矿山、化工机械设备的润滑, 使用温度不高于 145℃, 同类型产品有二硫化铝合面锂基脂
	ZL—2E		265~295	
	ZL—3E		220~250	
	ZL—4E		175~205	
	ZL—5E		130~160	
7407 号齿轮润滑脂 SY4036—84		160	75~90	适用于各种低速、中、重载荷齿轮、链和联轴器等部位的润滑, 使用温度 ≤120℃, 可承受冲击载荷 ≤25000MPa

注: ①该标准经 1988 年确认, 继续执行。

表 8-29 二硫化钼润滑脂的主要性能和用途

名 称	代号	滴点 ≥ (℃)	工作针入度 1/10mm	用 途
润滑脂	1 [#]	230	260~300	1. 适用于圆周速度 15m/s、温度 140℃ 以下的高温、高速滚动轴承，如丝锥铲磨机、板牙铲床、内、外圆磨床、万能工具磨床、20000r/min 电动机等高速机床轴承 2. 用作金属和设备的表面防护剂
	2 [#]	240	180~220	有耐湿、耐热性能，用于工作温度低于 180℃ 的滚动轴承，如离心浇注机、热处理炉子支架轴承，高温滚道轴承等，但不适于工作温度低于 80℃ 的设备润滑
	3 [#]	220	240~280	适用于 40~140℃、15000r/min 以下、负荷 400MPa 以下的各类滚动轴承，如大型电动机、发电机轴承、1250℃ 压力机飞轮轴、大型吊车轮轴、高压鼓风机及空压机轴承，高速铣床、磨床、刨床、煤气鼓风机及减速机等重型机电设备滚动轴承润滑
	4 [#]	210	290~330	适用于 20~80℃、3000r/min、常见的中小型机电设备，如鼓风机、水泵、汽车等的滚动轴承。也适用于各种油杯加油的轴瓦及间隙 0.5mm 以上的重负荷设备轴瓦润滑
	5 [#]	180	290~330	适用于局部或集中润滑的轧钢机、压延机等重负荷轴承，其流动性较好
复合钙基 润滑脂	ZFG-1	180	310~350	由复合钙基脂添加二硫化钼而成，有耐高温、耐潮湿、抗极压性能，适用于高温高负荷机械设备润滑
	ZFG-2	200	260~300	
	ZFG-3	220	210~250	
	ZFG-4	240	160~200	
合成复合 铝基润滑脂	ZFU-1	180	310~340	由复合铝基脂添加二硫化钼而成，有耐水、耐高温、抗极压性能，适用于高温高负荷机械设备润滑
	ZFU-2	200	265~295	
	ZFU-3	220	220~250	
	ZFU-4	240	175~205	

注：1[#]~4[#]润滑脂不适用于低温操作设备及电动或风动干油泵输送的机械润滑。

表 8-30 膨润土润滑脂的主要性能和用途

代 号	滴点 > (°C)	工作针入度 1/10mm	用 途
J-1 ^F	250	310~340	适用于潮湿及工作温度为 -20~150°C 的轻负荷、高转速滚珠轴承润滑
J-2 ^F	250	265~295	适用于潮湿及工作温度为 -20~200°C 的轻、中负荷，高转速滚珠轴承润滑
J-3 ^F	250	220~250	适用于潮湿及工作温度为 0~200°C 的中、重负荷，中、低转速滚珠轴承润滑
J-4 ^F	250	175~205	适用于潮湿及工作温度为 50~200°C 的重负荷、低转速滚珠轴承润滑

九、调整和试验

1. 调整

调整的目的在于查明机器各部分的相互作用及各个机构工作的协调性，并使之达到设计和使用要求。

2. 试验

试验的目的是为了确定机器工作的正确性和可靠性。

试验前，操作者和检查人员，应对所装好的机器进行复查，当确实没有问题后，将各润滑部位加满油，即可进行试验。

(1) 空转试验 空转试验的作用，一方面是检查机器各部分的运转情况和装配质量，另一方面是使滑动或转动表面互磨，以消除加工表面的刀痕和粗糙不平度。

空转试验可在装配现场就地进行，也可将机器或部件安装在试验台上转动。开始时，应用较慢的转速，然后逐渐增加到机器的运转速度。

空转试验时，要特别注意机器的传动、机器各部分摩擦表面的情况、润滑系统的工作以及轴承的工作情况和温度等等。机器运转中，当发现特别的声音或温度过高时，要立即停车检查，消除故障后再进行试验，直至机器各

部分的工作达到正常时为止。

(2) 负荷试验 负荷试验的目的在于考核机器的承受能力是否达到了原设计的要求，并进一步发现机器存在的毛病，如零件材料的选用和热处理工艺是否合理、零件的制造精度和装配质量是否达到了要求，各部间隙调整得是否合适、设计的结构是否合理等等。

负荷试验的要求决定于机器的结构和用途以及对机器使用的要求，但其共同点是，通过负荷试验，必须测量出机器的性能指标，如：机床的走刀量、吃刀深度和工件的加工精度；内燃机的耗油量、功率、转速、扭矩和排气温度等。如果这些指标不符合原设计的要求，则必须加以调整，使之达到要求。

试验时所加的负荷要逐渐增加，分三四次或更多次逐步加到 100%，直至超负荷。在每增加一次负荷时都要记录各个试验数据，观察其工作是否正常。发现问题，必须马上停车检修，修理后再继续进行试验，直至负荷试验完全合格为止。

十、装配后的整理和修饰

机器经过部装、总装和调试以后，便进入结尾整理阶段。这个阶段的工作包括各种门、盖、罩和指示牌的安装及整个机器的表面修饰等。

修饰目的在于防止机器表面锈蚀，使外表美观。

机器外表面的修饰，就是在不加工表面上涂漆，在加工表面上涂防锈油。

以上工序完成后，全部装配工作才算结束。最后，经检查部门检验合格，方可装箱出厂。

第九章 修理钳工

一、修理的基本概念

任何设备，经长期使用后，某些零件就会磨损或损坏，造成设备的工作性能、精度和效率降低。例如：机床出现不正常的响声和噪音或加工精度降低；挖土机的发动机扭矩减小；柴油机出现润滑油和燃料的消耗量增加等等。

磨损是由于摩擦和各种化学因素（如腐蚀、氧化、高温作用等）长期作用的结果。磨损的标志是零件变形和尺寸改变。当设备零件损坏、其尺寸和形状超出了允许的偏差时，就需要进行修理。设备的修理，一般由修理钳工来完成。

根据设备的使用时间和损坏程度，修理工作分为以下三种形式：

1. 小修

小修是一种维护性的修理。主要是消除设备在使用中由于零件磨损或操作保养不良造成的局部损伤，以维持设备的正常运转。一般情况下，设备的小修应每年进行一次。

2. 中修

中修是有针对性的修理。主要是修理某一损坏部分或解决各零、部件之间的不协调，以保证设备的正常运转。

3. 大修

大修是设备使用一定年限后进行的一种恢复性的修理。修理时，要拆卸所有的零、部件，并进行清洗和检查，更换或修复全部磨损零件，对主体部分进行修整，通过大修应消除所存在的一切故障，基本上恢复设备原有的技术性能，并尽可能提高设备的耐用度。在许可的情况下，大修还应包括对设备进行某些小的改装。

修理工作（特别是设备大修）的一般过程如下：准备→拆卸→清洗与检查→确定修理方案→更换或修复零件→装配、调整和试运转。

二、修理前的准备工作

设备修理前，需要进行以下准备工作：

- 1) 访问使用单位，了解设备的使用情况和出现的问题，以便心中有数。
- 2) 进行外观检查，发现问题（如外部缺陷和损坏及零件的丢失等）及时作好记录。
- 3) 查阅设备说明书及有关图纸资料，弄清它的结构和零件间的相互关系。
- 4) 准备修理工具和材料。

三、拆 卸

拆卸是修理工作的一部分。当零部件损坏、设备不能正常运转时，首先要进行拆卸，找出故障原因，然后才能确定修理方法。特别是当设备进行大修时，拆卸工作尤为重要。

1. 拆卸前的准备

设备拆卸前，需做好下列准备工作：

- 1) 研究设备和部件的装配图、传动系统图，了解零部件的联接和固定方法；
- 2) 熟悉零部件的构造，了解每个零件的用途和相互之间的关系，并记牢典型零件的位置；
- 3) 了解被拆零件的装配间隙，测量出它与有关零部件的相对位置，并作出标记和记录；
- 4) 研究正确的拆卸方法；
- 5) 准备好必要的工具和设备。

2. 拆卸方法

(1) 击卸 击卸是用锤击的力量，使配合零件移动。这是一种最简便的拆卸方法，适用于结构比较简单、坚实或不重要的场合。锤击时，要谨慎小

心，因为如果方法不当，就可能打坏零件。击卸常用的工具有铁锤、铜锤、木锤、冲子以及铜、铝、木质垫块等。击卸滚动轴承时，要左右对称交换地去敲击，且不可只在一面敲击，以免座圈破裂。

(2) 压卸和拉卸 压卸和拉卸比击卸好，加力比较均匀，方向也可以控制，因而零件偏斜和损坏的可能性较小。这种方法适用于拆卸尺寸较大或过盈较大的零件。它常用的工具有压床和拉模。图 9-1 所示为用压床压出轴承的方法。拉模常用于拆卸带轮等。

(3) 加热拆卸 加热拆卸是利用金属热胀的特性来拆卸零件的，这样，在拆卸时，就不会像击卸或压卸那样产生卡住或损伤零件的现象。这种方法常常在过盈大（超过 0.1mm）、尺寸大，无法压卸时采用。

在实际应用中，零件的加热温度不宜超过 100~120℃，否则，零件容易变形，失去它原有的精度。图 9-2 所示为加热拆卸轴承的情况，除了用拉模向外拉以外，同时还要用加热到 90~100℃ 的热机油浇到轴承的内圈上。为了不使热油浇到轴上，在靠近轴承内圈的轴端包上石棉或硬纸板。这样，当轴承内圈受热膨胀与轴配合松动时，就可轻松地将轴承卸下来。拆卸的时候，拉模的爪抓在轴承内圈上，以拉模的丝杠顶住轴端，然后拧紧丝杠即可。

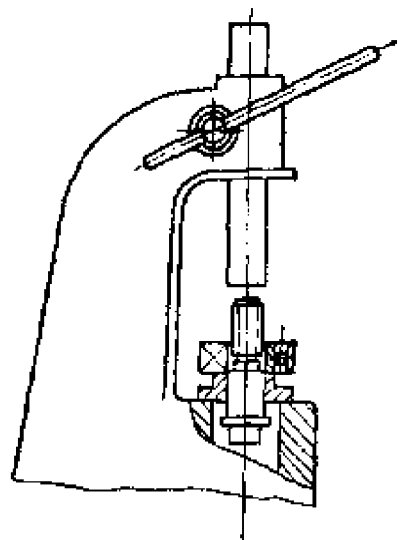


图 9-1 用压床压卸轴承

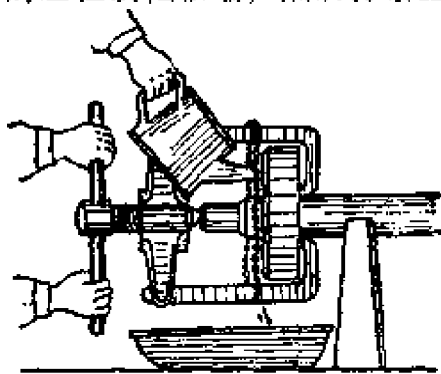


图 9-2 加热拆卸轴承

总之，要根据零部件的配合情况，选择合理的拆卸方法。如果是过渡配合，可采用击卸；如果是过盈配合，则可采用压卸或加热拆卸的方法。拆下的零件要放在木板上或箱子中妥善保管，以防受潮生锈。零件不要一个个地堆积起来，以免互相碰撞、划伤和变形。零件多时要进行编号，以免装配时搞错。大型零件（如床身、箱体等）可放在地板上或低的平台上；较小的零件（如螺钉、螺母、垫圈、销子等）

可放在专用箱子内；细长的零件（如长轴、丝杠等）可垂直悬挂起来，以免弯曲变形。

3. 几种常见联接的拆卸

(1) 销联接的拆卸 拆卸销钉时可用冲子冲出（冲锥销时要冲小头）。冲子的直径要比销钉直径小一些，打冲时要猛而有力。当遇到销钉弯曲打不出来时，可用钻头钻掉销钉。这时，所用钻头的直径应比销钉直径小一些，以免钻伤孔壁。

圆柱形的定位销，在拆去被定位的零件之后，常常留在主体上，如果没有必要，不必去动它；必须拆下时，可用尖嘴钳拔出。

(2) 键联接的拆卸

1) 平键联接的拆卸：轴与轮的配合一般采用过渡配合和间隙配合。拆去轮子后，如果键的工作面良好，不需更换，一般都不要拆下来。如果键已经损坏，可以用油槽铲铲入键的一端，然后把键剔出来；当键松动的时候，可用尖嘴钳拔出来。滑键上一般都有专门供拆卸用的螺纹孔，这时，可用适合的螺钉旋入孔中，顶住槽底轴面，把键顶出来。当键在槽中配合很紧，又需要保存完好，而且必须拆出的时候，可在键上钻孔、攻螺纹，然后用螺钉把它顶出来。这时，键上虽然开了一个螺纹孔，但对键的质量并无影响。

2) 斜键联接的拆卸：斜键的上下两面均为工作面，装入后会使得轮后轴产生偏心，因此在精密装配中很少采用。拆卸斜键时，只需要注意拆卸方向就行了。拆卸时，应用冲子从键的较薄的一端向外冲出。如果斜键带有钩头，可用钩子拉出；如果没有钩头，就只能在键的端面开螺纹孔，拧上螺钉把它拉出来。

(3) 螺纹联接的拆卸 普通的螺纹联接是容易拆卸的，只要使用各种扳手向左旋拧即可松扣。对于日久失修、生锈腐蚀的螺纹联接，可采用以下措施拧松：

1) 用煤油浸润，即把联接件放到煤油中，或者用布头浸上煤油包在螺钉头或螺母上，使煤油渗入联接处。一方面可以浸润铁锈，使它松软；另一方面可以起润滑作用，便于拆卸。

2) 用锤子敲击螺钉头或螺母，使联接受到震动而自动松开少许，以便于拧卸。

3) 试着把螺扣拧松一下。

上面几种措施应依次使用，如果都用过以后仍然拆不下来，那就只好用力旋转，准备损坏螺钉或螺母了。

从螺纹孔中拆卸已经被扭断的螺钉头时，可采用下列方法：

1) 如果螺钉仍然有一部分在孔外面，可以在顶面上锯出一槽口，用螺钉旋具旋动；或者把两侧锉平，用扳手转动；

2) 断在孔中的螺钉，可以在螺钉中钻孔，在孔中插入取钉器旋出；

3) 实在无法拆出的螺钉，可以选用直径比螺纹小径小 0.5~1mm 的钻头，把螺钉钻除，再用丝锥旋去。

除了普通螺纹以外，还有一些螺纹联接属于过盈配合。拆卸时，可将带内螺纹的零件加热，使其直径增大，然后再旋出来。

4. 拆卸注意事项

1) 拆卸前必须了解清楚设备及其部件的结构，以便拆卸和修理后再装配时能有把握地进行。

2) 一般拆卸应按与装配相反的顺序进行。

3) 拆卸时，零件回松的方向、厚薄端、大小头，必须辨别清楚。

4) 拆下的零部件必须有次序、有规则地安放，避免杂乱和堆积。

5) 拆下的零件要尽可能按原来结构联接在一起（如螺钉、螺母、垫圈、销子等）。必要时，有些零件需标上记号（打上钢印字母），以免装配时发生错误而影响其原有的配合性质。

6) 可以不拆卸，或拆卸后可能降低联接质量的零部件，应尽量不拆卸，如密封联接、铆接等；有些设备或零部件标明不准拆卸时，应严禁拆卸。

7) 比较精密的细长零件（如丝杠、轴等），拆下后要悬挂立放，以免变形。

8) 对于相配合的零件，在必须拆坏其中一件的情况下，应当保存价值较高、制造较困难的零件。

四、清 洗

1. 概述

清洗乃是清除并洗净设备各零、部件加工表面上的油脂、污垢及其他杂质的过程。

清洗工作必须认真细致地进行。各机件间配合不适当，制造上的缺陷，运输存放过程中所造成的变形和损坏，都必须在清洗过程中发现和处理。

清洗时，要使用合理的方法，保护机件不受损伤，并使清洗后的机件十分清洁，以保证机械设备的正常运转，达到规范要求的精度。

2. 清洗前的准备

1) 熟悉设备图样和说明书，弄清楚设备的性能和所需润滑油的种类、数量及加油位置；

2) 设备清洗的场地必须清洁，不要在多尘上地区或露天进行。清洗前，场地应作适当清理和布置；

3) 准备好所需的清洗材料、用具和放置机件用的木箱、木架及需用的压缩空气、水、电、照明等设施。

4) 仔细检查设备外部是否完整，有无碰伤；对于设备内部的损伤，也要作出记录，并及时进行处理；

5) 准备好防火用具，时时刻刻注意安全。

3. 清洗材料和用具

(1) 清洗时常用的材料

1) 清洗除锈用的煤油、汽油、柴油、机械油、变压器油、松节油、丙酮、酒精、香蕉水以及各种碱性清洗液（见表 8-15）等。

2) 擦洗用的棉纱、布头和砂布等。

3) 保持场地和环境清洁用的苫布、塑料布、席子等。

(2) 清洗用具 常用的清洗用具有油枪、油壶、油盘、油筒、毛刷、刮具、铜棒、软金属锤、皮老虎、防尘罩、空气压缩机、压缩空气喷头和清洗喷头等。

4. 清洗方法

为了去除机件表面的旧油、锈层和漆皮，清洗工作常按以下步骤进行：

(1) 初步清洗 初步清洗包括去除机件表面的旧油、铁锈和刮漆皮等工作。清洗时，用专门的油桶把刮下的旧干油保存起来，以作它用。

1) 去旧油：一般用竹片或软质金属片从机件下刮下旧油或使用脱脂剂（见表 9-1）去除。

表 9-1 脱脂剂的适用范围

脱脂剂名称	适用范围	附 注
二氯乙烷	金属制件	有剧毒、易燃、易爆，对黑色金属有腐蚀性
三氯乙烷	金属制件	有毒，对金属无腐蚀性
四氯化碳	金属和非金属制件	有毒，对有色金属有腐蚀性
95%乙醇	脱脂要求不高的设备和管路	易燃、易爆，脱脂性能较差
98%浓硝酸	浓硝酸装置的部分管和瓷环等	有腐蚀性
碱性清洗液	脱脂要求不高的部件和管路	清洗液应加热至 60~90℃

脱脂方法：小零件浸在脱脂剂内 5~15min；较大的金属表面用清洁的棉布或棉纱浸蘸脱脂剂进行擦洗；一般容器或管子的内表面用灌洗法脱脂（每处灌洗时间不少于 15min）；大容器的内表面用喷头喷淋脱脂剂冲洗。

2) 除锈：除锈时，轻微的锈斑要彻底除净，直至呈现出原来的金属光泽；对于中锈应除至表面平滑为止。应尽量保持接合面和滑动面的表面粗糙度和配合精度。除锈后，应用煤油或汽油清洗干净，并涂以适量的润滑油脂或防锈油脂。常用的除锈方法见表 9-2。

3) 去油漆：常用的去油漆方法有以下几种：

- ①一般粗加工面都采用铲刮的方法。
- ②精细加工面可采用布头沾汽油或香蕉水用力摩擦来去除。
- ③加工面高低不平（如齿轮加工面）时，可采用钢丝刷或用钢丝绳头刷。

(2) 用清洗剂或热油冲洗 机件经过除锈、去漆之后，应用清洗剂将加工表面上的渣子冲洗干净。原有干油的机件，经初步清洗后，如仍有大量干油存在，可用热油烫洗，但油温不得超过 120℃。

(3) 净洗 机件表面的旧油、锈层、漆皮洗去之后，先用压缩空气吹（以节省汽油），再用煤油或汽油彻底冲洗干净。

表 9-2 各种表面的除锈方法

项次	表面粗糙度 R_a (μm)	除锈方法
1	∇	用砂轮、钢丝刷、刮具、砂布、喷砂或酸洗除锈
2	50~6.3	用非金属刮具油石或粒度为 150 号的砂布蘸机械油擦除或进行酸洗除锈
3	3.2~1.6	用细油石，粒度为 150 号或 180 号的砂布蘸机械油擦除或进行酸洗除锈
4	0.8~0.2	先用粒度为 180 号或 240 号的砂布蘸机械油进行擦拭，然后再用干净的棉布（或布轮）蘸机械油和研磨膏的混合剂进行磨光
5	<0.1	先用粒度为 280 号的砂布蘸机械油进行擦拭，然后用干净的绒布蘸机械油和细研磨膏的混合剂进行磨光

注：1. 有色金属加工面上的锈蚀应用粒度号不低于 150 号的砂布蘸机械油擦拭。轴承的滑动面除锈时，不应用砂布；

2. 表面粗糙度 $R_a > 12.5\mu\text{m}$ 、形状较简单（没有小孔、狭槽、铆接等）的零、部件，可用 6% 硫酸或 10% 盐酸溶液进行酸洗；

3. 表面粗糙度 R_a 为 $6.3 \sim 1.6\mu\text{m}$ 的零、部件，应用铬酸酐 - 磷酸溶液酸洗或用棉布蘸工业醋酸进行擦拭；铬酸酐 - 磷酸水溶液配比和使用方法：

铬酸酐 CrO_3	150g/L
磷酸 H_3PO_4	80g/L
酸洗温度	85~95℃
酸洗时间	30~60min

4. 酸洗除锈后，必须立即用水进行冲洗，再用含氢氧化钠 1g/L 和亚硝酸钠 2g/L 的水溶液进行中和，防止腐蚀；

5. 酸洗除锈、冲洗、中和、再冲洗、干燥和涂油等操作应连续进行。

5. 几种零部件的清洗

(1) 油孔的清洗 油孔是机械设备润滑的孔道。清洗时，先用铁丝绑上沾有煤油的布条塞到油孔中往复捅几次，把里面的铁屑污油擦干净，再用清洁布条（干净白布）捅一下，然后用压缩空气吹一遍。清洗干净后，用油枪打进干油，外面用沾有干油的木塞堵住，以免灰尘侵入。

(2) 滚动轴承的清洗 滚动轴承是精密机件，清洗时要特别仔细。在未清洗到一定程度之前，最好不要转动，以防杂质划伤滚道或滚动体。清洗时，要用汽油，严禁用棉纱擦洗。在轴上清洗时，用喷枪打入热油，冲去旧

干油。然后，再喷一次汽油，将内部余油完全除净。清洗前要检查轴承是否有锈蚀、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。

滚动轴承清洗完毕后，如不立刻装配，应涂油包装。

(3) 齿轮箱（如主轴箱、变速箱等）的清洗 清洗前，应先将箱内的存油放出（如系干油也应想法去掉），再注入煤油，借手动使齿轮回转，并用毛刷、棉布清洗，然后放出脏油。待清洗洁净后再用棉布擦干，但应注意箱内不得有铁屑和灰砂等杂物。

如箱内齿轮所涂的防锈干油过厚、不易清洗时，可用机油加热至 70~80℃ 或用煤油加热至 30~40℃，倒入箱中冲洗。

6. 修理设备装配前清洗的注意事项

1) 装配设备前，首先应进行表面清洗（如工作台面、滑动面及其他外表面等）。

2) 滑动面未清洗前，不得移动它上面的任何部件。

3) 设备加工面的防锈油层，只准用干净的棉纱、棉布、木刮刀或牛角刮具清除，不准使用砂布或金属刮具；如为干油，可用煤油清洗；如为防锈漆，可用香蕉水、酒精、松节油或丙酮清洗。

4) 加工表面如有锈蚀，用油无法除去时，可用棉布沾醋酸擦掉，但除锈后要用石灰水擦拭使其中和，并用清洁棉纱或布擦干。

5) 使用汽油或其他挥发性高的油类清洗时，勿使油液滴在机身的油漆面上。

6) 凡需组合装配的部件，必须先将接合面清洗干净、涂上润滑油后才能进行装配。

7) 设备清洗后，凡无油漆部分均需用清洁棉纱擦净、涂以机油防锈，并用防尘苫布罩盖好。

8) 清洗设备所用的油及用过的油布等，不得落于设备基础上，以免影响灌注水泥砂浆的质量。

五、更换或修复零件的原则

根据检查情况，确定哪些零件可以修复，哪些零件需要更换。在修复或

更换零件时应掌握以下原则：

- 1) 主要件与次要件配合运转，磨损后一般修复主要件，更换次要件。
- 2) 工序长的零件和工序短的零件配合运转，磨损后一般对工序长的零件进行修复，而更换工序短的零件。
- 3) 大零件与小零件配合运转，表面磨损后，一般对大零件采取修复，而对小零件进行更换。

六、零件的修复方法

1. 机械修复法

常用的机械修复法有镶补、加固和局部修换等。兹举例说明如下：

(1) 铸件的修复

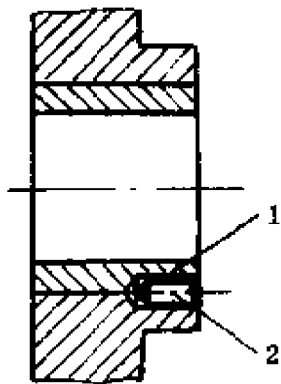


图9-3 用扩孔镶套的方法修复孔

1—镶套 2—骑缝螺钉

1) 箱体上的一般孔磨损后，可用扩孔镶套的方法进行修复。这时，套和箱体上的孔可用静配合联接或用过渡配合加骑缝螺钉固紧，如图9-3所示。

2) 箱体或复杂零件上的螺纹孔丝扣损坏后，可用扩孔后攻直径大一级的螺纹孔来修复或考虑在其他部位新制螺纹孔。也可用扩孔后镶丝套的办法进行修复，如图9-4所示。

3) 大型铸件发生裂纹时，可用补强板加固修理。修补时要在裂纹的尽头处钻卸荷孔，以防止裂纹继续发展。当螺钉的紧固力不够时，还可以再增加销钉（图9-5）。

(2) 齿轮的修复

1) 多联齿轮、轴齿轮和有花键孔的齿轮，当齿部损坏时，可用镶齿圈的方法修复，如图9-6所示。

2) 不重要的用于低速的大型齿轮（ $v=2\text{m/min}$ ，模数 >3 ），折断一个或几个彼此相邻的轮齿时，可用镶齿法修复。齿形可进行铣削加工或钳工按样板锉修，如图

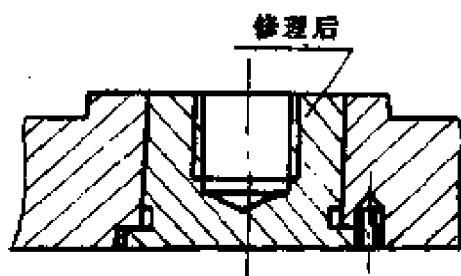


图9-4 用镶丝套的办法修复螺纹孔

9-7所示。

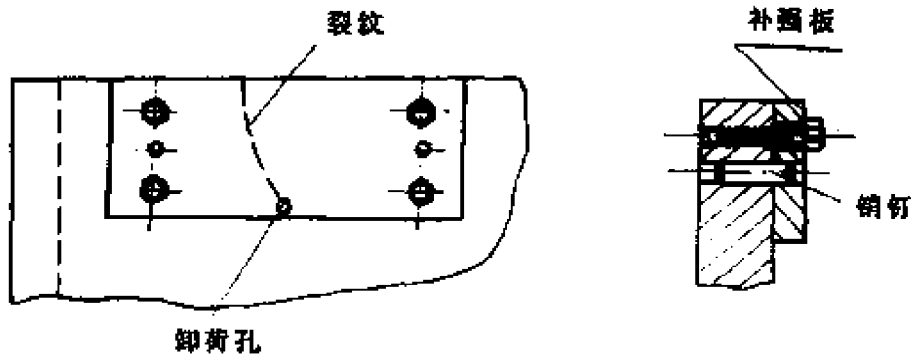


图 9-5 用钢板和螺钉加固有裂纹的零件

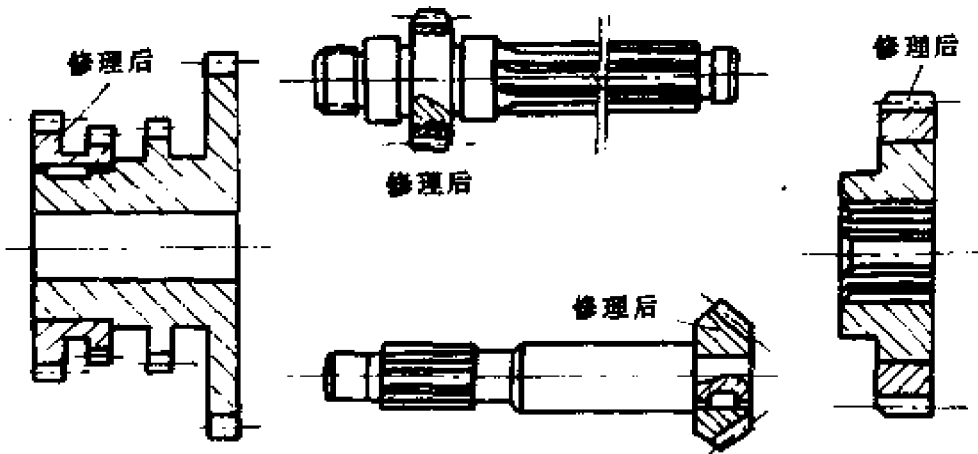


图 9-6 用镶齿圈的方法修复齿轮

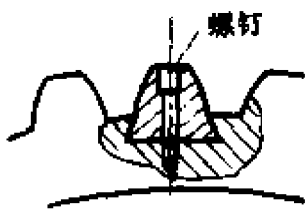


图 9-7 用镶齿法修
复齿轮

修复的方法如下：

(3) 键槽的修复 轴与轮上的键槽，当只有其中的一个损坏时，可将磨损的槽用锉刀或铣、刨进行修整加宽，然后配制阶梯形键（图 9-8）来修复；当轴与轮上的键全损坏的时候，在轴的强度允许的情况下，可采取放大键槽宽度、配制大尺寸的键来修复。

2. 焊接法

一般是用电弧焊和氧、乙炔气焊来修复零件。

图 9-9 系用焊接法来修复被折断的花键轴支架。

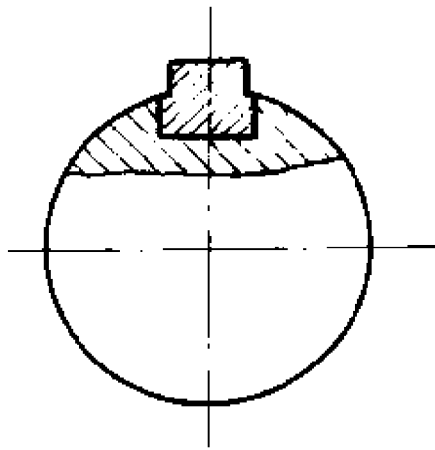


图 9-8 装置阶梯形键

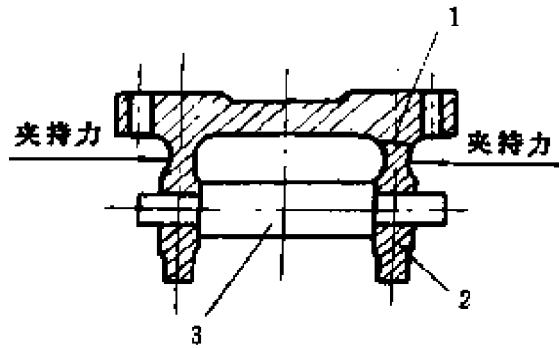


图 9-9 花键轴支架折断的焊接修复

1—断口 2—折断部分
3—定位心轴

- 1) 为了能精确定位，先不开坡。
- 2) 为了保证同心度，在孔中穿一根定位心轴，并按原来装配的精度装夹稳固。
- 3) 用氧、乙炔焰将焊接部位及其附近均匀而缓慢地加热到 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。
- 4) 用焊条对称地点焊好断口，然后开一小段坡口焊接一小段，直至把断口焊完为止。

一般不重要的长轴在局部折断时，也可用焊接法进行修复。轴折断后，将保留的轴和接轴的一对端面切平，制出螺纹孔，用螺栓联接后再进行焊接，最后加工接轴的外圆部分（图 9-10）。如果两折断部分都要保留，并且还要保持原来的长度尺寸时，可用图 9-11 所示的方法，用一新制的接块联接起来再进行焊接。

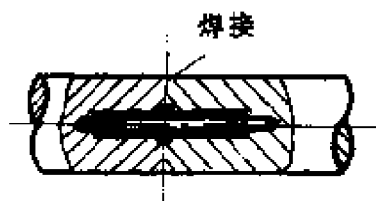


图 9-10 用螺栓焊接法
修复轴

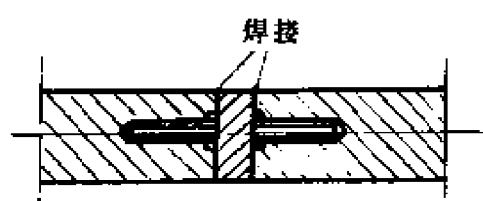


图 9-11 用接块焊接法修复轴

上述普通焊接法仅适用于修复非主要零件（如支架、箱体、皮带轮等）的裂缝或折断，它只是一种应急措施。因为焊接的温度很高，零件要发生变形，这将影响零件的精度、硬度和耐磨性。所以，在一般情况下应尽量少用。为了避免此种缺陷，可采用振动堆焊法。

振动堆焊是利用电弧热量熔化焊丝和工件表面的金属，在二氧化碳气体保护介质中进行的一种自动电弧焊接。由于焊丝的直径很小（0.5～1.8mm），焊接时产生的热量也很少，工作变形小，焊层均匀，堆焊表面结合强度好，硬度高，耐磨，所以各种齿轮和轴类零件等，均可采用堆焊法进行修复。

3. 扣合法

大型铸件出现裂纹或折断，可采用金属扣合法来修复。

(1) 冷扣合法 此种方法适用于修复一般强度要求的薄壁机件。

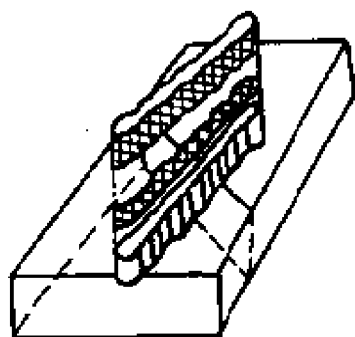


图 9-12 冷扣合法

如图 9-12 所示，先在垂直于损坏机件的裂纹或折断面上，铣（或钻）出具有一定形状和尺寸的波形槽，然后把形状与波形槽相吻合的波形键镶入，并在常温下铆合，使波形键产生塑性变形而充满波形槽腔，甚至使其嵌入铸件的基体之内，借波形键的凸缘和波形键互相扣合，使损坏的两面重新牢固地联接为一整体。

波形键的尺寸及凸缘个数可根据机件受力的大小和铸件的壁厚来决定。

制造波形键的常用材料及其化学成分、机械性能和线胀系数见表 9-3~9-5。

表 9-3 波形键常用材料的化学成分（%）

牌 号	成 分	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	S	P
0Cr18Ni9		≤0.07	≤2.0	≤0.8	17.0~19.0	8.0~11.0		<0.030	<0.035
1Cr18Ni9		≤0.14	≤2.0	≤0.8	17.0~19.0	8.0~11.0		<0.030	<0.035
1Cr18Ni9Ti		≤0.12	≤2.0	≤0.8	17.0~19.0	8.0~11.0	≤0.8	<0.030	<0.035
Ni36		≤0.25	≤0.7	≤0.35	≤0.2	35~37			

表 9-4 制造波形键常用材料的机械性能

牌 号	性能	δ_b (N/mm ²)	δ_s (N/mm ²)	δ^* (%)	ϕ (%)	HB	热处理	
							温度 (°C)	冷却剂
0Cr18Ni9		500	200	45	60	130~160	1080~1150	水
1Cr18Ni9		500	200	45	50	150~170	1110~1150	水
1Cr18Ni9Ti		550	300	40	55	145~170	1110~1150	水
Ni36		480	280	30~45		140~160		

表 9-5 各种材料的线胀系数 ($\times 10^{-6}$)

牌 号	温度范围					
		20~100°C	20~200°C	20~300°C	20~400°C	20~500°C
0Cr18Ni9		16	17	17.2	17.5	17.9
1Cr18Ni9		16	16.8	17.5	18.1	18.5
Ni36		2.1	3.2	6.1	8.9	10.1

(2) 热扣合法 利用加热的扣合件在冷却过程中产生的收缩将损坏机件锁紧，称为热扣合法。此种方法常用来修复大型飞轮、齿轮和重型机身等。

根据机件损坏部位的形状和安装的可能性，热扣合件可设计成不同的式样。图 9-13 为一种工字形热扣合件，它适用于修复机件壁部的裂纹或断裂。

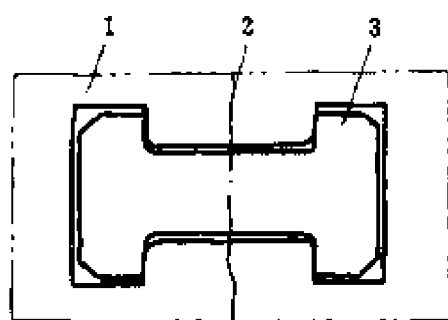


图 9-13 工字形热扣合件

1—机件 2—裂纹 3—扣合件

4. 喷涂法

(1) 金属喷涂 金属喷涂是利用金属喷涂枪，借压缩空气将由电弧或乙炔火焰熔化的金属吹成微细的雾粒，喷射到零件表面上而形成涂层的过程。金属喷涂层是一种具有良好机械性能的结合层。

1) 金属喷涂的优点

① 喷涂层的厚度不受限制，可以从 0.05mm 到很大的厚度，这对修复较长的工

件特别有利。

②金属喷涂层是多孔性的，润滑性能好，具有较高的抗磨性。

③金属喷涂不受材料“可焊性”的限制，用作喷涂的材料可以是金属，也可以是非金属。

④由于喷涂过程简单，零件不需要预热，所以喷涂后的零件变形很小，特别适用于修复滑动摩擦的零件及填补铸铁的裂纹等。

⑤喷涂可用钢、铝、锌、铜、铅等金属，所以某些零件通过喷涂还可提高强度和防腐、防锈性能。

⑥设备简单、使用方便，修复零件时，成本低、周期短。

2) 喷涂过程

①喷涂前的表面处理：为了使喷射的金属雾粒能牢固地与零件表面相结合，喷涂前，除了仔细地清除表面的水分、油污和氧化皮以外，还需对零件表面进行毛糙处理（如车毛、滚花、拉毛、喷砂等）。零件表面毛糙程度对涂层与基体的结合强度有密切关系。各种金属涂层在采用不同毛糙处理方法时的剪力强度见表 9-6。

表 9-6 喷涂层的剪力强度 (N/cm^2)

喷涂金属	表面毛糙方法				
	喷黄砂	喷硬砂	车螺纹	车槽滚压	电拉毛
铝	1280	1750	2620	2990	2160
青铜	1720	3990	4280	6030	2150
锌	1020	1190	1600	2250	1300
铜	1300	2480	2930	3920	1970
黄铜	610	1760	3030	4020	2440
10号钢	1090	3840	5060	9310	2250
45号钢	1490	4080	7040	9490	2350
80号钢	1370	3410	3730	6630	2050
18-8 不锈钢	1420	3720	6750	11190	3310

②喷涂金属层：喷涂金属层应在表面处理后立即进行，并且中间不能停

顿，要一气喷成，否则将影响结合强度。喷涂的方法有电喷涂和气喷涂两种。由于喷涂后还要进行机械加工，所以，必须考虑有适当的加工余量，轴类零件喷涂层的加工余量见表9-7。

表9-7 喷涂层的加工余量

轴颈 \varnothing (mm)	涂层加工余量 (mm)	
	主 轴	曲 轴
<100	0.5~1.0	0.7~1.2
>100	1.0~1.5	1.3~1.5

③喷涂后涂层的机械加工：喷涂后的表面一般采用磨削加工，磨后再进行抛光。由于喷涂层的表面是微粒状态，所以不能用车或刨等方法加工，否则微粒会一粒粒地剥落。

3) 喷涂设备

①零件毛糙处理设备：喷涂前，对零件表面进行毛糙处理常用的设备有电火花拉毛机和喷砂机等。喷砂机又分为吸式和压式两种：吸式喷砂机效率较低，操作时尘埃较多，但构造简单；压式喷砂机的效率较高，但结构比较复杂。

②金属喷涂设备：常用的金属喷涂设备有：空气压缩机、各种喷枪及其他辅助设备，其中主要设备的性能和规格见表9-8~表9-10。

表9-8 空气压缩机的规格

空压机输出量 (m^3/min)	基本尺寸 (mm)												
	压缩空气 管路 \varnothing		外 管				内 管				水 管		
	进	出	材料	外径	内径	长度	材料	外径	内径	长度	数量	进	出
3	76	76	无缝 钢管	95	84	2860	59-1 黄铜	10	8	2920	19	20	25

表 9-9 SCDP-3 型固定式电弧喷涂枪的主要技术规格

序号	项 目		数 据
1	型式		ZCDP·3 固定式
2	操作方式		固定装置, 工件运动
3	动力		40/90W、220V 串激通用单相电动机
4	调速方式		用可控硅控制电压的大小, 对电动机供电, 达到无级调速送丝
5	质量	喷枪 成套	$\leq 6\text{kg}$ $\leq 40\text{kg}$
6	外形尺寸	喷枪	320mm×104mm×165mm
		成套	434mm×360mm×190mm
7	使用金属丝范围		$\varnothing 1.6\sim 1.8\text{mm}$ (钢或不锈钢)
8	电弧特性	电流类别 工作电流 工作电压	直流 100~170A (常用 100~120) 30~56V, 随上述电流范围的大小而变动
9	压缩空气工作压力		0.5~0.7MPa
10	压缩空气消耗量		0.8~1.4kg/min
11	额定金属丝最高喷镀量		用 80 号 $2\times\varnothing 1.8$ 钢丝时 5.5kg/h
			用 80 号 $2\times\varnothing 1.6$ 钢丝时 4.3kg/h
12	火花有效角度		$\leq 10^\circ$
13	喷射颗粒直径		5~5.3 μm (喷射在水中沉淀后测量)
14	引力		$\geq 200\text{N}$

表 9-10 SQP-1 型气喷涂枪的性能和技术数据

序号	项 目		性 能 和 数 据	
1	型式		SQP-1 喷射式	
2	操作方式		手持固定两用	
3	动力源		压缩空气吹动汽轮	
4	调速方式		离心力-离合器	
5	质量		≤1.8kg	
6	外形尺寸		90×180×215	
7	使用热源		氧-乙炔火焰	
8	气 体 表压力	氧 气	0.3~0.6MPa (常用 0.4MPa)	
		乙 炔	0.03~0.06MPa (常用 0.05MPa)	
		压缩空气	0.6~0.65MPa	
9	气 体 消耗量	氧 气	~2.5m ³ /h	
		乙 炔	~0.7m ³ /h	
		压缩空气	~1.0m ³ /min	
10	线材直径 (mm)		Ø2.3、Ø3.0 (标准 Ø2.3)	
11	火花束角度		≤4°	
12	喷 涂 效 率	钢 [#] 80	Ø2.3	1.8kg/h
		铝	Ø3.0	2.7kg/h
		锌	Ø3.0	8.2kg/h
		Al ₂ O ₃	Ø2.2	0.4kg/h
		低碳钢	Ø3.3	2kg/h
		不锈钢	Ø2.3	1.8kg/h
		铜	Ø3.0	4.3kg/h
		钼	Ø2.3	0.9kg/h
13	喷射时颗粒直径 (钢)		4~40μm (喷在水中沉淀测量)	
14	引力		≥65N	

④喷涂层的收缩：在喷涂过程中，每一层都有微量的收缩。涂层逐渐增厚，这种收缩效应也随之增加。喷涂层的收缩率见表9-14。

表9-14 金属喷涂层的收缩率

金 属	收缩率 (%)	金 属	收缩率 (%)
18-8 不锈钢	1.2	80号钢	0.14
铬基不锈钢	0.18	铝	0.68
10号钢	0.8	铝硅合金 (6% Si)	0.57
25号钢	0.6	钼	0.3

⑤喷涂时各种金属材料的附着率见表9-15。

表9-15 喷涂时金属的附着率

金 属 名 称	附着率 (%)	金 属 名 称	附着率 (%)
80号钢	86	锡青铜	80
18-8 不锈钢	79	铝	89
镍铬型不锈钢	75	锌	70
紫铜	81	铅	69
黄铜	83		

⑥涂层与基体的结合力：结合力对金属喷涂具有很大的实际意义，结合不良就会脱壳或崩碎。抗剪与抗拉是结合强度的两个方面，这两种强度与所喷材料、基体材料和毛糙方式有关。现以四种喷涂材料和四种毛糙方式为测试对象，将其附着强度分别在表9-16中列出。

表9-16 四种材料在不同毛糙方式下的附着强度 (N/cm²)

喷涂材料	测试类别	钢屑打毛	沟槽上面滚毛	喷铝	在螺纹上喷铝
10号钢	抗 剪	4900	10260	6220	11300
	抗 拉	1870	3220	1510	2140
18-8 不锈钢	抗 剪	5860	13200	6670	14400
	抗 拉	2140	4260	1580	2140
铝	抗 剪	2000	3160	3090	3900
	抗 拉	724	1500	1150	1690
铝硅合金	抗 剪	3160	5530	3580	5730
	抗 拉	1198	2050	1440	2180

5) 金属喷涂在零件修复中的应用

①修复铸件缺陷：大型铸件，往往在加工完毕时才发现砂眼、气孔等缺陷，使铸件不能使用。用喷涂法，选取适当材料（生铁铸件可用 $10^{\#}$ ~ $20^{\#}$ 低碳钢），喷满孔穴，经过机械加工，即可修复，强度和耐磨性均接近原来铸件的性能。

②修复磨损或有缺陷的机件：许多大型或复杂的机件，往往不能用堆焊等工艺进行修复，而采用金属喷涂，这样既能恢复零件磨损的尺寸，又比原来的零件含油耐磨，而且省工时，是一种有效的工艺措施。能用金属喷涂修复的机件很多，如机床主轴、电动机轴、曲轴、传动轴以及机床上的导轨和溜板等。

③修复和制造减磨材料轴瓦：在铸造或冲压出来的轴瓦上喷一层磷青铜或铝青铜等材料，就可以代替整体铸造，不但代价低，且含油耐磨。除了以上合金之外，还可以用喷涂法，一面喷，一面制造假合金（如铜、铝的假合金混合物）材料等。

(2) 尼龙塑料喷涂 尼龙塑料喷涂是先将零件预热，然后把熔融的尼龙塑料粉末，喷射在磨损表面上，再通过机械加工来达到修复的目的。

零件预热的目的是使塑料溶液有较好的流动性，使它能更好的扩散至金属缝隙中，以增加接触面积，提高结合强度。但预热的温度不能太高，以免使涂层老化。零件的预热温度见表9-17。

表 9-17 工件的预热温度

塑料名称	尼龙 1010	尼龙 9	三元共 聚尼龙	聚乙 烯	聚氯 乙烯	氯化 聚醚	聚三氟 氯乙烯	聚四氟 氯乙烯	环氧 607
工件预热 温度 (°C)	250	250	220	230	220	240	290	385	170

尼龙塑料喷涂工艺简便，设备简单，操作方便，喷涂后的零件表面具有较高强度、较高韧性、耐高压、耐腐蚀、耐磨等优点。一般在 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 以下工作的轴承、轴套、活塞、叶轮、机床镶条、尾架底板以及轴类和扭矩不

大的齿轮等都可以用这种方法修复。但在高速、高温条件下工作的零件不能采用此种方法修复。

5. 电镀法

电镀法就是利用电解的原理，将工件接负极，挂具（电解板）接正极，通过直流电的作用，将电解液中的金属离子分离出来，在电场的作用下，使其积附到被镀零件的表面上，形成镀层。图 9-14 为利用槽子进行电镀的示意图。

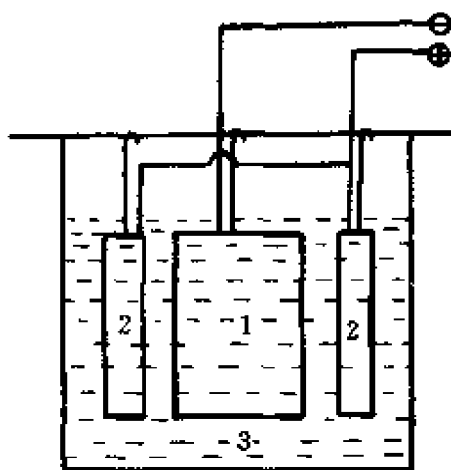


图 9-14 有槽电镀示意图

1—工件 2—挂具（电解板）
3—电解液

电镀修复零件一般有镀铬、镀镍、镀锌和镀铜等几种。镀铬常用在修复动配合件上，镀镍则多用来修复紧配合件。目前，用途最广的是镀硬铬，对于直径上磨损量不大于 0.5mm 的碳素钢、铸铁、不锈钢等零件均可用镀铬修复，如车床的主轴轴颈、滚动轴承的外圈、活塞销等。

用镀铬法修复零件，表面具有较高的硬度和耐磨性，并能防腐。但因铬很脆，故不适用于在受冲击条件下工作的零件。

6. 粘合法

随着高分子合成材料工业的发展，在修理工作中广泛应用了粘结的方法。

粘结就是利用粘结剂将金属或非金属粘合在一起。粘结具有一系列的优点，最适于磨损零件的修复和断裂零件的修补。

目前最常用的粘结剂有两种：一种是有机化合物环氧树脂粘结剂，另一种是无机化合物磷酸—氧化铜粘结剂，这些粘结剂的性能、使用方法和在零件修复中的应用见第七章。

七、零件修复方法的选择

在修理工作中，合理地选择零件的修复方法，是提高修理质量、降低修理成本和加快修理速度的有效措施。在选用修复方法时，要根据修理要求和修复工艺的特点来考虑，一般来说，主要应考虑以下几个方面：

1. 修复方法对零件材料的适应性

任何一种修复方法，总有它的局限性，而不可能完全适应于各种材料。如有的方法用来修复钢件效果很好，但用来修复铸铁件，其效果则不一定好。各种修复方法对常用材料的适应性见表 9-18。

表 9-18 各种修复方法对常用材料的适应性

序号	修复方法	低碳钢	中碳钢	高碳钢	合金结构钢	不锈钢	灰铸铁	铜合金	铝
1	镀铬	+	+	+	+	+	+		
2	镀铁	+	+	+	+	+	+		
3	气焊	+	+		+		-		
4	手工电弧堆焊	+	+	-	+	+	-		
5	焊剂层下电弧堆焊	+	+						
6	振动电弧堆焊	+	+	+	+	+	-		
7	钎焊	+	+	+	+	+	+	+	-
8	金属喷镀	+	+	+	+	-	+	+	+
9	塑料粘补	-	+	+	+	+	+	+	+
10	塑性变形	+	+					+	+
11	金属扣合						+		

注：“+”为修复效果良好；“-”为修复效果不好。

2. 各种修复方法能达到的修补层厚度

各种零件由于磨损程度不同，要求的修复层厚度也不一样。几种主要修复方法能达到的修补层厚度见图 9-15。

3. 修复工艺过程对零件物理性能的影响

在选择修复方法时，必须考虑修补层的物理性质，如硬度、加工性能、耐磨性及密实性等。硬度高，则加工困难；硬度低，磨损较快；硬度不均，加工表面不光滑。耐磨性不仅与表面硬度有关，而且直接影响零件表面吸附润滑油的能力。另外，修复过程中，温度的高低对零件的精度和物理性能也有很大的影响。

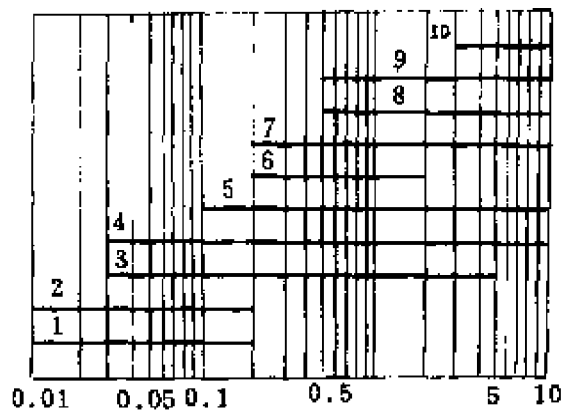


图 9-15 几种主要修复方法能达到的
修补层厚度

1—镀铬 2—滚花 3—钎焊 4—振动
电弧堆焊 5—手工电弧堆焊 6—镀铁
7—粘结 8—熔剂层下电弧堆焊 9—金
属喷涂 10—镶加零件

4. 零件结构对选择修复方法的影响

例如，电动机端盖轴承孔与临近的轴承盖螺纹孔很近，一般不采用镶套法修理；轴上螺纹车成直径小一级的螺纹时，要考虑到拧入螺母时是否受到临近轴直径尺寸较大的限制等等。

5. 零件修复后的强度

修补层的强度、修补层与零件的结合强度以及零件修理后强度的变化情况是修理质量的重要指标，各种修复方法所得到的这几种强度和修复后的硬度见表 9-19。

表 9-19 各种修补层的机械性能

序号	修复方法	修补层本身 拉力强度 (N/mm ²)	修补层与 45 号 钢的结合强度 (N/mm ²)	零件修理后 疲劳强度降 低的百分数	硬度 (HB)
1	镀铬	400~600	300	25~30	HV600~1000
2	低温镀铁		450	25~30	HRC45~65
3	手工电弧堆焊	300~450	300~450	36~40	HBC210~420
4	熔剂层下电弧堆焊	350~500	350~500	36~40	HBC170~200
5	振动电弧堆焊	620	560	与 45 号钢相近	HRC25~60
6	银焊 (含银 45%)	400	400		
7	铜焊	287	287		
8	锰青铜钎焊	350~450	350~450		HBC217
9	金属喷镀	80~110	40.8~94.9	45~50	HBC200~240
10	环氧树脂粘补		热粘 20~40 冷粘 10~20		HBC80~120

八、典型零件的修理

1. 轴的修理

表 9-20 轴的修理方法

序号	零件磨损部分	修 理 方 法	
		达到基本尺寸	达到修配尺寸
1	滑动轴承的轴颈及外圆柱面	镀铬、镀铁、金属喷涂，并加工至基本尺寸	车削或磨削提高几何形状精度
2	装滚动轴承的轴颈及静配合面	镀铬、镀铁、堆焊、滚花、化学镀铜(0.05mm以下)	
3	轴上键槽	堆焊修理键槽，转位新铣键槽	键槽加宽，不大于原宽度的1/7，重配键
4	花 键	堆焊重铣或镀铁后磨(最好用振动磨)	
5	轴上螺纹	堆焊，重车螺纹	车成小一级螺纹
6	外圆锥面		磨到较小尺寸
7	圆锥孔		磨到较大尺寸
8	轴上销孔		较大一些
9	扁头、方头及球面	堆焊	加工修整几何形状
10	一端损坏	切削损坏的一段，焊接一段，加工至基本尺寸	
11	弯 曲	校正并进行低温稳定化处理	

2. 齿轮的修理

表 9-21 齿轮的修理方法

序号	零件磨损部分	修 理 方 法	
		达到基本尺寸	达到修配尺寸
1	轮 齿	1. 利用花键孔, 镶新轮圈插齿 2. 齿轮局部断裂, 堆焊加工成形 3. 镀铁后磨	大齿轮加工成负修正齿轮 (硬度低, 可加工者)
2	齿 角	1. 对称形状的齿轮调头倒角使用 2. 堆焊齿角	锉磨齿角
3	孔 径	镶套、镀铬、镀镍、镀铁、堆焊	磨孔
4	键 槽	堆焊修理, 转位另开键槽	加宽键槽
5	离合器爪	堆焊	

3. 孔的修理

表 9-22 孔的修理方法

序号	零件磨损部分	修 理 方 法	
		达到基本尺寸	达到修配尺寸
1	孔 径	镶套、堆焊、电镀、粘补	镗 孔
2	键 槽	堆焊修理, 转位另插键槽	加宽键槽
3	螺 纹 孔	镶螺塞, 可改变位置的零件转位重钻孔	加大螺纹孔至大一级的标准螺纹
4	圆 锥 孔	镗孔后镶套	刮研或磨削修整形状
5	销 孔	移位重钻, 铰销孔	铰 孔
6	凹坑、球面窝及小槽	铣掉重镶	扩大修整形状
7	平面组成的导槽	镶垫板、堆焊、粘补	加工槽形

4. 其他典型零件的修理

表 9-23 其他零件的修理方法

序号	零件名称	磨损部分	修 理 方 法	
			达到基本尺寸	达到修配尺寸
1	导轨、滑板	滑动面研伤		电弧冷焊补、钎焊、粘补、刮、磨及镶板
2	丝杠	螺纹磨损、轴颈磨损	1. 调头使用 2. 切除损坏的非螺纹部分，焊接一段后重车 3. 堆焊轴颈	1. 校直后车削螺纹进行稳化处理 2. 轴颈部分车细
3	滑移拨叉	拨叉侧面磨损	铜焊，堆焊	
4	楔铁	滑动面磨损		铜焊接长、粘接及钎焊巴氏合金、镶铁
5	活塞	外径磨损，镗缸后与气缸的间隙增大，活塞环槽磨宽	移位、车活塞环槽	喷涂金属，着力部分浇铸巴氏合金，按分级修理尺寸车宽活塞环槽
6	阀座	阀座接合面磨损		车削及研磨接合面
7	制动轮	轮面磨损	堆焊	车削至较小尺寸
8	杠杆及连杆	孔磨损	镶套、堆焊、焊堵后重加工孔	扩孔

第十章 安装钳工

一、概 述

1. 安装钳工的任务

安装钳工的任务主要是借助于一些工具和仪器，采用先进的操作方法，将机械设备正确地安装在预定的位置上。但是，由于机械设备的种类繁多，大小各异，重量相差悬殊，所以，除大多数中小型机械设备由制造厂装配好整体装箱运给用户外，也有一些大型机械设备，为了运输方便，常拆成部件、甚至零件运给用户。由于运输或经过一定时间的存放，零、部件的表面可能生锈或被尘土和脏物所污染，内部的保护油也可能变质，所以，将它清洗干净后，组装成一部整体的机器，也是安装钳工的任务。

此外，机械设备在制造上的缺陷及在运输、存放中所造成的变形、损坏或丢失等，也需在安装过程中及时检查和处理，这些都是安装钳工的任务。

总之，机械设备的安装是一项精细而又复杂的工作，安装钳工除了严格遵守工艺规程和设计文件的规定外，还必须努力学习有关专业理论知识，不断提高操作水平，大力采用新技术，这样，才能搞好机械设备安装工作。

2. 机械设备安装的两种类型

(1) 生产过程自动化联动机械设备的安装 由于这类设备的生产是连续进行的，设备或部件间的相互关系和方位要求非常准确，所以安装时必须找好中心、标高和水平。

(2) 单独机械设备的安装 这种机械设备的安装主要是找水平，而对于找中心、找标高要求则不那么严格，如金属切削机床、水泵、风机等。

3. 机械设备的一般安装过程

各种机械设备，尽管其结构、性能不同，但安装工序基本上是一样的，即一般都必须经过：运吊就位——安装（找正、找平、灌砂浆等）——清

洗、润滑——检验、调整、试运转，而后才能投入生产。所不同的是，在这些工序中，对各种不同的机械设备将采取不同的方法。例如，在安装过程中，对大型设备采取分体安装法；而对小型设备则采取整体安装法。

二、设备安装前的准备

1. 组织、技术准备

(1) 组织准备 在进行一项工程的安装之前，应根据当时的情况，结合具体条件成立适当的组织机构。例如：在施工的管理上，成立联合办公室、质量检查组，设工地代表等；在安装工作上，成立材料组、吊运组、安装组等，以使安装工作有计划有步骤地进行，并且分工明确，紧密协作。

板上的铁钉划伤设备或人。

对于装小零件的箱，可只拆去箱盖，等零件清点完毕后，将零件仍放回箱内，便于保管；对于较大的箱，可将箱盖和箱侧壁拆去，设备仍置于箱底上，这样可防止设备受震和碰坏。

(2) 清点 安装前，要和甲方一起进行设备的清点和检查。清点后应作好记录，并且要双方人员签字。设备的清查工作主要有以下几项：

- 1) 设备表面及包装情况；
- 2) 设备装箱单、出厂检验单等技术文件；
- 3) 根据装箱单清点全部工件、零件及附件，若无装箱单，应按技术文件进行；
- 4) 各零件和部件有无缺陷、损坏、变形或锈蚀等现象；
- 5) 机件各部分尺寸是否与图纸要求相符合（如地脚螺栓孔的大小和距离等）。

(3) 保管 设备清点后，交由安装部门保管。在保管中应注意以下几点：

- 1) 设备开箱后，应注意保管、防护，不要乱放，以免损伤；
- 2) 装在箱内的易碎物品和易丢失的小机件、小零件，在开箱检查的同时要取出来，编号妥善保管，以免混淆或丢失；
- 3) 如堆放在一起时，应把后安装的零部件放在里面或下面，先装的放在外面或上面，以便在安装时能按顺序拿取，不损坏机件；
- 4) 如果设备不能很快安装，应把所有精加工面重新涂油，采取保护措施。

三、设备基础的检验和处理

在安装机械设备时，都需要一个坚固的基础。设备的基础一般由土建单位施工。

基础质量的好坏，对设备的安装、运转和使用有很大的影响。因为基础除了要承受机械本身重量和运转时所产生的振动力以外，还要吸收和隔离由于工作时产生的振动，并防止发生共振现象。如果基础达不到设计要求，承受不了这些力量就会产生倾斜、沉陷，甚至破坏，这就必然使设备遭到损

害，降低精度，甚至不能运转。因此，在设备安装之前，必须对基础进行严格的检验，发现问题及时进行处理。

1. 基础的种类、材料和浇灌

(1) 基础的种类

1) 按基础所用的材料分为素混凝土基础、钢筋混凝土基础、型钢混凝土基础、枕木混凝土基础等。

2) 按浇灌的工序分为预浇基础、现浇基础。

(2) 基础的材料 基础的主要材料是混凝土和钢筋。混凝土系由水泥、砂、石、水按一定的混合比例（按重量或体积）搅拌而成，干燥后便成为坚硬的人造石质材料——混凝土。采用不同标号（一般为 200[#]~500[#]）的水泥和不同的砂、石混合比例，可得到不同标号的混凝土。

(3) 基础的浇灌 预浇基础时，要按设计把安装于该基础上的设备的地脚螺栓埋设正确。地脚螺栓分为一次灌浆——随同预浇基础一起固定在基础里、二次灌浆——在预浇基础时先按设计图留地脚螺栓孔，把基础预浇完毕，在安装设备时把地脚螺栓找正之后再行灌浆。

2. 中心标板和基准点的埋设

在安装自动化联动设备时，由于各设备之间相互密切联系，所以需要中心标板和基准点把测量出的标高和中心线的位置标志出来作为安装的共同依据。采用中心标板和基准点是现代机械设备安装的一种先进方法。

(1) 中心标板 中心标板乃是在浇灌基础时，在设备两端的基础表面中心线上埋设两块一定长度的型钢，并标上中心线点作为安装放线时找正设备位置用的一种标定点。

1) 中心标板埋设的方法

①中心标板应埋设在中心线的两端，并且标板的中心要大约在中心线上；

②中心标板露出基础表面的高度约为 4~6mm。

③在用混凝土浇灌中心标板之前，要先用水冲洗基础，以使新灌的混凝土能与原基础结合；

④中心标板埋设时应用高标号灰浆浇灌固定之，如果可能，应焊在基础的钢筋上；

⑤埋设中心标板的灰浆全部凝固后，由测量人员测出中心线点投在中心

标板上，投点（冲眼）的直径为1~2mm，并在投点的周围用红铅油划一圆圈，作为明显的标记。

2) 中心标板的埋设形式

①在基础表面埋设（图10-1），一般用小段钢轨，也可用工字钢、角钢、槽钢，长度为150~200mm；

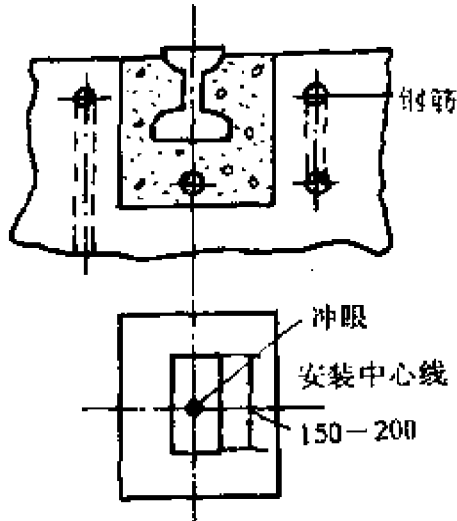


图10-1 在基础表面埋设

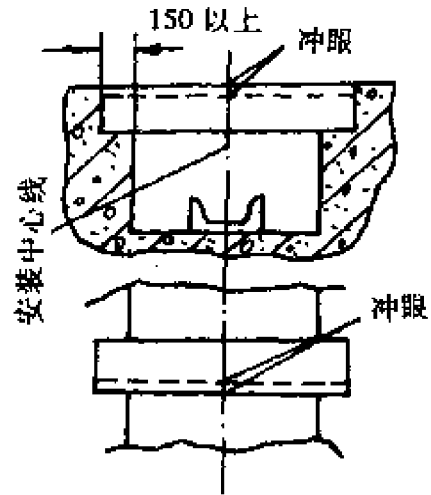


图10-2 跨越沟道埋设

②在跨越沟道的凹下处埋设（图10-2）；

③在基础边缘埋设（图10-3），中心标板用钢材长度为150~200mm。

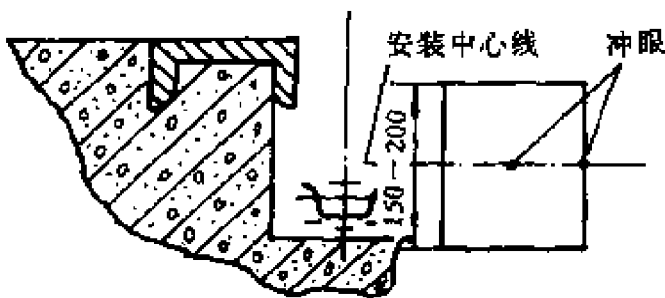


图10-3 基础边缘埋设

(2) 基准点 在新安装设备的基础上，埋设坚固的金属件（通常用50~60mm长的铆钉），并根据厂房的标准零点测出它的标高，以作为安装设备时测量标高的依据者，称为基准点。

埋设基准点的目的，是因为厂房内原有的基准点往往会被先安装的设备挡住，后安装的设备测量标高时，再用原有的基准点就不如新埋设的基准点准确方便。

常用的基准点如图 10-4 所示。它是在长约 50mm 的铆钉的杆端焊上一块约 50mm 见方的铁板，或在钉杆上焊上一根 U 形钢筋。埋设时，先在预定的位置上挖出一个小坑，再用水泥砂浆浇灌固定。埋设基准点的小坑要上口小、下口大（图 10-5），基准点露出基础顶面部分不能太高（约 10mm 以下）。

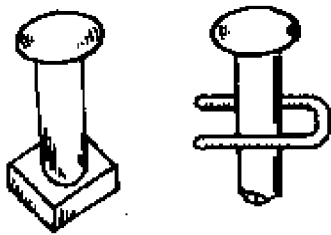


图 10-4 基准点

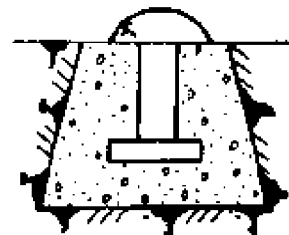


图 10-5 基准点埋设方法

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，并且要下大上小，位置适当。

3. 基础的检验和处理

(1) 基础的检验

1) 对设备基础的强度要求：在安装前，应对设备基础进行测定。

①一般中小型设备的基础可用钢球撞痕法进行测定，混凝土强度和撞痕直径的关系见表 10-1。例如，2" 直径的钢球从 1.5m 高处落下，撞痕直径为 1cm，则混凝土的强度为 11MPa。

表 10-1 混凝土强度和撞痕直径的关系

钢球直径 (mm)	落距 (m)	混凝土强度 (MPa)				
		4	6	8	11	14
		钢球撞痕直径 (cm)				
50.8 (2")	2	1.4	1.3	1.2	1.10	1.02
	1.5	1.25	1.17	1.10	1.00	0.92
38.1 (1 1/2")	2	1.08	0.96	0.90	0.80	0.74
	1.5	0.96	0.88	0.83	0.75	0.71

②大型设备的基础，在安装前需要进行预压（即压力试验）。预压时，在基础上放上重物（如钢材、铸件、砂子等），其重量等于设备自重加上最

大加工件重量的 2 倍。重物应均匀地压在基础上，以保证基础均匀下沉。预压工作应进行到基础不再下沉为止（可用水准仪进行观察）。

③设备安装时，一般应等到混凝土设计强度达到 60% 以上。但设备精平调整时，拧紧地脚螺栓必须达到设计强度方可进行。

2) 对设备基础各部尺寸和质量的要求（表 10-2）

表 10-2 设备基础的允许偏差

项次	偏差名称	允许偏差值 (mm)
1	基础座标位置 (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	预埋地脚螺栓的: 标高 (顶端) 中心距 (在根部和顶部两处测量)	{ + 20 0 ± 2
7	预埋地脚螺栓孔的: 中心位置 深度 孔壁的垂直度	± 10 { + 20 0 10
8	预埋活动地脚螺栓锚板的: 标高 中心位置 不水平度 (带槽的锚板) 不水平度 (带螺纹孔的锚板)	{ + 20 0 ± 5 5 2

(2) 基础的处理 在基础检查、验收中,若发现不合要求的地方应立即进行处理,直至达到要求为止。

一般情况下,基础最容易产生标高不符合要求及地脚螺栓位置偏移等现象。其处理方法如下:

1) 基础标高不符合要求:局部过高时,可用鏊子铲低;过低时,可将原基础表面铲成麻面,用水冲洗后,再补灌原标号的混凝土。

2) 当基础中心偏差过大时,可通过改变地脚螺栓的位置来补救。

3) 预埋地脚螺栓,如果是一次灌浆,并且偏差很小时,可把螺栓用气焊烧红后敲移到正确的位置;偏差过大时,对小的地脚螺栓可挖出来进行二次灌浆,对较大的螺栓可在其周围凿到一定深度后切断,中间夹上钢板(其厚度等于偏差的距离尺寸)焊牢,对二次灌浆的基础螺栓孔偏差过大时,可扩大预留螺栓孔。

四、机械设备的安装方法

1. 设备的定位

(1) 设备定位的基本原则 设备定位的基本原则,就是要满足生产工艺上的需要,并在此基础上考虑维护、修理、技术安全、工序间的相互配合及运输方便等。

设备在车间的安装位置、排列、标高以及立体、平面间的相互距离等,应符合于设备平面布置图和安装施工图的规定。但遇有需要调整时,应视生产方式(流水线生产及大批生产)的不同,分别考虑:

1) 符合于车间生产对象特点及生产工艺过程的要求。

2) 设备排列整齐、美观、相互间距离符合设计资料的规定。

3) 符合于技术安全要求,并须有过道、运输通道,以便于顺利运送材料、工件及安装和拆卸设备。若为流水线生产,更应注意工序间的运输。

4) 操作、修理、维护方便,并且留有一定的空间,以便堆放材料、工件和工具箱等。

5) 精加工与粗加工设备之间的距离,以不影响加工精度为原则。

6) 工艺设备、辅助设备、运输设备、通风设备、管道系统等相互间应密切配合。辅助设备、运输设备等要服从主要设备。

7) 符合经济原则, 如达到工件与毛坯最短的运输距离、车间平面的最高利用率、充分发挥设备的最大效能以及方便生产管理等。

(2) 定位的要求

1) 设备定位的基准线, 要以车间柱子的纵横中心线或墙的垂直面为基准。柱子的纵横中心线的允差为 $\pm 10\text{mm}$, 如图 10-6 所示。

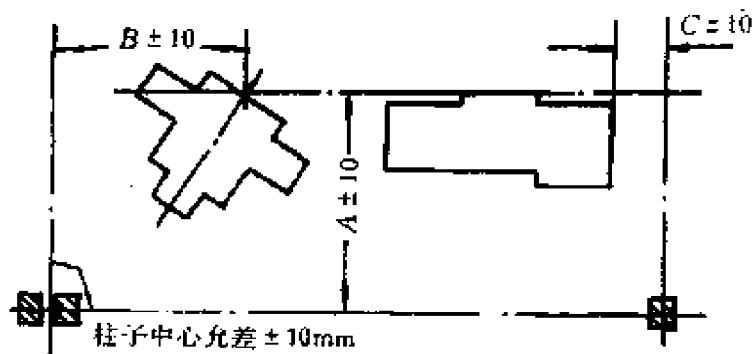


图 10-6 设备在厂房内的定位允差

2) 设备在平面上的位置对基准线的距离及其相互间相对位置的距离允差应按表 10-3 确定。

表 10-3 设备安装位置的允差

安装设备的性质		允差 (mm)
对基准线距离 允 差	1. 与其他设备没有任何联系的设备	± 10
	2. 与其他设备有联系的设备	± 2
	3. 动力设备 (如泵、压缩机、煤气发生炉、通风机、鼓风机等)	± 5
	4. 作角度排列的设备, 其角度偏斜偏差每长 1m 为 在 5m 以上不得大于	10 50
	5. 设备安装在单独基础上时, 设备纵横中心线必须落在 基础中心线上, 即设备重心应与基础重心在同一位置 上, 如有偏差不得超过	± 20

(续)

安装设备的性质		允差 (mm)
相对位置允差	1. 无任何联系的设备	± 20
	2. 与金属切削机床同属一组的其他设备或装置	± 2
	3. 与锻压设备同属一组的设备或装置	± 10
	4. 与铸造设备同属一组的设备或装置	± 5
	5. 与热处理设备同属一组的设备或装置	± 5
	6. 与金属熔化设备同属一组的设备或装置	± 10
	7. 与动力设备同属一组的设备或装置	± 5
	8. 互相衔接的连续运输机械及其辅助装置	± 5
	9. 互相衔接的带式输送带沿主中心线方向为 垂直于主中心线方向为	± 20 ± 10

3) 设备安装标高的允差应按照设计图纸或设备说明书中的规定, 若无规定时, 可按表 10-4 的规定。

表 10-4 设备安装标高的允差

安装设备的性质	允差 (mm)
1. 与其他设备没有任何强制工艺及动力上联系的单独设备	+20
2. 与其他设备有强制工艺上的联系, 其工件的移动是靠工件自重作用来实现的, 用输送槽或辊道等相联系的设备	-10 ± 5
3. 由输送带或其他具有强制移动工件的装置联系起来的设备	± 1
4. 在同一工艺过程里联合起来的机床及联合机床 (自动机床加工线)	± 0.2

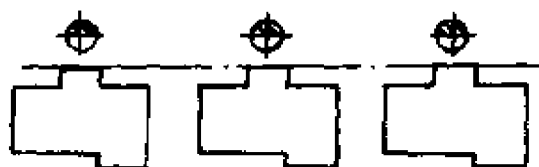


图 10-7 同类设备作直线排列

4) 设备定位的测量起点, 若施工图或平面图有明确规定者, 按图上的规定执行; 若只有轮廓形状者, 应以设备真实形状的最外点 (如车床正面的溜板箱手柄端、床头的皮带罩等) 算起。

5) 设备在车间纵横排列的规定如下:

①同类设备纵横向排列或成角度排列时，必须对齐，倾斜角度一致，如图 10-7 和图 10-8 所示。



图 10-8 同类设备作角度排列

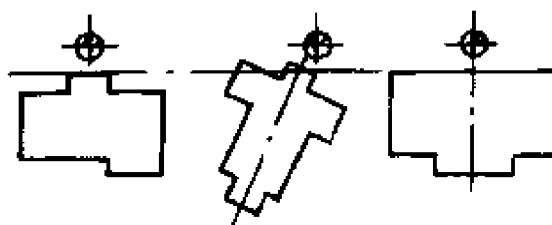


图 10-9 不同类型设备作直线及角度的交错排列

②不同类型设备，纵、横向或直线、角度排列时，其正面操纵位置必须排列整齐，如图 10-9 和图 10-10 所示。

6) 机床与墙、柱间的距离，两机床背后的距离，机床纵向及横向排列时两机床之间的距离，原则上都应按照平面布置图的规定，但在必要时允许根据车间具体情况及下述各点规定作适当调整：



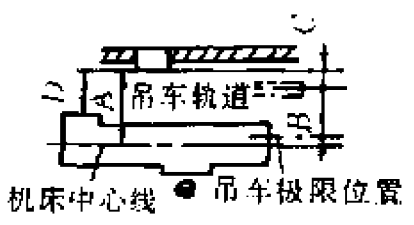





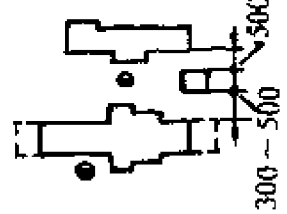
图 10-10 不同类型设备作直线排列

①机床与墙、柱间的最小距离（见表 10-5）。

表 10-5 机床设备与墙、柱间的最小距离


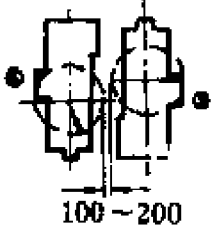
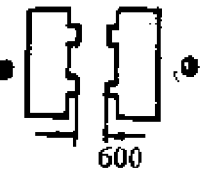
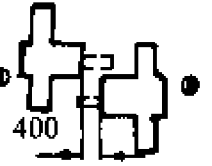
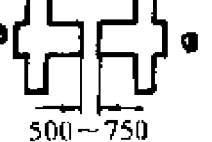
序号	图 示	最 小 距 离
1		小型机床，其外部尺寸小于 $500 \times 1000\text{mm}$ ，操作时机床无伸出部分，在作正面排列时各机床间距离应在 500mm 以上，与墙、柱间距离为 $100 \sim 200\text{mm}$
2		中型和大型机床为 500mm

(续)

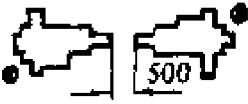


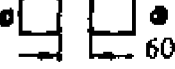

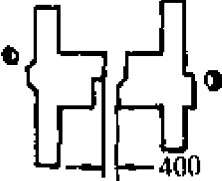
序号	图 示	最 小 距 离
3	 <p>吊车轨道 机床中心线 ● 吊车极限位置</p>	<p>使用桥式起重机、梁式起重机时, 大型机床到墙的距离 D, 由 $A = B + C + 200\text{mm}$ 来决定, 其中 A 为墙到机床中心线的距离, B 为起重机吊钩 (位于极端时) 到起重机轨道的中心线距离 (B 值在起重量 5、10、15t 时, 为 1100mm; 起重量在 15/3、20/5t 时, 小钩为 1050mm, 大钩为 950mm; 在起重量 30/5t 时, 小钩为 700mm, 大钩为 1300mm); C 为由起重机轨道中心线到墙的距离。 $D = 800 \sim 1500\text{mm}$</p>
4	 <p>800 ~ 1000</p>	<p>小型、中型及大型机床为 800 ~ 1000mm (大型机床采用较大之尺寸)</p>
5	 <p>500 ~ 700</p>	<p>侧面无伸出部分的中小型及大型机床 (大型机床采用较大的尺寸), 为 500 ~ 700mm</p>
6	 <p>500</p>	<p>侧面有伸出部分的小型、中型机床为 500mm</p>
7	 <p>900</p>	<p>侧面有伸出部分的大型机床为 900mm</p>
8	 <p>200 500</p>	<p>铣床及磨床为 200 及 500mm</p>
9	 <p>500 300 ~ 500</p>	<p>柱子在机末间的相互距离为 300 ~ 500mm</p>

②机床背面间的最小距离（见表 10-6）。

表 10-6 机床背面的最小距离


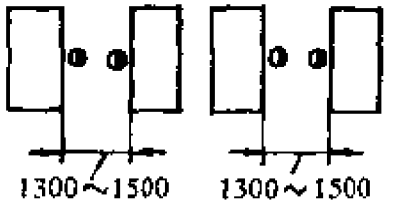

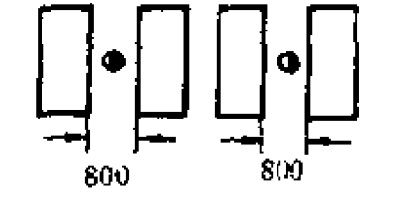
序号	图 示	最 小 距 离
1		车床及六角车床（附卧式旋转六角刀架）距离为 500mm
2		六角车床（附立式旋转六角刀架）距离为 100~200mm（ R ——六角刀架刀具的最大旋转半径）
3		多刀车床及单轴式或多轴半自动多刀车床距离为 600mm
4		平铣床距离为 400mm
5		立铣床（大型机床采用较大的尺寸）为 500~750mm

(续)

序号	图 示	最 小 距 离
6	 The diagram shows two planing machines represented by irregular shapes. A dimension line between them is labeled '500'. Small circles are placed at the corners of the machines to indicate their footprint.	牛头刨床为 500mm
7	 The diagram shows two vertical drilling machines represented by simple rectangular shapes. A dimension line between them is labeled '200'. Small circles are placed at the corners to indicate their footprint.	立式钻床 (床身顶端有电动机座) 为 200mm
8	 The diagram shows two gear grinding machines represented by vertical rectangular shapes with circular cutouts. A dimension line between them is labeled '400'. Small circles are placed at the corners to indicate their footprint.	铣齿机 (铣圆柱形齿轮用) 为 400mm
9	 The diagram shows two gear hobbing machines represented by simple rectangular shapes. A dimension line between them is labeled '600'. Small circles are placed at the corners to indicate their footprint.	插齿机床距离为 600mm
10	 The diagram shows two gear hobbing machines represented by simple rectangular shapes. A dimension line between them is labeled '600'. Small circles are placed at the corners to indicate their footprint.	铣齿机 (铣伞齿轮用) 为 600mm
11	 The diagram shows two grinding machines represented by vertical rectangular shapes with a central vertical column. A dimension line between them is labeled '400'. Small circles are placed at the corners to indicate their footprint.	磨床为 400mm

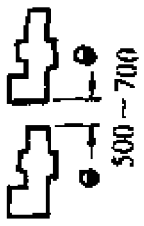
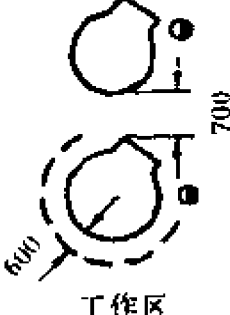
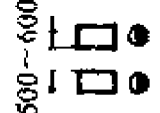
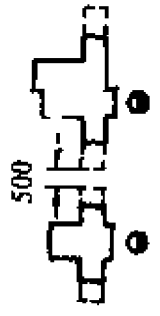
③机床横向排列时两机床间最小的距离（见表10-7）。

表 10-7 机床横向排列时两机床间的最小距离

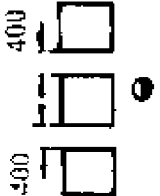
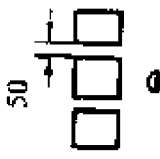

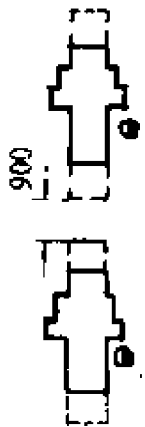
序号	图 示	最 小 距 离
1		
2		<p>由一人操作一台机床时两机床间的距离如图1、2、3所示</p>
3		
4		<p>由一人操作两台机床时，两机床间的距离为800mm</p>

④机床纵向排列时，两机床间的最小距离（见表10-8）。

表 10-8 机床纵向排列时, 两机床间的最小距离

序号	图 示	最 小 距 离
1		车床及六角车床 (大型机床采用较大的尺寸) 为 500~700mm
2		立式半自动车床为 600 及 700mm
3		立式钻床 (中型及大型) 为 500~600mm
4		立铣床、平铣床及磨床为 500mm

(续)

序号	图 示	最 小 距 离
5		需由侧面操作的齿轮切削机床 (516 型插齿机) 为 400mm
6		不需由侧面操作的齿轮切削机床 (512 型插齿机) 为 50mm
7		牛头刨床为 800mm
8		龙门刨床、龙门铣床、龙门磨床为 900mm

7) 皮带输送机、辊道、传送链等连续运输机械，在安装中应保证相互之间及与辅助设备能正确的衔接。

2. 地脚螺栓的安装与处理

(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一种金属件。它一般分为两类：

1) 死地脚螺栓：死地脚螺栓有长短两种：长地脚螺栓的长度为 500~2500mm 以上，它用来在基础上固定工作时冲击和震动较大的机器（有往复运动的机器）；短地脚螺栓的长度为 100~400mm，它用于工作载荷较平

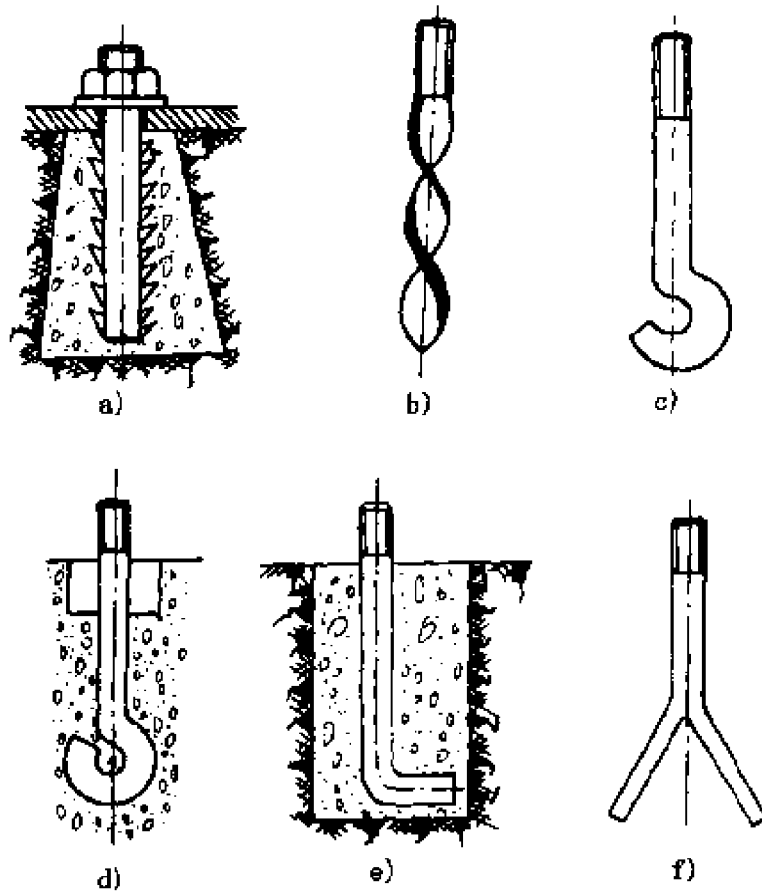


图 10-11 死地脚螺栓

- a) 逆刺形 b) 螺旋形 c) 钩形 d) 环形 e) L形
f) 开脚形

稳、无冲击和震动的机器上。

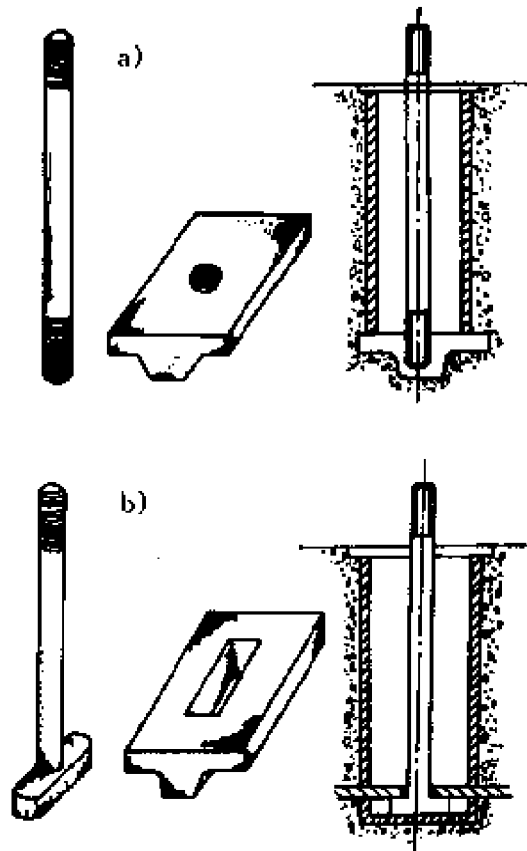


图 10-12 活地脚螺栓

a) 螺纹头螺栓 b) “T”形头螺栓

础内的深度，一般是直径的 12~25 倍，再加上外露部分的长度。它的规格见表 10-9。但大型设备或震动较大的设备，则必须加大倍数、增强螺栓的长度。如果螺栓的长度受地位的限制，或者为了加强螺栓和混凝土之间的粘结力，可将螺栓尾部弯成钩形。

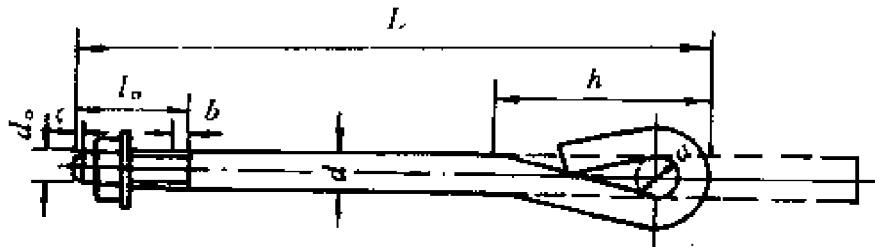
为了使地脚螺栓牢固地扣在螺栓座里，常把它的端部制成各种形状（图 10-11）。

2) 活地脚螺栓：活地脚螺栓有两种：一种是两端带有螺纹及螺帽（图 10-12a）；另一种是下端为“T”字形，有一地脚板浇灌在地基内，板中有长方口，将螺栓下端“T”字形状的长方头安入后，扭转 90°与板上的长方口成正交，便不能拿出（图 10-12b）。

活地脚螺栓孔，不应浇灌混凝土，以便于将来设备可以搬动地点或更换地脚螺栓。

(2) 地脚螺栓的规格和使用地脚螺栓埋于混凝土中所发生的作用，是由于金属表面与混凝土间的粘着力和混凝土在钢筋上的摩擦力而产生的。地脚螺栓之所以能将设备固定在基础上，就是这种作用的结果。地脚螺栓的长度，为埋入基

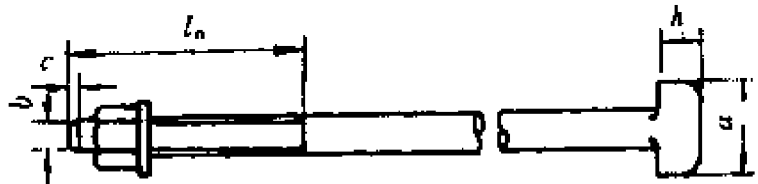
表 10-9 地脚螺栓的规格 (mm)



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	0.0072
M16	16	40	3	2	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	30	142	0.114	0.035
M30	30	85	5.2	4	38	180	0.228	0.061
M36	36	100	6	4.5	45	215	0.378	0.117
M42	42	110	6.7	5	50	245	0.664	0.158
M48	48	125	7.5	6	60	285	1.017	0.266

活地脚螺栓及其锚板的规格见表 10-10 和表 10-11。

表 10-10 活地脚螺栓的规格 (mm)

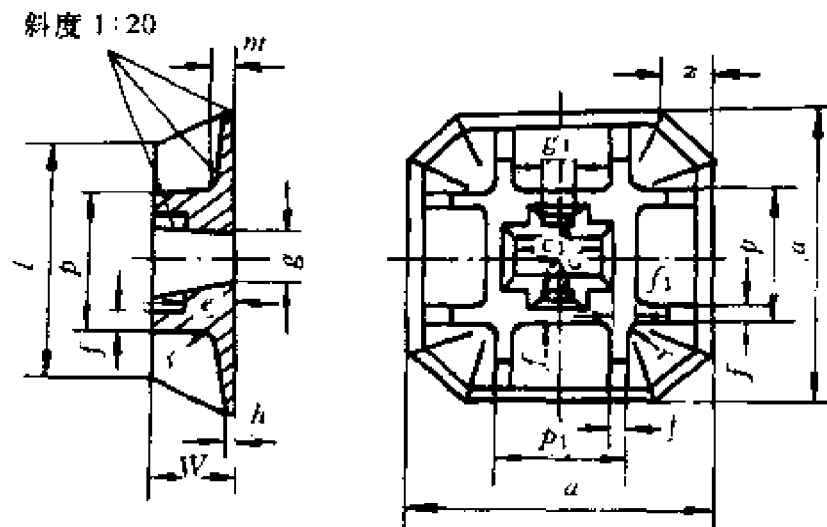


(续)

d	h	a	b	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

注：地脚螺栓长度 l 决定于锚板的深度 W 的尺寸，锚板深度按计算安装。

表 10-11 活地脚螺栓锚板的规格 (mm)



W	a	c	c_1	g	g_1	l	m	h	f	f_1	p	p_1	r	z	地脚螺栓的直径	理论质量 (kg)	
90	210	50	68	38	70	40	165	22	11	10	13	92	98	10	32	M30	7.3
110	240	60	82	44	84	46	180	24	12	11	14	100	116	15	34	M36	10.9
120	270	68	94	50	96	54	205	26	13	11	14	121	128	15	36	M42	14.8
130	300	75	102	56	105	60	225	28	14	12	15	132	140	15	38	M48	19.8
140	330	82	112	62	115	68	250	32	16	13	17	145	154	15	40	M56	26.7

活地脚螺栓长度的偏差不应超过表 10-12 的规定。

表 10-12 活地脚螺栓长度的偏差

公称尺寸 (mm)	允差 (mm)	公称尺寸 (mm)	允差 (mm)
0~100	±1	1000~2000	±5
100~250	±2	2000~3000	±6
250~500	±3	3000~5000	±8
500~1000	±4	5000 以上	±10

地脚螺栓的直径应小于设备底座上的地脚螺栓孔的直径（一般要小几毫米），具体规定见表 10-13。

表 10-13 地脚螺栓直径与设备底座孔径的关系

地脚螺栓直径 (mm)	10	12	16	20	24	30	36	42	48
孔径 (mm)	12~13	13~17	17~22	22~27	27~33	33~40	40~48	48~55	55~65

注：地脚螺栓用 A1、A2 钢制作。

地脚螺栓放在螺栓孔内应垂直，歪斜允差每米不得超过 10mm，离孔边距离不得小于 15mm。

每根地脚螺栓应按标准配用一个垫圈和一个螺母。振动较大的设备应加用锁紧螺母或使用双螺母。

(3) 地脚螺栓的安装过程

1) 安装前的准备：地脚螺栓的安装和设备安装中是最重要的一项工作，安装的好坏对设备的影响很大，而且安装的技术也很复杂。因此，在安装前必须作好充分的准备工作，不但要准备好技术资料，熟习好施工图，而且要准备好安装时所用的各种材料和工具（包括一些特殊工具）。安装时常用的主要工具见表 10-14。

表 10-14 安装地脚螺栓时常用的主要工具

编号	名称	规格	每组需用量	主要用途
1	钢 丝	20 [#] ~30 [#]	视工作量而定	用于挂中心线和挂重锤
2	线 坠	小	6~8 个	找中心和垂直度
3	钢 卷 尺	25m、2m	长、短各 2 个	找位置与标高、打试样
4	铸铁平尺	400mm	2 个	找垂直度与水平度
5	钢 直 尺	600mm	2 根	打试样
6	锤 子	0.5、0.8kg	2 把	找正用
7	扁 錾	125~160mm	8 把	錾削用
8	铁 丝	22 [#] ~24 [#]	视工作量而定	挂螺栓盒用
9	划针, 样冲		备用	划线, 打印
10	圆 规	150~200mm	3 把	划线用
11	直 角 尺	160~200mm	4 把	划线用
12	重 锤	15~20kg	1 个	拉紧钢丝
13	粉 笔		少许	涂色
14	毛 笔		1 支	写、记号等
15	铅 油	红	少许	写、记号等

2) 一次灌浆地脚螺栓的安装方法

①准备好中心线调整架(图 10-13)和螺栓找直仪(图 10-14)。

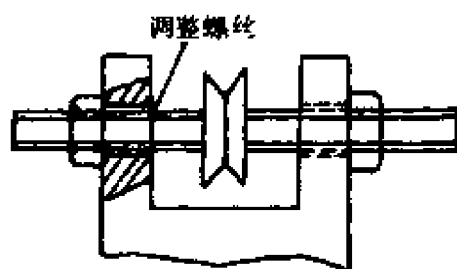


图 10-13 中心线调整架

②检查固定架和地脚螺栓: 固定架事先在基础上立好, 不准有松动; 架设与固定螺栓用的横梁的配置和所处标高应与图纸相符, 并应保持水平, 可用测量仪器检查。

地脚螺栓应进行清洗, 螺栓顶上应打好中心眼, 并检查螺栓是否正直, 螺

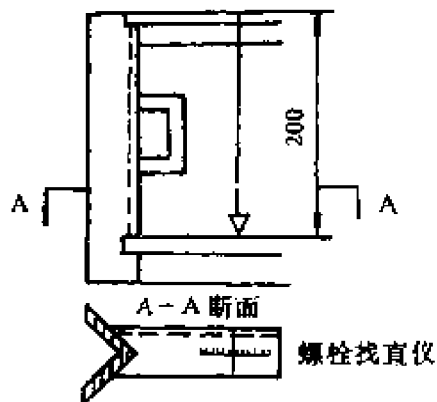


图 10-14 螺栓找直仪

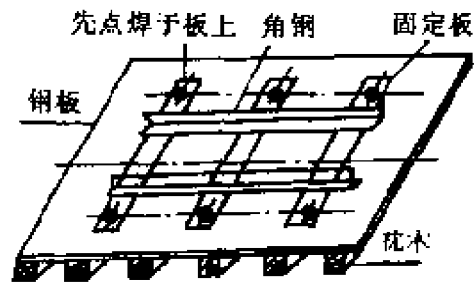


图 10-15 焊螺栓固定架

纹是否完好。有不直的须要矫正，螺母均应试拧。

③焊螺栓固定架：按图纸在铁板上划出地脚螺栓固定板的位置尺寸（以螺栓中心为准）；把角钢和固定板焊在一起，焊时要先在对角处点焊，以防止变形，然后进行尺寸检查，如图 10-15 所示。

④安装线架：在安装地脚螺栓时，为了找准螺栓的中心位置、高低和垂直度，通常挂一定高度的钢丝作为中心线，利用线坠和钢尺等来找正，钢丝的两端挂在线架上，末端吊上重锤头使线拉直。线架通常用角钢（L50×50×5）焊在螺栓固定架上，中心线的高度以高于螺栓标高 40cm 为宜。

操作时，线架应根据设备基础的长度实行分段焊接，以免挂线过长、线坠不稳，一不小心挂线就会被碰掉或撞偏。挂中心线必须使其跨过“中心线调整器”，以防被碰动（图 10-16）。

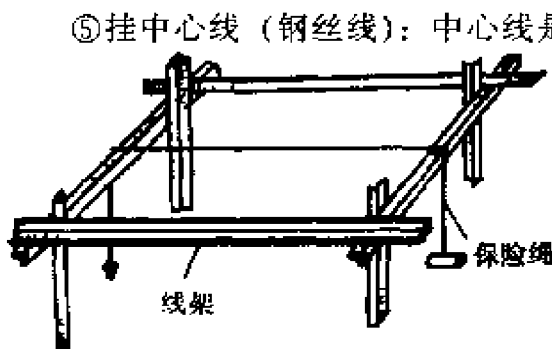


图 10-16 中心线安置于线架上

⑤挂中心线（钢丝线）：中心线是各螺栓中心的实际代表线，每个螺栓的安装位置必须根据它的中心线来确定，而每一项安装工程或一台设备基础根据生产的特点和重要性确定设置一根或几根主要中心线（纵的或横的），安装前根据安装螺栓的需要，再确定几根附属中心线，这些中心线都以主要中心线为标准来挂设。

挂设的方法和步骤如下：

(a) 挂线前，把已焊好的固定板全部安放到基础固定架上，根据固定板的编号按施工作业图排列；

(b) 在线架上测出主要中心线及距离较长的附属中心线，并打上印，标上号；

(c) 用 20[#]~30[#] 钢丝拉直挂在线架上，两端吊以锤头，将钢丝绷直，钢丝吊挂在线架上或直接嵌入刻缝内，用中心线调整器进行调整。为防止锤头落下伤人，应拴上保险绳（图 10-16）。

⑥螺栓固定板找正：中心线挂上后，便可进行螺栓固定板找正。其步骤如下：

(a) 检查螺栓固定板的高度是否符合图纸要求；

(b) 将螺栓固定板的中心线和钢丝中心线对准（用线坠），前后左右不差后，先用点焊定位；

(c) 再检查一遍，若无移动，就可将螺栓固定板全部焊在固定架上。

⑦穿地脚螺栓：为了使每个地脚螺栓都达到质量标准，必须按照下列规程进行操作：

(a) 在穿螺栓前，把该基础的螺栓和调整螺栓位置用的模板灰盒子清点整理，按规定位置分别堆放在固定板附近，并插上标示牌。

(b) 按施工图上标出的螺栓规格和标高，把螺栓穿到固定板上。

(c) 穿螺栓时应把灰盒子一起穿上，并把螺栓高度拧到接近标高，以便找正。

⑧地脚螺栓找正（图 10-17）

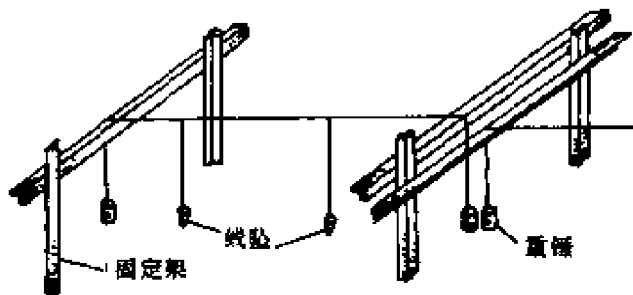


图 10-17 分段线架找正螺栓

(a) 成行并同标高的螺栓找正前，在两头的固定板上焊一根 $\varnothing 12 \sim 16\text{mm}$ 的圆铁棍。

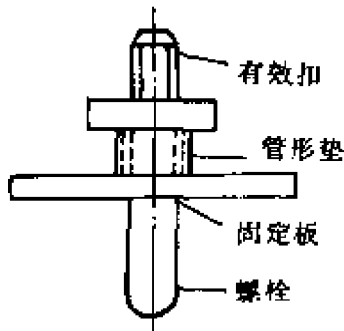


图 10-18 地脚螺栓的有效扣

(b) 在两铁棍间拉上一条钢丝，钢丝的高度由测量确定，高出螺栓标高 30~40mm。

(c) 同一行螺栓标高都按照这根钢丝往下反 40mm，但螺栓标高应从有效扣算起（图 10-18）。

(d) 螺栓标高拉好后，由测量人员逐个检查，用铅油作好记号后，不准再拧（图 10-19）。

(e) 标高确定后，找正螺栓中心。每个螺栓事先均在头上打好中心眼，找正时该中心眼应与纵横中心线相符合，最多不能超出 1mm（图 10-

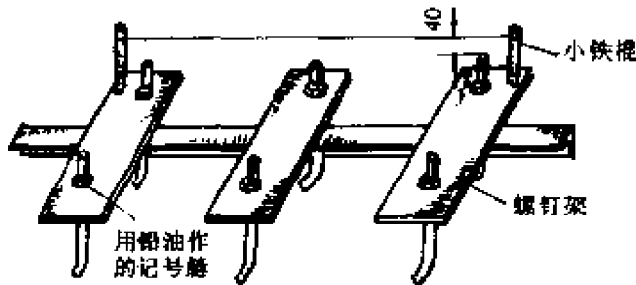


图 10-19 找正螺栓标高

17)。

(f) 在找正螺栓中心的同时应检查螺栓本身的垂直度。两者均符合要求后才能焊死。

⑨地脚螺栓的固定（焊死）

(a) 中、小型螺栓的固定：螺栓找正中心和垂直后，把螺母点焊在固定板上，并上下检查一遍，然后在下部螺杆上焊上 4~6 根圆钢，应分成几个方向焊在固定架上。

(b) 大螺栓的固定：大螺栓安装时只安装螺栓套筒，根据套筒侧壁和顶盖上的中心眼进行找正。因螺栓套筒很重，在下部应设法支持，同时要用 7~8 根角钢焊在固定架上（图 10-20）。

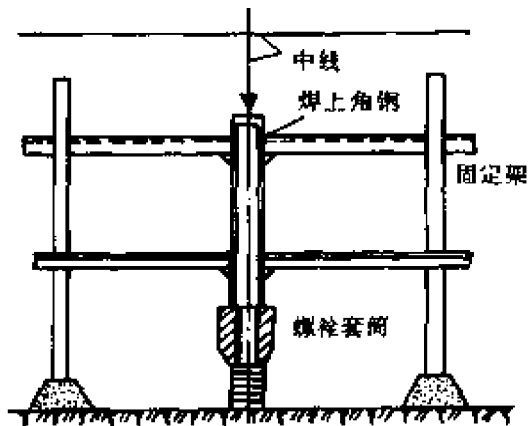


图 10-20 活地脚螺栓的安装

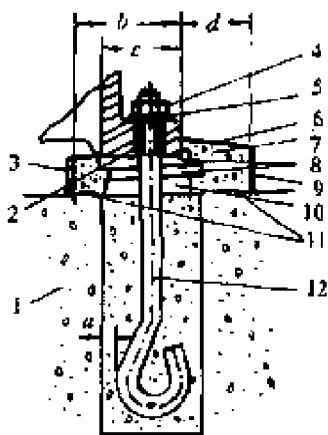


图 10-21 地脚螺栓、垫铁、灌浆部分示意图

- 1—地坪或基础 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—钩头成对斜垫铁 9—外模板 10—平垫铁
- 11—麻面 12—地脚螺栓

(c) 中、小螺栓有灰盒子，应与螺栓同时穿上，并用铁丝挂在固定架上，螺栓焊死后，再用铁丝拴在螺栓上。

3) 预留孔地脚螺栓的安放

① 弯钩式地脚螺栓的安放：弯钩式地脚螺栓在基础预留孔内的安放情况如图 10-21 所示。其下端弯钩处不得碰壁，至少要留 100mm 的间隙。螺栓到孔壁各侧面的距离 a 不得小于 15mm，如间隙太小，灌浆时不易填满，混凝土内就出现孔洞。地脚螺栓

上端要露出 2~3 牙，不得缩入螺母内。

如设备安装在地下室顶上的混凝土板或混凝土楼板上时，则地脚螺栓弯曲部分应钩在钢筋上，如无钢筋，须加一圆钢穿在螺栓的弯钩部分（图 10-22）。

② 锚定式活地脚螺栓的安放（图 10-23）：在设备就位前，锚板安放应平正稳固，要检查锚板与螺栓矩形头的配合情况。在地脚螺栓的末端，作出标记，标明螺栓矩形头的方向。在基础表面上作出明显的标记，标明锚板容纳螺栓矩形头的方向。设

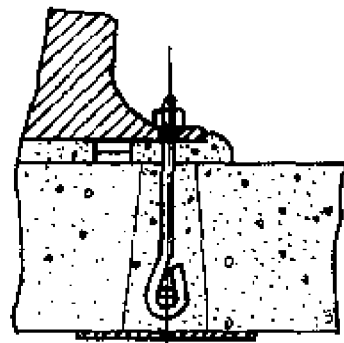


图 10-22 地脚螺栓加固

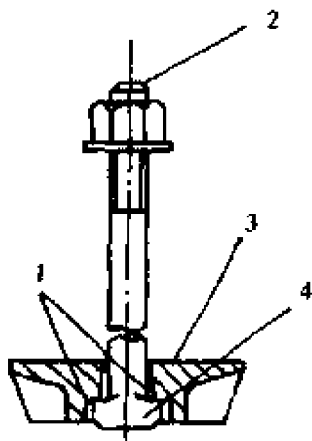


图 10-23 锚定式活地脚螺栓

1—锚板上容纳螺栓矩形头的凹槽
2—螺栓末端的端面
3—锚板
4—螺栓矩形头

备就位后，拧紧螺母前，螺栓矩形头应正确地嵌入锚板槽口内，并按照标记检查螺栓矩形头与锚板容纳槽的方向，二者应紧密嵌合。

4) 拧紧地脚螺栓螺母应注意的事项

①地脚螺栓的螺母下应加垫圈；起重运输设备的地脚螺栓须用锁紧装置锁紧（如加弹簧垫圈、双螺母、开口销等）。

②地脚螺栓的螺纹在拧上螺母以前，应用机油或黄油润滑，以防日后锈蚀而使拆卸困难。

③在混凝土达到设计强度 75% 以后，方准拧紧地脚螺栓。

④拧紧地脚螺栓应从设备的中间开始，然后往两头交错对角进行。拧时用力要均匀。严禁紧完一边再紧另一边。在紧完螺母后要再复查一次水平。拧紧次序如图 10-24 所示。

⑤拧紧地脚螺栓的力矩见表 10-15。

表 10-15 拧紧地脚螺栓所需的力矩

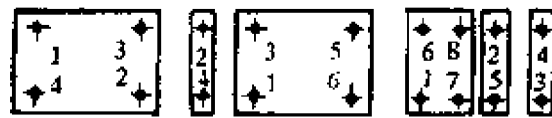
螺栓直径 (mm)	拧紧力矩 (N·m)	螺栓直径 (mm)	拧紧力矩 (N·m)	螺栓直径 (mm)	拧紧力矩 (N·m)
10	11	18	66	27	240
12	19	20	95	30	320
14	30	22	130	36	580
16	48	24	160		

表上规定仅适用于材料是软钢的地脚螺栓，其他螺栓所需的拧紧力矩，可按下式换算：

$$M_a = \frac{\sigma_s}{2200} \times M$$

式中 M_a —— 所需扭紧力矩；

M —— 钢 (A3) 螺栓所用的拧紧力矩；



a)

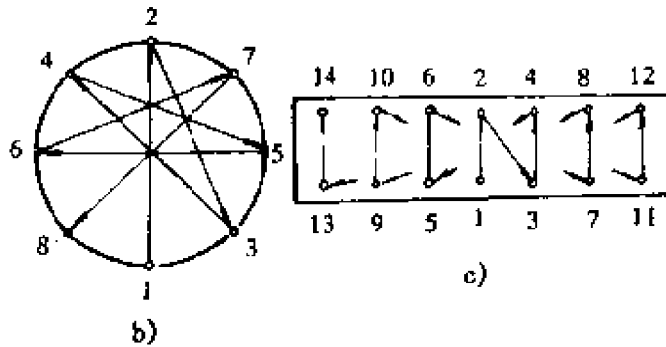


图 10-24 拧紧地脚螺栓的顺序

σ —— 材料的屈服点 (MPa)。

(4) 地脚螺栓发生问题时的处理

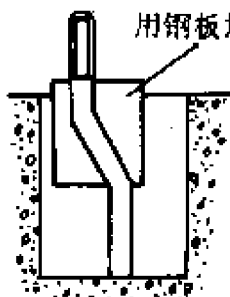


图 10-25 烧红打弯用钢板加固

1) 地脚螺栓中心偏差的处理: 螺栓直径小于 30mm、中心偏斜在 10~30mm 以内时, 用氧乙炔焰将螺栓烧红, 用大锤打弯后, 焊钢板加固, 以免螺栓拧紧时又复原位 (图 10-25)。

螺栓直径大于 30mm、偏差较大时, 可将螺栓切断后, 用一块钢板焊在螺栓中间。如考虑到螺栓强度不够, 可在螺栓的两侧再焊两块钢板加固, 加固钢板的长度不应小于螺栓直径的 3~4 倍。为了安全起见, 选用长度要在 500mm 左右 (图 10-26)。

2) 地脚螺栓高度不合格的处理:

①地脚螺栓过高时, 可将高出部分割去重新套螺纹;

②螺栓偏低而差值在 15mm 以内时, 可用氧乙炔焰把螺栓烧红, 然后把它拉长。拉长的方法是在两迭垫板上架设一中间有孔的方钢板并套装在地脚螺栓上, 上面用螺母加扭力拧紧, 借拧紧螺母的力量将螺栓烧红处拉长 (图 10-27a)。直径拉细处焊 2~3 块钢板加固 (图 10-27b)。

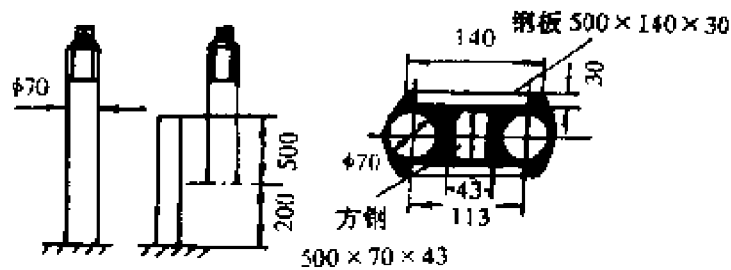


图 10-26 切断后用加固钢板焊接

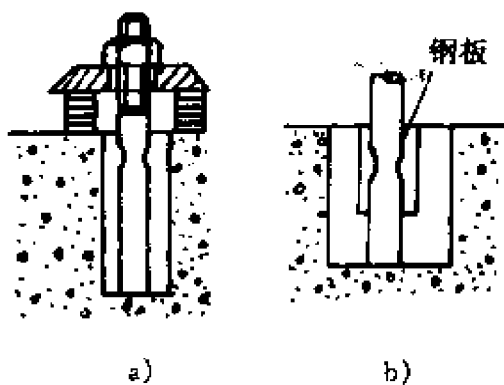


图 10-27 螺栓拉长及用钢板加固

螺栓过低且差值超过 15mm 时，可在螺栓周围挖一深坑，在距坑底向上约 100mm 处将螺栓切割，另焊一同直径的新螺栓，并用两根圆钢加固（图 10-28），圆钢的长度约为螺栓直径的 4~5 倍。

3) 地脚螺栓在基础内松动的处理：拧紧螺栓时，可能将螺栓拔活。这时，应先把螺栓敲回原位，并将基础的孔铲成中间大、两头小的形状（图 10-29），然后在螺栓上焊半纵横两根圆钢，用水

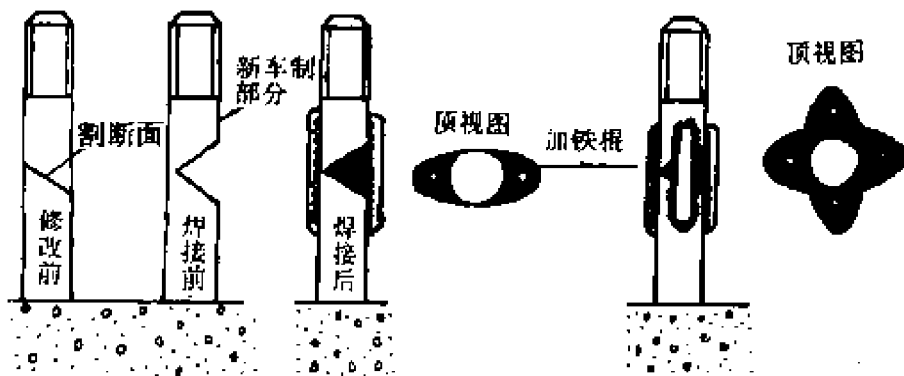


图 10-28 标高过低螺栓接长法

将坑内冲洗干净并灌浆。等凝固后再拧紧螺栓。

活地脚螺栓有偏差时的处理方法，大致与灌死螺栓的处理方法相同，只不过是取出来处理。如螺栓过长，可在车床上切去一段再套丝；如螺栓太短，可用热锻法把螺栓打长；如果位置偏斜可用弯曲法纠正。

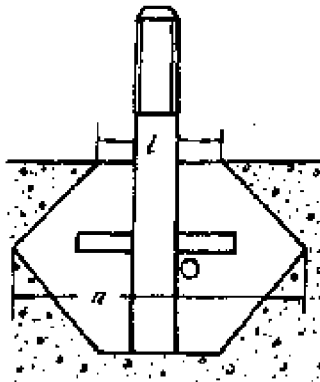


图 10-29 拔活地脚螺栓加固法

3. 垫铁的安放

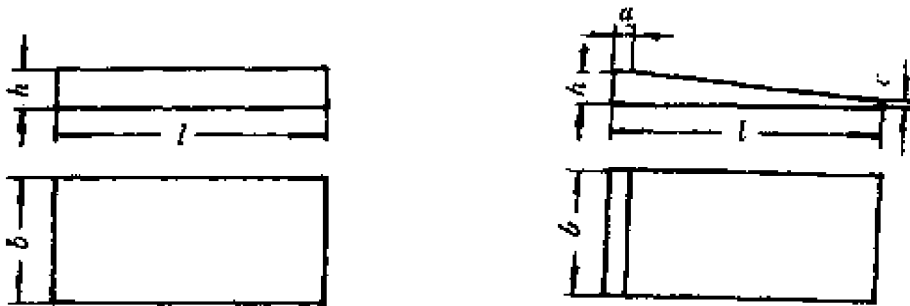
在设备底座下安放垫铁的目的，主要在于调整设备的标高和水平度。同时使设备的全部重量通过垫铁均匀地传递到基础上。

(1) 垫铁的种类、规格和应用

1) 平垫铁（又称矩形垫铁）：常用于一般轧钢设备上，其规格见表10-16。

2) 斜垫铁（又称斜插式垫铁）：大多用于振动大、构造精密的设备上。一般斜垫铁下要有平垫铁。其规格见表10-16。

表 10-16 平垫铁和斜垫铁的规格



平垫铁

斜垫铁

序号	平垫铁 (mm)				斜垫铁 (mm)					
	代号	l	b	材料	代号	l	b	c	a	材料
1	平 1	90	60	铸铁或 普通碳素钢	斜 1	100	50	3	4	普通 碳素钢
2	平 2	110	70		斜 2	120	60	4	6	
3	平 3	125	85		斜 3	140	70	4	8	

注：1. 厚度 h 可按实际需要和材料决定；斜垫铁的斜度为 $1/10 \sim 1/20$ ；

2. 斜垫铁应与同号平垫铁配合使用：即“斜 1”配“平 1”，“斜 2”配“平 2”，“斜 3”配“平 3”；

3. 如有特殊要求，可采用其他加工精度和规格的垫铁。

3) 开口垫铁：用于安装在金属结构上的设备及由两个以上面积都很小的底脚支持的设备。这种垫铁的形状如图 10-30 所示，其尺寸如下：

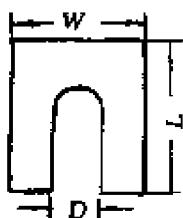


图 10-30 开口垫铁



图 10-31 L形垫铁

- ①开口宽度 D 应比地脚螺栓直径大 $1\sim 5\text{mm}$ ；
- ②宽度 W 一般和设备底脚的宽度相等；当需要焊接固定时应较底脚宽度大；
- ③长度 L 应比设备底脚长度略长 $20\sim 40\text{mm}$ 。

4) L形垫铁：当以上几种垫铁不能放置时用，如剪断机，因底脚与垫板接触面很小，所以采用 L形垫铁较好（图 10-31）。其中留出之孔，就是地脚螺栓的位置

5) 螺栓调整垫铁：其构造很简单，是应用两个斜滑板相对移动、改变总高度的原理做成的（图 10-32）。采用这种垫铁，只须拧动调整螺钉，即可灵敏调节机床的高低，既方便、准确，又提高效率。

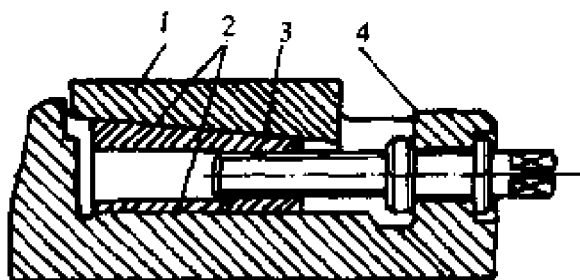


图 10-32 螺栓调整垫铁

1—升降块 2—调整块滑动面 3—调整块 4—垫座

垫在筋底下。

(2) 垫铁的放置法

1) 标准垫法（图 10-33）：一般都采用这种垫法。它是将垫铁放在地脚螺栓的两侧，这也是放置垫铁的基本原则。

2) 十字垫法（图 10-34）：当设备底座小、地脚螺栓间距近时用这种方法。

3) 筋底垫法（图 10-35）：设备底座下部有筋时，一定要把垫铁

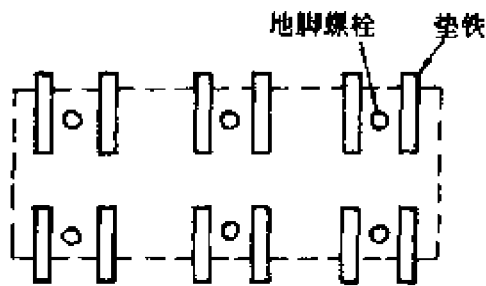


图 10-33 标准垫法

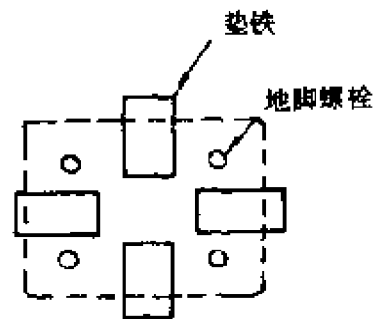


图 10-34 十字垫法

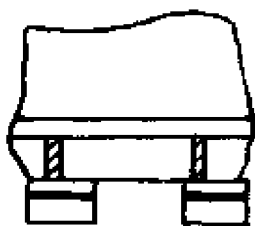


图 10-35 筋底垫法

4) 辅助垫法 (图 10-36): 当地脚螺栓间距太远时, 中间要加一辅助垫铁。一般垫铁间允许的最大距离为 500~1000mm。

5) 混合垫法 (图 10-37): 根据设备底座的形状和地脚螺栓间距的大小来放置, 金属切削机床一类的设备大都采用这种方法。

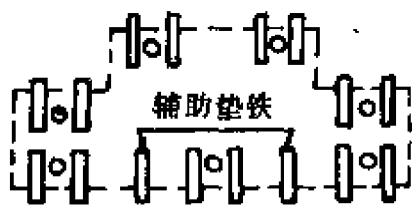


图 10-36 辅助垫法

1) 垫铁的高度应在 30~100mm 内, 过高将影响设备的稳定性, 过低则二次灌浆层不易牢固。

2) 为了更好地承受压力, 垫铁与基础面必须紧密贴合。因此, 基础面上放垫铁的位置不平时, 一定要凿平。

3) 设备机座下面有向内的凸缘时, 垫铁要安放在凸缘下面。

4) 设备找平后, 平垫铁应露出设备底座外缘 10~30mm, 斜垫铁应露出 10~50mm, 以利于调整。而垫铁与地脚螺栓边缘的距离应为 50~

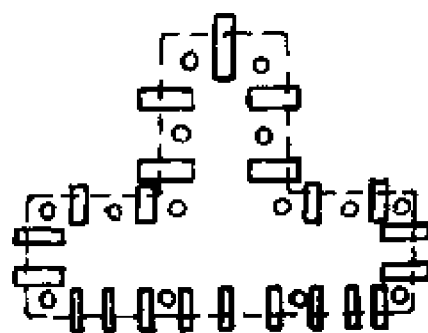


图 10-37 混合垫法

150mm，以便于螺孔灌浆。

5) 每叠垫铁的块数越少越好（最多不得超过三块），厚的放在下面，薄的放在上面，最薄的放在薄与厚的中间。在拧紧地脚螺栓后，每叠垫铁的压紧度必须一致，不允许有松动现象。

6) 在设备找正后，如果是钢垫铁，一定要把每叠垫铁都以点焊的方法焊接在一起。

7) 在放垫铁时，还必须依照基础混凝土的允许承压来决定。一般情况下，通过垫铁传到基础上的压力不得超过 $1.2 \sim 1.5\text{MPa}$ 。有些机械设备，安装使用垫铁的数量和形状在设备说明书或设计图纸上都有规定，而且垫铁也随同设备一起带来。因此，安装时必须根据图纸规定来做。如未作规定，在安装时可参考前面所述的各项要求和做法进行。

4. 设备的找正

垫铁放好、设备就位后，便可进行设备找正。找正就是将设备不偏不倚地正好放在规定的位置上，使设备的纵横中心线和基础的中心线对正。设备找正包括三个方面：找正设备中心、找正设备标高和找正设备的水平度。

(1) 找正设备中心 设备放到基础上，就可以根据中心标板挂中心线来对准设备的中心线，以定设备的正确位置。

1) 挂中心线：挂中心线可采用线架，大设备使用固定线架，小设备使用活动线架。挂中心线时应注意以下事项：

①挂中心线要用直径 $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ 的整根钢丝。中心线的长度不得超过 40m 。两纵横中心线交叉时，长的应在下方，短的应在上方，其间距不得小于 300mm ，以免互相接触；

②吊线坠的线应细，而且要柔软、结实。利用线坠的尖对准设备基础表面上的中心点，可在同一根中心线上挂两个线坠，前后两个线坠的尖都应对准在一起（图 10-38）。精密检查时，吊线坠的线可用缝纫机上所使用的缝衣线，细而光滑，检查准确；

③对准中心标板的线坠要大些，而对准设备中心的线坠则小些，以减少钢丝的挠度（如图 10-39 所示）。

2) 找中心

①根据加工的圆孔找中心：图 10-40 所示为一辊式矫正机，它是根据两个销子的圆孔，在孔内钉上木头和铁片来找中心的。

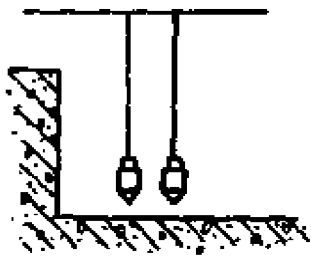


图 10-38 挂中心线

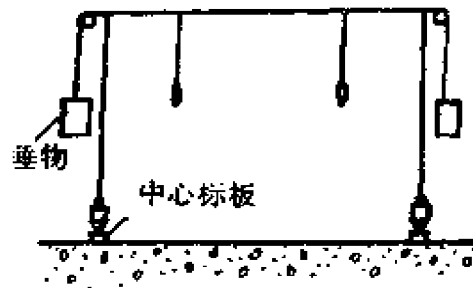


图 10-39 挂线坠

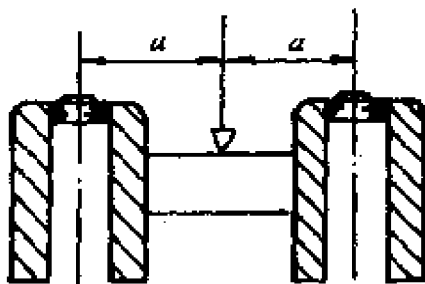


图 10-40 根据加工圆孔找中心

②根据轴的端面找中心：有些设备，轴很短，只有轴头端面露在外面。这时，可在轴头端面的中心孔内塞上铅，然后用圆规在铅上找出中心（图 10-41）。

③根据侧加工面找中心：一般减速机，可根据两轴外侧装挡油盖的加工面找出中心，如图 10-42 所示。

④根据轴瓦瓦口找中心：图 10-43 所示

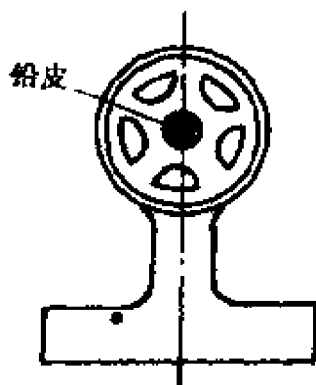


图 10-41 根据轴的端面找中心 为一减速机座，它是根据轴瓦瓦口找中心的。在瓦口上卡一块木板，在木板上钉一块小铁片，然后用圆规在铁片上找出中心。

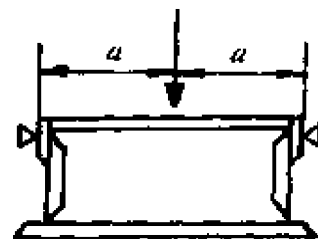


图 10-42 根据立侧加工面找中心

3) 设备拨正：挂好中心线、找出中心点后，就可看出设备是否位于正确的位置。如果位置不正确，则必须拨正。常见的设备拨正方法如下：

①一般小型机座可用锤子打，也可用撬棍撬（图 10-44）。用锤打时要轻，不要打坏设备。

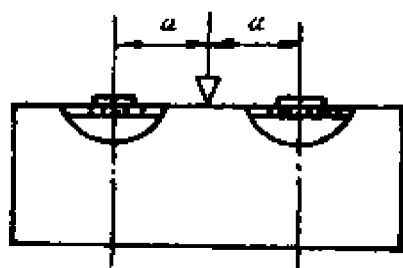


图 10-43 根据轴瓦瓦口找中心

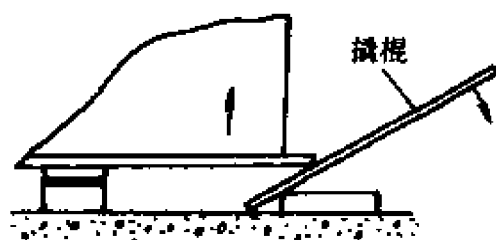


图 10-44 用撬棍拨正

②较重的设备可利用基础，放上垫铁，打入斜铁，使之移动（图 10-45）。

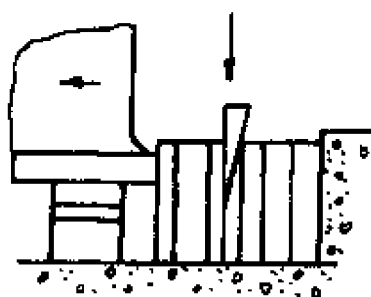


图 10-45 打入斜板拨正

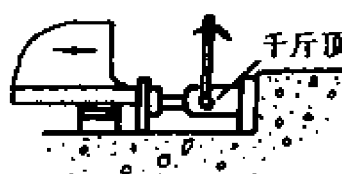


图 10-46 用油压千斤顶拨正

③利用油压千斤顶拨正。但在油压千斤顶的两端要加上垫铁或木块，以免碰伤设备表面或基础面（图 10-46）。

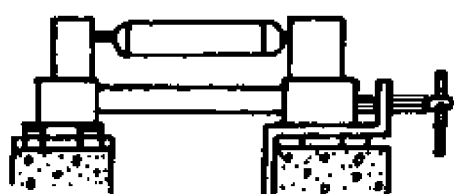


图 10-47 用拨正器拨正

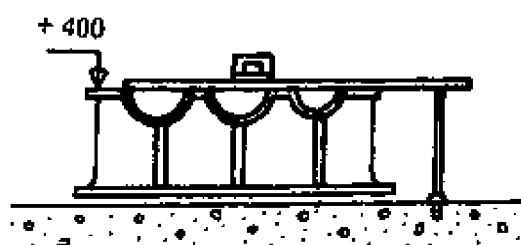


图 10-48 按加工平面找标高

④有些设备可用拨正器来拨正。这样做既省力又省工，并且移动量可以很小，而且准确，同时拨正器构造简单，可节省油压千斤顶（图 10-47）。

(2) 找正设备标高 机械设备坐落在厂房内，其相互间各自应有的高度，就是设备的标高。找正设备标高的方法如下：

1) 按加工平面找标高：设备上的加工面，可直接作为找标高用的平面。把水平仪、平尺放在加工面上，即可量出设备的标高。图 10-48 所示为减速机外壳找标高的方法。

2) 根据斜面找标高：有些减速机是倾斜的，虽然盖和机体的接触面是

加工面，但是不能用作找标高的基面，而是从两个轴承外套上来找标高，如图 10-49 所示。

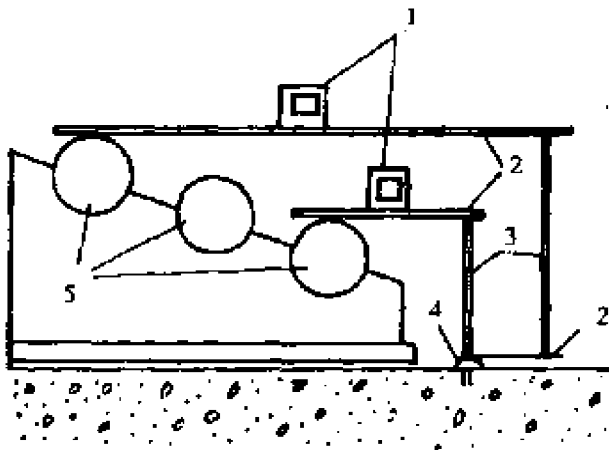


图 10-49 根据斜面找标高

1—方水平；2—平尺；3—千分棍；4—基准点；5—轴承外套

3) 按曲面找标高：按图纸找出与曲面下部相切的水平面的标高，度量时用平尺引出。但因平尺不能与曲面完全接触，而存在有间隙，可以用塞尺检查曲面与平尺下部的间隙，把它计算在度量标高的尺寸内（图 10-50）。

4) 用样板找标高：如果设备本身没有水平面或曲面，而只有斜面时，可用精密的样板按斜面的斜度放在机体上，以样板上的水平面作为找标高的标准面（图 10-51）。

5) 利用水准仪找标高：这

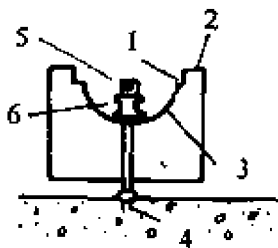


图 10-50 按圆曲面找标高

1—平面；2—结合面；3—弧面；4—基准点；5—方水平；6—平尺

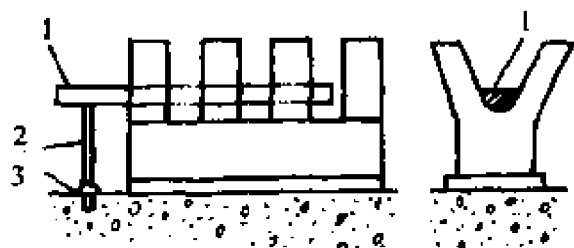


图 10-51 用样板找标高

1—样板；2—千分棍；3—基准点

是最简便的方法。但必须考虑在设备上能放平尺，并且设备和其附近的建筑物不妨碍测量视线和有足够放置测量仪器的地方（图 10-52）。

(3) 找正设备的水平度 找水平，就是将设备调整到水平状态，也就是说，把设备上主要的面调整得和水平面平行。找水平是一项很重要的工作，因为它直接影响着设备的安装质量。

1) 找水平的目的

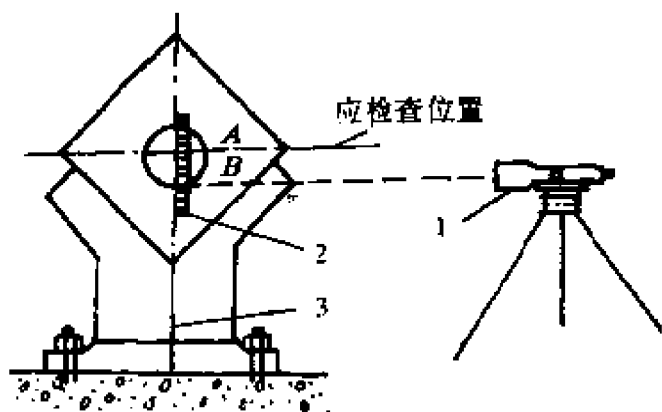


图 10-52 利用水准仪找标高

1—水准仪；2—标尺；3—线坠

2) 正确选择基准面和找水平的方法：找水平的关键，不仅在于操作方法，而且还在于正确选择找水平的基准面，兹分述如下：

①找正设备水平度的基准面

(a) 以加工平面为基准面：这是最常用的基准面，纵横方位找平都在这个面上，而且找标高也是在这个平面上。图 10-53 就是以加工平面为基准面找正减速机底座水平度的例子。

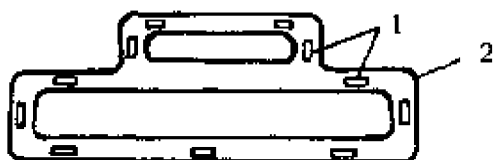


图 10-53 减速机底座的找平

1—方水平；2—底座

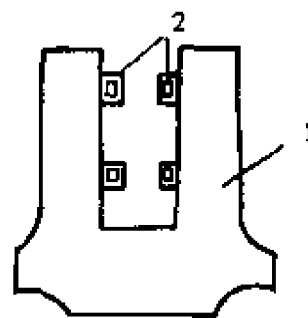


图 10-54 人字齿轮箱的找平

1—机架；2—方水平

(b) 以加工立面为基准面：有些设备只找水平面的水平度是不够的，立面的垂直度也要找好，这时可以加工的立面为基准面。如轧钢机中人字齿轮箱的立面是主要加工面，图 10-54 所示就是利用这个面找水平的。

②找正设备水平度的方法

(a) 普通车床水平度的找正：找正普通车床的水平度时，可将水平仪按

① 为了保持设备的稳定和重心作用力的平衡，从而避免变形，减少运转中的振动；

② 减少设备的磨损和动力消耗，从而延长设备的使用寿命；

③ 保证设备的润滑和正常运转；

④ 保证产品质量和加工精度。

纵横方向放在溜板上（如图 10-55 所示），在车床的两端测量纵横方向的水平度，当测出哪一面低，就打哪一面的斜垫铁。要反复测量，反复调整，直至合格为止。

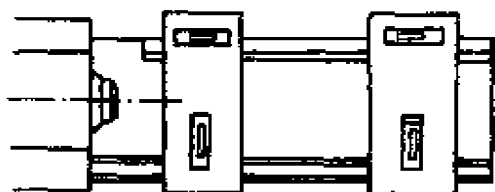


图 10-55 普通车床的找平

(b) 牛头刨床水平度的找正：牛头刨床找平时，可将水平仪放在图 10-56 所示的位置上，进行纵横水平度的测量。在横导轨的两端测量横向水平度，在床身垂直导轨上检查纵向水平度，如不水平可进行调整。

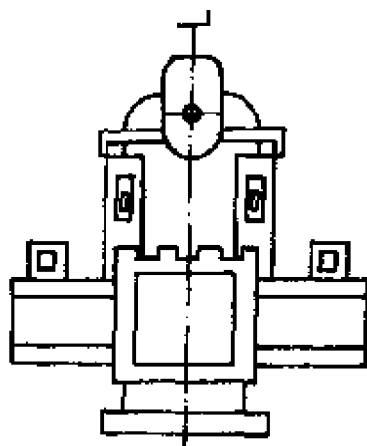


图 10-56 牛头刨床的找平

(4) 设备标高和水平度的调整

1) 用斜铁调整：使用斜铁将设备升起，以调整设备的标高和水平度。斜铁（图 10-57）的一般尺寸如下：

规格较小的： $a = 150 \sim 200\text{mm}$ ； $b = 25 \sim 35\text{mm}$ ； $c = 15 \sim 20\text{mm}$ 。

规格较大的： $a = 200 \sim 300\text{mm}$ ； $b = 50 \sim 60\text{mm}$ ； $c = 30 \sim 40\text{mm}$ 。

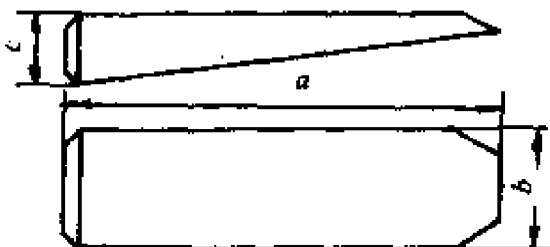


图 10-57 调整用斜铁

2) 利用小螺栓千斤顶调整：重量较轻的设备，用小螺栓千斤顶（图 10-58）调整设备的标高和水平度最准确、方便、省力又省时。调整时，只须用扳手提升顶杆，即可使设备起落。

3) 使用油压千斤顶调整：起落较重的设备时，可使用油压千斤顶。有时因基础妨碍，不能把千斤顶直接放在机座下时，可制作一块 Z 形弯板顶起，如图 10-59 所示。

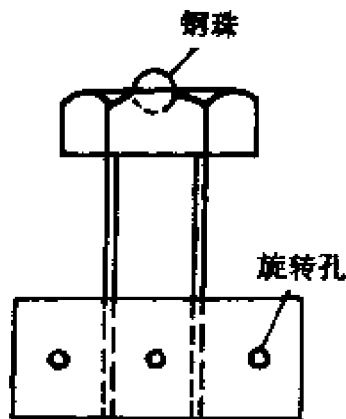


图 10-58 用小螺栓千斤顶调整

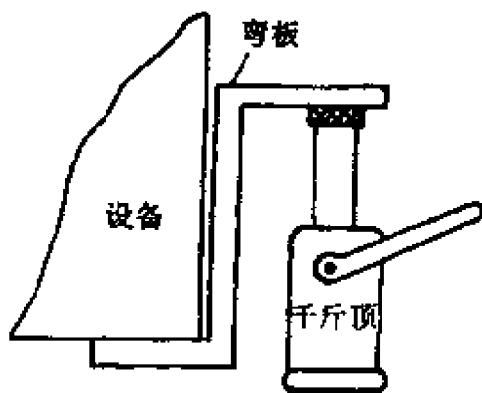


图 10-59 使用油压千斤顶调整

5. 浇灌砂浆

每台设备安装完毕，通过严格检查符合安装技术标准，并经有关单位审查合格，即可进行灌浆。

灌浆，就是将设备底座与基础表面的空隙及地脚螺栓孔用混凝土或砂浆灌满。其作用，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，可传递一些设备负荷到基础上。

(1) 灌浆操作 灌浆的操作要点如下：

1) 灌浆前，要把灌浆处用水冲洗干净，以保证新浇混凝土（或砂浆）与原混凝土结合牢固。

2) 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，并且不低于 150 号，石子可根据缝隙大小选用 5~15mm 的粒径，水泥用 400 号或 500 号。

3) 灌浆时，应放一圈外模板，其边缘距设备底座边缘一般不小于 60mm；如果设备底座下的整个面积不必全部灌浆，而且灌浆层需承受设备负荷时还要放内模板，以保证灌浆层的质量。内模板到设备底座外缘的距离应大于 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（坡度向外），以防油、水流入设备底座。

4) 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。捣实时，不能集中在一处捣，要保持地脚螺栓的垂直（垂直度不能超过 1%）。否则不仅造成安装困难，而且也将影响设备的精度。

5) 灌浆后，要洒水养护，养护日期不少于一周；洒水次数以能保持混凝土具有足够的湿润状态为度。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，可参考表 10-17。

表 10-17 混凝土达到 70% 强度所需的天数

气温 (°C)	5	10	15	20	25	30
需要天数	21	14	11	9	8	6

注：本表系指 500 号普通水泥拌制的混凝土。

(2) 压浆操作 为了使垫铁和设备底座底面、灌浆层接触更好，可采用压浆法。其操作方法如下：

1) 先在地脚螺栓上点焊一根小圆钢 (图 10-60)，作为支承垫铁的托架。点焊的强度应以保证在压浆时能被胀脱为度；

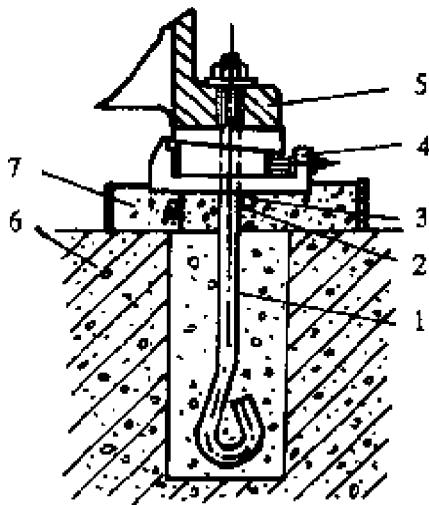


图 10-60 压浆法示意图

1—地脚螺栓；2—点焊位置；3—小圆钢；4—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的螺栓孔；

3) 设备用临时垫铁组初步找正；

4) 将调整垫铁的升降块调至最低位置，并将垫铁放到小圆钢上，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；

8) 当不能利用地脚螺栓支承调整垫铁时，可采用螺钉调整垫铁或斜垫铁支承调整垫铁，待压浆层达到初凝后期时，松开调整螺钉或拆除斜垫铁，调整升降块，将压浆层压紧。

6. 设备的几种安装方法

(1) 整体安装法 对于某些机械设备 (如吊车等) 可采用整体安装法。

安装桥式吊车，如果先将它吊到轨道上，然后再进行组装、清洗，将给安装工作造成很多困难。因此，对这些设备应预先在地面上进行清洗、装配，组装成整体，而后吊装到基础上进行找正。

整体安装法的优点是：可以减少不必要的高空作业，节省原材料，提高工作效率，缩短安装周期。同时，在有条件的地方可将清洗、装配工作集中起来，进行专业化施工。

整体安装法的适用范围很广，除了用于桥式吊车安装外，对于高空设备的安装以及化工设备中各种槽、罐、塔等的安装，都有很好的效果。同时也适用于安装小型的单独设备。

(2) 座浆安装法 座浆安装法是在混凝土基础放置设备垫铁的位置上凿一个锅底形凹坑，然后浇灌无收缩混凝土（或无收缩水泥砂浆），并在其上放置垫铁，调好标高和水平度，养护 1~3d 后进行设备安装的一种新工艺。其优点是可以大大提高劳动生产率，并且由于增加了垫铁和混凝土的接触面积，新老混凝土粘结牢固，从而提高了安装质量。座浆安装法的操作步骤如下：

1) 座浆前，在安装设备垫铁的位置上，用风镐或其他工具凿一个锅底形凹坑，清除浮灰，用水冲洗，并去掉积水。

2) 将事先作好的木模箱安置在垫铁位置上，木盒尺寸要求如图 10-61 所示。

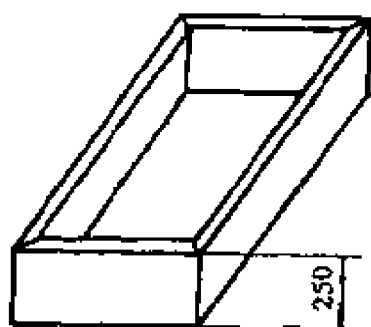


图 10-61 木模箱

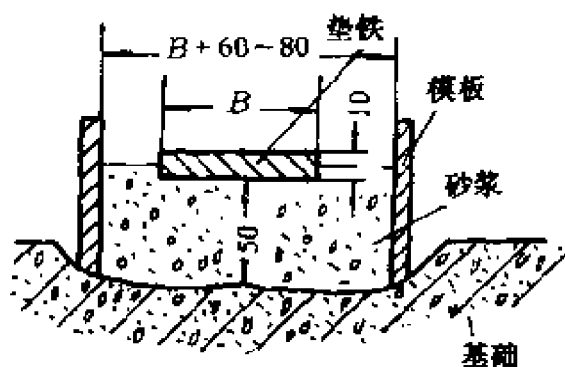


图 10-62 座浆层尺寸

3) 座浆时，在木模箱内将砂浆捣实，达到表面平整，并略有出水现象为止。座浆层厚度如图 10-62 所示。

4) 座浆用的水泥砂浆或混凝土按下列比例配制：

①水泥(700号):砂:石:水=1:1:1:0.37;

②防收缩剂:水泥:砂:水=1:1:1:0.4;

③水泥:砂:石:水=1:1:1:适量。

水灰比一般为0.37~0.4,经验证明用0.37比较适当。砂、石要用水洗净。搅拌用水应洁净。砂浆或混凝土应搅拌均匀。

5)用水准仪和水平仪测定垫铁的标高和水平度,如有高低不平时,可调整垫铁下面的砂浆层厚度。

6)垫铁每组采用三块:一块平垫铁,约10mm厚;两块斜垫铁,斜度为1/15。也可采用一块2~3mm厚的平垫铁和两块斜度为1/50的斜垫铁。

7)一般在36h后即可进行设备安装。

(3)无垫铁安装法 无垫铁安装法是一种新的施工方法,由于它和有垫铁安装相比具有许多优点,所以在机械设备安装中得到了推广。采用这种方法,不仅可以提高安装质量和效率,而且可以节约劳动力和大量钢材,特别是用于大型设备的安装效果更为显著。

1)种类:根据拆除斜铁和垫铁的早晚,无垫铁安装法分为以下两种:

①混凝土早期强度承压法:它是当二次灌浆层混凝土凝固后,即将斜铁和垫铁拆去,待混凝土达到一定强度时,才把地脚螺栓拧紧。这种方法可以得到比较满意的水平精度。但是,当拆垫铁时,往往容易产生水平误差。如果出现水平误差,由于混凝土强度低,弹性模量小,稍微调整地脚螺栓,即可得到理想的水平精度;

②混凝土强度后期承压法:它是当二次灌浆层养护期满后,才拆去斜铁和垫铁并拧紧地脚螺栓的。这种方法经过实践,认为养护期较长,混凝土强度较高,其弹性模量较大,在压力作用下,其变形较小。采用这种方法,当拆去斜铁和垫铁时,不易产生水平误差,但是如果出现水平误差,则不易调整。因此,这种安装方法一般适用于对水平度要求不太严格的设备。

2)安装过程:无垫铁安装法的安装过程和有垫铁安装法大致一样。所不同的,无垫铁安装法的找正、找平、找标高的调整工作是利用斜铁或垫铁进行的;而当调整工作做完,地脚螺栓拧紧后,即进行二次灌浆;当二次灌浆层达到要求的强度后,便把斜铁和垫铁(即只作调整用的斜铁和垫铁)拆去;斜铁和垫铁拆去后再将其所空出来的位置灌以水泥砂浆,并再次拧紧地脚螺栓,同时复查标高、水平度和中心线。

3) 安装注意事项

①推行无垫铁安装法，必须根据安装人员的技术熟练程度和设备的具体情况（如振动力的大小等）认真地加以考虑，并且还要得到土建部门的密切配合。特别应当指出，无垫铁安装法不适用于某些在生产过程中经常要调整精度的精密镗床和龙门刨床。这类机床一般出厂时都带有设计规定的可调垫铁。

②无垫铁安装法所用的找平工具为斜铁和垫铁，斜铁的规格如图 10-63 所示。

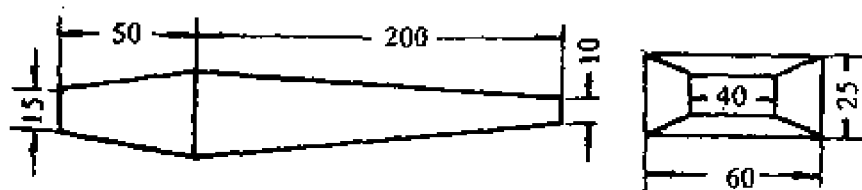


图 10-63 调整用的斜铁

③安装前，设备的基础应经过验收，垫斜铁处应铲平，并在斜铁下垫平垫铁，平垫铁的宽度与斜铁相等，长度约等于斜铁之半，厚度则根据标高而定。

④设备底座为空心者，设法在安装前灌满浆，或在二次灌浆时采用压力灌浆法。

⑤设备找平、找正后，用力拧紧地脚螺栓的螺母，将斜铁压紧。

⑥安装完到二次灌浆的时间间隔，不应超过 24h，如果超过则在灌浆前应重新检查。

⑦灌浆前在斜铁周围要支上木盒，以便以后取出斜铁。

⑧灌浆时，应注意用力捣实水泥砂浆。水泥砂浆的标号为 170~200 号。二次灌浆层的高度，原则上应不低于 100mm，一般机床则不低于 60mm。

⑨等到二次灌浆层达到要求的强度，才允许抽出斜铁。

(4) 三点安装法 这是一种快速找平的安装方法，其操作步骤如下（图 10-64）：

第一步：在机械设备底座下选择适当的位置，放上三个斜铁（或千斤顶）。由于设备底座只有三个点与斜铁接触，恰好组成一个平面，所以调整三个点的高度，很容易达到所要求的精度。调整后，使标高略高于设计标

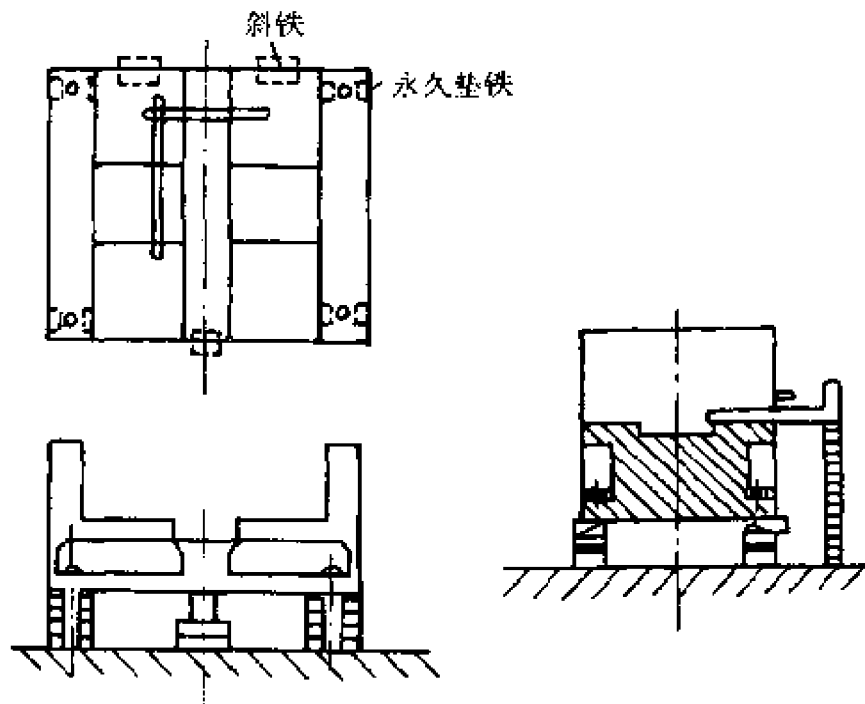


图 10-64 三点安装法

高1~2mm。

第二步：将永久垫铁放入所要求的位置，其松紧度以手锤能轻轻敲入为准，并要求全部永久垫铁都具有一样的松紧度。

第三步：将斜铁拆除，使机座落在永久垫铁上，拧紧地脚螺栓，并检查设备的标高和水平度以及垫铁的松紧度。合格后，进行二次灌浆。

采用三点安装法找平、找正时，应注意选择斜铁（或千斤顶）的位置，要使设备的重心在所选三点的范围内，以保持设备的稳定。如果不稳定可增加辅助斜铁，但这些辅助斜铁不起主要调整作用。同时要注意使斜铁或垫铁具有足够的面积，以保证三点处的基础不被破坏。

五、机械设备的检验、调整和试运转

1. 检验和调整

安装质量的好坏，取决于对安装设备的检验和调整。检验的目的在于考查部件的装配工艺是否正确，检查安装的设备是否符合设计图纸的规定。凡

检查出不符合规定的地方，要进行调整，为试运转创造条件，保证安装的设备达到规定的技术要求和生产能力。

(1) 转动机构的检验和调整

1) 滚动轴承的检验和调整：为使轴承部件配合精确并延长其使用寿命，在清洗完毕后要合理调整轴承外套两旁与瓦座之间的间隙，并要保证瓦盖盖上后能压住轴承外套。

外套与瓦口的两边应有 0.25~0.10mm 的间隙，并且不得偏斜。外套与瓦座应有 120°、与上盖应有 90°~120°的接触面。检验时，将轴承外套涂上红色铅油，放在瓦座上用手转动，使之与瓦座吻合。

下面介绍径向止推锥形滚动轴承的检验和调整。

检验锥形滚动轴承时，其间隙大小决定于外圈靠近滚动体的程度，所以在安装时，必须根据技术要求来调整它的间隙。间隙过小，轴承转动时磨损加剧；间隙过大则产生附加冲击载荷。

调整间隙可采用移动外圈或内圈的方法。移动外圈时，将图 22-65a 中原有的垫片 2 抽掉，用螺钉均匀地拧紧压盖 1，同时用手缓缓转动轴，以便滚动体都处在正确位置，拧紧到轴转动时有发紧感觉为止。这时轴承间隙为零，然后用塞尺测量缝隙 K 处，并加上由表 10-18、表 10-19、表 10-20 中查出所需要的轴向游隙值（此间隙是为了便于检查使用，经过换算而取得的值）便得到调整需要的衬垫厚度，再将这样厚的衬垫放在盖 1 的下面，以保证轴承外套和滚动体之间的间隙。

表 10-18 调整圆锥滚柱轴承（7000 型）轴向游动的近似值

轴承内径 (mm)	轴向游动的限度 (mm)	
	轻 型	轻宽型、中型和中宽型
< 30	0.03~0.10	0.04~0.11
30~50	0.04~0.11	0.05~0.13
50~80	0.05~0.13	0.06~0.15
80~120	0.06~0.15	0.07~0.18

用螺钉调整间隙时（图 10-65b），松开螺母 4，拧紧螺钉 3，抵住盖板

5, 使轴承间隙消除, 然后再根据螺钉的螺距大小将螺钉向反方向旋转, 例如, 当螺距为 1mm 时, 为了得到 0.1mm 的轴向游隙, 就必须将螺钉旋转 1/10 周。用此种方法也可调整装有环形螺母 6 (图 10-65c) 的轴承间隙。

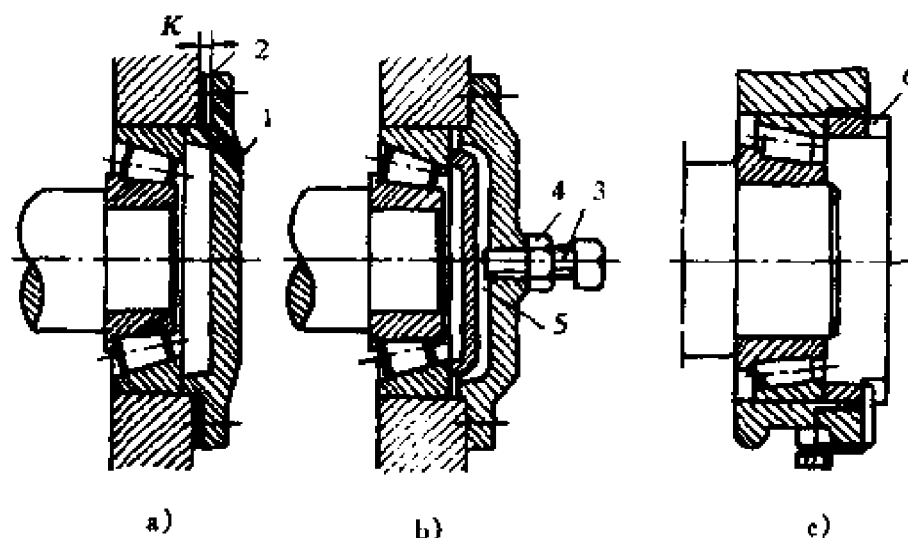


图 10-65 锥形滚动轴承间隙的调整方法

a) 移动外圈法 b) 螺钉调整法 c) 环形螺母调整法

1—轴承压盖 2—垫片 3—螺钉 4—螺母 5—盖板 6—环形螺母
用同样的方法, 也可移动内圈来调整间隙。

表 10-19 调整径向止推滚珠轴承 (6000 型) 轴向游动的近似值

轴承内径 (mm)	轴向游动的限度 (mm)	
	轻 型	轻宽型、中型和中宽型
< 30	0.02~0.06	0.03~0.09
30~50	0.03~0.09	0.04~0.10
50~80	0.04~0.10	0.05~0.12
80~120	0.05~0.12	0.06~0.15

表 10-20 调整双向止推滚珠轴承 (38000 型) 轴向游动的近似值

轴承内径 (mm)	轴向游动的限度 (mm)	
	轻 型	中型和重型
< 30	0.03~0.08	0.05~0.11
30~50	0.04~0.10	0.06~0.12
50~80	0.05~0.12	0.07~0.14
80~120	0.06~0.15	0.10~0.18

2) 滑动轴承的检验和调整: 滑动轴承是指使用铜瓦、合金瓦等类的轴承, 其检验和调整分为轴瓦与轴颈的接触、轴颈与轴瓦之间的间隙两部分, 兹分述如下:

①轴瓦与轴颈接触面的检验和调整: 轴瓦与轴颈的接触, 要求均匀, 而且分布面要广。因此, 必须认真检查和调整。一般的轴承要求其底瓦与轴成 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的接触角, 要达到每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 不少于 15~25 点。

②轴颈与轴瓦间隙的确定和检验

(a) 间隙的确定

a) 根据设计图纸的要求决定。

b) 根据计算确定。

轴承的顶间隙: $a = Kd$ (mm)

式中 a ——轴承顶间隙 (mm);

K ——系数 (见表 10-21);

d ——轴的直径 (mm)。

轴承的侧间隙 (见图 10-66、图 10-67):

一般情况下, 可采用 $b = a$;

如顶间隙较大时, 采用 $b = \frac{1}{2} a$;

如顶间隙较小时, 采用 $b = 2a$ 。

c) 根据经验数据 (查表) 确定。

现将常用的几种轴承间隙表列于后, 以作参考。

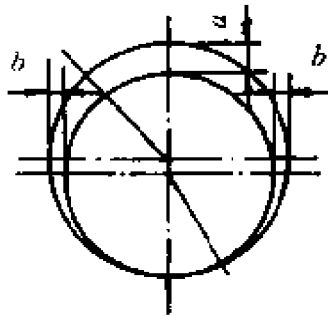


图 10-66 圆形瓦孔的侧间隙

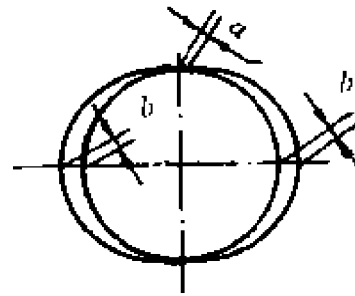


图 10-67 椭圆形瓦孔的侧间隙

表 10-21 系数 K 值表

编 号	类 别	K
1	一般精密机床轴承或一级配合精密度的轴承	≥ 0.0005
2	二级配合精密度的轴承, 如电机之类	0.001
3	一般冶金机械设备轴承	0.002~0.003
4	粗糙机械设备轴承	0.0035
5	透平机三类轴承: 圆形瓦孔	0.002
	椭圆瓦孔	0.001

表 10-22 高级精密的轴承间隙 ($a = Kd$)

润滑条件及工作性质	K
1. 油环润滑轴承	0.0007~0.001
2. 压力给油润滑	0.0005~0.0007
3. 链杆轴承	0.0007~0.0008

表 10-23 合金轴承的径向间隙 (转速不低于 500r/min)

直 径 (mm)	间 隙 (mm)	直 径 (mm)	间 隙 (mm)
18~30	0.04	120~180	0.08
30~50	0.05	180~260	0.10
50~80	0.06	260~360	0.12
80~120	0.07	360~500	0.14

表 10 - 24 内燃机合金轴承的径向间隙

直径 (mm)	间隙 (mm)	直径 (mm)	间隙 (mm)
50~80	0.007~0.008	180~260	0.15~0.20
80~120	0.09~0.11	260~360	0.23~0.26
120~180	0.13~0.15		

表 10 - 25 锻压机械设备的轴承径向间隙

轴的直径 (mm)	间隙 (mm)	轴的直径 (mm)	间隙 (mm)
100~150	0.1~0.15	500~550	0.5~0.55
200~250	0.2~0.25	600~650	0.6~0.65
300~350	0.3~0.35	700~750	0.7~0.75
400~450	0.4~0.45	800~1000	0.8~1.00

表 10 - 26 空气压缩机曲臂油轴承径向间隙

直径 (mm)	间隙 (mm)
<50	不小于 0.1
50~150	不小于 0.15
150~300	不小于 0.20

(b) 间隙的检验

a) 塞尺检验法：对于直径较大的轴承，用宽度较小的塞尺塞入间隙里，可直接测量出轴承间隙的大小（如图 10 - 68 所示）。轴套轴承间隙的检验，

一般都采用这种方法。但对于直径小的轴承，因间隙小，所以测量出来的间隙不够准确，往往小于实际间隙。

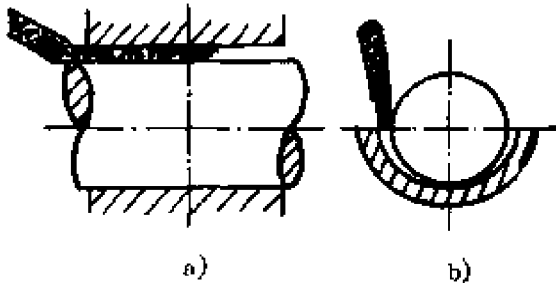


图 10-68 用塞尺检验轴承的间隙

a) 检验顶间隙 b) 检验侧间隙

b) 压铅检验法：此法比塞尺法准确，但较费时间。

所用铅丝不能太粗或太细，其直径最好为间隙的 1.5~2 倍，并且要柔软和经过热处理。

检验时，先将轴承盖打开，把铅丝放在轴的颈头上和轴承的上下瓦接合处（如图 10-69 所示）。然后把轴承盖盖上，并均匀地拧紧轴承盖上的螺钉，而后再松开螺钉，取下轴承盖，用千分尺测量出压扁铅丝的厚度，并用下列公式计算出轴承的顶间隙：

$$\text{顶间隙} = \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) - \left(\frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} \right) \text{ (mm)}$$

放铅丝的数量，可根据轴承的大小而定。但 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 b_1 、 b_2 各处均有铅丝才行，不能只在 b_1 、 b_2 处放，而在 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 处不放；如这样做，所检验出的结果将不会准确（所得数值常比实际的间隙大）。

而对于轴承的侧间隙检验，仍需用塞尺进行测量。

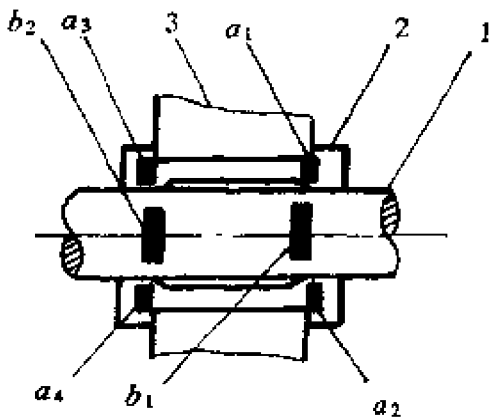


图 10-69 轴承间隙的压铅检验法

1—轴 2—轴瓦 3—轴承座

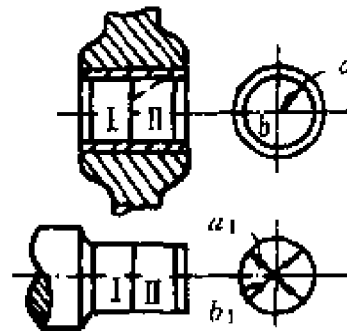


图 10-70 轴套轴承间隙的测量方法

c) 千分尺检验法：用千分尺测量轴承孔和轴颈的尺寸时，长度方向要

在两个或三个位置上进行测量；直径方向要在两方面进行测量（如图 10-70 所示）。然后分别求出轴承孔径和轴径的平均值，两者之差就是轴承的间隙。

采用千分尺检验轴套轴承的间隙比采用塞尺法和压铅法更为准确。

(2) 传动机构的检验和调整

1) 齿轮传动的检验和调整

① 齿轮径向摆动的检验

(a) 齿轮压装后可用软金属锤敲击的方法检查齿轮是否有径向摆动。

(b) 用千分表检验齿轮在轴上的径向摆动（图 22-71a）检验时，将轴 1 放在平板 2 的 V 形铁 3 上，调整 V 形铁，使轴和平板平行，再把圆柱规 5 放在齿轮 4 的轮齿间，把千分表 6 的触头抵在圆柱规上，即可从千分表上得出一个读数。然后转动轴，再将圆柱规放在相隔 3~4 个牙的齿间进行检验，又可在千分表上得出一个读数。如此便可确定在整个齿轮上千分表读数的平均差，该差值就是齿轮节圆上的径向跳动。

② 齿轮端面摆动的检验和调整：检验时，用顶尖将轴顶在中间，把千分表的触头抵在齿轮端面上（图 10-71b），转动轴，便可根据千分表的读数计算出齿轮端面摆动量。如摆动量过大，可将齿轮拆下，把它转动若干角度后再重新装到轴上，这样可以减少摆动量。如果照这样重装了还不行，则必须修整轴和齿轮。

③ 齿轮中心距的检验：齿轮装配时，两轮中心距的准确度直接影响着轮齿间隙的大小，甚至使运转时产生冲击和加快齿轮的磨损或使齿“咬住”。因此，必须对齿轮的中心距进行检验。检验时，可用游标卡尺和内径千分卡进行测量，也可使用专用工具进行检验。

④ 齿轮轴线间不平行度和倾斜度（轴线不在一平面内）的检验和调整：传动齿轮轴线间所允许的不平行度和倾斜度，根据齿轮的模数决定。对于第一级的各种不同宽度的齿轮来说，当模数为 1~20mm 时，在等于齿轮宽度的轴线长度内，轴线最大的不平行度不得超过 0.002~0.020mm。在四级精度的齿轮中，最大不平行度不得超过 0.05~0.12mm，最大倾斜度不得超过 0.035~0.08mm。

如果齿轮轴心线不平行或倾斜度超出了规定范围，则必须调整轴承位置或重新镗孔，或者利用装偏心套等方法消除误差。

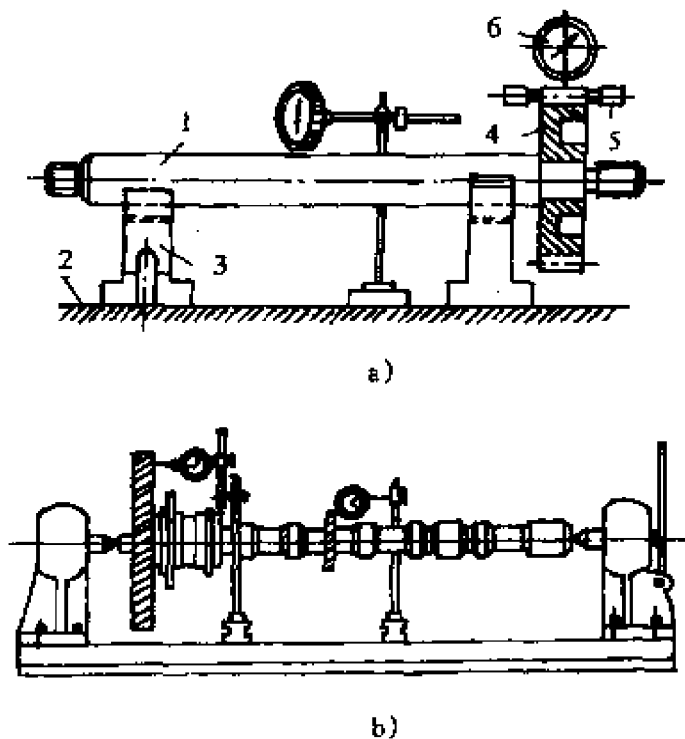


图 10-71 检验压装后齿轮的摆动量

a) 放在 V 形铁上 b) 卡在顶尖上

⑤ 齿轮啮合质量的检验和调整：传动机构装配后，齿轮啮合质量的检验主要是进行齿侧间隙和接触面积的检验。

检验齿侧间隙一般采用压铅法或塞尺法。

各种传动形式的啮合侧间隙见表 10-27、表 10-28、表 10-29。

表 10-27 圆柱齿轮的侧间隙

精度等级	模数 (mm)	两轮的中心距 (mm)											
		300 以下		300~500		500~1000		1000~1600		1600~2400		大于 2400	
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
II	10 以下	0.10	0.50	0.15	0.60	0.20	0.75	0.30	1.00	—	—	—	—
	大于 10	0.15	0.70	0.20	0.90	0.25	1.10	0.35	1.30	0.40	1.50	—	—

(续)

精度等级	模数 (mm)	两轮的中心距 (mm)											
		300 以下		300~500		500~1000		1000~1600		1600~2400		大于 2400	
		侧 间 隙 (mm)											
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
Ⅲ	10 以下	0.15	0.70	0.20	0.90	0.25	1.20	0.30	1.50	—	—	—	—
	10~24	0.20	1.00	0.25	1.20	0.30	1.45	0.40	1.60	0.50	2.00	—	—
	大于 24	—	—	0.30	1.45	0.40	1.70	0.50	2.00	0.60	2.30	0.70	2.70
Ⅳ	24 以下	0.30	2.00	0.40	2.20	0.50	2.60	0.60	3.00	0.80	2.90	1.00	4.00
	大于 24	—	—	—	—	0.70	3.30	0.90	3.80	1.20	4.40	1.40	5.20

表 10-28 圆锥齿轮的侧间隙 (齿外端的)

精度等级	模数 (mm)	侧 间 隙 (mm)	
		最 小	最 大
Ⅲ	5 以下	0.20	0.75
	5~10	0.25	0.85
	大于 10	0.30	0.90
Ⅳ	10 以下	0.30	1.10
	10~16	0.40	1.20
	大于 16	0.50	1.40

表 10-29 蜗轮的侧间隙

符 号		C_{min}	C_{max}					
模 数		—	1~1.25	1.25~4	4~6	6~10	10~14	11~20
I 级 精 度	25~75	0.04	0.18	0.20	0.22	0.24	—	—
	75~150	0.06	0.20	0.22	0.25	0.28	—	—
	150~300	0.09	0.24	0.26	0.30	0.34	—	—
	300~500	0.14	0.30	0.34	0.36	0.40	—	—
	500~800	0.22	—	0.40	0.45	0.45	—	—
	800~1150	0.30	—	—	—	0.55	—	—
II 级 精 度	25~75	0.06	0.28	0.32	0.40	0.55	—	—
	75~150	0.09	0.32	0.38	0.45	0.60	0.75	0.95
	150~300	0.15	0.38	0.45	0.55	0.65	0.80	1.00
	300~500	0.24	0.45	0.55	0.60	0.70	0.90	1.10
	500~800	0.35	—	0.65	0.70	0.80	1.00	1.20
	800~1150	0.50	—	—	—	1.00	1.20	1.40
III 级 精 度	25~75	0.07	0.40	0.45	0.55	0.65	—	—
	75~150	0.10	0.45	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90
	150~300	0.16	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
	300~500	0.24	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20
	500~800	0.36	—	0.85	0.95	1.10	1.20	1.40
	800~1150	0.50	—	—	—	1.30	1.40	1.60
IV 级 精 度	25~75	0.07	—	0.55	0.60	0.70	—	—
	75~150	0.09	—	0.60	0.65	0.75	0.85	0.90
	150~300	0.12	—	0.70	0.75	0.85	0.95	1.10
	300~500	0.18	—	0.80	0.85	0.95	1.10	1.30
	500~800	0.24	—	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40
	800~1150	0.32	—	—	—	1.30	1.50	1.70

注：表中符号“ C_{min} ”表示最小侧间隙；“ C_{max} ”表示最大侧间隙。

齿轮啮合的接触面积，可采用涂色法进行检验。检验时，在小齿轮面上薄薄地涂上一层红铅油，按工作方向转动齿轮，便在另一齿轮的齿面上留下

痕迹。两齿的接触面愈大，则表示齿轮制造和装配得愈好。

齿轮正常啮合时，接触面应均匀地分布在齿的工作面的中心线上，并具有表 10-30 中所列的接触面积。如果接触面积太小时，可在齿面上加研磨剂进行研磨，以扩大接触面积。

表 10-30 齿轮啮合的接触面积

传动形式和测量位置		精 度		
		2	3	4
		接触面积，不小于 (%)		
圆柱齿轮传动	在齿长上	75~80	65~70	单个的接触点
	在齿高上	40~45	30~35	
圆锥齿轮传动	在齿长上	60	60	50
	在齿高上	40	25	20
蜗杆传动	在齿长上	65	50	30
	在齿高上	60	60	60

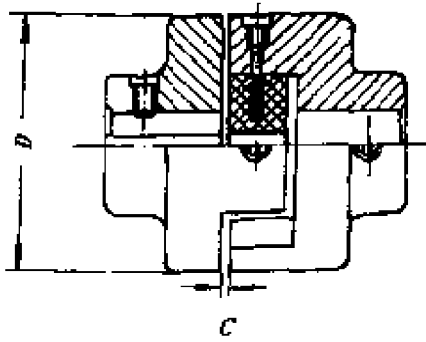
2) 联轴节传动机构的检验和调整：联轴节是将两个同心轴牢固地联接在一起的机构。联轴节传动机构检验和调整的目的主要是保证两轴的同轴度和联轴节间的端面间隙。

联轴节的种类很多，主要的有挠性爪型联轴节、十字滑块联轴节、齿轮联轴节、蛇形弹簧联轴节、弹性柱销联轴节、尼龙柱销联轴节、凸缘式联轴节等。这些联轴节的结构、性能、特点和使用情况可参阅有关技术书籍和资料，这里仅将各型联轴节检验的技术要求列表于后：

① 挠性爪型联轴节（图 10-72）和十字滑块联轴节两轴的不同轴度见表 10-31。

表 10-31 挠性爪型和十字滑块联轴节两轴的不同轴度

联轴节外形最大直径 D (mm)	两轴的不同轴度 μ	
	径向位移 (mm)	倾 斜
≤ 300	0.1	0.8/1000
$> 300 \sim 600$	0.2	1.2/1000



挠性爪型联轴节的端面间隙 C 约为 2mm 。十字滑块联轴节的端面间隙 C ，当外形最大直径 D 不超过 190mm 时为 $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ ；超过 190mm 时为 $1 \sim 1.5\text{mm}$ 。

② 齿轮联轴节两轴的不同轴度和外齿轴套端面处的间隙见表 10-32。

图 10-72 挠性爪型联轴节

表 10-32 齿轮联轴节两轴的不同轴度与 C 值

联轴节外形最大直径 D (mm)	两轴的不同轴度 \neq		端面间隙 $C \leq$ (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	1.0/1000	5.0
490~590	0.90	1.5/1000	5.0
680~780	1.20		7.5
900~1100	1.50	2.0/1000	10
1250	1.50		15

③ 蛇形弹簧联轴节两轴的不同轴度和端面间隙见表 10-33。

表 10-33 蛇形弹簧联轴节两轴不同轴度与 C 值

联轴节外形最大直径 D (mm)	两轴的不同轴度 \neq		端面间隙 $C \leq$ (mm)
	径向位移 (mm)	倾 斜	
≤ 200	0.1	1.0/1000	1.0
>200~400	0.2	1.0/1000	1.5
>400~700	0.3	1.5/1000	2.0
>700~1350	0.5	1.5/1000	2.5
>1350~2500	0.7	2.0/1000	3.0

④弹性柱销联轴节的技术要求

(a) 弹性柱销联轴节两轴的不同轴度见表 10-34。

表 10-34 弹性柱销联轴节两轴的不同轴度

联轴节外形最大直径 D (mm)	两轴的不同轴度 Δ	
	径向位移 (mm)	倾 斜
195~260	0.05	0.2/1000
290~500	0.10	

(b) 弹性柱销联轴节间的端面间隙见表 10-35。

表 10-35 弹性柱销联轴节间的端面间隙

轴孔直径 d (mm)	标 准 型			轻 型		
	型号	外形最大直径 D (mm)	间隙 C (mm)	型号	外形最大直径 D (mm)	间隙 C (mm)
25~28	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	2~10

⑤尼龙柱销联轴节的端面间隙

表 10-36 尼龙柱销联轴节端面间隙

联轴节外形最大直径 D (mm)	90~150	170~220	275~320	340~490	560~610	670	770	850	880
端面间隙 $C \leq$ (mm)	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0

尼龙柱销联轴节两轴的不同轴度可参照表 22-34 的规定。

⑥凸缘式联轴节的技术要求：凸缘式联轴节装配后，两个半联轴节端面间应紧密接触，两轴的径向位移不得超过 0.03mm。

转速高的联轴节，要求平衡。装配时，应把螺栓的重量称出来，然后在圆周上平均配置，不能一侧重，另一侧轻。有些弹性联轴节，由于在制造时有偏心，在试运转中有振动，这时，可以卸开联轴节，检查两个半联轴节的偏心情况，使偏心部分相对称联接，就可改善。

(3) 运动变换机构的检验和调整 零件或部件沿导轨的移动，大部分是通过丝杠和螺母来实现的。在某些情况下，也通过齿轮和齿条实现。这些机构都是将旋转运动变换为直线运动。现在利用液压传动机构实现零部件在导轨上移动的也越来越多。

1) 螺旋机构的检验

①对螺旋机构的技术要求

(a) 机构的零件必须制造得很精确；

(b) 装配时，必须使丝杠的轴线和导轨面平行，并且在工作时丝杠的轴线也不应偏移；

(c) 不论螺母处于任何位置，丝杠的轴线都必须和螺母的轴线一致。

②螺旋机构的检验方法

(a) 丝杠轴线位置的检验：螺旋机构装配后，需按照导轨的水平面和垂直面来检验丝杠轴线的位置。检验时，把千分表装在专用检验装置上（例如，车床的尾座托板可代替专用检验装置），千分表的触头先后抵住丝杠的上母线和侧母线，分别在前支承 A 和后支承 B（图 10-73a）处检查。以千分表两次测量的读数差求出误差。其允许误差为 0.1~0.2mm。

(b) 螺母和丝杠轴心线误差的检验：检验方法和丝杠轴线位置的检验相同。检验时，将溜板箱放在中间位置，分别在丝杠两端 B、C 和中间三处进

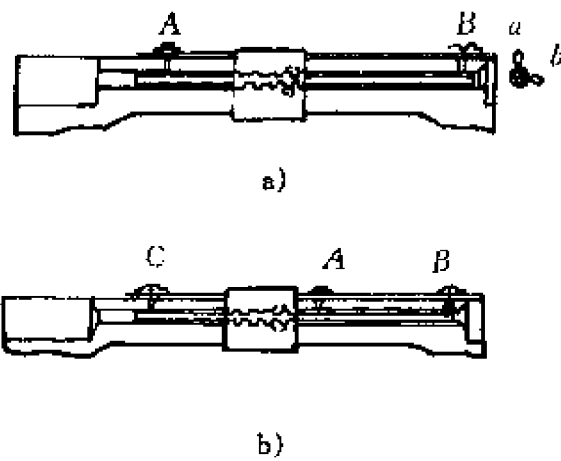


图 10-73 检验装配好的螺旋机构

行测量 (图 10-73b), 所得误差为 $\Delta = A - B$, 或 $\Delta = A - C$ 。允差为 $0.15 \sim 0.2\text{mm}$ 。

2) 液压传动系统的检查和调整

① 对液压传动系统的要求

(a) 液压系统各个零件的接合处不许漏油;

(b) 液压系统各环节的密封要可靠, 以防空气漏入;

(c) 所有零件的内表面均须光洁 (没有任何污痕、金属屑、锈蚀等), 因为脏污会使系统各个接合面的

的配合遭到破坏 (例如泵、阀等等);

(d) 液压驱动装置不论哪个方向的动作都必须均匀协调。

② 液压传动系统中的故障、产生原因及消除方法见表 10-37。

表 10-37 液压传动系统的故障、原因及消除方法

故障	产生原因	消除方法
工作台走刀不匀, 产生促动和震动	1. 油泵排油不匀 (一般伴有响声或撞击声) 2. 空气混入油路 3. 安全阀或溢流阀调节不准 4. 机械上有毛病 (加油泵轴承套筒上发毛、工作台与导轨间由于摩擦力而咬住、活塞杆弯曲等)	1. 叶片、活塞可能损坏, 应拆开油泵进行修理 2. 排出空气 3. 重新调节 4. 针对故障产生原因酌情处理
液流不畅	1. 油管接头处漏油 2. 压力阀有咬损现象 3. 方向阀调节不对 4. 安全阀性能不佳 5. 活塞漏油	1. 可收紧管接头处的螺母, 若仍无效, 则须拆开接头, 检查管子末端是否有断裂处, 如有, 则须修换 2. 洗净后, 将其接合面研光 3. 重新调整 4. 在安全阀上装置油压表检查其性能, 检查后将油压表移去 5. 拆开油缸调换活塞环或皮碗; 若油缸磨损太多, 则须重新研光

(续)

故障	产生原因	消除方法
自动循环失规 (如工作台不快进也不快退, 不按时快走刀, 走刀后不能自动退回等)	1. 电气装置接触不良, 阀的调节不当; 方向滑阀及压力阀在打开位置或关闭的位置咬住; 操纵方向滑阀的线圈电路中的电压低; 方向滑阀及弹簧断裂或咬住 2. 方向滑阀承受高压的时间延长	1. 修理电气装置和机械上的故障, 调整各阀 2. 拆开研磨, 使阀瓣光洁、开闭准确

2. 试运转

试运转是机械设备安装中最后的, 也是最重要的阶段。经过试运转, 机械设备就可按要求正常地投入生产。

在试运转过程中, 无论是安装上、制造上、设计上, 哪一方面存在的问题, 都会暴露出来。只有仔细分析, 才能找出根源, 提出解决的办法。

由于机械设备种类和型号繁多, 试运转涉及的问题面较广, 所以安装人员在试运转之前一定要认真熟悉有关技术资料, 掌握设备的结构性能和安全操作规程, 才能搞好试运转工作。

(1) 试运转前的检查

- 1) 机械设备周围应全部清扫干净。
- 2) 机械设备上不得放有任何工具、材料及其他妨碍机械运转的东西。
- 3) 机械设备各部分的装配零件, 必须完整无缺, 各种仪表都要经过试验, 所有螺钉、销钉之类的紧固件都要拧紧并固定好。
- 4) 所有减速机、齿轮箱、齿形接头、滑动面以及每个应当润滑的润滑点, 都要按照产品说明书上的规定, 保质保量地加上润滑油。
- 5) 检查水冷、液压、风动系统的管路、阀门等, 该开的是否已经开启; 该关的是否已关闭。
- 6) 自动润滑系统, 在设备运转前, 应先开动油泵将润滑油循环一次, 以检查整个润滑系统是否畅通, 各润滑点的润滑情况是否良好。
- 7) 检查各种安全设施(如安全罩、栏杆、围绳等)是否都已安设妥当。
- 8) 只有确认设备完好后, 才允许进行试运转, 并且在设备起动前还要作好紧急停车和试运转中的安全准备工作。

(2) 试运转的步骤 试运转的步骤应当是：先无负荷，后有负荷，先低速，后高速，先单机，后联动；每台单机要从部件开始，由部件到组件，由组件到单台设备；对于数台设备联成一套的联动机组，要将每台设备分别试好后，才能进行整个机组的联动试运转；并且前一步骤未合格前，不得进行下一步骤的试运转。

设备试运转前，电动机应单独试验，以判断电力拖动部分是否良好，并确定其正确的回转方向；其他如电磁制动器、电磁阀限位开关等各种电气设备，都必须提前作好试验调整工作。

试运转时，能手动的部件先手动后再机动。对于大型设备可利用盘车器或吊车转动两圈以上，没有卡阻和异常现象时，方可通电运转。

无负荷试运转时，应检查设备各部分的动作和相互间作用的正确性，同时也使某些粗糙表面初步磨合。

负荷试运转的目的是为了检验设备能否达到正式生产的要求。此时，设备带上工作负荷，在与生产情况相似的条件下进行。

(3) 试运转中应注意的事项

1) 试运转中应随时检查轴承的温度，当最大转速时，主轴滚动轴承温度不得超过 70°C ，滑动轴承不得超过 60°C ，但在其他部分，如变速箱、走刀箱及溜板箱之类的轴承温度，不应高于 50°C 。

2) 运转中，应注意倾听转动的声音。以齿轮变速箱为例，如果运转正常，发出的声音应当是平稳的呼呼声；如果有毛病，就会发出各种杂音，如齿轮的噪音、轻微的敲击声、嘶哑的摩擦声、金属碰击的铿锵声等。

3) 注意检查各密封装置的密封性，看是否有漏油现象。

4) 各种传动机构的活动是否正常，动作是否合乎要求，自动开关是否灵活。

5) 运转中是否有振动现象。

6) 试运转时，对液体静压支承的部件（如静压导轨、静压轴承、静压丝杠等），必须先开动液压泵，待部件浮起后，才能将它起动；停车时，必须先停止部件的运动，再停止液压泵。

7) 运转中，如发现有不正常的现象，一般应立即停车，并进行检查和处理。

8) 参加试运转的人员，应将身上容易被机器卷入的部分扎紧，对有害

于身体健康的操作，还必须穿戴防护用品。

六、金属切削机床的安装

金属切削机床的种类很多，但其安装方法大致相同。中小型金属切削机床，大多数是在制造厂装配好装箱运来，因而在现场一般采用整体安装法，只有重大型机床才采用按部件进行的解体安装法。

安装时，机床底座下垫铁的布置应符合技术文件的规定。一般应靠近地脚螺栓，并相互对称。垫铁的间距为 500—800mm。

机床找平时，一般应在其处于自由状态下进行。不得用拧紧地脚螺栓或局部加压等方法使它强制变形来达到精度要求。

机床检验时，所用的检测工具的精度应高于被检测对象的要求。金属切削机床检验合格并经过试运转后才能投入生产。

1. 金属切削机床的安装方法

现以双柱立式车床（图 10-74）为例，说明机床安装的基本方法。

（1）建造基础和安放垫铁 基础的建造，一般由土建部门负责。机床安装前，应按《钢筋混凝土工程施工及验收规范》认真进行验收。

地脚螺栓位置的正确与否，对机床的安装质量影响很大，因此地脚螺栓的距离尺寸一定要量准。在安装中，常常会发现设计的位置尺寸与机床上的实际尺寸相差很大，因此在基础施工中大多采用预留孔眼的方法。但孔眼过大，对整个基础的质量是有影响的，所以在施工中也有采取一次埋设地脚螺栓的办法。在测量位置尺寸时，可采用样板测定法，即用 1.5mm 厚的钢板复在立柱底部，根据立柱底部地脚螺栓孔的中心，在样板上做出中心线，然后在中心点钻上小孔。变速箱钢板地脚螺栓位置的测定，也可采用这种方法。机座部分因不便于作样板，可采用拉线的办法来测定尺寸。

每个地脚螺栓应有独立的固定架，一般用 70mm×70mm×6mm 的角钢和 300mm×300mm×8mm 的钢板焊接而成（图 10-75）。在钢板上根据样板地脚螺栓中心点钻孔，为避免预放地脚螺栓位置在测量或施工中产生误差，地脚螺栓上穿一个薄钢板作成的圆盒，直径为 150mm，长 300mm。地脚螺栓的标高和垂直度，经测准后加以固定。

一般情况下，50t 以上的精密机床基础，在混凝土达到设计强度后，应

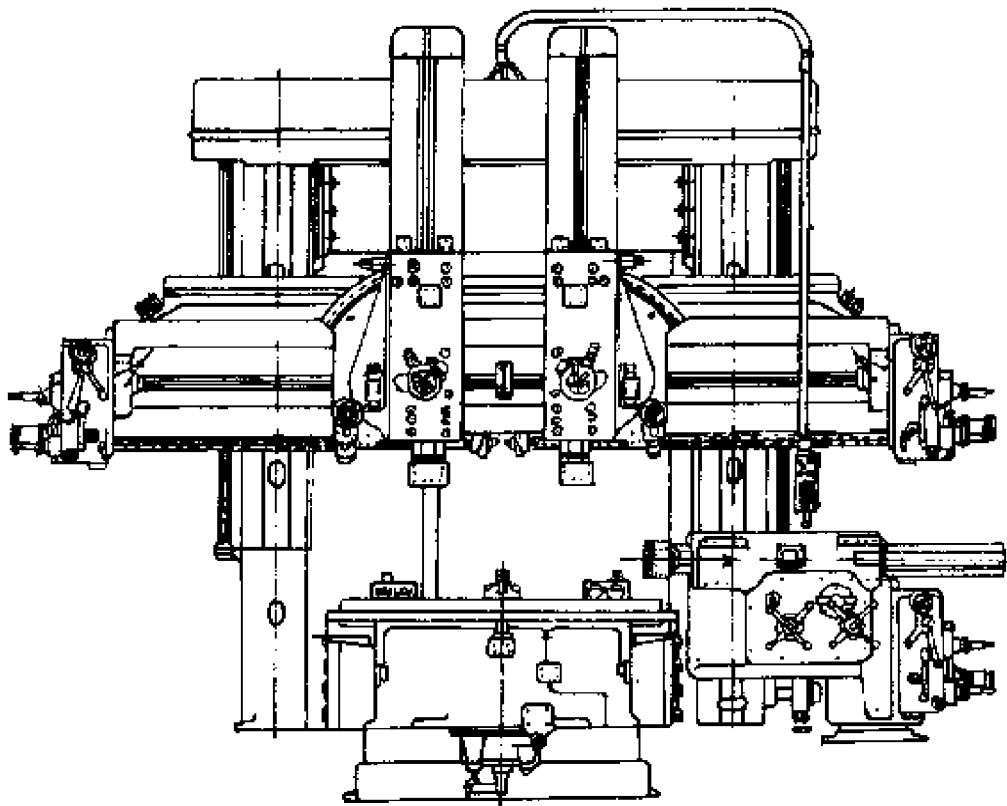


图 10-74 双柱立式车床

进行预压试验。加压的重量为设备的总重加上最大工件重量的两倍，重量要均匀分布在基础顶面。加压时间为5~6d。在加压期间用水准仪观察基础的沉降情况，一直到基础不再下沉为止。

基础验收合格后，即可放线，安置垫铁。安放垫铁时，先在基础的垫铁位置上抹一层厚15~20mm的水泥砂浆，然后放上垫铁并找平。变速箱钢板后面的垫铁，其中应有一块小型及可调的，以便调整油箱的安装。

(2) 安装变速箱底板与机座 在地脚螺栓一次浇灌混凝土的情况下，变速箱底板必

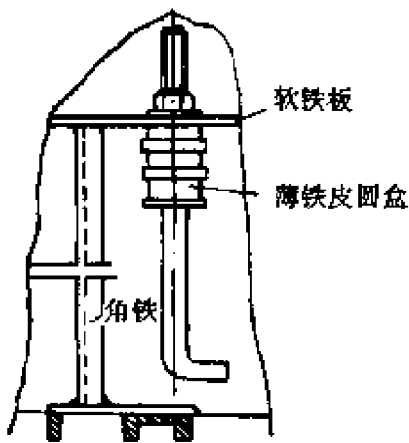


图 10-75 地脚螺栓固定架

须先安上，由于底板为非加工面，所以根据底板与机座接触部分的平面来找平。

机座安装时，吊装必须平正。由于机座底部没有经过加工，所以当安放到已经找平的垫铁上时，机座很不容易和每块垫铁面完全接触。当接触不良时，可在机座与垫铁间选择适当厚度的钢板插入，钢板以不超过两块为限。

(3) 安装工作台及操纵台 吊装工作台时，要将卡环固定在离工作台中心等距离的对称环槽中，卡环固定要紧。把工作台装到机座上时，要先在工作台主轴键两边用铅笔引出两直线到面上，当工作台主轴装入机座轴套时，由一人先进入机座内，从孔中伸出头来看，待键与键槽引出两条线对齐后，工作台可渐渐落下，这样便可顺利进行装配。

当工作台装好后，将主轴的轴承落到最低位置，然后使工作台升起 0.02mm ，在工作台离中心等距离的地方，放上两块块规，在块规上放平尺，在平尺上放精密水平仪，然后转动工作台，每转 90° 记录一次水平仪读数。工作台的水平允差为 0.02mm 。

机座与工作台找平后，即将地脚螺栓拧紧。

与工作台找平的同时，也将操纵台安装到规定的位置上，并拧紧地脚螺栓，等油泵、油箱装好后，便可开始配管工作。

(4) 安装平衡锤 在安装侧刀架平衡锤时，应先把平衡锤分段放置在地上，使中心孔对准后，再将联接杆插入，这样一次就能把平衡锤吊起，放入平衡锤坑中。

(5) 安装左右立柱 在起吊立柱前，先把立柱两侧横梁的边缘与横梁接触面上的漆用苯擦去。安装立柱前，先把孔内平衡锤四周突出的地方铲平，因平衡锤与立柱孔的间隙只有 4mm ，这样做可避免以后平衡锤在立柱孔内的升降受到阻碍。

安装立柱时，要对准定位销孔的前后位置，然后拧紧固定螺钉并安装定位销，而且都要预先浸一层油，左右立柱安装完毕后应先吊装变速箱，以免安上横梁后挡着。吊装变速箱前，应把变速箱底板找平。

(6) 安装扶梯和油箱 左右立柱安好后，就要把立柱上两旁的梯子装好，以便进行上部的工作。同时，把机床后部的油箱、油泵等吊过去，在油箱坑下铺几块木板，将油泵和滤油器装在油箱上。

(7) 安装横梁 在横梁左端与右立柱间应留出放置定距钢板的间隙，留

出的间隙较定距钢板的厚度约大 0.5mm，定距钢板装上后，即可拧紧固螺钉。

(8) 安装侧刀架 侧刀架不应装得太高，离地面 0.5m 即可。安装时，要注意转动升降侧刀架的手轮，使其小齿轮与右立柱外侧的齿条结合好后，再紧压板。此时侧刀架与平衡锤还不能联接，所以侧刀架下应用千斤顶支持。

(9) 安装大刀架 安装大刀架前，应拆去压板和传动螺杆的螺母。由于大刀架和左右立柱的装配间隙很小，所以吊时要平正，靠立柱导轨面应轻轻缓放，以免冲击。装压板时，为方便起见，压板弹簧可暂时不装，因为这时大刀架的传动螺杆尚未安装，仅靠压板不能固定刀架，所以在两立柱内侧，用两个千斤顶来支持大刀架。此时还须安装主电动机和变速箱两侧传动自动走刀的轴与齿轮箱以及主电动机传动主轴等的附属设备。

当电动机的主轴联接器装好后，在主电动机钢板上钻孔、攻丝，用螺钉固定电动机，风扇的位置须根据主电动机来确定。

(10) 安装升降减速箱和垂直刀架 安装升降减速箱时，先拧紧箱底与立柱的联接螺钉，然后装配传动自动走刀的花轴和大刀架升降的左右丝杠。安装丝杠前应检查螺纹间是否有毛刺，如有，应用油石磨光。等丝杠装好后即可搬去支持大刀架的千斤顶。减速箱装好后，便可进行顶盖、顶部周围的栏杆、传动大刀架、升降电动机、传动轮以及刀架左右走台等的安装工作，并调整大刀架的水平。

安装垂直刀架时，伞齿轮孔应对准大刀架预设的装配孔，使齿轮的齿对好，并装好传动垂直刀架升降的底轴。安装左右垂直刀架以后，应把压紧刀杆平衡锤的木梁撤去。

(11) 润滑与液压系统的安装 机床液压传动和主要部位的润滑系统，都使用同一齿轮油泵，泊泵在机床运转时，经常供给润滑油，但在变速箱进行齿轮变速时则停止供给润滑油，而进行液压传动，以上工作全部由操纵台控制。油管均随机床带来并已弯成合适的形状，首先把它清洗干净，然后进行安装。

油管装好后，开动油泵并将工作台吊起，检查机座导轨面润滑流量是否正常，另一润滑工作台主轴承的油管应固定在机座上，并注意工作台转动时是否与油管相碰。

(12) 检查和试运转 机床安装完毕，应进行一次全面检查。然后，接

通电源，开动电动机，进行试运转。首先，用低速带动机床运转约 10min，然后由慢而快，逐渐增大转数。各部分试运转后，再进行全部试运转，直至合格为止。

试运转中应注意以下事项：

- 1) 改变速度或运动方向，必须在停车后进行；
- 2) 变换速度手柄时，要准确地扳到一定的位置上，使内部齿轮结合良好；
- 3) 自动控制装置，如限位终端开关等，必须先通电，手动试验证实灵敏可靠后，才能试验机床的自动控制装置；
- 4) 液压传动设备，必须检查液压系统是否漏油、漏气及油压是否符合乎规定，一切均调整正常后，才能进行液压传动试验。

2. 机床的精度检验

兹以普通车床为例，说明机床精度的检验方法。

(1) 溜板移动在垂直平面内的不直度检验 检验时，在溜板上，按床身导轨纵、横向各放一个水平仪。然后，移动溜板，在全行程上每隔 500mm 测量一次（溜板行程小于 1m 者，至少测量三个地方）。不直度以纵向水平仪读数进行计算，其值应符合表 10-38 的规定。

表 10-38 溜板移动在垂直平面内的不直度

机床名称	溜板行程 (m)	每米行程内不直度 (mm)	全行程内不直度 (mm)
普通车床	≤0.5	0.02	0.015
	>0.5-1		0.02
	>1-2		0.04
	>2-4		0.06
	>4-8		0.08
	>8-12		0.10
精密普通车床	>12-16	0.12	
	≤0.5	0.015	0.10
	>0.5-1		0.015
>1-2	0.025		

(2) 溜板移动的倾斜度检验 机床溜板移动的倾斜度，以每米行程内和全行程内横向水平仪读数的最大代数差计，其值应符合表 10-39 的规定。

表 10-39 溜板移动的倾斜度

机床名称	溜板行程 (m)	每米行程内倾斜度 (mm)	全行程内倾斜度
普通车床	≤ 0.5		0.02/1000
	$> 0.5 \sim 1$		0.03/1000
	$> 1 \sim 2$	0.03/1000	0.04/1000
	$> 2 \sim 4$		0.05/1000
	$> 4 \sim 8$		0.08/1000
	$> 8 \sim 12$		0.10/1000
$> 12 \sim 16$	0.10/1000		
精密普通车床	≤ 1		0.02/1000
	$> 1 \sim 2$	0.02/1000	0.03/1000

(3) 溜板移动对主轴轴心线不平行度的检验 检验时，在主轴孔中插一根检棒，在溜板上固定两只百分表，百分表的触头分别顶在检棒的上母线 a 和侧母线 b 上，移动溜板，进行测量（如图 10-76 所示）。 a 、 b 分别计算，取百分表读数的最大差值，然后旋转主轴 180° 同样进行测量，计算一次。不平行度以两次计算结果的代数和之半计，并符合表 10-40 的规定。

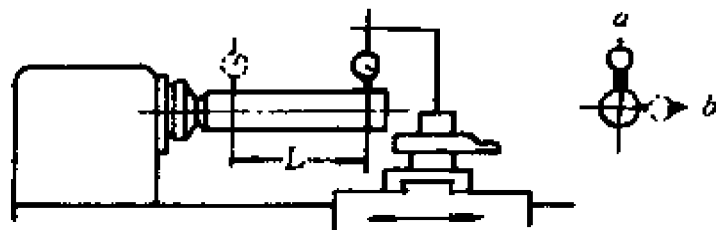


图 10-76 溜板移动对主轴轴心线不平行度的检验

表 10-40 溜板移动对主轴轴心线的平行度

床身最大工件回转直径 (mm)			< 320	320 ~ 800	> 800 ~ 1250
测量长度 L (mm)			200	300	500
不平行度 不应超过 (mm)	普通 车床	a 处	0.02	0.03	0.08
		b 处	0.01	0.015	0.03
	精密普 通车床	a 处	0.01	0.015	—
		b 处	0.007	0.01	—
检验棒伸出的一端, 应向上偏和向前偏					



图 10-77 主轴锥孔和尾座锥孔不等高度的检验

(4) 主轴锥孔轴心线和尾座顶尖套锥孔轴心线对溜板移动的不等高度的检验 检验时, 在主轴锥孔和尾座顶尖锥孔中各插一根直径相等的检棒, 在溜板上固定百分表, 移动溜板, 在检棒两端的上母线上测量 (如图 10-77 所示)。不等高度以百分表读数差计, 其值应符合表 10-41 的规定。

表 10-41 主轴锥孔轴心线和尾座顶尖套锥孔轴心线对溜板移动的不等高度

床身上最大工件回转直径 (mm)	≤ 400	> 400 ~ 800	> 800 ~ 1250
不等高度 Δ (mm)	0.05	0.10	0.16
尾 座 应 高			

3. 金属切削机床安装的验收检验标准

机床安装完后, 应立即进行验收。机床安装的验收, 一般是由机床的使用单位向安装单位验收。验收完毕后, 机床才能投入生产。

下述金属切削机床安装验收时的检验标准适用于车、钻、镗、铣、刨、磨等各类机床。

(1) 定位检验 机床安装基准线和建筑轴线、机床平面位置与标高的允差及检验方法见表 10-42。

表 10-42 机床安装的定位允差

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	安装基准线	与建筑轴线距离	± 20	用钢卷尺检查
2		与机床	平面位置	+10
3			标 高	+20 -10

(2) 地脚螺栓和垫铁的检验

1) 地脚螺栓的安装应垂直，螺母应旋紧，旋力要一致。螺母与垫圈、垫圈与机床底座间的接触应紧密。

2) 垫铁应放平稳，位置正确，接触紧密，每组应不超过 3 块。承受主要负荷的成对斜垫铁应点焊牢固。

3) 需要防震的机床，应加防震层。支承用的调整螺钉，其伸出长度不应大于螺钉直径。

(3) 机床安装检验

1) 整体安装

①床身纵、横向水平度的允差和检验方法见表 10-43。

表 10-43 机床床身纵、横向水平度的允差和检验法

项次	项 目	允许偏差	检 验 方 法
1	普通车床、六角车床	$\frac{0.04}{1000}$	移动溜板，在床身导轨两端检查。中心距大于 2m，中间应增加 1 个检查点
2	精密车床	$\frac{0.02}{1000}$	
3	单轴自动车床	$\frac{0.04}{1000}$	在床面上检查
4	卧式多轴自动车床	$\frac{0.04}{1000}$	在纵刀架上表面检查

(续)

项次	项 目	允许偏差	检 验 方 法	
5	立式车床	$\frac{0.04}{1000}$	通过检具在工作台面上检查	
6	立式钻床	$\frac{0.04}{1000}$	在工作台面中间检查(工作台应置于经常使用的位置)	
7	摇臂钻床	$\frac{0.01}{1000}$	在底座工作面上按对角线通过平尺检查	
8	卧式镗床	$\frac{0.04}{1000}$	移动工作台在床身导轨两端及中间检查	
9	牛头刨床	$\frac{0.04}{1000}$	横向, 在横导轨两端检查; 纵向, 在垂直导轨上检查(工作台应置于导轨中间位置)	
10	普通铣床	$\frac{0.04}{1000}$	在工作台中央检查(工作台应置于中间位置)	
11	精密铣床	$\frac{0.02}{1000}$		
12	螺纹铣床	$\frac{0.04}{1000}$	床身长度小于或等于1m, 在铣刀架上检查。大于1m, 纵向, 在床身导轨上检查; 横向, 在铣刀架上检查	
13	卧式拉床	$\frac{0.04}{1000}$	移动检具, 在床身导轨两端检查	
14	立式拉床	$\frac{0.04}{1000}$	通过检具, 在工作台面上检查	
15	普通插床	$\frac{0.04}{1000}$	通过检具, 纵向, 在工作台导轨中间检查; 横向, 在导轨两端检查	
16	内圆磨床、螺纹磨床(磨削长度小于或等于1m)	$\frac{0.02}{1000}$	在工作台面中央检查(工作台应置于床身中间位置)	
17	平面磨床、外圆磨床、万能磨床、花键轴磨床	纵向		$\frac{0.02}{1000}$
		横向		$\frac{0.04}{1000}$

(续)

项次	项 目	允许偏差	检 验 方 法
18	高精度平面磨床	$\frac{0.02}{1000}$	同 上
19	工具磨床	$\frac{0.04}{1000}$	
20	无心磨床	$\frac{0.02}{1000}$	移动检具, 在床身导轨两端检查
21	滚齿机 工件直径小于或 等于 0.8m 工件直径大于 0.8m	$\frac{0.02}{1000}$ $\frac{0.03}{1000}$	立柱可移动的: 纵向, 在床身导轨两端检查; 横向, 通过平尺在导轨两端检查 工作台可移动的: 通过工作台在床身导轨两端检查
22	插齿机、剃齿机	$\frac{0.04}{1000}$	通过检具在工作台上检查
23	螺旋伞齿轮铣床	$\frac{0.04}{1000}$	通过平尺, 在工作台弧形导轨滑动面上检查
24	磨齿机	$\frac{0.02}{1000}$	纵向, 在导轨两端检查; 横向, 通过平尺在导轨两端检查
25	金属圆锯床	$\frac{0.04}{1000}$	在工作台面或导轨上检查
26	金属弓锯床	$\frac{0.10}{1000}$	在床身加工面上检查
27	小型龙门刨床	$\frac{0.04}{1000}$	通过检具在导轨上检查。纵向, 每 0.5m 检查 1 点; 横向, 每 1m 检查 1 点

注: 1. 全部项次均为关键项。

2. 整体安装精密丝杠车床, 应按解体安装中的有关规定进行检查。

②床身纵向铅垂面内直线度的允许偏差和检验方法见表 10-44。

表 10-44 床身纵向铅垂面内直线度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法	
1	小型龙门刨床	每 米	0.02	通过检具在导轨上, 每 0.5m 检查 1 点	
		全 长	≤4m		0.03
			>4~8m		0.04
2	坐标镗床 每米		0.01	移动工作台每 0.25m 检查 1 点 (龙门式镗床只检查床身导轨)	

2) 解体安装

表 10-45 床身纵、横向水平度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允 差	检 验 方 法
1	精带丝杠车床		$\frac{0.02}{1000}$	通过检具在床身导轨两端检查。中心距大于 2m 时, 中间应增加 1 个检查点
2	重型车床		$\frac{0.04}{1000}$	通过检具在床身导轨上检查。纵向, 导轨长度小于或等于 6m, 每 0.5m 检查 1 点; 大于 6m, 每 1m 检查 1 点。横向, 每 1m 检查 1 点
3	双柱立式车床		$\frac{0.04}{1000}$	有平导轨的床身, 直接或通过检具在导轨上每隔 90° 的位置上检查; 有 V 形导轨的床身, 通过检具在导轨上或工作台上检查
4	卧式镗铣床		$\frac{0.04}{1000}$	通过检具在床身导轨两端及中间检查
5	落地镗铣床		$\frac{0.04}{1000}$	通过检具在床身导轨上检查。纵向, 每 0.5m 检查 1 点; 横向, 每 1m 检查 1 点
6	龙门刨床、龙门铣床		$\frac{0.04}{1000}$	
7	大型插床		$\frac{0.04}{1000}$	纵向, 在床身导轨两端检查; 横向, 通过检具在导轨上检查
8	导轨磨床		$\frac{0.02}{1000}$	通过检具在床身导轨上, 每 0.5m 检查 1 点
9	重型外圆磨床	纵向	$\frac{0.02}{1000}$	通过检具在装砂轮架滑座的床身导轨上, 每 0.5m 检查 1 点
		横向	$\frac{0.04}{1000}$	

注: 全部项次均为关键项。

表 10-46 床身导轨在铅垂面内直线度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允许偏差	检 验 方 法		
1	精密丝杠车床	每 米	$\frac{0.010}{1000}$	用水平仪垂直于床身导轨, 通过检具在导轨上每 0.5m 检查 1 点		
		全 长	$\leq 2m$		$\frac{0.015}{1000}$	
			$> 2 \sim 4m$		$\frac{0.020}{1000}$	
			$> 4 \sim 8m$		$\frac{0.025}{1000}$	
			$> 8 \sim 12m$		$\frac{0.030}{1000}$	
2	重型车床	$\leq 0.8m$	每 米	$\frac{0.02}{1000}$	用水平仪垂直于床身导轨, 通过检具在导轨上每 1m 检查 1 点	
			全 长	$\leq 8m$		$\frac{0.06}{1000}$
				$> 8 \sim 12m$		$\frac{0.08}{1000}$
				$> 12 \sim 20m$		$\frac{0.10}{1000}$
		$> 0.8 \sim 1.6m$	每 米	$\frac{0.03}{1000}$		
			全 长	$\leq 8m$		$\frac{0.08}{1000}$
				$> 8 \sim 20m$		$\frac{0.10}{1000}$
			$> 1.6m$	每 米		$\frac{0.03}{1000}$
		全 长		8-16m		$\frac{0.10}{1000}$
				16-20m		$\frac{0.12}{1000}$

(续)

项次	项 目		允许偏差	检 验 方 法		
3	卧式镗床		每 米	$\frac{0.02}{1000}$	用水平仪垂直于床身导轨, 通过平尺在导轨上检查	
			全 长	$\leq 3\text{m}$		$\frac{0.03}{1000}$
				$> 3 \sim 4\text{m}$		$\frac{0.04}{1000}$
				$> 4 \sim 6\text{m}$		$\frac{0.06}{1000}$
4	落地镗床、导轨磨床、重型外圆磨床 (装砂轮架滑座的导轨)		每 米	$\frac{0.02}{1000}$	用水平仪垂直于床身导轨, 通过检具在导轨上检查	
			全 长	$\frac{0.04}{1000}$		
5	龙门刨床	导轨中心距	$\leq 1\text{m}$	每 米	$\frac{0.02}{1000}$	
		$> 1 \sim 2\text{m}$	每 米	$\frac{0.03}{1000}$		
		$> 2\text{m}$	每 米	$\frac{0.04}{1000}$		

表 10-47 床身导轨在铅垂方向平行度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法		
1	精密丝杠车床		每 米	0.010	通过检具在导轨上每 0.5m 检查 1 点	
			全 长	$\leq 2\text{m}$		0.015
				$> 2 \sim 3\text{m}$		0.020
				$> 3 \sim 4\text{m}$		0.025
				$> 4 \sim 8\text{m}$		0.040
				$> 8 \sim 12\text{m}$		0.050

(续)

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法	
2	重型车床	每 米	0.020	通过检具在导轨上检查。导轨长度小于或等于6m, 每0.5m检查1点; 大于6m, 每1m检查1点	
		全 长	≤8m		0.080
			>8~12m		0.100
			>12~16m		0.120
			>16~20m		0.160
3	卧式镗床	每 米	0.010	通过检具在导轨上每0.5m(或小于0.5m)检查1点, 全长至少检查8点	
		全 长	≤3m		0.040
			>3~4m		0.050
			>4~6m		0.060
4	落地镗床	每 米	0.02	通过检具在导轨上, 每0.5m检查1点	
		全 长	0.05		
5	龙门刨床	每 米	0.02		
		全 长	12m		0.05
			16m		0.06
			20m		0.08
			24m		0.10
			32m	0.15	
6	导轨磨床	每 米	0.01		
		全 长	0.03		
7	重型外圆磨床 (装砂轮架滑座的导轨)	每 米	0.02		
		全 长	0.04		

注: 项次1、2、7为关键项。

表 10-48 床身导轨在水平面内直线度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检 验 方 法	
1	重型车床 (只许 凸向机床后方)	每 米	0.02	1. 沿床身导轨拉一根小于或等于 0.3mm 钢丝线, 将测微光管置于溜板、V 形铁或检具上, 调整使测微光管刻线与钢丝的侧母线在导轨两端重合, 移动溜板, V 形铁或检具沿导轨检查。测点距离不应大于 0.5m。或用准直仪检查 2. 沿床身导轨拉一根小于或等于 0.3mm 钢丝线, 将测量工具置于溜板、V 形铁或检具上, 用千分杆和耳机调整钢丝至测量工具的距离在导轨的两端相等, 然后沿导轨全长每 0.5m (或小于 0.5m) 测 1 点	
		全 长	≤8m		0.05
			>8~12m		0.06
			>12~16m		0.08
			>16~20m		0.10
2	龙门刨床	每 米	0.02		
		全 长	12m	0.05	
			16m	0.06	
			20m	0.08	
			24m	0.10	
32m	0.15				
3	导轨磨床	每 米	0.01		
		全 长	≤3m	0.025	
			>3~4m	0.030	
			>4~6m	0.035	
			>6~8m	0.040	

表 10-49 立柱导轨对工作台面（或床身导轨）垂直度的允许偏差和检验法

项次	项 目			允许偏差		检 验 方 法
				纵向	横向	
1	双柱立式车床（立柱只许向前倾）、大型插床			0.04 1000		将水平仪（或通过检具）按纵、横向放在工作台上或导轨上，再将水平仪靠贴在立柱导轨的正面和侧面的上、下两处检查（龙门刨床在上、中、下三处检查）
2	摇臂钻床（纵向，只许向底座工作面倾斜；横向，只许向主轴倾斜）	立柱中心到主轴中心最大距离	≤1.6m	0.20 1000	0.10 1000	
			>1.6m~2.5m	0.30 1000	0.10 1000	
			>2.5m	0.40 1000	0.15 1000	
3	卧式镗床、落地镗床（正面只许向操作者方向倾斜；侧面只许向内倾斜）			0.03 1000		
4	龙门刨床	导轨中心距	≤1m	0.06 1000		
			>1~2m	0.08 1000		
			>2m	0.12 1000		

注：全部项次均为关键项。

表 10-50 横梁移动时倾斜度的允许偏差和检验法

项次	项 目			允许偏差	检 验 方 法	
1	双柱立式车床	最大车削直径	每 1m 行程	0.04 1000	将水平仪平行放在横梁上，移动横梁每 0.5m 检查 1 点，全行程至少检查 3 点	
			全	≤1.6m		0.04 1000
				>1.6~2.5m		0.05 1000
				>2.5~4m		0.06 1000
			长	>4~6.3m		0.07 1000
				>6.3~10m		0.08 1000
				每 1m 行程		0.03 1000
2	龙门刨床、龙门铣床	横梁行程	全	2m	0.03 1000	
				3m	0.04 1000	
			长	4m	0.05 1000	
				每 1m 行程	0.03 1000	

注：全部项次均为关键项。

表 10-51 工作台移动时倾斜度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允许偏差	检验方法		
1	龙门铣床	工作台行程	每 米	$\frac{0.03}{1000}$	移动工作台在全行程上检查	
			全 长	3m		$\frac{0.03}{1000}$
				4m		$\frac{0.04}{1000}$
				6m		$\frac{0.05}{1000}$
				8m		$\frac{0.06}{1000}$

表 10-52 工作台移动时铅垂面内直线度的允许偏差和检验法

项次	项 目		允许偏差 (mm)	检验方法		
1	龙门铣床	工作台行程	每 米	0.020	移动工作台在全行程上每 0.5m 检查 1 点	
			全 长	2m		0.025
				3m		0.030
				4m		0.040
				6m		0.050
				8m		0.060

(4) 机床试运转检验 检验机床试运转时, 可查看试运转的记录, 亦可进行试车检查。

机床无负荷试运转时, 最高速试运转不得少于 2h, 并且要达到以下要求:

- 1) 机床运转平稳, 无异常声响和爬行现象;
- 2) 滚动轴承温度不超过 70℃, 温升不超过 40℃; 滑动轴承温度不超过 60℃, 温升不超过 35℃; 丝杠螺母温度不超过 45℃, 温升不超过 35℃;

- 3) 液压和润滑系统的压力、流量符合规定。机床各部润滑良好；
- 4) 自动控制的挡铁和限位开关等必须操作灵活，动作准确可靠；
- 5) 联动、保险、制动和换向装置及自动夹紧机构、安全防护装置必须可靠。快速移动机构必须正常；
- 6) 有特殊要求的机床，应按照技术文件的规定进行试运转。

七、设备安装中常用的起重、运输机具

1. 起重索具与吊具

(1) 绳索

1) 钢丝绳：钢丝绳又叫钢绳，它是用高强度碳素钢丝捻制而成的。通常使用的钢丝绳由六股钢丝束和一根绳芯（一般为麻芯）捻成，每股中的钢丝数有19根、37根、61根等（分别标记为6×19、6×37、6×61……）。钢丝绳是起重、运输工作中最常用的绳索之一。

①钢丝绳的用途：由于钢丝绳具有强度高、韧性好、耐磨损、能承受较大拉力及在高速下运转平稳、没有噪音、工作可靠等优点，所以其用途非常广泛。各种常用普通钢丝绳的主要用途见表10-53。

表 10-53 常用普通钢丝绳的主要用途

钢丝绳名称及标准号	钢丝绳结构	钢丝绳主要用途
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×7 钢丝+1 有机芯	无极绳缆车，钢丝绳皮带运输机，索道牵引，斜井卷扬
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×19 钢丝+1 有机芯	各种起重、提升和牵引设备（包括绞车、绞磨及滑轮组），索道牵引，缆风绳
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×37 钢丝+1 有机芯	各种起重、提升和牵引设备（包括绞车、绞磨及滑轮组），索道
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×61 钢丝+1 有机芯	重型起重机械
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×12 钢丝+7 有机芯	捆绑
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×24 钢丝+7 有机芯	拖船，货网，浮运木材
普通钢丝绳 (GB1102-72)	6×30 钢丝+7 有机芯	拖船，货网，浮运木材

(续)

钢丝绳名称及标准号	钢丝绳结构	钢丝绳主要用途
普通钢丝绳 (GB1102—72)	7×7 钢丝	船舶张拉桅杆, 盐井, 吊桥
普通钢丝绳 (GB1102—72)	7×19 钢丝	船舶张拉桅杆, 吊桥
普通钢丝绳 (GB1102—72)	8×19 钢丝+1 有机芯	电梯, 起重机械
普通钢丝绳 (GB1102—72)	8×37 钢丝+1 有机芯	起重机械, 打捞沉船
多层股(不旋转)钢丝绳 (GB1102—72)	18×7 钢丝+1 有机芯	矿井提升, 索道承载以及要求钢丝绳不旋转的用途

②常用钢丝绳的主要技术数据

表 10-54 6×19 钢丝绳的数据

直 径		钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		钢丝绳破断拉力总和 (N)				
6.2	0.4	20000	22100	24300	26400	28600
7.7	0.5	31300	34600	38000	41300	44700
9.3	0.6	45100	49900	54700	59600	64400
11.0	0.7	61300	67900	74500	81100	87700
12.5	0.8	80100	88700	97300	105500	114500
14.0	0.9	101000	112000	123000	134000	144500
15.5	1.0	125000	138500	152000	165500	178500
17.0	1.1	151500	167500	184000	200000	216500
18.5	1.2	180000	199500	219000	238000	257500
20.0	1.3	211500	234000	257000	279500	302000
21.5	1.4	245500	271500	298000	324000	350500
23.0	1.5	281500	312000	342000	372000	402500

(续)

直 径		钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		钢丝绳破断拉力总和 (N)				
24.5	1.6	320500	355000	389000	423500	458000
26.0	1.7	362000	400500	439500	478000	517000
28.0	1.8	405500	449000	492500	536000	579500
31.0	2.0	501000	554500	608500	662000	715500
34.0	2.2	606000	671000	736000	801000	
37.0	2.4	721500	798500	876000	953500	
40.0	2.6	846500	937500	1025000	1115000	
43.0	2.8	982000	1085000	1190000	1295000	
46.0	3.0	1125000	1245000	1365000	1490000	

表 10-55 6×37 钢丝绳的数据

直 径		钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		钢丝绳破断拉力总和 (N)				
8.7	0.4	39000	43200	47300	51500	55700
11.0	0.5	60900	67500	74000	80600	87100
13.0	0.6	87800	97200	106500	116000	125000
15.0	0.7	119500	132000	145000	157500	170500
17.5	0.8	156000	172500	189500	206000	223000
19.5	0.9	197500	218500	239500	261000	282000
21.5	1.0	243500	270000	296000	322000	348500
24.0	1.1	295000	326500	358000	390000	421500
26.0	1.2	351000	388500	426500	464000	501500
28.0	1.3	412000	456500	500500	544500	589000
30.0	1.4	478000	529000	580500	631500	683000
32.5	1.5	548500	607500	666500	725000	784000
34.5	1.6	624500	691500	758000	825000	892000
36.5	1.7	705000	780500	856000	931500	1005000
39.0	1.8	790000	875000	959500	1040000	1125000

(续)

直 径		钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		钢丝绳破断拉力总和 (N)				
43.0	2.0	975500	1080000	1185000	1285000	1390000
47.5	2.2	1180000	1305000	1430000	1560000	
52.0	2.4	1405000	1555000	1705000	1855000	
56.0	2.6	1645000	1825000	2000000	2175000	
60.5	2.8	1910000	2115000	2320000	2525000	
65.0	3.0	2195000	2430000	2665000	2900000	

表 10-56 6×61 钢丝绳的数据

直 径		钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		钢丝绳破断拉力总和 (N)				
11.0	0.4	64300	71200	78100	85000	91900
14.0	0.5	100500	111000	122000	132500	143500
16.5	0.6	144500	160000	175500	191000	206500
19.5	0.7	197000	218000	239000	260000	281500
22.0	0.8	257000	285000	312500	340000	367500
25.0	0.9	325500	360500	395500	430500	465000
27.5	1.0	402000	445000	488000	531500	574500
30.5	1.1	486500	538500	591000	643000	695000
33.0	1.2	579000	641000	703000	765000	827000
36.0	1.3	679500	752500	825000	898000	971000
38.5	1.4	788000	872500	957000	104000	1125000
41.5	1.5	905000	1000000	1095000	1195000	1290000

(续)

直 径		钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝	1400	1550	1700	1850	2000
(mm)		钢丝绳破断拉力总和 (N)				
44.0	1.6	1025000	1140000	1250000	1360000	1470000
47.0	1.7	1160000	1285000	1410000	1535000	1660000
50.0	1.8	1300000	1440000	1580000	1720000	1860000
55.5	2.0	1605000	1780000	1950000	2125000	2295000
61.0	2.2	1945000	2155000	2360000	2570000	
66.5	2.4	2315000	2565000	2810000	3060000	
72.0	2.6	2715000	3010000	3300000	3590000	
77.5	2.8	3150000	3490000	3325000	4185000	
83.0	3.0	3620000	4005000	4395000	4780000	

③钢丝绳的破断拉力和许用拉力：钢丝绳的破断拉力和钢丝绳的直径、结构与钢丝的强度有关，其值可由下式算出：

$$P = K_0 P_c$$

式中 P ——钢丝绳的破断拉力 (N)；

K_0 ——换算系数 (见表 10-57)；

P_c ——钢丝绳破断拉力总和 (N)，其值可由表 10-54~表 10-56 中查出。

表 10-57 钢丝绳破断拉力换算系数 K_0

钢 丝 绳 结 构						K_0
1×7	1×19					0.9
6×7	6×12	7×7				0.88
1×37	6×19	7×19	6×24	6×30		0.85
6X (19)	6W (19)	6T (25)	6X (24)	6W (24)	6X (31)	
8×19	8X (19)	8W (19)	8T (19)	8T (25)	18×7	
6×37	8×37	18×19	6W(35)	6W(36)	6X(37)	0.82
6×61	34×7					0.80

当缺乏有关计算数据时，钢丝绳的破断拉力也可按表 10 - 58 中所列的经验公式近似地进行估算。

表 10 - 58 钢丝绳破断拉力的估算

钢丝绳品种	有效破断拉力 (N)	有效破断拉力 (kN)	说 明
硬钢丝绳	$55C^2$	$542d^2$	本式仅适用于 6×24 钢丝绳的 6×30 软钢丝绳
半硬钢丝绳	$44C^2$	$434d^2$	
软钢丝绳	$37C^2$	$365d^2$	

注：1. 硬钢丝绳是指由 7 个钢丝股捻制的钢丝绳，钢丝的公称抗拉强度极限为 $1400\text{N}/\text{mm}^2$ ；

2. 半硬钢丝绳是指由 6 个钢丝股和绳中心是一个麻芯捻制的钢丝绳，钢丝的公称抗拉强度极限为 $1400\text{N}/\text{mm}^2$ ；

3. 软钢丝绳是指由 6 个中心夹有麻芯的钢丝股和绳中心是一个麻芯捻制成的钢丝绳，公称抗拉强度极限为 $1400\text{N}/\text{mm}^2$ ；

4. C 是钢丝绳的圆周长，单位为 mm ； d 是钢丝绳的直径，单位为 mm 。

根据破断拉力可按下式求出钢丝绳的许用拉力：

$$\text{许用拉力} = \frac{\text{破断拉力}}{\text{安全系数}}$$

钢丝绳的安全系数见表 10 - 59。

表 10 - 59 钢丝绳的安全系数

用 途	安全系数	用 途	安全系数
作 绳 风 绳	3.5	作吊索无弯曲时	6~7
用于手动起重设备	4.5	作捆绑吊索	8~10
用于机动起重设备	5~6	用于载人的升降机	14

④钢丝绳与滑轮直径的比例：钢丝绳通过滑轮时，外部的钢丝受到摩擦，因而造成钢丝绳强度降低。为了减少磨损，钢丝绳和滑轮的直径必须保持适当的比例关系，其间的比例可参阅表 10 - 60。

表 10-60 钢丝绳与滑轮直径的比例

机械种类	使用情况		滑轮与钢丝绳直径比
桅杆式、汽车式、履带式起重机	手 动		$D \geq 16d$
	机 动	轻 型	$D \geq 16d$
		中 型 重 型	$D \geq 18d$ $D \geq 20d$
其他型式起重机	手 动		$D \geq 18d$
	机 动	轻 型	$D \geq 20d$
		中 型 重 型	$D \geq 25d$ $D \geq 30d$
一吨以下手动卷扬机	—		$D \geq 12d$
抓斗式起重机	一 类 轻 型		$D \geq 20d$
	二 类 轻 型		$D \geq 30d$

注：1. 表中 D 为滑轮直径， d 为钢丝绳直径；

2. 一般安装用滑轮直径 $D \geq (16 \sim 20)d$ 。

⑤钢丝绳的报废标准：钢丝绳在使用一段时间后，很容易被磨损或受到自然和化学腐蚀，并且其结构也易遭到破坏。它是否能继续使用，常根据以下几个方面进行鉴别。

(a) 直径减小：当钢丝绳直径磨损不超过 30% 时，可降低拉力继续使用；超过 30% 时，则应报废。

(b) 表面腐蚀：当整根钢丝绳外表面受腐蚀的麻面凭肉眼观察可明显看出时，则不能继续使用。

(c) 结构破坏：各种起重机械的钢丝绳断丝后的报废标准根据表 10-61 决定。但对于吊、运熔化金属、炽热材料、含酸、易燃和有毒设备的钢丝绳，在一节距内的断丝数达到表中所列的一半时，即应报废。

表 10-61 钢丝绳的报废标准

钢丝绳的最初安全系数	钢 丝 绳 结 构					
	6×19		6×37		6×61	
	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 以下	12	6	22	11	36	18
6—7	14	7	36	13	38	19
7 以上	16	8	40	15	40	20

(d) 超载：超载使用过的钢丝绳不得再使用，如果使用需通过破断拉力试验鉴定后方可降级使用。

⑥ 钢丝绳使用注意事项

(a) 使用时，不能让钢丝绳产生锐角曲折，以及由于被夹、被砸而使断面形成扁平。

(b) 穿钢丝绳的滑轮边缘不允许有破裂现象，以免损坏钢丝绳。

(c) 为了防止钢丝绳生锈，应经常保持清洁，并定期涂抹特制无水分的保护油脂（如汽缸油、钢绳油等）。

(d) 防止钢丝绳与设备、建筑物尖角或电线接触。

(e) 钢丝绳的合用程度根据表 10-62 进行判断。

表 10-62 钢丝绳的合用程度判断表

类别	钢丝绳的表面现象	合用程度	使用场所
1	钢丝绳摩擦轻微，无绳股凸起现象	100%	重要场所
2	(1) 各钢丝股已有变位、压扁及凸出现象，但未露出绳芯 (2) 钢丝绳个别部分有轻微锈蚀 (3) 钢丝绳表面上的个别钢丝有尖刺现象，每米长度内的尖刺数目不多于钢丝总数的 3%	75%	重要场所

(续)

类别	钢丝绳的表面现象	合用程度	使用场所
3	(1) 绳股尖凸不太危险, 绳芯未露出 (2) 个别部分有显著锈痕 (3) 钢丝绳表面上的个别钢丝有尖刺现象, 每米长度内的尖刺数目不多于钢丝总数的 10%	50%	次要场所
4	(1) 绳股有显著扭曲, 钢丝及绳股有部分变位, 有显著尖刺现象 (2) 钢丝绳全部有锈, 将锈层去后钢丝上留下凹痕 (3) 钢丝绳表面上的个别钢丝有尖刺现象, 每米长度内的尖刺数目不多于钢丝总数的 25%	40%	不重要场所或辅助作业

(f) 旧钢丝绳的使用标准

a) 根据钢丝绳的断丝数从表 10-63 中查得钢丝绳的折减系数, 对其破断力进行折减使用。

表 10-63 钢丝绳的折减系数

钢丝绳破断力的折减系数	钢丝绳的股丝数					
	$6 \times 19 + 1 = 114 + 1$		$6 \times 37 + 1 = 222 + 1$		$6 \times 61 + 1 = 366 + 1$	
	交捻	顺捻	交捻	顺捻	交捻	顺捻
一个捻距内钢丝绳断丝数						
0.95	5	3	11	6	18	9
0.90	10	5	19	9	29	14
0.85	14	7	28	14	40	20
0.80	17	8	33	16	43	21
0	>17	>8	>33	>16	>43	>21

b) 当钢丝绳表面有磨损时, 应按表 10-64 对表 10-63 中的折减系数

进行修正。

表 10-64 钢丝绳表面有磨损时折减系数的修正系数

磨损量按钢丝直径计 (%)	10	15	20	25	30	30 以上
修正系数	0.8	0.7	0.65	0.55	0.50	0

2) 麻绳：麻绳是起吊工作中常用的绳索之一，它具有轻便、容易捆绑等优点。但由于其强度低、容易磨损和腐蚀，所以仅用于吊装质量小于 500kg 的设备。

①麻绳的种类和用途

(a) 根据是否经过油浸，麻绳分为素麻绳和油浸麻绳两种。

(b) 根据制造方法，麻绳可分为土法制造的和机器制造的两类。土制麻绳由于规格不严、搓捻较松，一般不作起重之用；机制麻绳质量较好，按使用原料的不同，它又分为以下四种：

a) 印尼棕绳：用印度尼西亚的西沙尔麻为原料。这种绳的拉力和扭力大、抗海水浸蚀性能强，适用于水中起重、船用锚缆和陆地起重；

b) 白棕绳：系由植物纤维搓成线，线绕成股，股再捻成绳，白棕绳有三股、四股和九股的，它适用于受力不大的缆风、溜绳等；

c) 混合绳：用龙舌兰麻和苧麻各半，再掺入 10% 的大麻混合捻成。这种绳的拉力虽大，但耐久性和耐腐蚀性较差，不适于水中使用；

d) 线麻绳：用大麻纤维为原料。这种绳柔韧、拉力强，用途与混合绳相近。

②麻绳的技术规格

表 10-65 素麻绳的技术规格

直径 (mm)	特制		加重		普通	
	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)
9.6	7.0	6100	7	5350	—	—
11.1	9.0	7350	8.85	6550	8.75	6100
12.7	12.0	9350	11.9	8350	11.7	7750

(续)

直径 (mm)	特制		加重		普通	
	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)
14.3	14.8	11350	14.75	10200	14.6	9450
15.9	19.0	14600	17.7	12100	17.4	11200
19.1	28.0	21150	26.6	17900	24.8	15700
20.7	32.5	23300	31.0	19840	29.3	17550
23.9	43.0	32250	41.5	26550	39.5	23930
28.7	61.0	44700	60	37580	57.2	34330
31.8	76.0	52900	74	44770	70.0	40130
36.6	100	69550	96	58210	92	51150
39.8	118	78000	114	65850	140	58250
47.8	168	111250	163	94950	156	83900
55.7	232	142350	225	121450	216	107400
63.7	302	184500	293	157000	260	138050

表 10-66 油浸麻绳的技术规格

直径 (mm)	特制		加重		普通	
	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)	百米质量 (kg)	最小拉断力 (N)
9.6	8.3	5850	8.3	5050	—	—
11.1	10.6	7000	10.4	6250	10.3	5750
12.7	14.2	8950	14.0	7950	13.8	7350
14.3	17.5	10900	17.4	9700	17.2	8950
15.9	22.4	14000	20.9	11500	20.5	10650
19.1	33.0	20250	31.4	17050	29.3	14900
20.7	38.4	22300	36.6	18900	34.6	16650
23.9	50.7	30600	49.0	25020	46.6	22260
28.7	72.0	42400	70.8	35410	67.5	32230
31.8	89.1	50300	87.3	42190	82.6	37670
36.6	118.0	65700	113.3	55440	108.6	48510
39.8	139.2	73800	134.5	62700	129.6	55250
47.8	198.2	106800	192.3	90450	184.1	79600
55.7	273.8	134500	265.5	115850	254.9	101850
63.7	356.4	174250	345.7	149500	330.4	130900

表 10-67 机制麻绳的技术规格

规格						印尼棕绳		白棕绳		混合绳		线麻绳		
直径		圆周		延伸率	拈度 每米	股组织 (系)数	质量	破断力	质量	破断力	质量	破断力	质量	破断力
mm	in	mm	in				(kg)	(N)	(kg)	(N)	(kg)	(N)	(kg)	(N)
10	3/8	28	1 1/8		100	3×3	15	4500	15	3100	16	4070	20	
13	1/2	38	1 1/2		88	5×3	28	7350	28	4500	30	5900	26	8850
16	5/8	50	2		70	8×3	42	10700	42	10000	47	10400	38	12660
19	3/4	57	2 1/4	14	60	11×3	60	15200	50	14060	65		62	16600
22	7/8	70	2 3/4	22	54	14×3	77	17900	72	15000	84		80	18370
25	1	76	3	29	46	20×3	103	25000	100	22000	118	20400	109	32020
28	1 1/8	86	3 1/2	38	42	26×3	135	39200	120	27000	145		140	41550
32	1 1/4	100	3 15/16	25	40	32×3	165	44200	155		180		136	48720
38	1 1/2	120	4 3/4	22	34	42×3	235	67200	212		239			
42	1 5/8	129	5	18	27	49×3	265	68200	290		303			
45	1 3/4	140	5 1/2	13	25	50×3	316	69000			380			
50	2	153	6 1/8	13	23	70×3	383	75000			405			
57	2 1/4	180	7	13	21	87×3	549		360					
63	2 1/2	190	7 1/8	13	19	99×3	660				700			

注：1. 表列各种麻绳的质量系每卷绳的近似数。破断力栏的空格系未作过抗拉试验。

2. 所有机制麻绳均成盘（卷）供应，每盘长度各地略有出入，上海市产品每盘为 219m，天津市产品多为 218m，表中所列数据为天津生产。

3) 尼龙绳：当吊运表面光洁的零件、软金属制品或表面不许磨损的设备时，可使用尼龙绳。尼龙绳的特点是质地柔软、耐酸、耐腐蚀，具有弹性，可减少冲击。

我国生产的尼龙和增强尼龙的物理机械性能见表 10-68。

表 10-68 尼龙和增强尼龙的物理机械性能

性能	尼龙 6	尼龙 66	尼龙 610	尼龙 1010	尼龙1010 加 5%石墨	尼龙1010加 30%玻璃纤维
重度(g/cm ³)	1.13	1.15	1.09~1.13	1.05	>2	1.32
吸水率(%)	10.9	10.0	1~3	2	>2	0.05
延伸率(%)	200	10~100	100~150	200	<200	
开始可塑温度(℃)	160	220		150~170	170	190
软化温度(℃)	170	235		180	185	200
熔点(℃)	215	256	215~225	200	200	200
脆化温度(℃)	-20~-30	-25~-30		-60	-60	-60
马丁氏耐热性(℃)	40~50	50~60	60	45	52	90
比热(J/g·℃)	1.6~2	1.6~2	2			
膨胀系数(1/℃)	11~14×10 ⁻⁵	11~15×10 ⁻⁵	5~7×10 ⁻⁵			
导热系数[kJ/(m·h·℃)]	0.72~1.16	0.88~1.16	0.84~1			
抗拉强度(N/cm ²)	7000	7500	6000	5500	5500	6900
抗弯强度(N/cm ²)	7000~10000	10000~11000	7000~10000	3700	8700	11000
冲击值(kg·cm/cm ²)			40~50	100	45~51	41.7
抗压强度(N/cm ²)	6000~9000	4600	7000~9000	7900		11000
磨损(cm ² /10000r/min)	0.24		0.014	0.0035	0.0055	

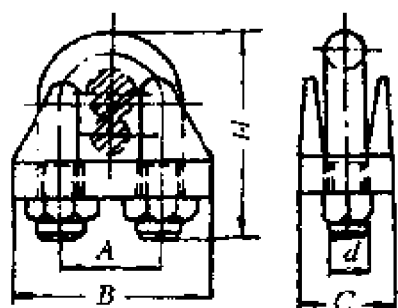


图 10-78 骑马式绳夹

(2) 绳夹 绳夹又叫轧头, 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”型绳夹和“L”型绳夹。其中骑马式绳夹应用最广。

1) 绳夹的结构和技术规格

① 骑马式绳夹的结构见图 10-78, 其型号规格见表 10-69。

表 10-69 骑马式绳夹的型号规格 (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

(续)

型 号	常用钢丝绳直径	A	B	C	d	H
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

② “U”型绳夹的结构见图 10-79，其技术规格见表 10-70。

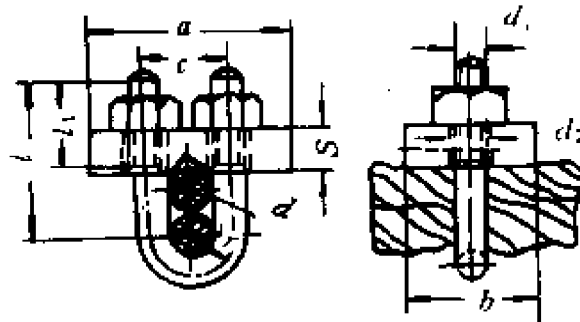


图 10-79 “U”型绳夹

表 10-70 “U”型绳夹的技术规格 (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

③ “L”型绳夹的结构见图 10-80，其主要尺寸见表 10-71。

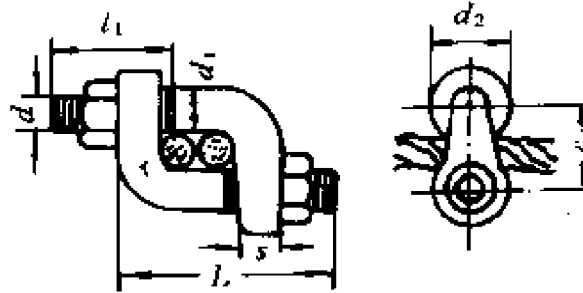


图 10-80 “L”型绳夹

表 10-71 “L”型绳夹的技术规格 (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) 绳夹的使用方法：装绳夹时螺栓要拧紧，直至把钢丝绳压扁 $1/3 \sim 1/4$ 直径时为止。绳夹要一顺排列，其 U 形部分要与绳头接触，使用绳夹的个数和间距见表 10-72。

表 10-72 使用绳夹的个数和间距

钢丝绳直径 (mm)	13	15	18	21	24	28	32	35	39	42
使用绳夹个数	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6
绳夹间距 (mm)	120	120	150	150	200	200	250	250	300	300

(3) 卡环 卡环又叫卸扣，如图 10-81 所示，常用于吊索与吊索或吊

环与吊索之间的连接，它由 U 形环和销子两部分组成，一般用碳素钢制作。

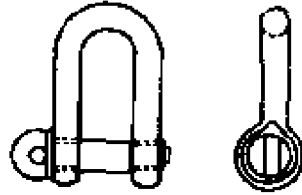


图 10-81 卡环

卡环的技术性能见表 10-73

表 10-73 卡环的技术性能

号 码	允许荷载 (kg)	最大钢丝 绳直径 (mm)	号 码	允许荷载 (kg)	最大钢丝 绳直径 (mm)
0.2	200	4.7	3.3	3300	19.5
0.3	330	6.5	4.1	4100	22
0.5	500	8.5	4.9	4900	26
0.9	930	9.5	6.8	6800	28
1.4	1450	13	9.0	9000	31
2.1	2100	15	10.7	10700	34
2.7	2700	17.5	16	16000	43.5

注：卡环的材料为 3 号钢。

(4) 松紧螺栓 松紧螺栓（图 10-82）系利用螺栓的伸缩拉紧或放松钢丝绳，它常在安装桅杆时用来松紧缆风绳。

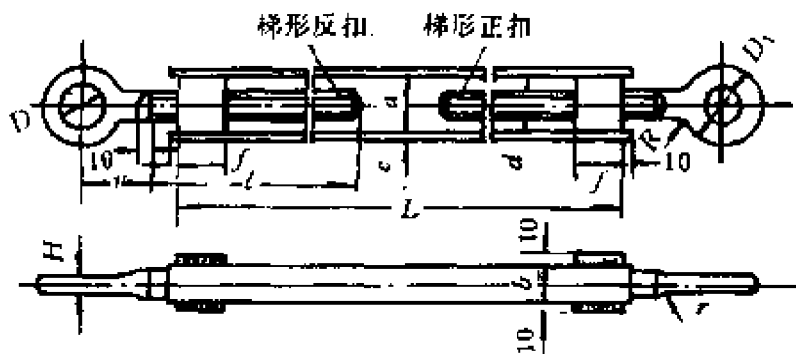


图 10-82 松紧螺栓

松紧螺栓的技术规格见表 10-74。

表 10-74 松紧螺栓的技术规格

许用载荷 (t)	尺 寸 (mm)												
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>H</i>	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>D₁</i>	<i>l</i>	<i>L</i>
3	60	40	10	20	50	70	30	15	26	40	86	325	620
5	70	50	10	25	70	80	40	25	32	50	100	350	660
10	110	90	12	41	90	100	50	40	50	60	130	500	940
15	130	110	14	46	100	110	60	55	55	70	140	540	1050
20	150	130	14	54	120	130	70	70	60	80	170	690	1320

(5) 滑轮与滑轮组 在机械设备安装中,经常使用滑轮和滑轮组,配合钢丝绳、卷扬机进行吊装和水平运输。

1) 滑轮的种类

- ①根据制作的材料,滑轮分为木滑轮和钢滑轮两种;
- ②根据滑轮数的多少分为单轮、双轮、三轮、四轮以至十二轮等多种。
- ③根据用途,滑轮可分为以下三种:
 - (a) 动滑轮 可以省力,而不能改变力的方向;
 - (b) 定滑轮 只能改变力的方向,但不能省力;
 - (c) 滑轮组 既能省力,又能改变力的方向。

在安装工作中,经常使用各种滑轮组,这样可以较小的力量吊运重量较大的设备。

2) 滑轮的尺寸:滑轮的尺寸主要是以绳槽尺寸和滑轮直径的大小来表示。滑轮绳槽的尺寸见图 10-83 和表 10-75。

表 10-75 滑轮的绳槽尺寸 (mm)

钢丝绳的直径	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>R</i>	<i>r₁</i>	<i>r₂</i>	<i>r₃</i>	<i>r₄</i>
7.7~9.0	25	17	11	5	8	5	2.5	1.5	10	5
11.0~14.0	40	28	25	8	10	8	4	2.5	16	8
15.0~18.0	50	35	32.5	10	12	10	5	3	20	10
18.5~23.5	65	45	40	13	16	13	6.5	4	26	13
25.0~28.5	80	55	50	16	18	16	8	5	32	16
31.0~34.5	95	65	60	19	20	19	10	6	38	19
36.5~39.5	110	78	70	22	22	22	11	7	44	22
43.0~47.5	130	95	85	26	24	26	13	8	50	26

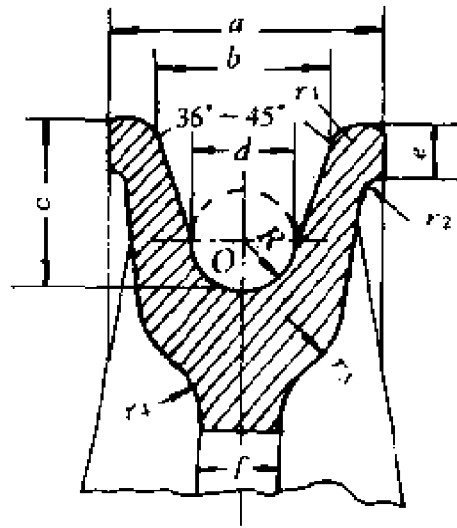


图 10-83 滑轮的绳槽

3) H系列滑轮 (JB1204—71): H系列滑轮为通用的起重滑轮, 适用于各种基建施工和设备安装部门。它由 14 个吨位、11 种直径、17 种结构型式的滑轮组成, 共计 103 个规格。

H系列滑轮的技术规格见表 10-76。

表 10-76 H系列滑轮的规格

轮槽底径 (mm)	起 重 量 (t)													使用钢丝绳直径 (mm)			
	0.5	1	2	3	5	8	10	16	20	32	50	80	100	140	适用	最大	
	滑 轮 数																
70	1	2													5.7	7.7	
85		1	2	3											7.7	11.0	
113			1	2	3	4									11.0	14.0	
135				1	2	3	4								12.5	15.5	
165					1	2	3	4	5						15.5	18.5	
285								2	3	4	6				17.0	20.0	
210						1				3	5				20.0	23.5	
245								1	2		4	6			23.5	25.0	
280										2	3	5	7		26.5	28.0	
320									1			4	6	8	30.5	32.5	
360										1	2	3	5	6	8	32.5	35.0

H系列滑轮的安全系数见表10-77。

表 10-77 H系列滑轮的安全系数

滑轮的起重量 (t)	0.5~10	80~140	16~50
安全系数	3	2.0	2.5

4) 滑轮组的计算：一定数量的定滑轮和动滑轮组成的轮系叫滑轮组（如图10-84所示）。

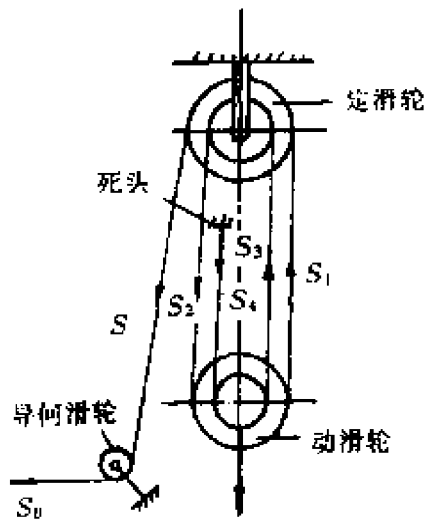


图 10-84 滑轮组计算简图

设滑轮组的速比（即工作绳数）为 n ，吊重为 Q ，定动滑轮数为 m ，绳索分支数为 Z ，各分支绳索的张力为 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ 。

$$\begin{aligned} \text{因为 } S_2 &= \mu S_1 \\ S_3 &= \mu S_2 = \mu^2 S_1 \\ S_4 &= \mu S_3 = \mu^3 S_1 \\ &\dots\dots\dots \\ S_n &= \mu S_{n-1} = \mu^{n-1} S_1 \end{aligned}$$

$$Q = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$$

$$\text{所以 } Q = S_1 (1 + \mu + \mu^2 + \mu^3 + \dots + \mu^{n-1})$$

此项为几何级数，求出代数和可得

$$S_1 = \frac{\mu - 1}{\mu^n - 1} Q$$

因此求得

$$S_i = \mu^{i-1} S_1 = \frac{\mu - 1}{\mu^n - 1} \mu^{i-1} Q$$

若跑绳是从定滑轮绕出时， $m = z - 1$ ，若导向滑轮数为 k 时，则得

$$S_0 = \frac{\mu - 1}{\mu^n - 1} \mu^m \mu^k Q$$

为计算方便，将上式写成 $S_0 = \alpha Q$ 即 $\alpha = \frac{\mu - 1}{\mu^n - 1} \mu^m \mu^k$

式中 S_0 ——跑绳拉力（即绞车钢丝绳的牵引拉力）；

α ——载荷系数（可从表 10-78 中查得）；

μ ——阻力系数（其值见表 10-79）。

表 10-78 载荷系数 α

工作绳索数	滑轮个数（定、 动滑轮的和）	导 向 滑 轮						
		0	1	2	3	4	5	6
1	0	1.000	1.040	1.032	1.125	1.170	1.217	1.265
2	1	0.507	0.527	0.549	0.571	0.594	0.617	0.642
3	2	0.346	0.360	0.375	0.390	0.405	0.421	0.438
4	3	0.265	0.276	0.287	0.298	0.310	0.323	0.335
5	4	0.215	0.225	0.234	0.243	0.253	0.263	0.274
6	5	0.187	0.191	0.199	0.207	0.215	0.224	0.230
7	6	0.160	0.165	0.173	0.180	0.187	0.195	0.203
8	7	0.143	0.149	0.155	0.161	0.167	0.174	0.181
9	8	0.139	0.134	0.140	0.145	0.151	0.157	0.163
10	9	0.119	0.124	0.129	0.134	0.139	0.145	0.151
11	10	0.110	0.114	0.119	0.124	0.129	0.134	0.139
12	11	0.102	0.106	0.111	0.115	0.119	0.124	0.129
13	12	0.096	0.099	0.104	0.108	0.112	0.117	0.121
14	13	0.091	0.094	0.098	0.102	0.106	0.111	0.115
15	14	0.087	0.090	0.083	0.091	0.100	0.102	0.108
16	15	0.084	0.086	0.090	0.093	0.095	0.100	0.104

注：该表的工作绳数是按动滑轮绕出进行计算的。一般跑绳是由定滑轮绕出，计算时，最后一个定滑轮应按导向滑轮数再加上 1，即定动滑轮数 m 等于工作绳数 n 。

表 10-79 阻力系数 μ 数值表

阻力系数 μ 数 值	轴 承 类 型			阻力系数 μ 数 值	轴 承 类 型		
	滚动轴承	滑动轴承 (青铜套)	滑动轴承 (无青铜套)		滚动轴承	滑动轴承 (青铜套)	滑动轴承 (无青铜套)
μ^0	1.000	1.000	1.000	μ^7	1.149	1.316	1.504
μ^1	1.020	1.040	1.060	μ^8	1.172	1.368	1.594
μ^2	1.040	1.082	1.124	μ^9	1.195	1.423	1.689
μ^3	1.061	1.125	1.191	μ^{10}	1.219	1.480	1.791
μ^4	1.082	1.170	1.262	μ^{11}	1.243	1.539	—
μ^5	1.104	1.217	1.338	μ^{12}	1.268	1.601	—
μ^6	1.126	1.265	1.418	μ^{13}	1.294	1.665	—

(续)

阻力系数 μ 数 值	轴 承 类 型			阻力系数 μ 数 值	轴 承 类 型		
	滚动轴承	滑动轴承 (青铜套)	滑动轴承 (无青铜套)		滚动轴承	滑动轴承 (青铜套)	滑动轴承 (无青铜套)
μ^7	1.319	1.732	—	μ^{19}	1.450	2.040	—
μ^8	1.345	1.800	—	μ^{20}	1.475	2.160	—
μ^9	1.370	1.860	—	μ^{21}	1.500	2.240	—
μ^{10}	1.395	1.940	—	μ^{22}	1.530	2.320	—
μ^{11}	1.420	2.000	—				

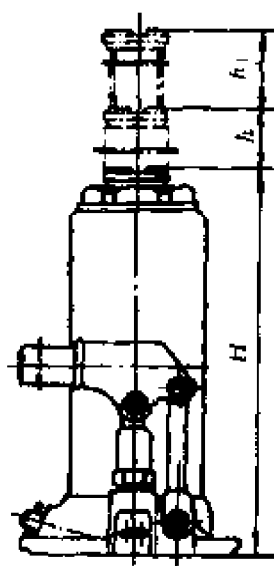


图 10-85 YQ 型液压千斤顶 了广泛应用。

〔例〕一重物 $Q = 20t$ ，滑轮组的工作绳数为 6，带有 3 个导向滑轮，试计算吊起重物时绞车钢丝绳的牵引力。

解：当滑轮组工作绳数为 6、带有 3 个导向滑轮时，可从表 10-78 中查得载荷系数

$$\alpha = 0.207$$

代入公式，即可得绞车钢丝绳的牵引力

$$S_0 = \alpha Q = 0.207 \times 20 \times 10 = 41.4 \text{ kN}$$

2. 常用起重机械

(1) 千斤顶 千斤顶是一种用较小力量即可使重物升高或降低的起重机械。由于其结构简单、使用方便，所以在设备安装工作中得到

千斤顶分为三种类型：液压千斤顶、螺旋千斤顶、齿条千斤顶。前两种应用最广。

1) 液压千斤顶：液压千斤顶是利用液压泵将液体（如变压器油）压入油缸内推动活塞将重物顶起的。安装工作中常用的是 YQ 型液压千斤顶（如图 10-85 所示），它是一种手动式千斤顶，效率高，重量轻，搬运、使用均很方便。其技术规格见表 10-80。

表 10-80 YQ 型手动液压千斤顶的技术规格 (mm)

型号	起重吨 (t)	起重高度 h	最低高度 H	工作压力 (MPa)	手柄 长度	手柄操作力 (N)	底座尺寸 长×宽 (或直径)	质量 (kg)	备注		
YQ-5AD	5	160	235	52	620	320	140×90	5.5	(1)		
YQ-5A							130×90		(2)		
SS-5A							130×115	5.8	(3)		
YQ-8	8		240	57.8		850	400	140×110	7	(4)	
							360		6.9		
							350	7	(1)		
YQ-10	10		245	63.7	850	300	160×130	10	(3)		
YQ-12.5	12.5							9.1	(4)		
YQ-15	15						250	67.4	850	310	170×140
YQ-16	16		(2)								
YQ-20	20	180	285	70.7	1000	280	170×130	20	(1)		
							172×192				
							310	172×192	(3)		
YQ-30	30		290	72.4	1000	340	200×160	29	(1)		
YQ-32	32										
YQ-50	50						305	78.6	1000	310	230×188
			300	(1)							
			305	(4)							
60-180H	100		330	66.3	1000	420	428×255	74	(3)		
100-180H										360	69.9
YQ-100		100					65	1000	420×2		
YQ-200	200	400	70.6	∅314	227						
YQ-320	300	450	70.7	∅394	435						

注: 备注栏 (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。

2) 螺旋千斤顶：螺旋千斤顶是通过转动螺杆使重物升降的，它分为固定式和移动式两种。常用的是固定式 LQ 型螺旋千斤顶。这种千斤顶结构紧凑轻巧、效率高，操作灵便。其技术规格见表 10-81。

表 10-81 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	260	7.5
LQ10	10	280	150	600	1	270	11
LQ15	15	320	180	700	1	320	15
LQ30	30	395	200	1000	1	600	27
LQ30D	30	326	180	1000	1	600	20
LQ50	50	700	400	1385	3	1260	109
HLQ50	50	765	350	1900	3	920	184

3) 齿条千斤顶：齿条千斤顶系通过手柄转动齿轮带动齿条上下移动而使重物升起或降落。为了保证在顶起重物时能制动，在千斤顶的手柄上装有制动齿轮。常用的 Y、TY 型齿条千斤顶的技术规格见表 10-82。

表 10-82 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)		26	25

(2) 手摇绞车 手摇绞车由几对（根据牵引力而定）用手柄传动的圆柱齿轮和一个缠绕钢丝绳用的卷筒组成。每一手摇绞车都装有制动器，以便在

落重时将卷筒制动以及当工人忽然放开手柄时可立刻使卷筒停止。

手摇绞车的构造如图 10-86 所示，其技术规格见表 10-83。

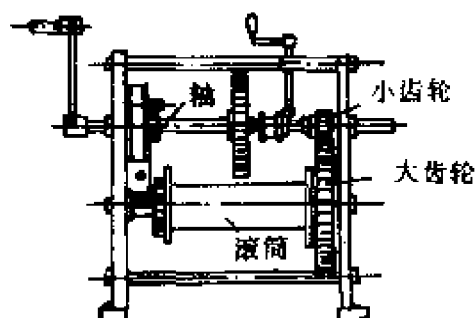


图 10-86 手摇绞车

表 10-83 ST 型手摇绞车的技术规格

项 目 名 称		单 位	型 号			
			ST0.5	ST1	DST3	DS15
最外层额定牵引力		N	5000	10000	30000	50000
卷筒	直径	mm	130	180	200	280
	宽度	mm	460	(400) 500	520	670
	容绳量	m	100	150	200	200
	缠绕层数		4	5	7	6
钢丝绳直径		mm	7.7	11	15.5	18.5
总传动比			14	(18) 9	26.4	50
手柄数		只	1	2	2	2
操作人数		人	1	2	4	4
每人作用力		N	140	160	150	160
外形尺寸	长	mm	1035	(1700) 1490	1813	2105
	宽	mm	602	(720) 775	863	866
	高	mm	793	(1160) 990	1265	1547
自 重		kg	126	(234) 216	525	1240

注：生产厂为：阜新市东方红机械厂，山东长清县电器厂。

(3) 自行式起重机 自行式起重机具有独立的动力装置，能就地回转360°，而且不需铺设轨道，机动灵活性大，使用调动方便，能在整个施工场地和车间内承担大部分起重工作，所以在安装工程中经常用到它。常用的自行式起重机有：汽车式起重机、轮胎式起重机、履带式起重机。

1) 汽车式起重机：汽车式起重机是装在标准的或特制的汽车底盘上的起重设备，它多用于露天装卸各种设备与物料。常用汽车式起重机的技术规格见表10-84。

表 10-84 汽车式起重机的技术规格

型 号	Q51	Q82	Q2-5H	Q2-6-5	Q2-7	Q2-8	Q2-12	Q2-16	Q2-16	Q2-32
最大起重量(副钩)(t)	5	8	5	6.5	7		12	16	16	32(3)
起重臂长(m)		12		10.98	10.98	11.7	13.2	20	21	30
起升高度(m)	6.5	11.4	65	11.3	11.3	12	12.8	20	20.3	29.5
车身长度(mm)	8740	10500	7748	8740	8700	8600	10350	8700	11640	12920
车身宽度(mm)	2420	2520	2299	2300	2300	2450	2400	2300	2560	2600
车身高度(mm)	3400	3500	2400	3070	3280	3200	3300	3280	3250	3500
总质量(t)	7.5	14	9	8.45	10.5	15	17.3		21.5	32

注：车身长度中包括吊臂长。

2) 轮胎式起重机：轮胎式起重机是装在特制的轮胎底盘上的起重设备，它主要用于建筑工程中。常用的轮胎式起重机的技术规格见表10-85。

表 10-85 轮胎式起重机的技术规格

型 号		QLD-3/5	QL2-8	HG-10	Q-161	QL3-16	QL3-253	QL3-40
最大起重量(t)		6	8	10	15	16	25/3.5	40/4
起重臂长(m)		13	7	16	15	20	32	42
最大起升高度(m)		12		15.7	13.5	18.4		37.5
起重幅度范围(m)		4~10		2.3~14.8	3.4~15.5	3.4~20	4~21	4.5~25
外形尺寸 (行驶状态) (mm)	长	带吊臂 16500	8552		14650	14650	17600	21600
		无吊臂	5285	5025		5386	6820	9600
	宽	3500	2500	3000	3200	3176	3200	3500
	高	4000	2865	3875	3500	348	3430	3900
质量(t)		16	12	20	23	22	29 (12米臂)	53.7

3) 履带式起重机: 履带式起重机操作灵活, 使用方便, 在一般平整坚实的道路即可行驶和工作, 它是安装工程中的重要起重设备。常用履带式起重机的技术规格见表 10-86~表 10-89。

表 10-86 东风 W1-06 型起重机的技术规格

起重臂长 (m)	10				15				18			
幅度 (m)	3.7	5	8	10	4	6	12	14	5	7	11	15
起重量 (t)	10	6.7	3.7	2.6	7.5	4.8	2	1.5	5	3.5	2	1.3
起升高度 (m)	9.6	9.165	7.14	4.35	14.7	14.2	10.2	7.5	17.29	17	15	11.3
机器质量 (t)	22.2				22.5				22.7			
行走部分宽度(m)	2.7											
双足支架距地面高度(m)	3.31											

注: 外带平衡重 3.2t。

表 10-87 W-50 1/2 型起重机的技术规格

起重臂长 (m)	10				18			
幅度 (m)	3.7	4.0	5.0	6.0	4.5	5	7	9
	7.0	8.0	9.0	10.0	11	13	15	17
起重量 (t)	10.0	8.7	6.2	5.0	7.5	6.2	4.1	3
	4.1	3.5	3.0	2.6	2.3	1.8	1.4	1
最大起升高度 (m)	9.2	9.0	8.6	8.1	17.2	17	16.4	15.5
	7.45	6.5	5.4	3.7	14.4	12.8	10.7	7.6
机器重量 (t)	23.11							
行走部分宽度 (m)	2.85							
双足支架距地面高度 (m)	3.48							

表 10-88 W-100 1/2 型起重机的技术规格

起重臂长 (m)	13					23				
幅度 (m)	4.5	6	7.5	10	12.5	6.5	9.5	12.5	15	17
起重量 (t)	15	10	7.2	4.8	3.5	8.0	4.6	3.0	2.2	1.7
起升高度 (m)	11	11	10.6	8.8	5.8	19	19	18	17	16
工作时机器质量 (t)	39.7					40.74				
行走部分宽度 (m)	3.2									
双足支架距地面高度 (m)	4.17									

表 10-89 W-200 1/2 型起重机的技术规格

起重臂长 (m)	15					30					40			
幅度 (m)	4.5	6.5	9.0	12	15.5	8.0	11.0	16.5	22.5	10.0	15.5	21.5	30.5	
起重量 (t)	50	28	17.5	11.7	8.2	20	12.7	7	4.3	8	5	3	1.5	
起升高度 (m)	12	11.4	10	8	3	26.5	25.6	23.2	19	36	34.5	32	2.5	
起重臂工作时 机器质量 (t)	75.74					77.54					79.14			
双足支架距地面高度 (m)	6.3													

3. 常用运输机械

(1) 载重汽车

表 10-90 常用载重汽车的技术参数

项 目		汽 车 型 号						
		黄河 JN150	斯可达 70.6R	台脱拉 111	交通 SH141	解放 CA10B	长征 XD160	交通 SH361
发动机功率 (kW)		119.3	100.7	130.5	66.2	70.8	134.2	156.6
载重量 (t)		6.5~8	7.5	8~10.24	4	4	12	15
空车质量 (kg)		6800	6100	8430	3740	3800	9300	13520
最大拖重 (kg)		(6400) 6000	4500	9000		4500	1500	
外形尺寸 (mm)	长	7600	8285	8550	6455	6660	8900	7840
	宽	2400	2500	2500	2400	2400	2470	2600
	高	2600	2360	2570	2560	2200	2600	3060
轮距 (mm)	前轮 后轮	1927 1744	1930 1824	2080 1800	1710 1736	1700 1740	1930 1764	2020 1902
轴距 (mm)		4000	5000	4785	3500	4000	4260	4500
车箱尺寸 (mm)	长	5000	5000	5400	3800	3540	5300	5130
	宽	2250	2350	2350	2320	2250	2350	2600
	高	500	500	500		5840	500	
最小转弯半径 (m)		8.25	11.30	10.00	7.15	9.20	9.25	9.50
爬坡能力 (%)		27	36	32	26.3	20		21
最高速度 (km/h)		71 (67)	55	60	70	75	71.15	68
产 地		济南	捷克	捷克	上海	长春	河北	上海

(2) 平板拖车

表 10-91 常用平板拖车的技术参数

项 目	型 号						
	HY930	HY942	HY873	HY882	SSG880	德制 60t	日制 100t
拖挂型式	半拖式	半拖式	全拖式	全拖式	全拖式	全拖式	半拖式
产 地	汉阳	汉阳	汉阳	汉阳	上海		
载重量(t)	8	15	25	50	80	60	100

(续)

项 目		型 号						
		HY930	HY942	HY873	HY882	SSG880	德制 60t	日制 100t
外形尺寸 (mm)	长	6120	10000	10990	12030	11995	11200	12300
	宽	2436	2900	2900	3200	3550	3300	3400
	高	1956	1719	1880	1750	2052	1480	2000
载重面长(mm)		6000	7000	6000	6200	7000	6720	8450
载重面宽(mm)		2300	2900	2900	3200	3500	3300	3400
载重离地面高(mm)		—	1100	1060	1100	1298	1100	1200
轴距(mm)		—	1160	6000/1120	7100/1100	6260	6950	—
空车质量(t)		2.59	6.00	7.00	15.00	—	—	36.00
轮胎数量		4	8	24	32	24	32	16
轮胎规格		9.00-20	11.00-20	11.00-20 10.00-15	10.00-15	11.00-20	10.00-15	11.00-20
牵引车型号		CA10B	NJ440	XD980	TATRA141	TATRA141	凤牌	—
与牵引 车联接 后数据	总长(mm)	10100	14000	18400	19700	—	—	—
	宽(mm)	2436	2900	2900	3200	—	—	—
	高(mm)	2180	2840	2600	2600	—	—	—
	总重(t)	14.42	27.60	49.40	84.4	—	—	—
	爬坡能力(%)	—	15	35	10	—	—	—
	最高速度(km/h)	—	50	37.5	15	<15	—	—
最小转弯半径(m)		8.58	9.15	12.5	11.7	10.7	—	—
产 地		汉阳	汉阳	汉阳	汉阳	上海	—	—

第十一章 工具钳工

工具钳工就是制造工具的钳工，主要指机械制造工厂中工具车间的钳工。工具钳工的任务是完成刀具、量具、夹具及其他工艺装备制造、翻新、修理中的钳工工作。本章的内容主要是根据工具钳工的需要，介绍刀具、量具、夹具的常用资料及其制造、翻新、修理的技术。

一、刀具及其制造和翻新

1. 刀具材料

在加工过程中，刀具能否胜任工作，决定于刀具切削部分的材料、几何形状和刀具的结构。刀具材料的切削性能关系着刀具的寿命和生产率，刀具材料的工艺性影响着刀具本身的制造和刃磨质量。

(1) 对刀具材料的要求

1) 硬度：刀具材料必须具有高于工件材料的硬度，常温硬度要求在HRC60以上。

2) 强度和韧性：为了能承受切削力冲击和切削时的各种振动，刀具材料必须具有足够的强度和韧性。

3) 耐磨性：耐磨性表示材料抵抗磨损的能力，为了提高刀具的寿命，刀具材料必须具有较高的耐磨性。一般说来，材料的硬度高时，耐磨性也较高。

4) 红硬性：红硬性又叫热硬性。它是指刀具材料在高温下仍能保持足够的硬度、强度、韧性和耐磨性的能力。它也是衡量刀具材料性能优劣的主要标志。为了承受切削区的高温，刀具材料必须具有高的红硬性。

5) 工艺性：为了便于刀具的制造，要求刀具材料具有较好的焊接性能和切削加工性能，并且经热处理后，变形要小、淬透性要好、脱碳层要小。刀具在刃磨时，要求材料容易被磨去，而且刃磨后能达到较高的表面质量和

(续)

种类	硬度	维持切削性能的最高温度(℃)	抗弯强度 σ_b (N/mm ²)	冲击韧度 σ_k (N·m/cm ²)	工艺性能	应用举例
立方氮化硼	HV7300~9000	1400	420		压制烧 结而成,可 用金刚石 砂轮磨削	用于高 硬度、高 强度的 材料精 加工
金刚石	HV10000	700~800	300		刃磨极 困难	用于有 色金属 的低切 削精度 粗糙度

(2) 常用刀具材料的化学成分、性能和用途

表 11-2 碳素工具钢的化学成分和用途

牌 号	化学成分 (%)					用途举例	牌 号	化学成分 (%)					用途举例
	C	Mn	Si	S	P			C	Mn	Si	S	P	
T7	0.65 ~0.74					用于制造需 较好韧性而硬 度要求不高的 工具,如钳工 工具、锻模、木 工刀具等	T10	0.95 ~1.04					用于制造需 较高硬度且有 较少韧性的低 速刀具、模具, 如手用金属锯 条、手丝锥、 板牙等刀具及 冷冲模,拉丝 模等
T7A							T10A						
T8	0.75 ~0.84	≤0.4	≤0.35	≤0.03 (≤0.02)	≤0.035 (≤0.03)	用于制造需 较好韧性且要 求有一定硬度 的工具,如钳 工工具、冲模 、木工刀具、 剪金属用剪 刀等	T12	1.15 ~1.24	≤0.4	≤0.35	≤0.03 (≤0.02)	≤0.035 (≤0.03)	用于制造需 高硬度而不受 振动的低速刀 具,如锉刀、 刮刀、手丝 锥、外科用刀 具等
T8A							T12A						
T9	0.85 ~0.94					用途与 T8、 T8A 基本相同	T13	1.25 ~1.35					用于制造需 很高硬度而不 受振动的低速 刀具,如锉 刀、刮刀、雕 刻用刀具等
T9A							T13A						

注: 1. 括号中数字为高级优质碳素工具钢该成分的含量。

2. 表中化学成分根据 GB1298-77。

表 11-3 合金工具钢的化学成分和用途

牌 号	主 要 化 学 成 分							用 途
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	
Cr	0.95 ~1.10	≤0.4	≤0.35	0.75 ~1.05	—			用于制造插刀、铰刀等，也用于制造量具及模具
9SiCr	0.85 ~0.95	0.3~0.6	1.2~1.6	0.95 ~1.25	—			用于制造薄刃刀具，如板牙、丝锥、铰刀等，也可制造滚丝模、搓丝板
CrW5	1.25 ~1.50	≤0.3	≤0.3	0.4~0.7	4.5~5.5			用于制造铣刀、刨刀、刻刀等
CrWMn	0.9 ~1.05	0.8~1.1	0.15 ~0.35	0.9~1.1	1.2~1.6			用于制造比较精密的刀具、模具和量具，如拉刀、板牙、长铰刀、冷变形模具、块规等
9CrWMn	0.85 ~0.95	0.9~1.2	0.15 ~0.35	0.5 ~0.8	0.5 ~0.8			用于制造比较精密的刀具、模具和量具，如拉刀、板牙、长铰刀、冷变形模具、块规等
9Mn2V	0.85 ~0.95	1.70 ~2.00	≤0.35	—	—	0.10 ~0.25		用于制造具有耐磨性、高硬度的冷变形模具和如冲模、橡胶模、木压模、玻璃纤维的压模

(续)

牌 号	主 要 化 学 成 分							用 途
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	
Cr12	2.00 ~2.30	≤0.35	≤0.40	11.50 ~13.00	—	—	—	制造具有高强度、高淬透性、高耐磨性的冷变形模具，如冷冲头、滚模、冲头、拉丝模等
Cr12MoV	1.45 ~1.70	≤0.35	≤0.40	11.00 ~12.50	—	0.15 ~0.30	0.40 ~0.60	制造截面较大、形状复杂、受冲击的冷变形模具，如冷冲头、滚模、拉丝模、形状复杂的冲头凹模等
Cr6WV	1.00 ~1.15	≤0.45	≤0.35	5.50 ~7.00	1.10 ~1.50	0.50 ~0.70	—	制造具有较高力学性能、高耐磨性的冷变形模具，如冷冲头、滚模、形状复杂的冷冲模、搓丝板、压印模等
5CrMnMo	0.50 ~0.60	1.20 ~1.60	0.25 ~0.60	0.60 ~0.90	—	—	0.15 ~0.30	制造在高温下具有良好韧性、强度和耐磨性的热变形模具，如中、小型热锻模
3Cr2W8V	0.30 ~0.40	0.20 ~0.40	≤0.35	2.20 ~2.70	7.50 ~9.00	0.20 ~0.50	—	制造压铸模和表面硬度及高性的以及热压模等
Cr2	0.95 ~1.10	≤0.40	≤0.35	1.30 ~1.60	—	—	—	用来制造高精度塞规及量仪等

(续)

牌 号	主 要 化 学 成 分							用 途
	C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	
GCr15	0.95 ~1.05	0.20 ~0.40	0.15 ~0.35	1.30 ~1.65	—	—	—	除大量用于 制造滚动轴承 以外,也常用 于制造块规、 高精度塞规等
CrMn	1.30 ~1.50	0.45 ~0.75	≤0.35	1.30 ~1.60	—	—	—	主要用于制 造热处理后不 要磨加工的规 具,如量规 等
4Cr13	0.35 ~0.45	≤0.60	≤0.60	12.0 ~14.0	—	—	—	用于制造要 求耐腐蚀性的 量具
9Cr18	0.90 ~1.00	≤0.70	≤0.80	17.0 ~19.0	—	—	—	用于制造承 受高度摩擦及 在腐蚀介质中 作用的量具

表 11-4 高速钢的化学成分、

类别	钢号	主要化学成分(%)								
		C	W	Mo	Cr	V	Co	其他		
通用型高速钢	W18Cr4V	0.70 ~ 0.80	17.5 ~ 19.0	≤0.30	3.80 ~ 4.40	1.00 ~ 1.40	—	—		
	W6Mo5Cr4V2	0.80 ~ 0.90	5.50 ~ 6.75	4.50 ~ 5.50	3.80 ~ 4.40	1.75 ~ 2.20	—	—		
	W14Cr4VMnRE ^①	0.85 ~ 0.95	13.50 ~ 15.0	—	3.50 ~ 4.00	1.40 ~ 1.70	—	Mn0.35 ~0.55 RE0.07 (加入量)		
特殊用途型高速钢	高碳高钒	W12Cr4V4Mo	1.20 ~ 1.40	11.50 ~ 13.00	0.90 ~ 1.20	3.80 ~ 4.40	3.80 ~ 4.40	—	—	
		W6Mo5Cr4V3	1.15 ~ 1.25	5.00 ~ 6.75	4.75 ~ 6.50	3.75 ~ 4.50	2.75 ~ 3.25	—	—	
		W9Cr4V5	1.40 ~ 1.50	9.00 ~ 10.50	—	3.80 ~ 4.40	4.30 ~ 5.10	—	—	
	高碳高钒含钴	含钴	W6Mo5Cr4V2Co8	0.80 ~ 0.90	5.50 ~ 6.50	4.50 ~ 5.50	3.75 ~ 4.50	1.75 ~ 2.25	7.75 ~ 8.75	—
		W12Cr4V5Co5	1.50 ~ 1.80	12.00 ~ 13.00	≤1.0	3.75 ~ 5.0	4.50 ~ 5.25	4.75 ~ 5.25	—	
		W9Cr4V5Co3	1.40 ~ 1.50	9.00 ~ 10.50	—	3.80 ~ 4.40	4.30 ~ 5.10	2.80 ~ 3.50	—	

性能和用途

硬 度 HRC	抗弯强度 σ_b (N/mm ²)	冲击韧度 α_k (N·m/cm ²)	600℃ 高 温硬度 HV	磨 削 性 能	主 要 用 途
62~65	~3500	~30	~520	可磨性好, 可用普通刚玉砂轮磨削	用于制造钻头、铰刀、丝锥、铣刀、齿轮刀具、拉刀等
62~66	4500 ~4700	~50	~500	可磨性稍次于W18Cr4V, 可用普通刚玉砂轮磨削	用于制造要求热塑性好的刀具(如轧制钻头)和受大冲击负荷的刀具
64~66	~4000		~520		热塑性好, 用途与W18Cr4V和W6M5Cr4V2相当
63~66	~3200	~25	~540	可磨性差, 用单晶刚玉砂轮能磨削	用于形状较简单, 而对耐磨性有特殊要求的刀具
63~66	~3200	~25	~540		
63~66	~3200	~25	~540		
63~67	~3000	~30	~580	可磨性较好, 可用普通刚玉砂轮磨削	用于强力切削刀具
63~67	~3000	~25	~580	可磨性差, 用单晶刚玉砂轮能磨削	用于加工难切削材料的刀具, 但不宜制作复杂刀具
63~67	~3000	~25	~550		

类别	钢号	主要化学成分(%)						
		C	W	Mo	Cr	V	Co	其他
特殊用途型 含钴超硬型	W2Mo9Cr4VCo8	1.05 ~ 1.15	1.15 ~ 1.85	9.00 ~ 10.00	3.50 ~ 4.25	0.95 ~ 1.35	7.75 ~ 8.75	—
	W7Mo4Cr4V2Co5	1.05 ~ 1.15	6.50 ~ 7.25	3.95 ~ 4.25	3.75 ~ 4.50	1.75 ~ 2.25	4.75 ~ 5.75	—
	W9Mo3Cr4V3Co10	1.20 ~ 1.30	3.5 ~ 10.0	2.9 ~ 3.5	3.80 ~ 4.40	2.80 ~ 3.40	9.00 ~ 10.00	—
	W12Cr4V3Mo3Co5Si ^① (Co5Si)	1.20 ~ 1.35	11.50 ~ 13.00	2.80 ~ 3.40	3.80 ~ 4.40	2.80 ~ 3.40	4.70 ~ 5.10	Si0.80 ~1.20
特殊用途型 无钴超硬型	W6Mo5Cr4V5Al ^① (501钢)	1.05 ~ 1.20	5.50 ~ 6.75	4.50 ~ 5.50	3.80 ~ 4.40	1.75 ~ 2.20	—	Al0.80 ~1.20
	W6Mo5Cr4V5SiNbAl ^① (B201钢)	1.55 ~ 1.65	5.00 ~ 6.00	5.00 ~ 6.00	3.80 ~ 4.40	4.20 ~ 5.20	—	Si1.00 ~1.40 Nb0.20 ~0.50 Al0.30 ~0.70
	W10Mo4Cr4V3Al ^① (5F6钢)	1.30 ~ 1.45	9.00 ~ 10.5	3.50 ~ 4.50	3.80 ~ 4.50	2.70 ~ 3.20	—	Al0.70 ~1.20
	9W18Cr4V ^①	0.90 ~ 1.00	17.50 ~ 19.00	≤0.30	3.80 ~ 4.40	1.00 ~ 1.40	—	—

①均为我国近年来发展的新型高速钢

(续)

硬 度 HRC	抗弯强度 σ_b (N/mm ²)	冲击韧性 α_k (N·m/cm ²)	600℃高 温硬度 HV	磨削性能	主要用途
66~70	2500 ~3000	~10	~610	可磨性良好, 可用普通刚玉砂轮磨削	用于制造加工难切削材料的各种刀具, 但性脆易崩刃, 不宜用来制造切削时冲击载荷大的刀具, 也不宜在工艺系统刚性不足的条件上使用
65~68	2500 ~3000	~10	~580	可磨性次于W2Mo9Cr4VCo8	
66~69	~2350	~10	~600	可磨性不如W2Mo9Cr4VCo8和W7Mo4Cr4V2Co5	
69~70	2400 ~2700	11.0	~608	可磨性较差, 但可用单晶刚玉砂轮磨削	
68~69	3500 ~3800	20	~602	可磨性与含V2%的高速钢类同	用于制造拉刀、铣刀、滚刀、成形车刀等, 缺点是易脱碳
66~68	~3600	27	~526	可磨性很差	用于制造钻头、丝锥、铰刀、铣刀、车刀、刨刀、镗刀等, 尤其用于加工铁基高温合金的钻头, 效果显著。不宜用于复杂刀具
68~69	~3070	20	~583	可磨性较差	加工高强度耐热钢时, 耐用度与钴高速钢相近
67~68	~3000	~10	~540	可磨性好, 可用一般的砂轮磨削	用于要求耐磨性高、加工表面光洁、切削冲击较小的场合

表 11-5 硬质合金的化学成分和物理力学性能

代 号	化 学 成 分 (%)				物 理 力 学 性 能 \geq		
	碳化钨	碳化钛	碳化钽 (钨)	钴	抗弯强度 (N/mm ²)	密 度 (g/cm ³)	硬 度 HRA

钨 钴 合 金 类

YG3X	96.5	—	<0.5	3	1100	15~15.3	91.5
YG6X	93.5	—	<0.5	6	1400	14.6~15	91
YG6A	92	—	2	6	1400	14.6~15	91.5
YG6	94	—	—	6	1450	14.6~15	89.5
YG8N	91	—	1	8	1500	14.5~14.9	89.5
YG8	92	—	—	8	1500	14.5~14.9	89
YG4C	96	—	—	4	1450	14.9~15.2	89.5
YG8C	92	—	—	8	1750	14.5~14.9	88
YG11C	89	—	—	11	2100	14~14.4	86.5
YG15	85	—	—	15	2100	13.0~14.2	87

钨 钛 钽 (钨) 钴 合 金 类

YW1	84~85	6	3~4	6	1200	12.6~13.5	91.5
YW2	82~83	6	3~4	8	1350	12.4~13.5	90.5

钨 钛 钴 合 金 类

YT5	85	5	—	10	1400	12.5~13.2	89.5
YT14	78	14	—	8	1200	11.2~12.0	90.5
YT30	66	30	—	4	900	9.3~9.7	92.5

碳 化 钛 镍 钼 合 金 类

YN10	15	62	1	镍 12 钼 10	1100	≥ 6.3	92
------	----	----	---	--------------	------	------------	----

表 11-6 硬质合金的使用性能和用途

代号	使用性能及用途	代号	使用性能及用途
YG3X	在钨钴合金中耐磨性最好, 冲击韧性较差。适用于铸铁、有色金属及其合金的精镗、精车等, 合金钢、淬火钢的精加工, 细丝拉伸	YG11C	强度比 YG15 稍好, 耐磨性优于 YG15。适用于重型凿岩机的钻头
YG6X	耐磨性较 YG6 高, 强度近于 YG6。适用于普通铸铁的精加工, 冷硬铸铁与耐热合金钢的加工	YG15	强度高, 耐磨性低。适用于冲击回转凿岩机凿坚硬和极硬岩层; 压缩率大的钢棒、钢管的拉伸; 冲压工具等
YG6A	耐磨性和强度均优于 YG6X。适用于硬铸铁、有色金属及其合金的半精加工, 高锰钢、淬火钢、合金钢的半精加工和精加工, 以及制造仪器仪表工业用的小型刀具和小模数滚齿刀具	YW1	红硬性较好, 能承受一定的冲击, 是一种通用性较好的硬质合金。适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢等难加工的钢材、普通钢和铸铁的加工
YG6	耐磨性较高, 但低于 YG3X, 对冲击和振动没有 YG3X 那样敏感, 能使用的切削速度较 YG8 为高。适用于铸铁、有色金属及其合金与非金属材料连续切削时的粗车, 间断切削时的半精车、精车、小断面精车, 粗车螺纹, 旋风车螺纹, 连续断面的半精铣、精铣, 粗扩孔与精扩孔; 钢、有色金属及其合金线材的干式润滑拉伸; 地质勘探、煤炭采掘用电钻及风钻钻头; 制造机器与工具的易磨损零件等	YW2	耐磨性稍低于 YW1, 但强度较高, 能承受较大的载荷。适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢和高级合金钢等难加工钢材的粗加工和半精加工, 普通钢材和铸铁的加工
		YT5	在钨钴钛合金中强度最高, 抗冲击和抗振动性能最好, 但耐磨性较差。适用于碳素钢及合金钢不平整断面与间断切削时的粗车、粗刨、半精刨, 非连续面的粗铣及钻孔
YG8	强度较高, 抗冲击和抗振性较 YG6 好, 但耐磨性和允许的切削速度较低。适用于铸铁、有色金属及其合金与非金属材料不平整断面和间断切削时的粗车、粗刨、粗铣、钻孔、扩孔; 钢、有色金属及其合金的棒材与管材的拉伸; 电钻钻头、油井钻头、切煤机齿、地质勘探等钻头; 制造机器与工具的易磨损零件 (如喷嘴、顶尖、导向装置、顶锻杆及穿孔工具等)	YT14	强度、抗冲击和抗振性稍次于 YT5, 而耐磨性和允许的切削速度较高。适用于碳素钢和合金钢不平整断面和连续切削时的粗车, 间断切削时的半精车及精车, 连续断面的粗铣, 铸孔的扩钻与粗扩
		YT30	耐磨性和允许切削速度较 YT14 高, 但强度、抗冲击和抗振性较差, 并要求按正确工艺进行焊接与磨刀。适用于碳素钢和合金钢的精加工 (如小断面的精车、精镗、精扩等)

(续)

代号	使用性能及用途	代号	使用性能及用途
YG4C	耐磨性高于 YG8, 强度近于 YG8。适用于煤炭采掘工业中镶制电钻及风钻钻头, 可在中硬砂岩 (V~VI级, 部分VII级)、灰岩及软硬交互频繁的岩层中使用	YN10	适用于碳素钢、各种合金钢、工具钢、淬火钢等的连续切削精加工; 对于尺寸较大的和表面粗糙度要求小的工件精加工效果尤为显著
YG8C	性能近于 YG15, 耐磨性较高于 YG15。适用于凿中硬和坚硬岩石的凿岩机钎头, 切煤机齿, 油井钻头, 坚硬石料加工; 压缩率大的钢棒、钢管拉伸; 以及制造车刀、刨刀等		

(3) 新型刀具材料

1) 陶瓷: 陶瓷材料分为高纯氧化物陶瓷和复合陶瓷两种。二者的主要成分都是 Al_2O_3 。其硬度可达 HRA93~94, 并且具有很高的红硬性。当温度达 $1200^\circ C$ 时, 硬度仍高达 HRA80。但陶瓷的抗弯强度差, 对冲击十分敏感, 切削时易崩刃, 所以目前主要用于一般金属材料和高硬度钢材的半精加工。我国研制成功的金属陶瓷, 其成分除含有氧化铝外, 还含有各种金属元素, 它比普通纯氧化铝陶瓷材料的抗弯强度高得多, 它不仅可切削有色金属, 而且还能切削各种工具钢和淬火钢。

使用时, 将陶瓷材料制成陶瓷刀片固定在刀体上。成都工具研究所生产的陶瓷刀片的性能见表 11-7。它主要用于粗、精加工冷硬铸铁和淬硬合金零件及精铣大平面等。

表 11-7 成都工具研究所生产的陶瓷刀片的主要性能

类别	牌号	抗弯强度 (GPa)	常温硬度 (HRN ₁₅)	密度 (g/cm ³)	断裂韧度 (MN/m ^{3/2})	平均粒度 (μm)
氧化铝陶瓷	P ₁	0.4~0.5	≥96.5	≥3.95		2~3
氧化铝陶瓷	P ₂	0.7~0.8	≥96.5	4.35		1~2
复合陶瓷	M ₄	0.8~0.9	96.5~97		6.616±0.088	1.5~2
	M ₅	0.9~1.15	96.5~97	4.65		1.5~2
	M ₆	0.8~0.95	96.5~97		4.947±0.146	1.5~2
	M ₈₋₁	0.8~1.05	96.5~97		7.403±0.128	≤2
	M ₁₆	0.7~0.85	≥97.0	4.50	4.830±0.310	1.5~2

注: 1. HRN₁₅是指载荷为 15kg 时的洛氏硬度。

2. 陶瓷韧性应用断裂韧度表示。

2) 金刚石: 金刚石分为天然单晶金刚石和人造聚晶金刚石两种。由于金刚石的热稳定性和对铁的化学稳定性较差, 所以仅适用于加工各种有色金属和非金属材料, 如铝、铜、塑料、陶瓷、玻璃纤维等。在加工这些材料时, 刀具的寿命比硬质合金高几十倍。

人造聚晶金刚石是在高温高压下将金刚石微粉聚合而成的一种多晶体材料, 其硬度比天然金刚石低, 而抗弯强度却高很多, 特别是其价格只有天然金刚石的几十至几百分之一, 因此在生产中得到了广泛的应用。用聚晶金刚石加工各种零件时, 刀具的几何参数和切削用量见表 11-8。

表 11-8 加工各种材料时, 聚晶金刚石刀具的几何参数和切削用量

加工零件及材料	工序	切削速度 v (m/min)	进给量 f (mm/r)	切削深度 a_p (mm)	刀尖圆弧半径 (mm)	刃倾角 λ_s (°)	前角 γ_o (°)	后角 α_o (°)	相对性能
硅铝合金活塞(含 Si13%~16%)	车	890	0.15	0.35	0.76	5	10		103000 个/每刃 171 倍于硬质合金
硅铝合金活塞(含 Si16%~18%)	镗	1098	0.125	0.38	0.25	10	5		100000 个/每刃 258 倍于硬质合金
硅铝合金气缸(含 Si20%)	车镗	430	0.03	0.5	0.3	0	10	25	50 倍于硬质合金
发电机滑环紫铜	车	457	0.15	0.25	1.0	15	—	6~7	100000 个/每刃 330 倍于硬质合金
发动机集流环紫铜	车	418	0.05	0.46	0.76	15	30		10000 个/每刃 5 倍于单晶金刚石
青铜合金轴承	镗	275	0.05	0.025	0.51	0	0	10	60 倍于单晶金刚石
巴氏合金轴承套	镗	394	0.06	0.4~0.8	0.78	5	0	10	61000 个/每刃 130 倍于硬质合金
预烧结 WC 圆柱(含 Co6%)	车镗	30	0.02	0.2~2.5	1.0	0	5	5	与单晶金刚石寿命相同, 但不崩刃

(续)

加工零件及材料	工序	切削速度 v (m/min)	进给量 f (mm/r)	切削深度 a_p (mm)	刀尖圆弧半径 (mm)	刃倾角 λ_s (°)	前角 γ_0 (°)	后角 α_0 (°)	相对性能
烧结 WC 圆柱(含 Co13%)	车	30	0.15~0.25	0.1~0.5	1.0~3.0	0	-5	5	与单晶金刚石寿命相同但不崩刃
酚醛塑料滑轮	车端面	270	0.03~0.1	0.2~0.5		0	0	8~10	20 倍于硬质合金 100 倍于单晶金刚石
充填玻璃纤维的塑料锥齿轮	车端面	120 (受设备限制)	0.035	0.12	0.1	6~7	14	12	6000 个/每刃 1000 倍于 WC 硬质合金

3) 立方氮化硼: 氮化硼的性质与形状和石墨相似。石墨经高温高压处理变成人造金刚石, 用类似的方法处理氮化硼(六方)便可得到立方氮化硼。立方氮化硼的硬度略低于人造金刚石, 但它的热稳定性和对铁的化学稳定性均高于人造金刚石(二者的性能比较见表 11-9), 因此可用来加工各种黑色金属, 如淬硬工具钢、模具钢、冷硬铸铁及硬度在 HRC35 以上的钴基和镍基高温合金。

立方氮化硼刀片可用机械夹固或焊接的方法固定在刀杆上。

表 11-9 金刚石和立方氮化硼性能比较

性能材料	组成	密度 (g/cm ³)	硬度 HV	热稳定性 (°C) (在空气中)	与铁元素的化学惰性	备注
金刚石	C	3.52	10000	<800	小	
立方氮化硼	BN	3.48	8000~9000	<1600	大	聚晶立方氮化硼的硬度 HV4000~7000

2. 刀具的分类

(1) 按刀具的加工性质和用途分类

1) 切刀: 切削加工中应用最广的一种刀具。按照所适用机床的类型, 切刀又可分为车刀、刨刀、插刀和镗刀等。

2) 钻头: 一种孔加工刀具。它包括中心钻、麻花钻、扩孔钻、铰钻等多种。

3) 铰刀: 一种精密的孔加工刀具, 其类型繁多, 用途极广。

4) 铣刀：按其用途可分为立铣刀、端铣刀、圆柱形铣刀、成形铣刀、角度铣刀、锯片铣刀、三面刃铣刀、键槽铣刀、T形槽铣刀、燕尾槽铣刀等。

5) 螺纹刀具：切削加工用的螺纹刀具有螺纹车刀、螺纹铣刀、螺纹梳刀、丝锥、板牙等；滚压加工用的有搓丝板、滚丝轮、螺纹滚压头等。

6) 齿轮刀具：按其工作原理分为成形齿轮刀具（如齿轮铣刀、齿轮拉刀等）和展成齿轮刀具（如齿轮滚刀、插齿刀、剃齿刀等）两种。

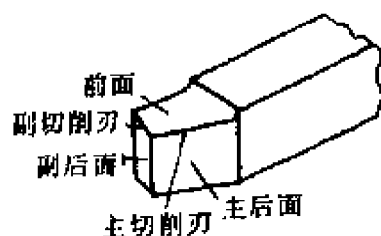
7) 拉刀：一种高效率的切削刀具。按用途可分为键槽拉刀、花键拉刀、圆孔拉刀、组合拉刀等。

(2) 按刀具的结构形状分类

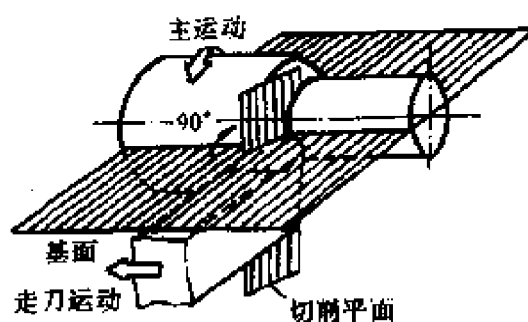
1) 柄式刀具：指定位装夹基面为外圆柱面或外圆锥面的刀具，如钻头、铰刀、丝锥、立铣刀等。

2) 套式刀具：这种刀具的特征是刀具上有孔。在制造和使用均均以孔作为基准，孔可作成圆柱孔、圆锥孔或螺纹孔。例如，成形车刀、镗钻、铰刀、铣刀、插齿刀、齿轮滚刀、剃齿刀、圆板牙等。

3) 平形刀具：此种刀具的特征为其外形主要由平面所组成。例如，方



车刀



车削

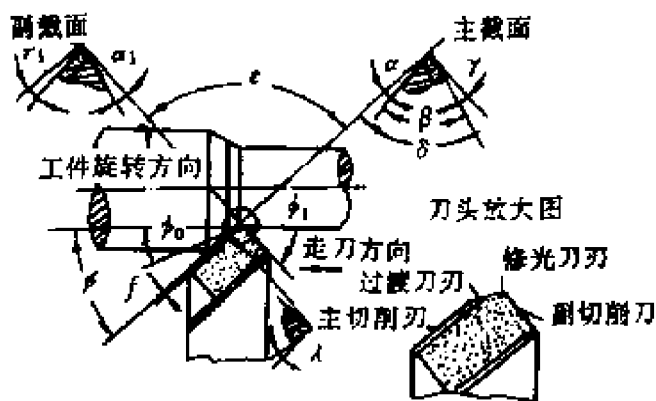


图 11-1 刀具的刃、角、面图解

车刀、切断刀、棱形车刀、齿轮刨刀、齿轮梳刀、平面拉刀等。

(3) 按刀具切削部分的材料分类

- 1) 工具钢刀具;
- 2) 高速钢刀具;
- 3) 硬质合金刀具;
- 4) 金刚石刀具;
- 5) 陶瓷刀具;
- 6) 立方氮化硼刀具。

3. 刀具的几何要素和名词解释

(1) 刀具的几何要素 (见图 11-1)

(2) 刀具的刃和面

表 11-10 刀具的刃和面 (参阅图 11-1)

名称	解 释
前 面	与被切下的金属层起作用的表面。也就是切屑流出时刀具上与切屑相接触的表面
主后面	刀具上和工件加工表面相对的表面
副后面	刀具上和工件已加工表面相对的表面
过渡后面	刀具上主后面和副后面之间的表面
主切削刃	前面和主后面的交线, 担负主要切削工作
副切削刃	前面和副后面的交线, 也起切削作用
过渡刀刃	前面和过渡后面的交线, 是增强刀尖强度的
修光刀刃	过渡刀刃和副切削刃之间的刀刃, 此刀刃平行于已加工表面, 起修光作用
切削平面	切削刃上任一点的切削平面是通过该点而又切于加工表面的平面。也可以说是包含该点合成运动方向而又切于主切削刃的平面
基 面	切削刃上任一点的基面是通过该点而又垂直于合成运动的平面。恒垂直于切削平面的面
主 截 面	垂直于主切削刃在基面上的投影
副 截 面	垂直于副切削刃在基面上的投影

(3) 刀具的角度

表 11-11 刀具的角度 (参阅图 11-1)

名称	代号	位置和作用
前角	γ	前面经过主切削刃与基面的夹角, 在主截面内测出。它影响切屑变形和切屑与前面的摩擦及刀具强度
副前角	γ_1	前面经过副切削刃与基面的夹角, 在副截面内测出
后角	α	主后面与切削平面的夹角, 在主截面内测出。用来减少主后面与工件的摩擦
副后角	α_1	副后面与通过副切削刃并垂直于基面的平面之间的夹角, 在副截面内测出。用来减少副后面与已加工表面的摩擦
主偏角	ϕ	主切削刃与被加工表面 (走刀方向) 之间的夹角 当吃刀深度和走刀量一定时, 改变主偏角可以使切屑变薄或变厚, 影响散热情况和切削力的变化
副偏角	ϕ_1	副切削刃与已加工表面 (走刀方向) 之间的夹角。它可以避免副切削刃与已加工表面摩擦, 影响已加工表面光洁度
过渡偏角	ϕ_0	过渡刀刃与被加工表面 (走刀方向) 之间的夹角。用来增加刀尖强度
刃倾角	λ	主切削刃与基面之间的夹角。它可以控制切屑流出方向, 增加刀刃强度并能使切削力均匀
楔角	β	前面与主后面之间的夹角, 在主截面内测出。它影响刀头截面的大小
切削角	δ	前面和切削平面间的夹角, 在主截面内测出
刀尖角	ϵ	主切削刃与副切削刃在基面上投影的夹角。它影响刀头强度和导热能力
倒棱	f	在切刀前面刀刃上的狭窄平面。用来增加刀刃强度

4. 刀具的制造

(1) 刀具毛坯的锻造 刀具大都采用锻造毛坯, 一方面是为了获得一定

的几何形状和尺寸，从而节约原材料、减少切削加工余量；另一方面则是为了改善原材料的碳化物分布和流线分布状态，提高刀具的质量和耐用度。

1) 锻造前对原材料的要求

①原材料表面不得有裂纹、折皱、结疤等缺陷。否则，在锻造过程中容易引起开裂，造成废品。

②低倍组织中不得有缩孔、夹杂、白点等疵病。

③下料规格的选择应符合锻造比要求，即

$$2.5d < L < 3d$$

式中 d ——毛坯下料直径 (mm)；

L ——毛坯下料长度 (mm)。

④碳化物不均匀度应符合于锻件所要求的级别。常用刀具对碳化物不均匀度的要求见表 11-12。

2) 锻件毛坯尺寸的确定：锻件毛坯尺寸的确定主要与生产量、锻造工艺和锻造设备等有关。

在单件小批生产中，刀具毛坯的锻造多采用自由锻造法。考虑到自由锻造的特点，以及在锻造中毛坯表面产生氧化皮、脱碳层、锻造缺陷和锻造平面度误差等因素的影响，锻件的切削加工余量不宜过小。但是，切削加工的加工量也不能过大。因此，锻件毛坯的尺寸和锻造公差值要适当。

表 11-12 常用刀具对碳化物不均匀度的要求

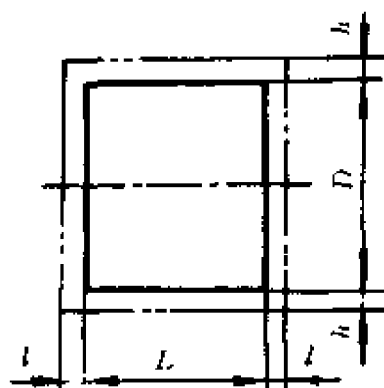
刀具种类	规格 (mm)	要求碳化物不均匀度级别
钻头、铣刀、拉刀等	≤ 30	≤ 3
	$> 30 \sim 40$	≤ 4
	$> 40 \sim 60$	≤ 5
	$> 60 \sim 80$	≤ 6
	$> 80 \sim 100$	≤ 7
滚丝轮、齿轮刀具等	≤ 40	≤ 3
	$> 40 \sim 60$	≤ 4
	$> 60 \sim 80$	≤ 5
	$> 80 \sim 100$	≤ 6

(续)

刀具种类	规格 (mm)	要求碳化物不均匀度级别
一般刀具	≤ 40	≤ 4
	$> 40 \sim 60$	≤ 5.5
	$> 60 \sim 80$	≤ 7

在刀具制造中，锻造毛坯的几何形状多为圆形和矩形。其切削加工余量和锻造公差值见表 11-13 和表 11-14。

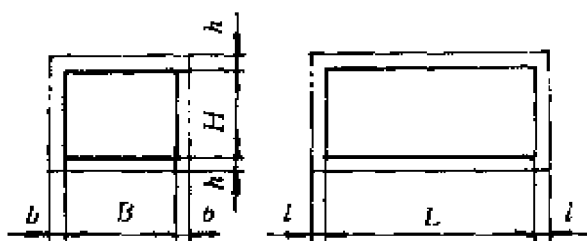
表 11-13 圆形锻件毛坯的切削加工余量和锻造公差 (mm)



工件直径 D	工件长度 L							
	≤ 30		$> 30 \sim 80$		$> 80 \sim 180$		$> 180 \sim 360$	
	$2h$	$2l$	$2h$	$2l$	$2h$	$2l$	$2h$	$2l$
< 50	—	—	—	—	5 ± 1.5	4 ± 1.0	5 ± 1.5	4.5 ± 1.5
$51 \sim 80$	5.5 ± 1.5	4 ± 1.0	6 ± 1.5	5 ± 1.0	6 ± 1.5	5 ± 1.0	6 ± 1.5	5.5 ± 1.5
$81 \sim 120$	6.5 ± 1.5	5 ± 1.0	7 ± 1.5	6 ± 1.0	7 ± 1.5	6 ± 1.0	—	—

注：表列加工余量和公差均不包括锻件的凸面和圆弧。

表 11-14 矩形锻件毛坯的切削加工余量和锻造公差 (mm)



工件截面尺寸 B 或 H	工件长度 L							
	≤80		>80~180		>180~360		>360~600	
	2b 或 2h	2l	2b 或 2h	2l	2b 或 2h	2l	2b 或 2h	2l
<30	5±1.0	6±1.5	5.5±1.0	6±2	6±1	6±2.5	6±2	7.5±2.5
31~50	5±1.5	6±1.5	5.5±1	6±2	6±1	7±3	6±2	8±3
51~80	5±1.5	6±1.5	6±1.5	6±2	6±1	8±3	7±2	8±3
81~120	6±2	6±1.5	6.5±1.5	7±2	7±1.5	8±3	8±2	10±3

注：1. 表列加工余量和公差均不包括锻件的凸面和圆弧。

2. 应按 B 或 H 中的最大尺寸选择余量。例如 B = 100mm, H = 40mm, L = 160mm 的工件, 其截面尺寸加工余量应按 100 取 6.5mm, 而不能按 40 取 5.5mm。

3) 锻造工艺：为了保证锻造质量, 必须采用正确的锻造工艺, 主要是选用合理的锻造方法和锻造温度。

工具钢一般采用十字锻造法, 即通过反复墩粗和拔长来改善金属材料的组织结构。锻造时, 始锻温度不能太高, 当超过 1200℃ 时, 锻件容易开裂; 终锻温度也不能过高, 当超过 1000℃ 时, 材料就要变脆。常用工具钢的锻造温度见表 11-15。

(2) 刀具的焊接 为了节约贵重材料, 降低成本, 刀具的切削部分和夹持部分常采用不同的材料, 通过焊接成为一个整体。常用的焊接方法有对焊和钎焊两种。

1) 对焊：对焊是在接触电焊机上进行的。焊接时将刀具的切削部分和柄部分别夹在两电极的夹头内, 使两端面接触, 然后通电加热至可塑或熔化状态, 施以一定的冲锻压力, 使熔化部分锻接而达到焊接的目的。一般带柄

刀具常采用这种焊接方法。

对焊的原理如图 11-2 所示。

表 11-15 常用工具钢的锻造温度

钢的类别	钢号	锻造温度 T ($^{\circ}\text{C}$)		备注
		始锻	终锻	
碳素工具钢	T8	1150~1100	850~800	
	T10、T12	1100~1050	850~800	
合金工具钢	9SiCr	1100~1050	850~800	
	CrMn、CrWMn	1150~1100	900~850	
	Cr12	1120~1020	900~850	
	Cr12MoV	1120~1020	900~850	
	CrW5	1160~1120	900~850	
	GCr15	1150~1120	850~800	
高速钢	W9Cr4V2	1200~1150	950~900	锻造后应保温缓冷并及时进行退火处理
	W18Cr4V	1200~1150	950~900	
	W6Mo5Cr4V2	1150~1100	950~920	

对焊按通电方式和加热过程的不同又分为电阻焊和闪光焊两种。电阻焊一般用于焊接小型刀具。

2) 钎焊：钎焊也叫铜焊。其特点是在焊接时，刀具本身不熔化，而依靠焊料在加热熔化后扩散、渗透或与刀具材料产生化学反应的作用，将被焊接的两个部分牢固地联接在一起。钎焊主要用于焊接硬质合金刀片。

①钎焊方法：钎焊硬质合金刀片常用的方法有氧乙炔钎焊和高频感应钎焊两种。

氧乙炔钎焊又叫气焊。焊接时，由于不需要专用设备，所以在单件小批生产中应用比较广泛。

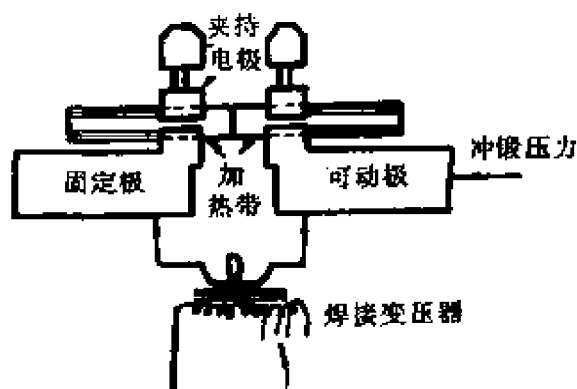


图 11-2 对焊原理示意图

高频感应钎焊是由高频感应加热设备输出高频电流，然后由感应器产生交变磁场，使放在感应器中的刀具产生感应电流，并使刀具迅速加热而进行焊接的一种方法。高频感应钎焊的特点是加热速度快，焊接效率高，操作方便。但由于它需要专门的高频感应加热设备和感应器，所以一般常用于焊接形状复杂或多齿的硬质合金刀具以及大批量的专业化生产中。

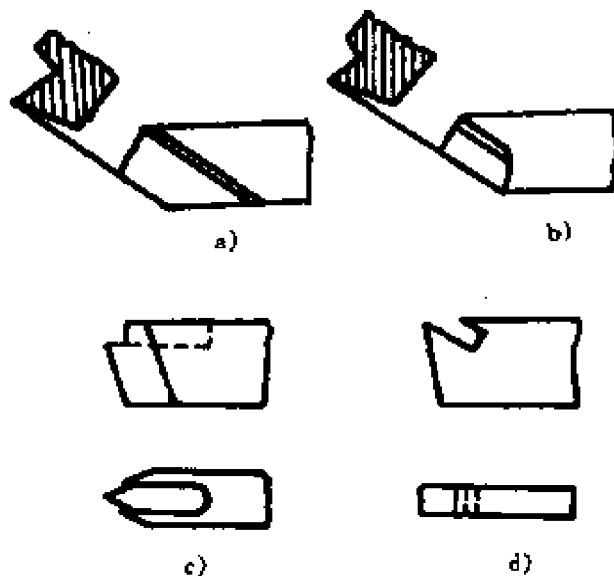


图 11-3 刀槽的形状

- a) 开口槽 b) 半封闭槽
c) 封闭槽 d) 开口槽

②钎焊时刀体的材料和刀槽的结构：常用的中小型硬质合金车刀和刨刀的刀杆一般用 45 号钢或球墨铸铁制造；对于硬质合金

的多刃刀具，刀体可用 40Cr 钢；对于刀体需要淬火的刀具，可用 9CrSi 钢；而对于精密机床上用的刀具，刀体则用高速钢。

常用硬质合金刀具的刀槽形状有开口槽、半封闭槽、封闭槽和切口槽四种，如图 11-3 所示。

开口槽形状简单，制造方便，常用于各种车刀、刨刀、立铣刀、铰刀和扩孔钻等棒状硬质合金的多刃刀具；半封闭槽刀片的夹持较牢固，但用铣削方法加工时，由于只能用直径较小的立铣刀进行单件铣削，所以刀杆制造效率较低；封闭槽和切口槽刀片的夹持可靠，但制造复杂，所以常用于螺纹车刀和圆片状硬质合金多刃刀具。

为便于焊后刃磨，刀槽的深度应小于刀片厚度 0.5~1mm。刀槽的根部应加工出一定的圆弧 R ，以免焊接加热时刀槽尖角处产生裂纹。

③钎焊硬质合金时焊料和溶剂的选择

(a) 焊料：焊料是决定焊接质量的重要因素之一。因此，在选择焊料时，应满足以下基本要求：

a) 焊料应有良好的流动性和浸润性，以保证焊料熔化后能充满焊缝，

并与被焊金属相互扩散，提高焊接强度。

b) 焊料的熔点应在 900~1100℃ 之间。

c) 焊料应有较高的塑性和强度。

d) 焊料不应含有贵重、稀有金属或有害于人体的元素。

钎焊硬质合金刀片的各种焊料见表 11-16。

表 11-16 钎焊硬质合金刀片用的焊料

焊料名称	化学成分 (重量%)						熔点 (℃)	特点和用途
	Ag	Cu	Mn	Ni	Zn	Ca		
H62	62				38		906	熔点高，焊缝强度低，适用于钎焊各种承受轻负荷的硬质合金刀具，如铰刀等
1 研 105 [#] 焊料		58	4		38		909	熔点高，但焊缝强度高，钎焊应力小，不易产生裂纹，用于钎焊各种硬质合金刀具
1 研 106 [#] 焊料	80		20				960~980	具有较高的浸润性，焊缝强度高，用于钎焊在特殊高温条件下工作的硬质合金刀具，如钻头、扩孔钻等
1 研 107 [#] 焊料		58	4		38		909	由上下两层 105 [#] 焊料中间一层低碳钢片组成的夹层焊料。具有焊缝强度高，钎焊应力小，不易产生裂纹的特点，用于钎焊各种硬质合金刀具
L-Ag-49	49	18	8	5	20		690-710	具有较高的浸润性，钎焊应力小，用于钎焊各种易碎的硬质合金和使用时要施加大量切削液的硬质合金刀具，如铣刀、喷射钻等
B-Ag-1	45	15			16	24	610~620	熔点低，钎焊应力小，适用于钎焊各种金刚石刀具

(b) 熔剂：熔剂的作用是焊接前清除掉硬质合金刀片和刀体上的杂质和氧化层，以保证较好的焊接质量。钎焊硬质合金刀片时常用的熔剂有两种：a) 硼砂 70%、氟化钾 30%；b) 硼砂 60%、氟化钾 30%、硼酸 10%。

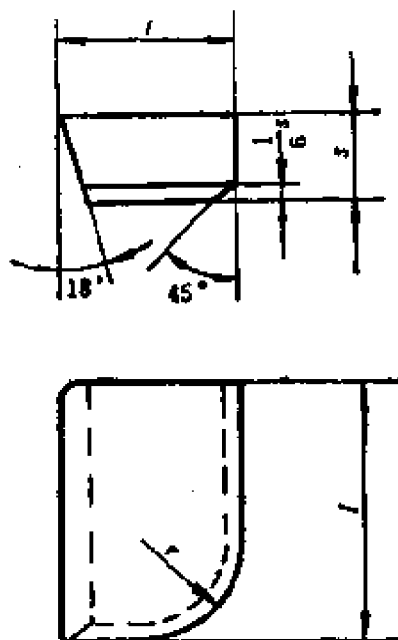
3) 焊接用硬质合金刀片：焊接刀具乃是在刀体上按一定要求开槽，用焊料将硬质合金刀片焊接在刀槽内并根据所需几何参数进行刃磨后而使用的

一种刀具。由于这种刀具的结构简单、制造和使用方便，所以其应用非常广泛。

我国已制订出了硬质合金焊接刀片的国家标准，并由专门厂家进行生产。制作焊接刀具时，可根据需要直接选用。

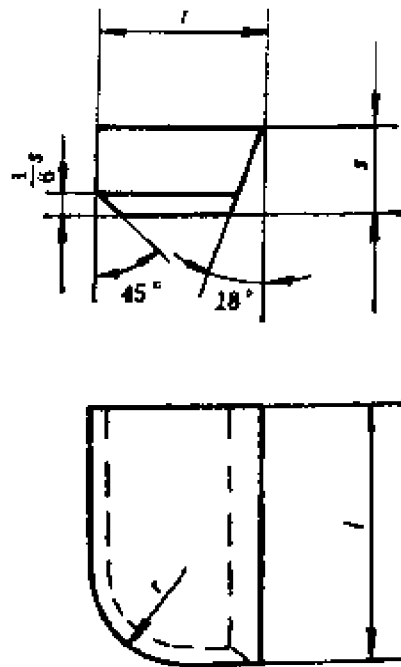
①硬质合金焊接车刀片：此种刀片适合于焊接式车刀之用，其型式和尺寸见表 11-17~表 11-21。

表 11-17 A型硬质合金焊接车刀片 (GB5244-85) (mm)



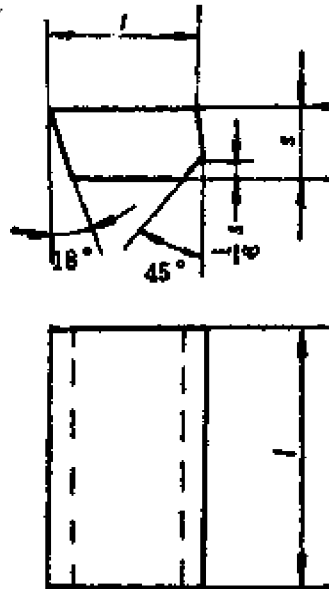
型号	基本尺寸				型号	基本尺寸			
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>r</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>r</i>
A5	5	3	2	2	A20	20	12	7	7
A6	6	4	2.5	2.5	A25	25	14	8	8
A8	8	5	3	3	A32	32	18	10	10
A10	10	6	4	4	A40	40	22	12	12
A12	12	8	5	5	A50	50	25	14	14
A16	16	10	6	6					

表 11-18 B型硬质合金焊接车刀片 (GB5244-85) (mm)



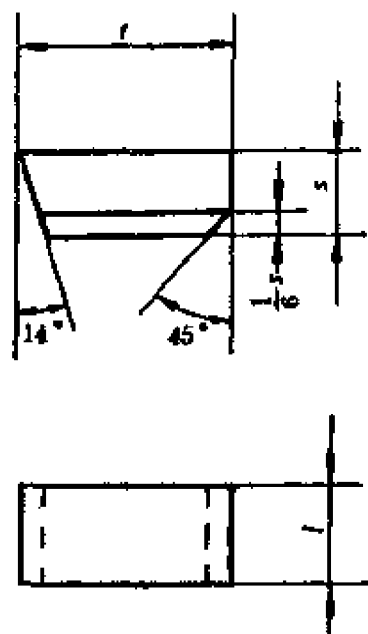
型号	基本尺寸				型号	基本尺寸			
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>r</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>r</i>
B5	5	3	2	2	B20	20	12	7	7
B6	6	4	2.5	2.5	B25	25	14	8	8
B8	8	5	3	3	B32	32	18	10	10
B10	10	6	4	4	B40	40	22	12	12
B12	12	8	5	5	B50	50	25	14	14
B16	16	10	6	6					

表 11-19 C型硬质合金焊接车刀片 (GB5244-85) (mm)



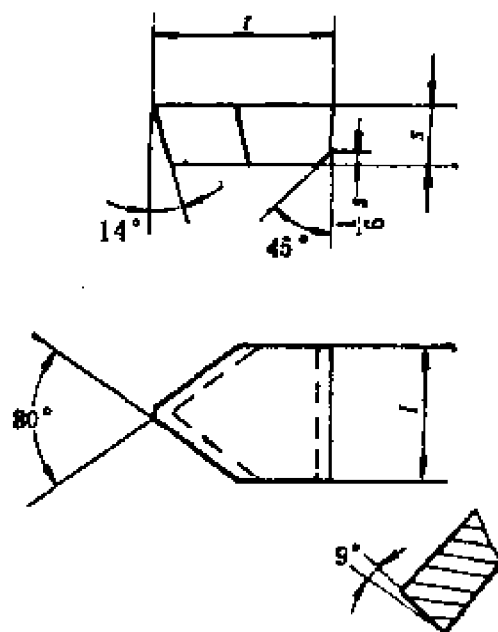
型号	基本尺寸			型号	基本尺寸		
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>
C5	5	3	2	C20	20	12	7
C6	6	4	2.5	C25	25	14	8
C8	8	5	3	C32	32	18	10
C10	10	6	4	C40	40	22	12
C12	12	8	5	C50	50	25	14
C16	16	10	6				

表 11-20 D型硬质合金焊接车刀片 (GB5244—85) (mm)



型 号	基本尺寸			型 号	基本尺寸		
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>
D3	3.5	8	3	D8	8.5	16	8
D4	4.5	10	4	D10	10.5	18	10
D5	5.5	12	5	D12	12.5	20	12
D6	6.5	14	6				

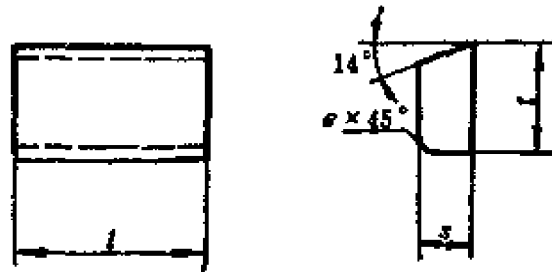
表 11-21 E 型硬质合金焊接车刀片 (GB5244-85) (mm)



型号	基本尺寸			型号	基本尺寸		
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>
E4	4	10	2.5	E12	12	20	6
E5	5	12	3	E16	16	22	7
E6	6	14	3.5	E20	20	25	8
E8	8	16	4	E25	25	28	9
E10	10	18	5	E32	32	32	10

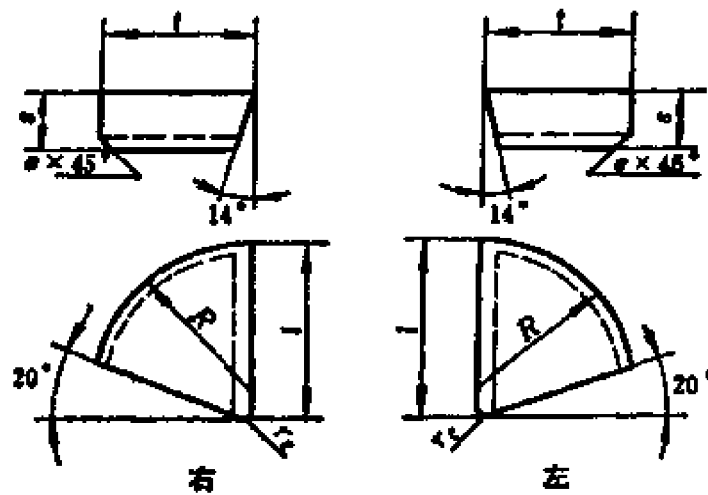
②硬质合金焊接刀片：此种刀片不仅适用于焊接式车刀（如焊接式外圆车刀、端面车刀、成形车刀、圆弧车刀等），而且适用于其他各种焊接式刀具（如刨刀、镗刀、铰刀、铣刀等），其型式和尺寸见表 11-22~11-39。

表 11-22 A1 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



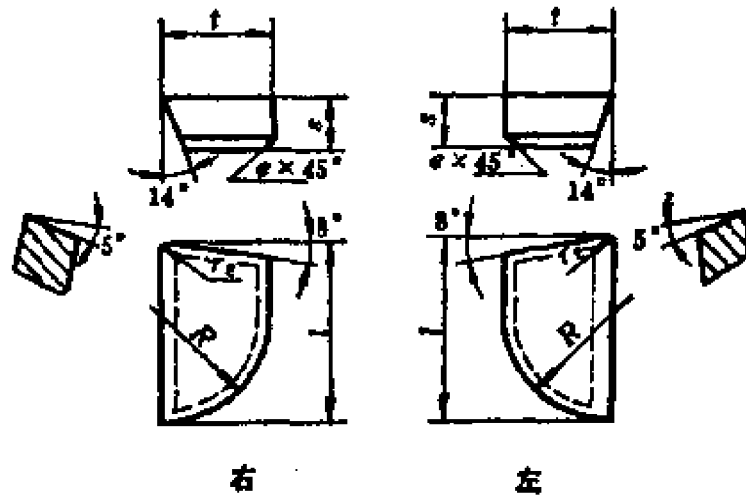
型号	基本尺寸				型号	基本尺寸			
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>e</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>e</i>
A106	6	5	2.5	—	A122	22	15	8.5	0.8
A108	8	7	3.0	—	A122A	22	18	7.0	0.8
A110	10	6	3.5	—	A125	25	15	8.5	0.8
A112	12	10	4.0	0.8	A125A	25	20	10	0.8
A114	14	12	4.5	0.8	A130	30	16	10	0.8
A116	16	10	5.5	0.8	A136	36	20	10	0.8
A118	18	12	7.0	0.8	A140	40	18	10.5	1.2
A118A	18	16	6.0	0.8	A150	50	20	10.5	1.2
A120	20	12	7.0	0.8					

表 11-23 A2 型硬质合金焊接车刀 (GB5245—85) (mm)



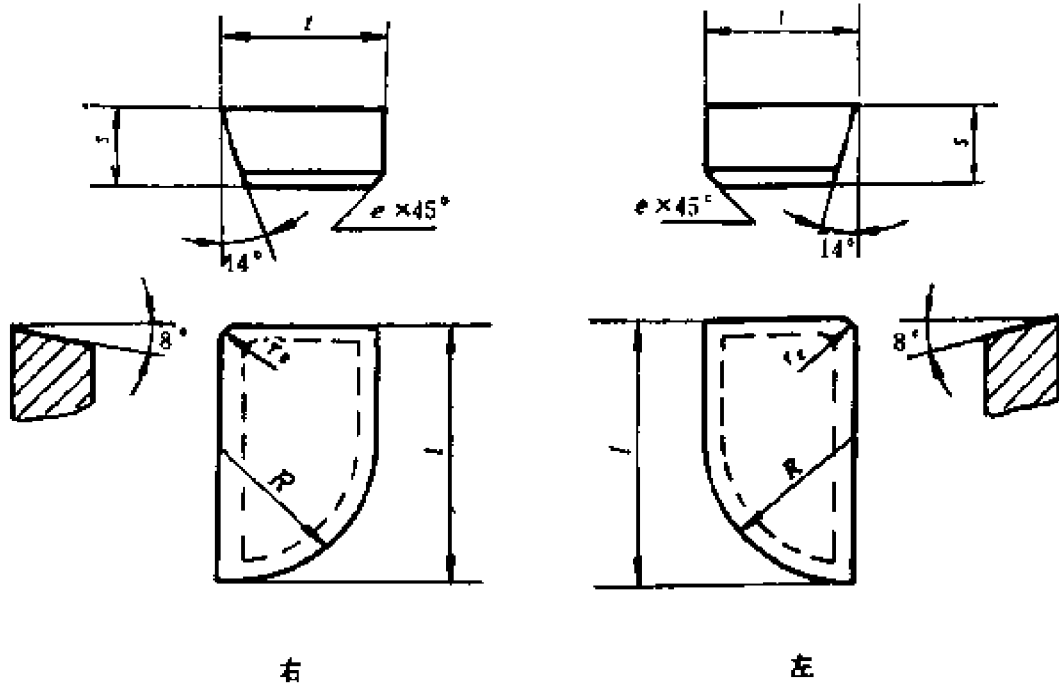
型 号		基 本 尺 寸					
右	左	l	t	s	R	r_c	e
A208	—	8	7	2.5	7	0.5	—
A210	—	10	8	3.0	8	1	—
A212	A212Z	12	10	4.5	10	1	0.8
A216	A216Z	16	14	6	14	1	0.8
A220	A220Z	20	18	7	18	1	0.8
A225	A225Z	25	20	8	20	1	0.8

表 11-24 A3 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



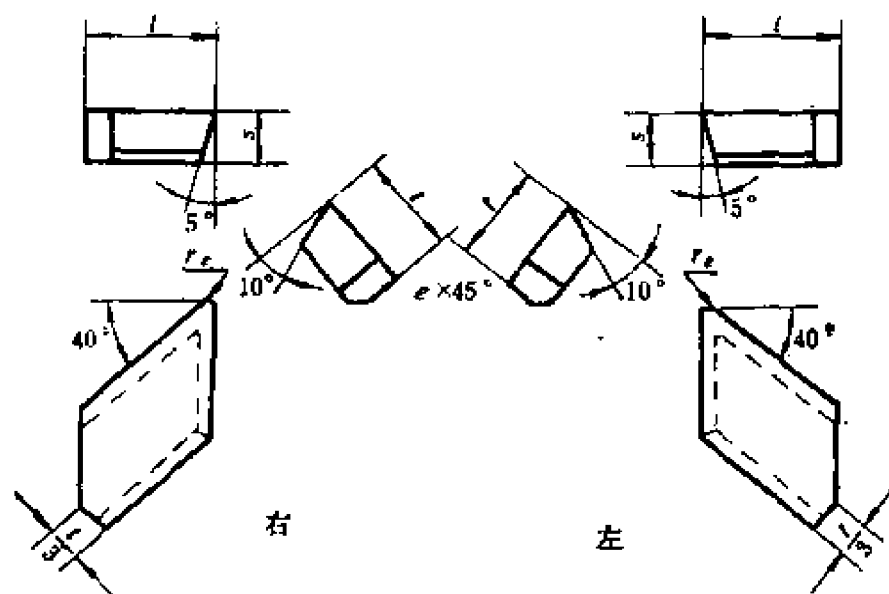
型 号		基 本 尺 寸					
右	左	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>r_c</i>	<i>e</i>
A310	—	10	6	3	6	1	—
A312	A312Z	12	7	4	7	1	0.8
A315	A315Z	15	9	6	9	1	0.8
A320	A320Z	20	11	7	11	1	0.8
A325	A325Z	25	14	8	14	1	0.8
A330	A330Z	30	16	9.5	16	1	0.8
A340	A340Z	40	18	10.5	18	1	1.2

表 11-25 A4 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



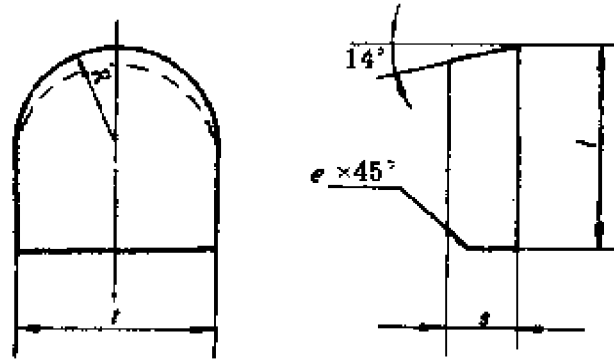
型 号		基 本 尺 寸					
右	左	<i>l</i>	<i>l</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>r_v</i>	<i>e</i>
A406	—	6	5	2.5	5	0.5	—
A408	—	8	6	3	6	0.5	—
A410	—	10	6	3.5	6	1	—
A412	A412Z	12	8	4.5	8	1	0.8
A416	A416Z	16	10	5.5	10	1	0.8
A420	A420Z	20	12	7	12.5	1	0.8
A425	A425Z	25	15	8.5	16	1	0.8
A430	A430AZ	30	16	6	16	1	0.8
A430A	A430Z	30	16	9.5	16	1	0.8
A440	A440Z	40	18	8	18	1	0.8
A440A	A440AZ	40	18	10.5	18	1	1.2
A450	A450Z	50	20	8	20	1.5	0.8
A450A	A450AZ	50	20	12	20	1.5	1.2

表 11-26 B1 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



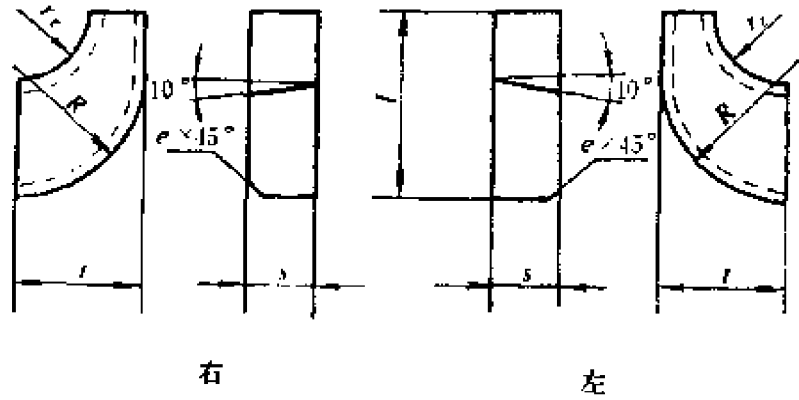
型 号		基 本 尺 寸				
右	左	l	t	s	r_e	e
B108	—	8	6	3	1.5	—
B112	B112Z	12	8	4	1.5	1
B116	B116Z	16	10	5	1.5	1
B120	B120Z	20	14	5	1.5	1
B120A	B120AZ	20	16	7	1.5	1.5
B125	B125Z	25	14	5	1.5	1.5
B125A	B125AZ	25	18	8	1.5	1.5
B130	B130Z	30	20	8	1.5	1.5

表 11-27 B2 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



型 号	基 本 尺 寸				
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>e</i>
B208	8	8	3	4	—
B210	10	10	3.5	5	—
B212	12	12	4.5	6	0.8
B214	14	16	5	8	0.8
B216	16	20	6	10	0.8
B220	20	25	7	12.5	0.8
B225	25	30	8	15	0.8
B228	28	35	9	17.5	0.8

表 11-28 B3 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



型 号		基 本 尺 寸					
右	左	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>r_e</i>	<i>e</i>
B312	B312Z	12	8	4	8	3	0.8
B315	B315Z	15	10	5	10	5	0.8
B318	B318Z	18	12	6	12	6	0.8
B322	B322Z	22	16	7	16	10	0.8

表 11-29 C1 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)

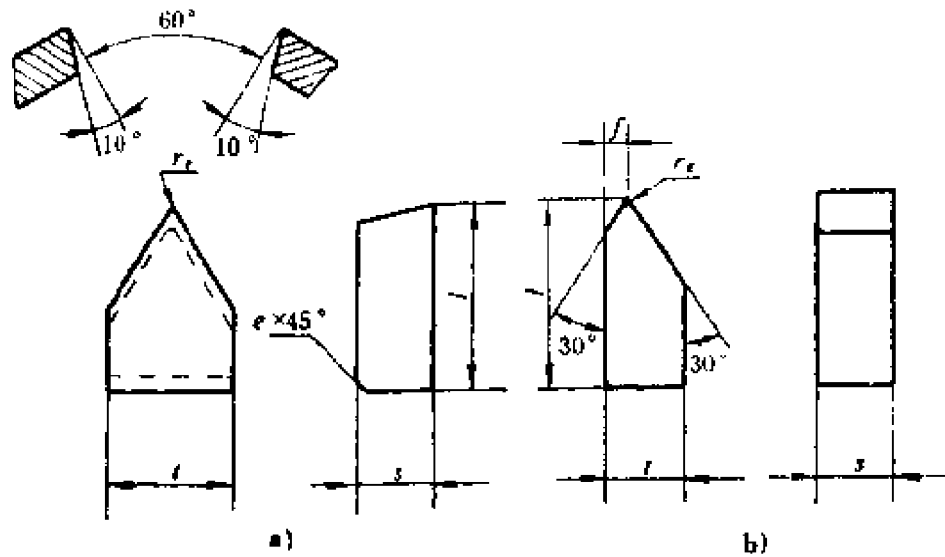
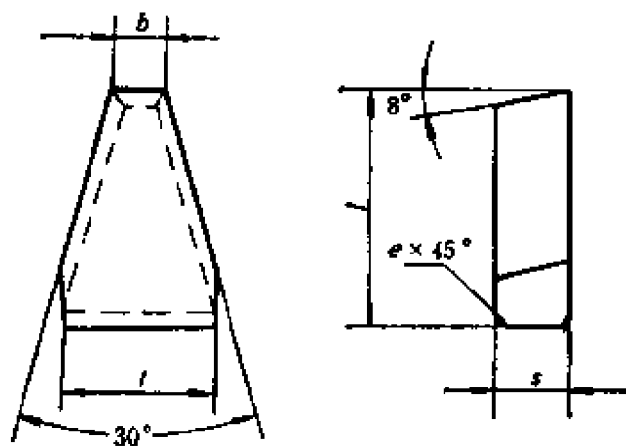


图 示	型 号	基 本 尺 寸					
		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>r_e</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
图 a	C110	10	4	3	0.5	—	—
	C116	16	6	4	0.5	0.8	—
	C120	20	8	5	0.5	0.8	—
	C112	22	10	6	0.5	0.8	—
	C125	25	22	7	0.8	0.8	—
图 b	C110A	10	6.5	2.5	0.5	—	1.6
	C116A	16	8	3	0.5	—	2.5
	C120A	20	10	4	0.5	—	3.5

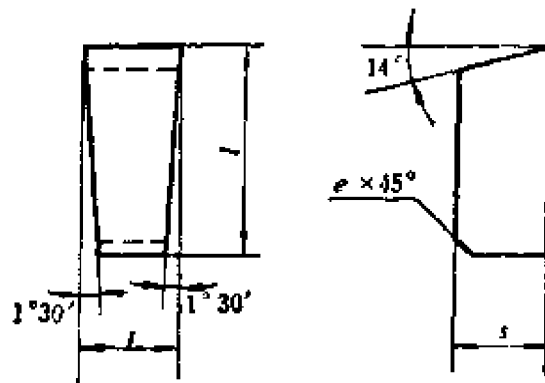
表 11-30 C2 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



型 号	基 本 尺 寸				
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>b</i>	<i>e</i>
C215	15	7	4	1.8	0.8
C218	18	10	5	3.1	0.8
C223	23	14	5	4.9	0.8
C228	28	18	6	7.7	0.8
C236	36	28	7	13.1	0.8

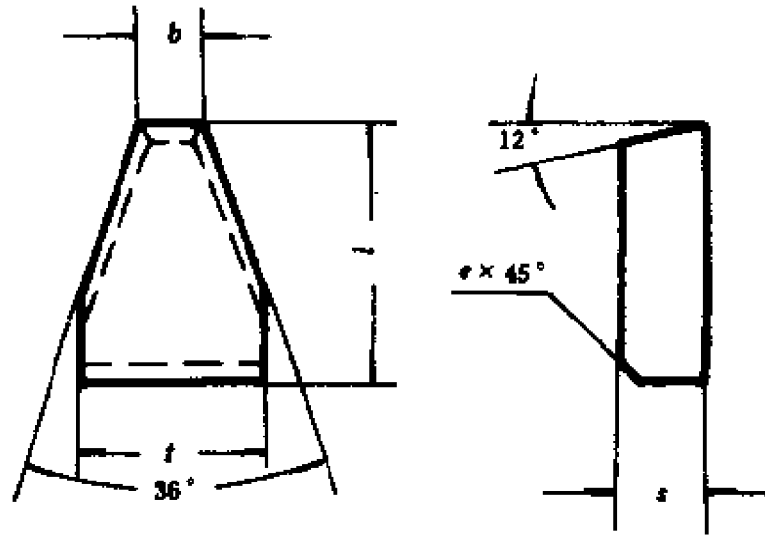
注：两侧后角均为 8° 。

表 11-31 C3 型硬质合金焊接车刀片 (GB5245—85) (mm)



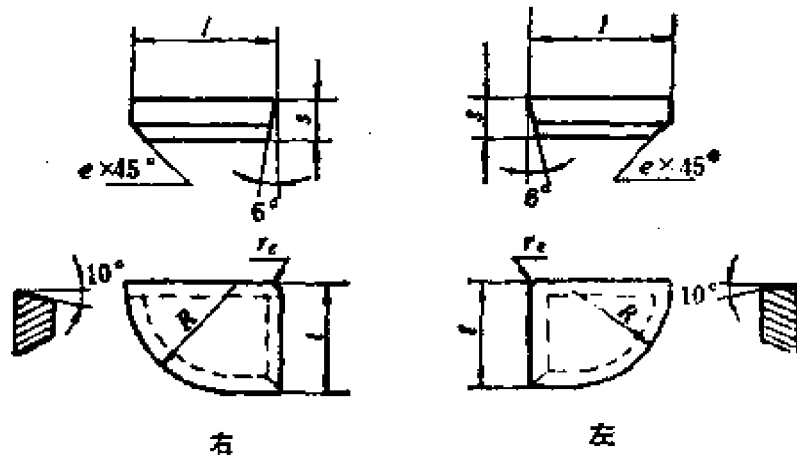
型号	基本尺寸				型号	基本尺寸			
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>e</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>e</i>
C303	3.5	12	3	—	C308	8.5	20	7	0.8
C304	4.5	14	4	0.8	C310	10.5	22	8	0.8
C305	5.5	17	5	0.8	C312	12.5	22	10	0.8
C306	6.5	17	6	0.8	C316	16.5	25	11	1.2

表 11-32 C4 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



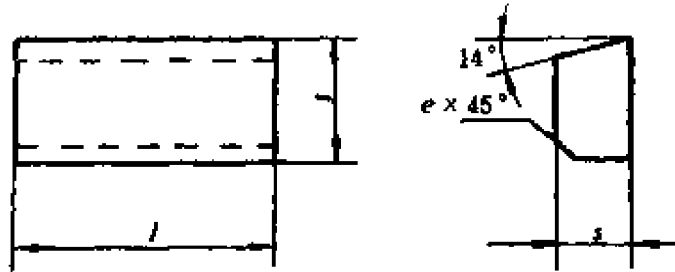
型 号	基 本 尺 寸				
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>b</i>	<i>ε</i>
C420	20	12	5	3	0.8
C425	25	16	5	4	0.8
C430	30	20	6	5.5	0.8
C435	35	25	6	7.5	0.8
C442	42	35	8	12.5	0.8
C450	50	42	8	15	0.8

表 11-33 D1 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



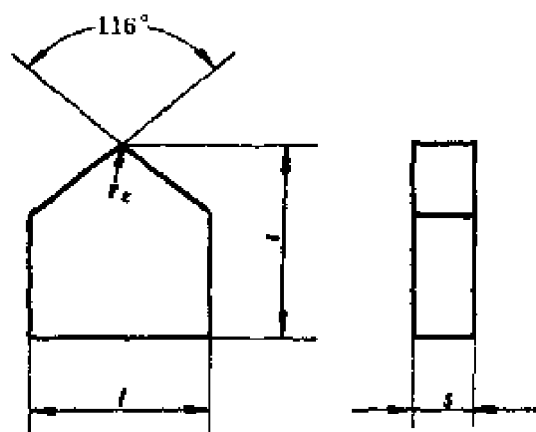
型 号		基 本 尺 寸					
右	左	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>r_e</i>	<i>e</i>
D110	—	10	8	2.5	8	0.5	—
D112	—	12	10	3	10	0.5	—
D115	—	15	12	3.5	12.5	0.5	—
D120	D120Z	20	16	4	16	1	0.8
D125	D125Z	25	20	5	20	1	0.8
D130	D130Z	30	20	6	20	1	0.8

表 11-34 D2 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



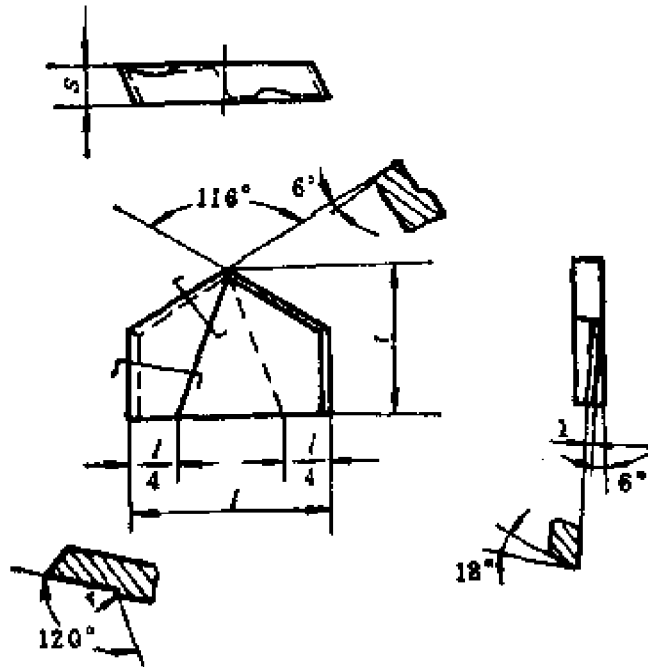
型号	基本尺寸				型号	基本尺寸			
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>e</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>e</i>
D206	6	7	3	—	D222	22	6	3	—
D208	8	4	3	—	D222A	22	14	4	0.8
D210	10	5	3	—	D224	24	14	4	0.8
D210A	10	10	3	—	D226	26	10	5	0.8
D212	12	6	3	—	D226A	26	14	5	0.8
D212A	12	12	3.5	—	D228	28	10	4	0.8
D214	14	7	3.5	—	D228A	28	14	4	0.8
D214A	14	12	3.5	—	D230	30	14	5	0.8
D216	16	7	3.5	—	D232	32	12	5	0.8
D216A	16	12	3.5	—	D232A	32	14	4	0.8
D218	18	5	3	—	D236	36	14	4	0.8
D218A	18	7	3.5	—	D238	38	12	5	0.8
D218B	18	12	3.5	—	D240	40	14	5	0.8
D220	20	10	4	0.8	D246	46	14	5	0.8

表 11-35 E1 型硬质合金焊接刀片 (GB5245—85) (mm)



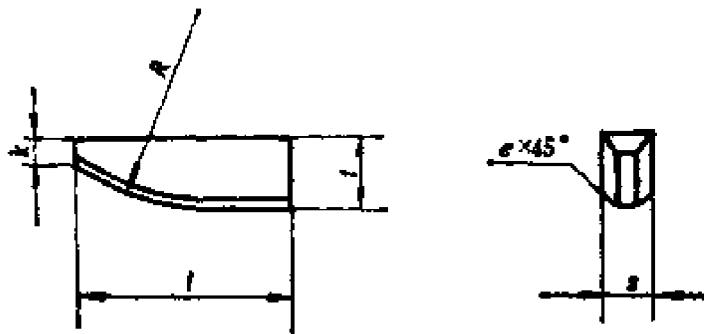
型 号	基 本 尺 寸				型 号	基 本 尺 寸			
	<i>l</i>	<i>l</i>	<i>s</i>	<i>r</i> ₂		<i>l</i>	<i>l</i>	<i>s</i>	<i>r</i> ₂
E105	5	5	1.5	1	E108	8	7	1.8	1
E106	6	6	1.5	1	E109	9	8	2	1
E107	7	6	1.5	1	E110	10	9	2	1

表 11-36 E2 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



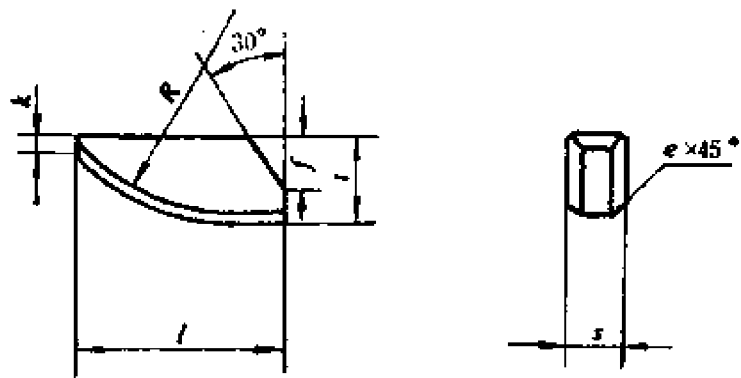
型 号	基本尺寸			型 号	基本尺寸		
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>
E210	10.8	9	2	E222	22	18	3.5
E211	11.8	10	2.5	E223	23	18	4
E213	13	11	2.5	E224	24	18	4
E214	14	12	2.5	E225	25	22	4.5
E215	15	13	2.5	E226	26	22	4.5
E216	16	14	3	E227	27.5	22	4.5
E217	17	15	3	E228	28.5	22	4.5
E218	18	16	3	E229	29.5	24	5
E219	19	17	3	E230	30.5	24	5
E220	20	18	3.5	E231	31.5	24	5
E221	21	18	3.5	E233	33.5	26	5

表 11-37 E3 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



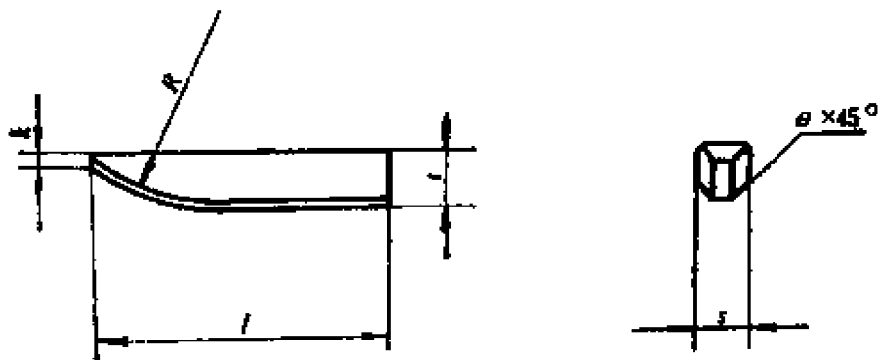
型 号	基 本 尺 寸					
	<i>l</i>	<i>l</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>k</i>	<i>e</i>
E312	12	6	1.5	20	1.5	—
E315	15	3.5	2	20	1.5	—
E315A	15	7	2	20	1.5	—
E320	20	4.5	2.5	25	2.5	—
E320A	20	6	3.5	25	2.5	0.6
E320B	20	9	2.5	25	2.5	—
E325	25	8	3	30	3.5	0.5
E325A	25	15	3	30	3.5	0.5
E330	30	10	4	30	3.5	0.5
E330A	30	21	4	30	3.5	0.5
E335	35	10	5	30	3.5	0.8
E340	40	12	5	30	3.5	0.8
E345	45	12	6	30	3.5	0.8

表 11-38 E4 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



型 号	基 本 尺 寸						
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>f</i>	<i>R</i>	<i>k</i>	<i>e</i>
E415	15	4	2	2.5	15	1.5	—
E418	18	5	2.5	3.5	20	1.5	—
E420	20	6	3	5	25	1.5	0.5
E425	25	8	3.5	6	25	2	0.5
E430	30	10	4	8	30	2	0.5

表 11-39 E5 型硬质合金焊接刀片 (GB5245-85) (mm)



型 号	基 本 尺 寸					
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>k</i>	<i>e</i>
E515	15	2.5	1.3	20	1.5	—
E518	18	3	1.5	25	1.5	—

(续)

型 号	基 本 尺 寸					
	l	t	s	R	k	e
E522	22	3.5	2	25	1.5	—
E525	25	4	2.5	30	2	—
E530	30	5	3	30	2	0.5
E540	40	6	3.5	30	2	0.5

(3) 刀片的夹固 为避免硬质合金刀片在焊接时产生各种应力和裂纹, 可以采用机械夹固式刀具。

可转位车刀就是采用机械夹固方法, 将可转位刀片夹紧、固定在刀杆上的一种刀具。它由可转位刀片、刀垫、刀杆和夹紧元件组成。夹固的形式有压板式、楔钩式、杠杆式、偏心销式、螺钉式等几种。可转位车刀是一种高效率的新型刀具, 与其他车刀相比具有一系列的优点:

1) 它不但可避免因焊接而产生的裂纹, 而且可避免重磨对刀片引起的缺陷。

2) 由于刀片不需要重磨, 有利于涂层、陶瓷等新型材料刀片的推广应用。

3) 刀片上的一个切削刃用钝后, 可将刀片转位换成另一个新切削刃继续使用, 因而减少了调刀时间, 适合于在专用机床和自动线上使用。

4) 刀杆使用寿命长, 刀片可以标准化, 因而有利于刀具的集中生产、计划供应和库存保管, 提高了经济效益。

实践证明, 可转位车刀是一种先进车刀, 具有广阔的发展前途。它所采用的可转位硬质合金刀片(见附录四), 我国已制订了国家标准, 并由专业工厂进行大量生产。

下面介绍可转位车刀的型号和尺寸。

1) 可转位车刀型号的表示规则(摘自 GB5343.1—85)

①可转位车刀的型号由按规定顺序排列的一组字母和数字代号组成, 共有十位代号, 分别表示车刀的各种特征:

第一位代号用一字母表示车刀的夹紧方式;

第二位代号用一字母表示车刀刀片的形状;

第三位代号用一字母表示车刀头部的形式；

第四位代号用一字母表示车刀刀片法后角大小；

第五位代号用一字母表示车刀的切削方向；

第六位代号用两位数字表示车刀的刀尖高度；

第七位代号用两位数字表示车刀的刀杆宽度；

第八位代号用符号“-”表示该车刀的长度符合 GB5343.2—85《可转位车刀型式尺寸和技术条件》的规定。如果车刀长度不符合上述标准时，则用一字母表示其长度值；

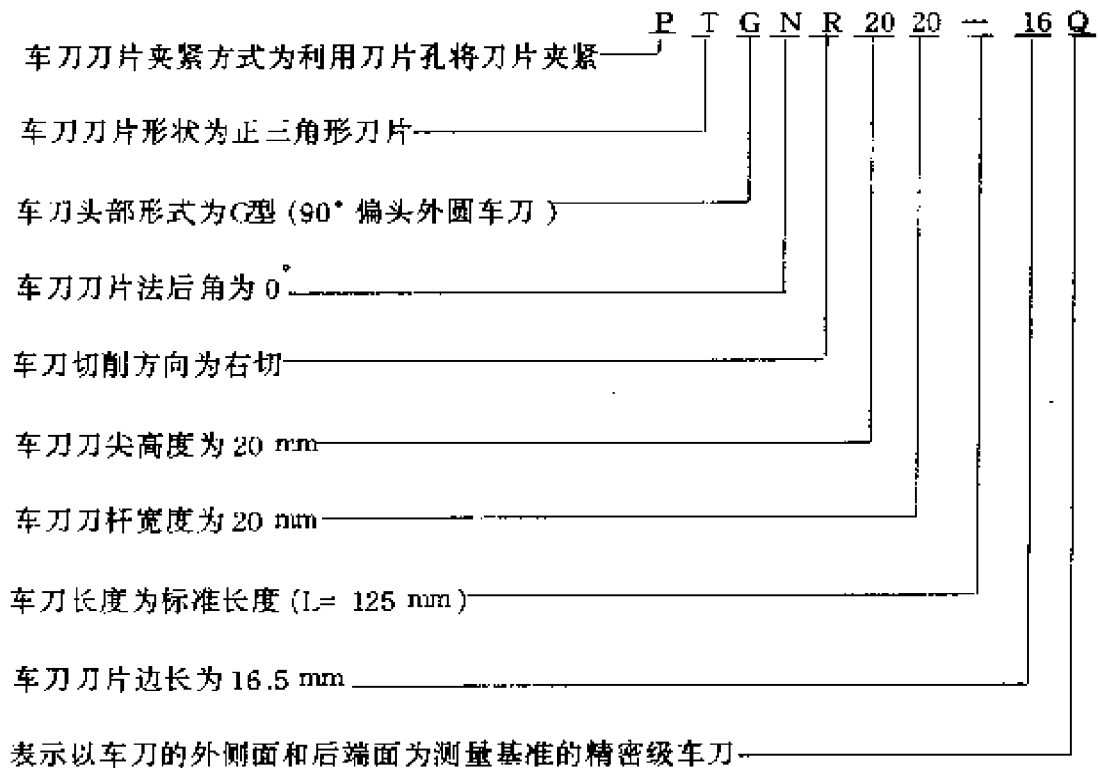
第九位代号用两位数字表示车刀刀片的边长；

第十位代号用一字母表示不同测量基准的精密级车刀。

上述各位代号的具体规定详见 GB5343.1—85。

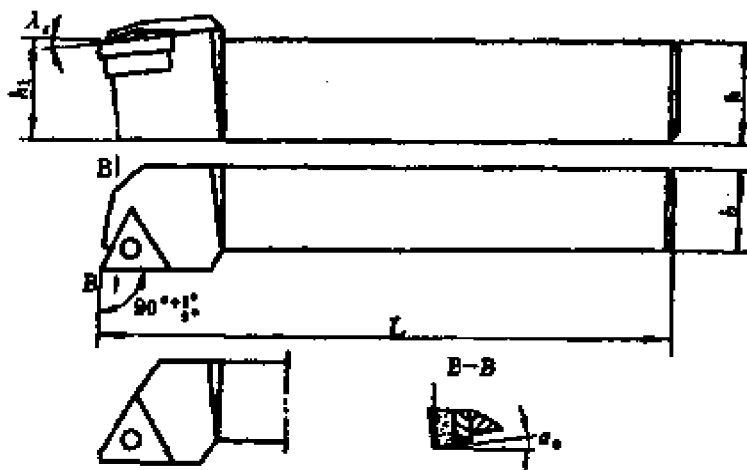
②任何一个车刀型号都必须用前九位，第十位代号必要时才用。

[例] 可转位车刀的型号



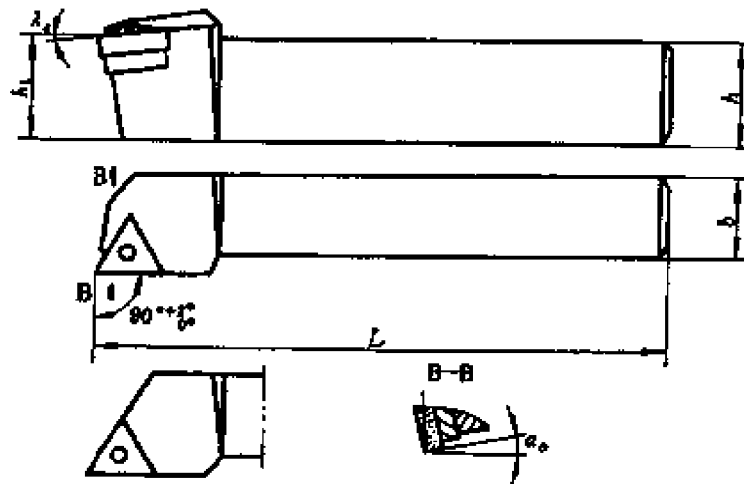
2)可转位车刀的型式和尺寸(根据 GB5343.2—85, 见表 11-40~表 11-57)

表 11-40 装 TN 型刀片的 90° 偏头外圆车刀



车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α ₀	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
TG NR2020 - 16	TG NL2020 - 16	20		20				125		5°	-3° ~ -5°	L16A 或 T16B
TG NR2520 - 16	TG NL2520 - 16	25	0 -0.33	25	±0.25	20	0 -0.33	150	0 -2.5			
TG NR2520 - 22	TG NL2520 - 22											T22A 或 T22B
TG NR3225 - 22	TG NL3225 - 22	32		32		25		170				
TG NR3225 - 27	TG NL3225 - 27											T27A 或 T27B
TG NR4032 - 22	TG NL4032 - 22		0 -0.33		±0.31		0 -0.33		0 -2.9			T22A 或 T22B
TG NR4032 - 27	TG NL4032 - 27	40		40		32		200				T27A 或 T27B

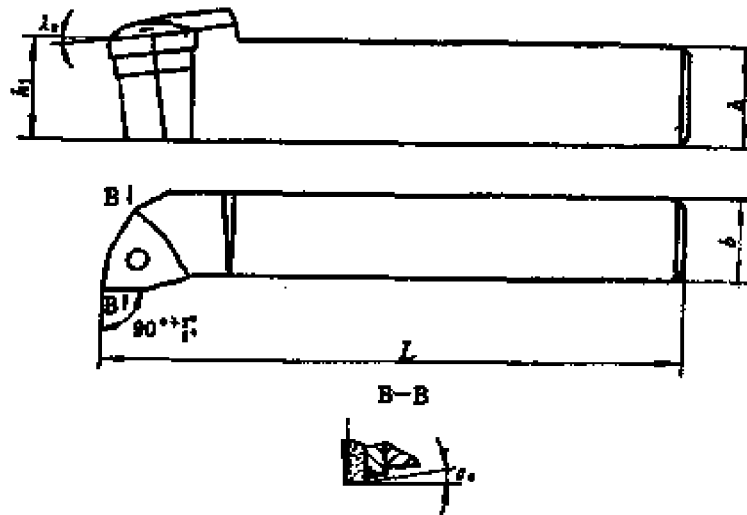
表 11-41 装 FN 型刀片的 90°偏头外圆车刀



车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号	
		h		h ₁		b		L		a _o	λ _s		
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差				
FGNR2020-07	FGNL2020-07	20	0	20	±0.28	20	-0.33	125	0	-2.5	6°	-2°~ -4°	—
FGNR2020-11	FGNL2020-11							150					F11A 或 F11B
FGNR2520-11	FGNL2520-11	25	-0.33	25	±0.28	20	-0.33	150	0	-2.5	6°	-2°~ -4°	F15A 或 F15B
FGNR2520-15	FGNL2520-15							170					
FGNR3225-15	FGNL3225-15	32	0	32	±0.28	25	-0.33	170	0	-2.9	8°	-3°~ -5°	F19A 或 F19B
FGNR3225-19	FGNL3225-19							200					
FGNR4032-19	FGNL4032-19	40	-0.33	40	±0.33	32	-0.33	200	0	-2.9	8°	-3°~ -5°	F23A 或 F23B
FGNR4032-23	FGNL4032-23							250					
FGNR5040-23	FGNL5040-23	50	0	50	±0.33	40	-0.33	250	0	-2.9	8°	-3°~ -5°	F27A 或 F27B
FGNR5040-27	FGNL5040-27												

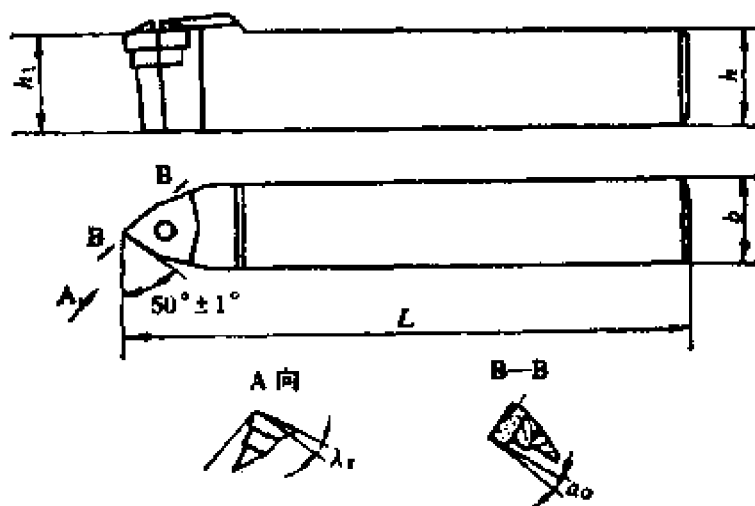
注：左切车刀需使用左刀刀垫，表中刀垫型号为左刀刀垫。

表 11-42 装 WN 型刀片的 90° 偏头外圆车刀



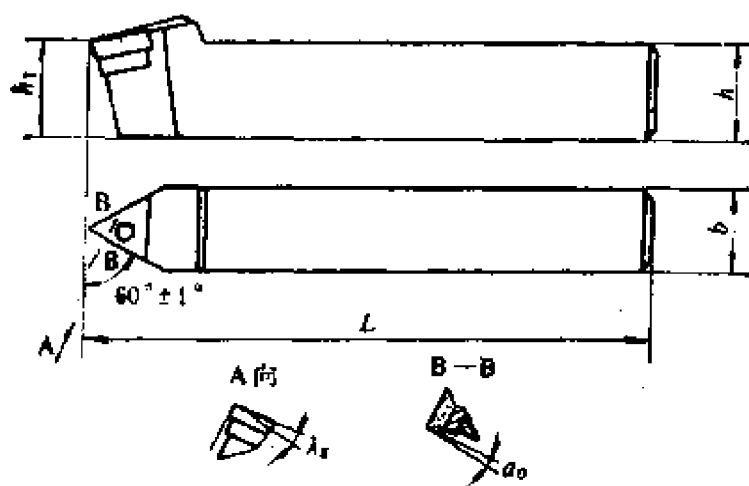
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号	
		h		h ₁		b		L		α ₀	λ _s		
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差				
WGNR2020-08	WGNL2020-08	20		20				125		6°	-4°~ -6°	W08A 或 W08B	
WGNR2520-08	WGNL2520-08		0 -0.39		±0.25	20	0 -0.39		0 -2.5				
WGNR2520-10	WGNL2520-10	25		25				150					W10A 或 W10B
WGNR3225-10	WGNL3225-10					25		170					
WGNR3225-13	WGNL3225-13	32		32					0				W13A 或 W13B
WGNR4032-10	WGNL4032-10		0 -0.39		±0.37		0 -0.39		0 -2.9				W10A 或 W10B
WGNR4032-13	WGNL4032-13	40		40		32		200					W13A 或 W13B

表 11-43 装 WN 型刀片的 50°直头外圆车刀



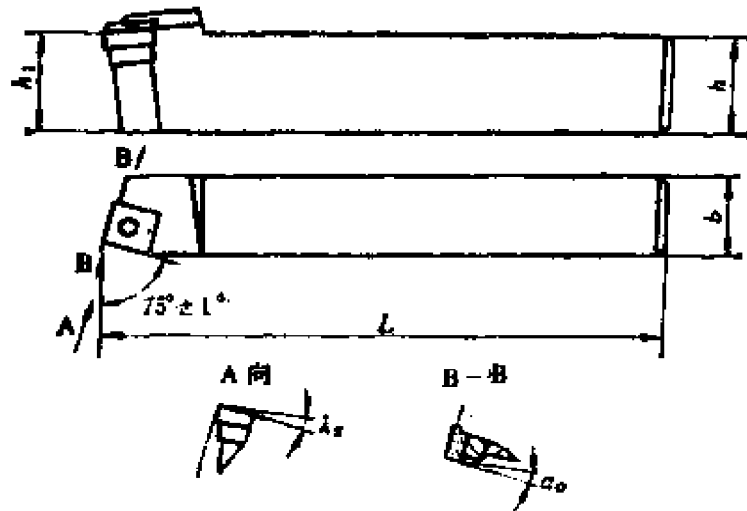
车刀型号	主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
	h		h ₁		b		L		α _o	λ _r	
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
WMNN2020-08	20		20		20		125		6°	-6°~ -8°	W08A 或 W08B
WMNN2520-08	25	0 -0.33	25	±0.26	0 -0.33	20	150	0 -2.5			
WMNN2520-10											
WMNN3225-10	32		32		25	170					W13A 或 W13B
WMNN3225-13		0 -0.39					±0.31	0 -0.39			
WMNN4032-10	40		40	32	200						W10A 或 W10B
WMNN4032-13											

表 11-44 装 TN 型刀片的 60°直头外圆车刀



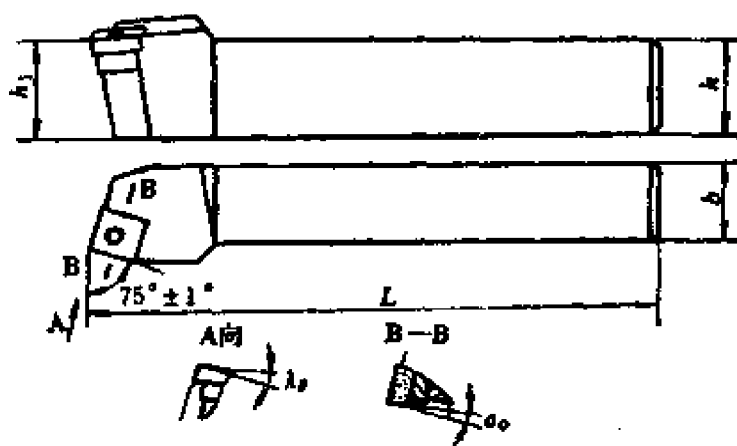
车刀型号	主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号		
	h		h ₁		b		L		α _o	λ _s			
	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差					
TENN2020-16	20		20		20		125		6°	-4° -6°	T16A 或 T16B		
TENN2520-16	25	0 -0.33	25	±0.26	20	0 -0.33	150	0 -2.5					
TENN2520-22													
TENN3225-22	32		32		25		170						
TENN3225-27													
TENN4032-22	40	0 -0.39	40	±0.31	32	0 -0.39	200	0 -2.9					T22A 或 T22B
TENN4032-27													

表 11-45 装 SN 型刀片的 75°直头外圆车刀



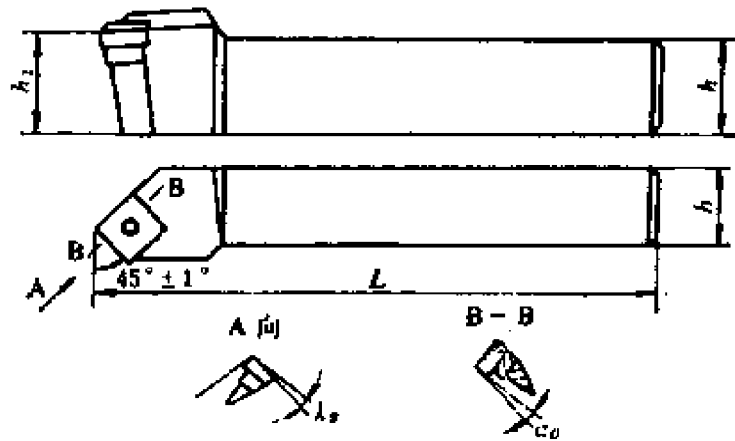
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α ₀	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
SENR2020-09	SENL2020-09	20		20				125		6°	-4° -6°	S09A 或 S09B
SENR2020-12	SENL2020-12		0		±0.26		20	0	0			S12A 或 S12B
SENR2520-12	SENL2520-12	25	-0.33				-0.33	150	-2.5			S15A 或 S15B
SENR2520-15	SENL2520-15		0		±0.37		25	0	0			S19A 或 S19B
SENR3225-15	SENL3225-15	32		32				170				S15A 或 S15B
SENR3225-19	SENL3225-19		0		±0.37		25	0	0			S19A 或 S19B
SENR4032-15	SENL4032-15	40	-0.33				-0.33	200	-2.9			S15A 或 S15B
SENR4032-19	SENL4032-19		0		±0.37		32	0	0			S19A 或 S19B

表 11-46 装 SN 型刀片的 75° 偏头外圆车刀



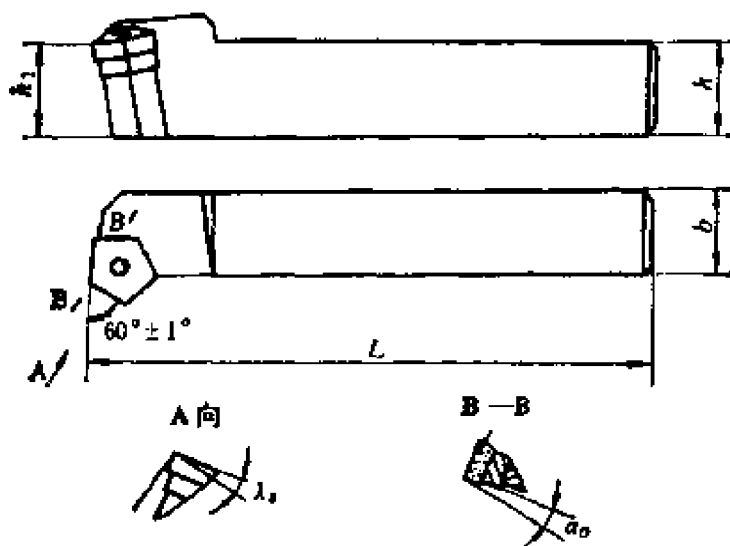
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _o	λ _o	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
SRNR2020-09	SRNL2020-09	20		20		20		125		6°		S09A 或 S09B
SRNR2020-12	SRNL2020-12											0
SRNR2520-12	SRNL2520-12	25		25		25		150		6°		S15A 或 S15B
SRNR2520-15	SRNL2520-15											0
SRNR3225-15	SRNL3225-15	32		32		25		170		-4°~ -6°		S19A 或 S19B
SRNR3225-19	SRNL3225-19											0
SRNR4032-15	SRNL4032-15	40		40		32		200		8°		S19A 或 S19B
SRNR4032-19	SRNL4032-19											0
SRNR5040-22	SRNL5040-22	50		50		40		250		8°		S25A 或 S25B
SRNR5040-25	SRNL5040-25											0

表 11-47 装 SN 型刀片的 45°偏头外圆车刀



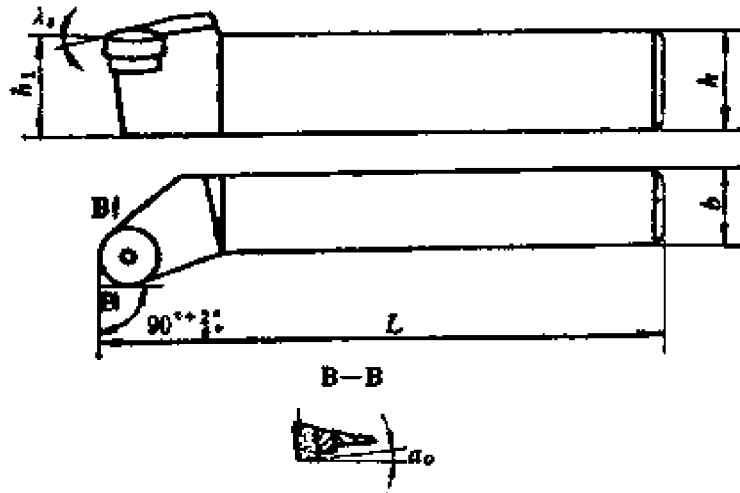
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _o	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
SSNR2020-09	SSNL2020-09	20	0 -0.33	20	±0.26	20	0 -0.33	125	0	6°		S09A 或 S09B
SSNR2020-12	SSNL2020-12							-2.5				S12A 或 S12B
SSNR2520-12	SSNL2520-12	25		25				150				S15A 或 S15B
SSNR2520-15	SSNL2520-15											
SSNR3225-15	SSNL3225-15	32		32		25		170		-4°~ -6°		S15A 或 S15B
SSNR3225-19	SSNL3225-19											
SSNR4032-15	SSNL4032-15	40	0 -0.33	40	±0.31	32	0 -0.33	200	0	8°		S15A 或 S15B
SSNR4032-19	SSNL4032-19							-2.9				S19A 或 S19B
SSNR5040-22	SSNL5040-22	50		50		40		250				S22A 或 S22B
SSNR5040-25	SSNL5040-25											

表 11-48 装 PN 型刀片的 60°偏头外圆车刀



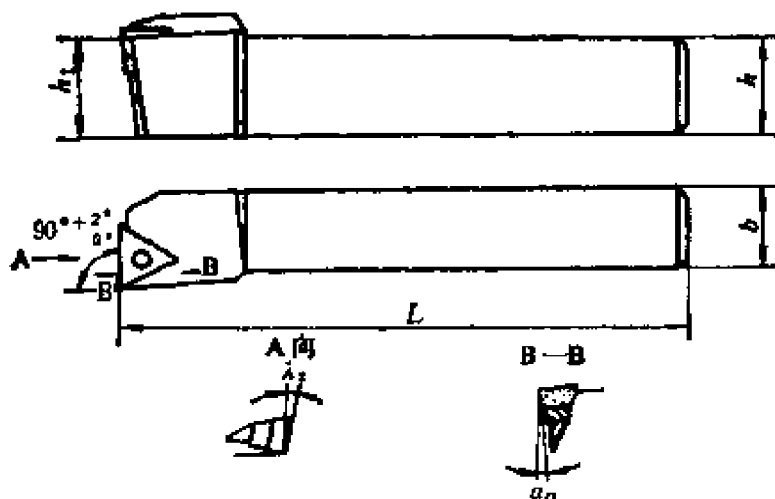
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _o	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
PTNR2520-11	PTNL2520-11	25	0 -0.33	25	±0.25	20	0 -0.33	150	0 -2.5	6°	-4°	P11A 或 P11B
PTNR325-11	PTNL325-11	32	0 -0.33	32	±0.31	25	0 -0.33	170	0 -2.9			
PTNR325-13	PTNL325-13											
PTNR4032-11	PTNL4032-11	40	0 -0.33	40	±0.31	32	0 -0.33	200	0 -2.9			P11A 或 P11B
PTNR4032-13	PTNL4032-13											

表 11-49 装 RN 型刀片的 90° 偏头外圆车刀



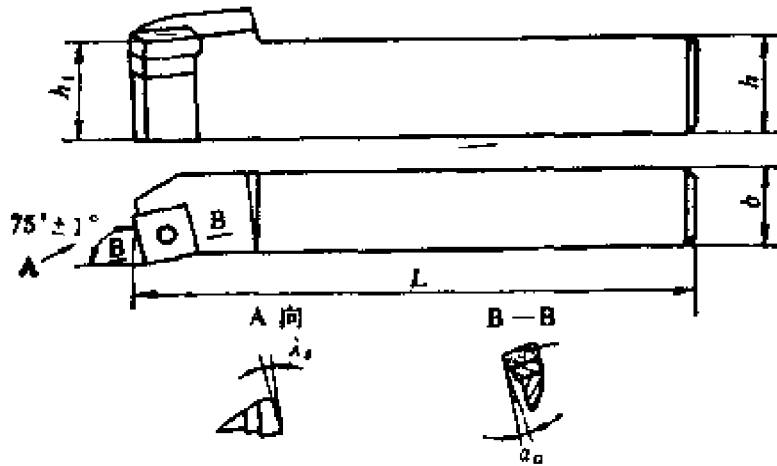
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α_o	λ_s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
RGNR2020-08	RGNL2020-08	20	0	20	± 0.26	20	0	125	0	6°	-4° -6°	
RGNR2020-10	RGNL2020-10											
RGNR2520-12	RGNL2520-12	25	-0.33	25	± 0.26	20	-0.33	150	-2.5			
RGNR2520-16	RGNL2520-16											
RGNR3225-20	RGNL3225-20	32	0	32	± 0.31	25	0	170	0			
RGNR3225-22	RGNL3225-22											
RGNR4032-25	RGNL4032-25	40		40		32		200				8°

表 11-50 装 TN 型刀片的 90° 偏头端面车刀



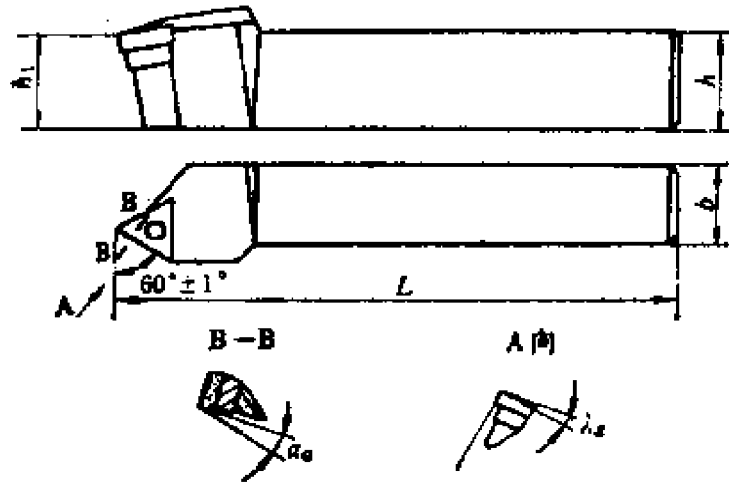
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h₁		b		L		α₀	λ	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
TFNR2020-16	TFNL2020-16	20		20				125		6°	-4°~ -6°	T16A 或 T16B
TFNR2520-16	TFNL2520-16	25	0 -0.39	25	±0.26	20	0 -0.39	150	0 -2.5			
TFNR2520-22	TFNL2520-22											T22A 或 T22B
TFNR3225-22	TFNL3225-22	32		32		25		170				
TFNR3225-27	TFNL3225-27											T27A 或 T27B
TFNR4032-22	TFNL4032-22	40	0 -0.39	40	±0.31		0 -0.39		0 -2.9			
TFNR4032-27	TFNL4032-27					32		200				T22A 或 T22B
												T27A 或 T27B

表 11-51 装 SN 型刀片的 75° 偏头端面车刀



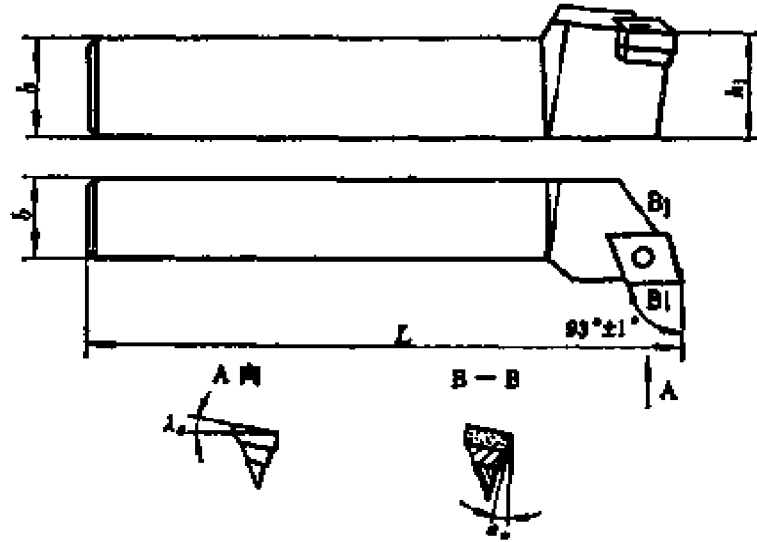
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _s	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
SKNR2020-09	SKNL2020-09	20		20		20	0	125	0	6°	-4° -6°	S09A 或 S09B
SKNR2020-12	SKNL2020-12											0
SKNR2520-12	SKNL2520-12	25		25		20	0	150	0			S15A 或 S15B
SKNR2520-15	SKNL2520-15											0
SKNR3225-15	SKNL3225-15	32		32		25	0	170	0			S15A 或 S15B
SKNR3225-19	SKNL3225-19											0
SKNR4032-15	SKNL4032-15	40		40		32	0	200	0			S15A 或 S15B
SKNR4032-19	SKNL4032-19											0

表 11-52 装 TN 型刀片的 60°偏头外圆车刀



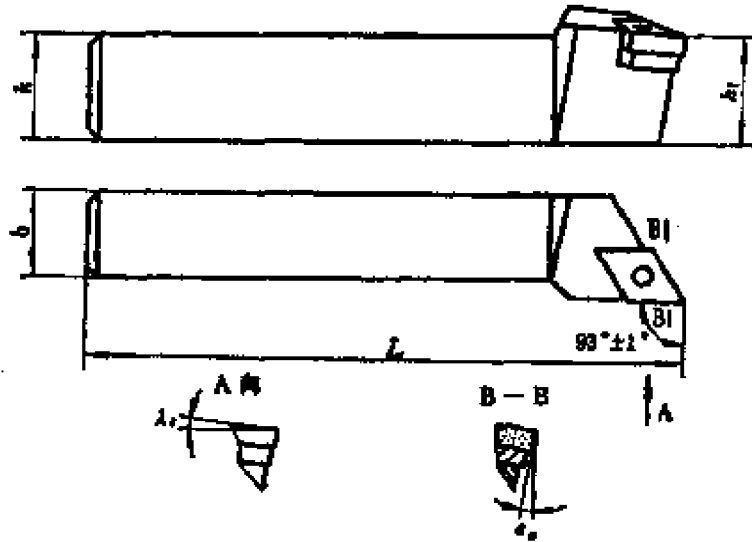
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _o	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
TTNR2020-16	TTNL2020-16	20		20		20		125		6°	-4° -6°	T16A 或 T16B
TTNR2520-16	TTNL2520-16	25	0 -0.33	25	±0.25	20	0 -0.33	150	0 -2.5			
TTNR2520-22	TTNL2520-22											T22A 或 T22B
TTNR3225-22	TTNL3225-22	32		32		25		170				
TTNR3225-27	TTNL3225-27											T27A 或 T27B
TTNR4032-22	TTNL4032-22	40	0 -0.33	40	±0.33	32	0 -0.33	200	0 -2.9			
TTNR4032-27	TTNL4032-27											T22A 或 T22B
												T27A 或 T27B

表 11-53 装 CN 型刀片的 93° 偏头仿形车刀



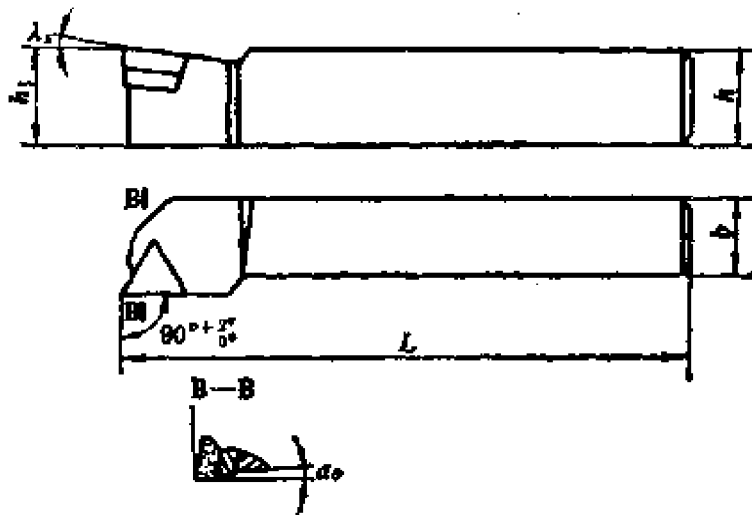
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号		
		h		h ₁		b		L		α _o	λ _s			
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差					
CJNR2520-12	CJNL2520-12	25	0 -0.33	25	±0.25	20	0 -0.33	150	0 -2.5	6°	-4° -6°	C12A 或 C12B		
CJNR2520-16	CJNL2520-16											C16A 或 C16B		
CJNR3225-12	CJNL3225-12	32		32		25		170				C12A 或 C12B		
CJNR3225-16	CJNL3225-16											C16A 或 C16B		
CJNR4032-16	CJNL4032-16		0 -0.33		±0.31		0 -0.33		0 -2.9					C19A 或 C19B
CJNR4032-19	CJNL4032-19	40		40		32		200						C19A 或 C19B

表 11-54 装 DN 型刀片的 93°偏头仿形车刀



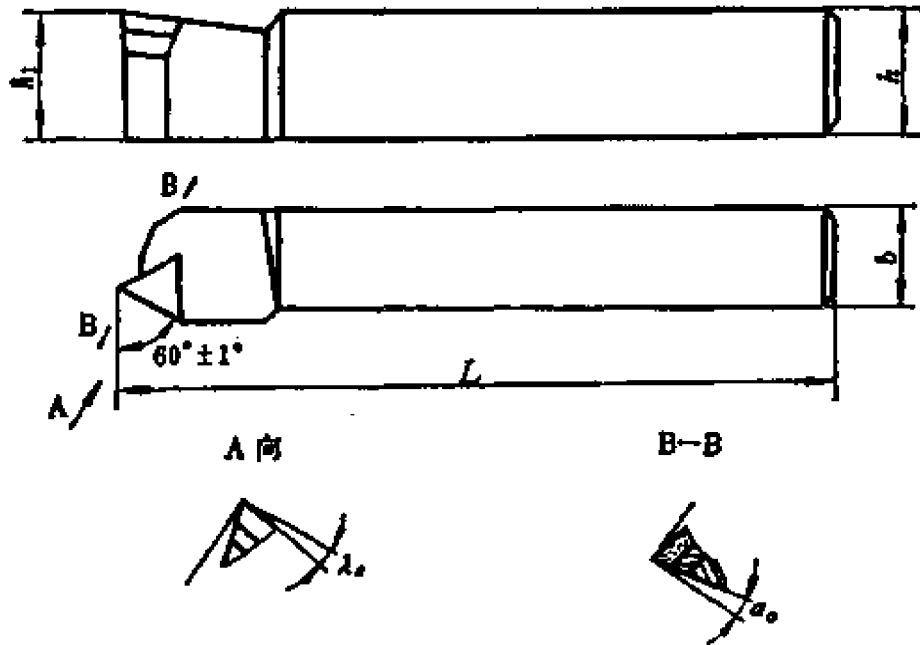
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _n	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
DJNR2520-1504	DJNL2520-1504	25	0 -0.33	25	±0.25	20	0 -0.33	150	0 -2.5	6°	-4° -6°	D15TA 或 D15TB
DJNR2520-1506	DJNL2520-1506											
DJNR3225-1504	DJNL3225-1504	32		32		25		170		6°	-4° -6°	D15TA 或 D15TB
DJNR3225-1506	DJNL3225-1506											
DJNR4032-1506	DJNL4032-1506	40	0 -0.33	40	±0.31	32	0 -0.33	200	0 -2.9	6°	-4° -6°	D19A 或 D19B
DJNR4032-1906	DJNL4032-1906											

表 11-55 装 TP 型刀片的 90°偏头外圆车刀



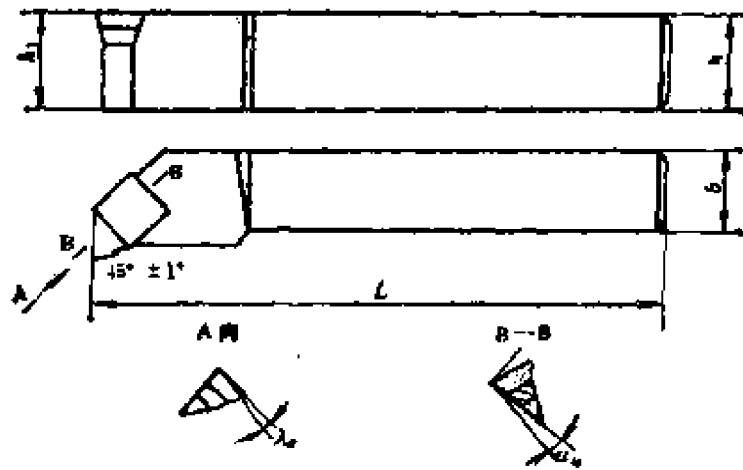
车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α ₀	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
TGPR1616-11	TGPL1616-11	16		16		16		100		6°	4°	—
TGPR2020-11	TGPL2020-11	20	0 -0.33	20	±0.26	20	0 -0.33	125	0			
TGPR2020-16	TGPL2020-16							150	-2.5			
TGPR2520-16	TGPL2520-16	25		25		20		150				
TGPR2520-22	TGPL2520-22											
TGPR3225-22	TGPL3225-22	32	0 -0.33	32	±0.31	25	0 -0.33	170	0 -2.9			

表 11-56 装 TP 型刀片的 60°偏头外圆车刀



车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _o	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
TTPR1616-11	TTPL1616-11	16		16		16		100		6°	6°	—
TTPR2020-11	TTPL2020-11	20	0 -0.33	20	±0.26	20	0 -0.33	125	0 -2.5			
TTPR2020-16	TTPL2020-16											
TTPR2520-16	TTPL2520-16	25		25		20		150				T16C
TTPR2520-22	TTPL2520-22											
TTPR3225-22	TTPL3225-22	32	0 -0.33	32	±0.31	25	0 -0.33	170	0 -2.9			T22C

表 11-57 装 SP 型刀片的 45° 偏头外圆车刀



车刀型号		主要尺寸 (mm)								参考角度		使用刀垫型号
		h		h ₁		b		L		α _n	λ _s	
右切车刀	左切车刀	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差			
SSPR1616-09	SSPL1616-09	16		16		16		100		6°	0°	—
SSPR2020-09	SSPL2020-09	20	0 -0.33	20	±0.26	20	0 -0.33	125	0 -2.5			T12C
SSPR2020-12	SSPL2020-12							170				T12C
SSPR2520-09	SSPL2520-09	25		25		20		150				T12C
SSPR2520-12	SSPL2520-12							170				T12C
SSPR3225-12	SSPL3225-12	32	0 -0.33	32	±0.31	25	0 -0.33	170	0 -2.9			T15C
SSPR3225-15	SSPL3225-15									T15C		

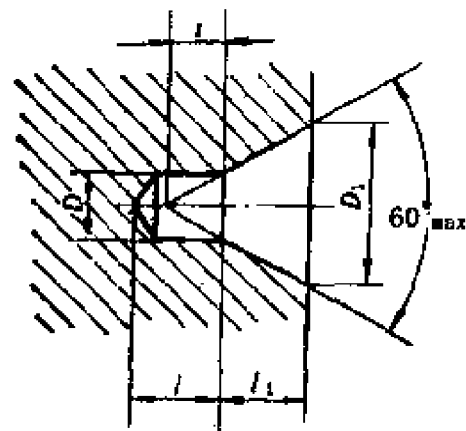
(4) 刀具的机械加工

1) 中心孔的加工：中心孔不仅是柄式刀具加工的工艺基准，而且也是它的检验基准和用钝后的刃磨基准。因此，对于它的加工质量有严格的要求。它不但要有很高的几何精度和表面质量，而且两端中心孔的中心线要严格与刀具的回转中心线重合。如果两端中心孔的中心线不同轴，在采用顶尖装夹工件时，便会使中心孔和顶尖接触不良而影响加工精度；如果中心孔与

刀具外圆不同轴，便会影响磨削加工余量的均匀性，不仅会使磨削加工余量增大，甚至会因磨不圆而造成废品。

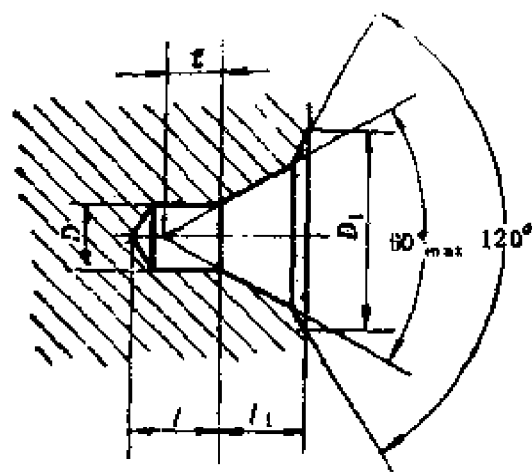
①中心孔的型式和尺寸：刀具的直径不同，所用的中心孔也不一样。一般中心孔的型式是 60° 锥面，对于一些复杂的精密刀具，为了保护 60° 锥面，还在锥面外加工有 120° 的保护锥；对于有些不带扁尾的锥柄刀具，为了使柄部更好地紧固在机床主轴的锥孔中，常常加工成带螺纹的中心孔。各种中心孔的型式和尺寸见表 11-58~表 11-61。

表 11-58 A 型（不带护锥）中心孔（GB145—85）(mm)



D	D ₁	参 考		D	D ₁	参 考	
		l ₁	l			l ₁	l
(0.50)	1.06	0.48	0.5	2.50	5.30	2.42	2.2
(0.63)	1.32	0.60	0.6	3.15	6.70	3.07	2.8
(0.80)	1.70	0.78	0.7	4.00	8.50	3.90	3.5
1.00	2.12	0.97	0.9	(5.00)	10.60	4.85	4.4
(1.25)	2.65	1.21	1.1	6.30	13.20	5.98	5.5
1.60	3.35	1.52	1.4	(8.00)	17.00	7.79	7.0
2.00	4.25	1.95	1.8	10.00	21.20	9.70	8.7

表 11-59 B 型 (带护锥) 中心孔 (GB145-85) (mm)

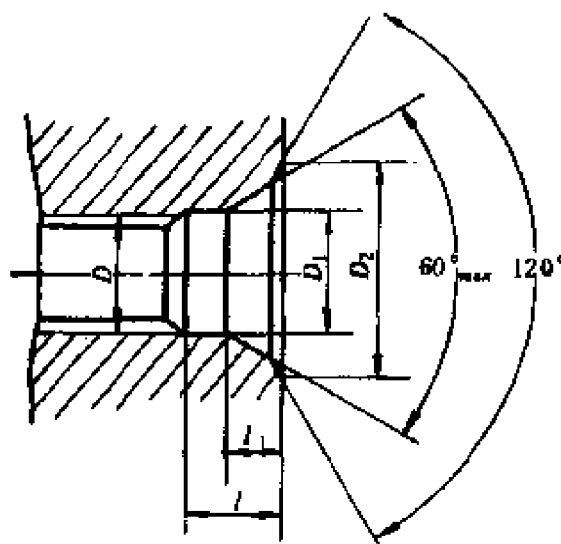


D	D ₁	参 考		D	D ₁	参 考	
		l ₁	t			l ₁	t
1.00	3.15	1.27	0.9	4.00	12.50	5.05	3.5
(1.25)	4.00	1.60	1.1	(5.00)	16.00	6.41	4.4
1.60	5.00	1.99	1.4	6.30	18.00	7.36	5.5
2.00	6.30	2.54	1.8	(8.00)	22.40	9.36	7.0
2.50	8.00	3.20	2.2	10.00	28.00	11.66	8.7
3.15	10.00	4.03	2.8				

注: 1. 尺寸 l 取决于中心钻的长度 l_1 , 此值不应小于 t 值。

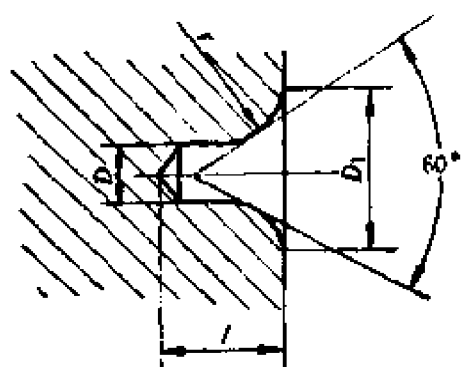
2. 括号内的尺寸尽量不采用。

表 11-60 C型 (带螺纹) 中心孔 (GB145-85) (mm)



D	D ₁	D ₂	l	参考	D	D ₁	D ₂	l	参考
				l ₁					l ₁
M3	3.2	5.8	2.6	1.8	M10	10.5	16.3	7.5	3.8
M4	4.3	7.4	3.2	2.1	M12	13.0	19.8	9.5	4.4
M5	5.3	8.8	4.0	2.4	M16	17.0	25.3	12.0	5.2
M6	6.4	10.5	5.0	2.8	M20	21.0	31.3	15.0	6.4
M8	8.4	13.2	6.0	3.3	M24	25.0	38.0	18.0	8.0

表 11-61 R型 (弧形) 中心孔 (GB145-85) (mm)



(续)

D	D ₁	l _{min}	r		D	D ₁	l _{min}	r	
			max	min				max	min
1.00	2.12	2.3	3.15	2.50	4.00	8.50	8.9	12.5	10.00
(1.25)	3.65	2.8	4.00	3.15	(5.00)	10.60	11.2	16.00	12.50
1.60	3.35	3.5	5.00	4.00	6.30	13.20	14.0	20.00	16.00
2.00	4.25	4.4	6.30	5.00	(8.00)	17.00	17.9	25.00	20.00
2.50	5.30	5.5	8.00	6.30	10.00	21.20	22.5	31.50	25.00
3.15	6.70	7.0	10.00	8.00					

注：括号内的尺寸尽量不用。

②中心孔的加工方法：在一般的机器制造中，中心孔常用复合中心钻钻出，这时在一次走刀中就能得到中心孔的圆柱面和圆锥面。但在刀具制造中，由于材料的硬度较高，如用复合中心钻加工中心孔，复合中心钻很容易折断。为了减少复合中心钻折断，一种措施是降低切削用量，另一种措施是先用钻头钻孔，然后再用中心钻加工出锥面。

为了防止钻中心孔时钻头偏移，在钻中心孔前，刀具毛坯端面必须平头，以保证端面垂直于刀具的轴心线。

在单件小批生产中，中心孔通常在车床或钻床上加工。在大批生产中，则在专用中心孔机床上加工。

另外，刀具中心孔在进行各种粗加工的过程中，难免会产生磨损和变形，特别是经过热处理后中心孔不仅会产生变形，而且还会有盐类和氧化皮。对这样的中心孔在精加工前必须进行研磨。研磨可在改装的台钻上进行，也可在车床上用硬质合金顶尖挤研或用铸铁棒研磨。

当在车床上用铸铁棒研磨时，首先将铸铁棒车成 60° 锥度，用机油调和研磨粉涂在铸铁顶尖锥面上，然后用尾架顶尖将刀具顶住。顶住的力不能太大，以能用手轻松转动为宜。主轴转速一般为 200~400r/min。研好一头后

再调头研另一头。粗研时，可用 100 号金刚砂；精研时应用 M20 或 M14 的特殊氧化铝研磨剂。如果要求更高的表面质量，在精研时还可用氧化铬研抛。

2) 刀具安装基准面的加工：刀具的安装基准面有内外圆柱面、内外圆锥面和平面三种。这些安装基面的精度和表面质量要求都很高，只有基准面做得准确，刀具的质量才能提高，所以基准面的加工非常重要。

①外圆柱面和外圆锥面的加工：外圆柱面的加工比较简单，一般热处理前的粗加工可在普通车床上进行。外圆锥面可用具有靠模装置的车床加工。

外圆柱面和外圆锥面的精加工可在普通外圆磨床或无心磨床上进行。在刀具的磨削过程中，刀具的安装基准面和刀具的工作部分，往往是分别加工的，因此磨削时要特别注意保证刀具的工作部分和安装基准面的同轴度。

②内圆柱孔、圆锥孔的加工：套式、盘式和片状刀具，在加工和使用中都是以圆柱孔或圆锥孔作为定位和安装基准的。圆柱孔和圆锥孔在热处理前可用钻孔、扩孔、铰孔或镗孔和拉孔的方法加工；热处理后可进行磨削和研磨加工。

③平面加工：热处理前的基准平面，可用刨、铣或磨进行加工。铣加工比刨加工的生产率高，但由于铣削时将产生较大的切削力和切削热，因此工件的变形较大。

热处理后的基准平面，必须进行磨削加工。平面的磨削有两种方式：一种是在立式平面磨床上以砂轮端面进行磨削，这种方式生产率高，但加工精度低，一般用于粗磨或要求不高的平面；另一种是在卧式平面磨床上用砂轮圆周面进行磨削，这种方法可达到很高的精度和表面质量。

3) 刀具方尾的加工：圆柱柄的刀具在柄尾上多做成方形，称为方尾。方尾的作用是传递切削力矩。

在小批生产中，刀具的方尾一般是在铣床上加工的。加工时，将带有方尾的刀具（如丝锥等）夹在专用夹具里，铣完两个面，夹具转 90° ，再铣另外两个面；或者将刀具夹在涨胎中，每铣完两个面，分度头转 90° ，再铣另外两个面。

铣小刀具的方尾可采用手动进给；而加工大刀具的方尾则需采用机动进给，进给量的大小因方尾的尺寸和材料而异，其值可参考表 11-62。

表 11-62 加工方尾时的进给量

方尾尺寸 (mm)		进 给 量 (mm/min)	方尾尺寸 (mm)		进 给 量 (mm/min)
宽	长		宽	长	
2.4	5	200	14.5	17	120
4.3	7	180	16	19	110
7	10	160	18	21	100
10	13	150	22	25	90
12	15	140	29	32	80
13	16	130	39	42	70

在大批生产中, 刀具的方尾可采用拉削的方法加工, 亦可采用自动机床加工。拉削时, 将刀具夹在立式拉床的夹具中, 用拉刀拉出方尾; 而在自动机床上, 则采用多刀同时对几把刀具的方尾进行加工, 因而具有很高的效率。

4) 刀具的刃磨: 刃磨是刀具制造中最终成形的加工阶段。刀具切削部分的形状、尺寸、几何角度和各刀面的表面粗糙度要求等都是通过刃磨来实现的。刃磨不仅是刀具制造过程中的一个重要环节, 而且也是刀具在使用过程中需要经常进行的工作。刀具刃磨质量的好坏不仅对刀具的切削性能和使用寿命起着决定性的作用, 而且对工件的加工精度和表面质量有很大影响。因此, 对刀具的刃磨质量有严格的要求。各种刀具经过刃磨后, 不但要具有合理的几何参数, 而且表面粗糙度也要达到要求。

①车刀的刃磨: 在单件和中、小批量生产中, 车刀一般由车工在砂轮机上刃磨, 刃磨质量较低; 而在大量生产中, 则由刃磨工在专用刃磨机床上进行集中刃磨, 刃磨质量较高。

(a) 高速钢车刀的刃磨: 一般采用碗形砂轮进行刃磨, 砂轮的材料为刚玉。刃磨时, 先磨主后面, 再磨副后面, 然后磨前面, 最后磨圆弧。圆弧可用手掌握磨出, 亦可利用专用夹具刃磨。

(b) 硬质合金车刀的刃磨

②手工刃磨: 因为在磨床上进行机械化刃磨时, 硬质合金车刀会对砂轮发生冲击, 容易产生裂纹, 所以一般采用手工刃磨。手工刃磨则可以较好的感觉到磨削的过程, 从而施加适当的压力。

刃磨硬质合金车刀, 一般分粗磨、精磨、研磨三道工序进行。粗磨时,

为了提高效率，通常使用砂轮的圆周部分进行刃磨，而精磨时则利用砂轮的端面进行刃磨，以保证车刀后面平整。刃磨时，车刀要沿砂轮的工作面缓缓移动，精磨后再进行研磨，经研磨的硬质合金车刀，其寿命可以提高很多。

⑥电解磨削：为了提高效率，避免产生裂纹，刃磨硬质合金车刀可采用电解磨削。刃磨时，电解液的流量要适当，并且要均匀地散布于刀具与磨轮之间。磨硬质合金车刀，一般采用金属结合剂金刚石磨具，粒度为 $60^{\#}$ ~ $120^{\#}$ ，磨削速度为 $12\sim 25\text{m/s}$ 。电解磨削的顺序一般是大面积先磨，小面积后磨；要求不高的表面先磨，要求高的表面后磨。

⑦麻花钻的刃磨：麻花钻的刃磨分为手工刃磨和机械刃磨两种。直径小于 20mm 的钻头，在砂轮机上用手工刃磨；直径大于 20mm 的钻头采用机械刃磨。

圆锥形刃磨法是应用比较广泛的机械刃磨法。此种刃磨法所用的机床和夹具有两种型式（图11-4）。A型和B型刃磨法都是将钻头安装在磨床工作台上的夹具里。刃磨时，钻头和夹具一起绕假想锥体的轴承（OO）旋转，同时钻头又沿其本身轴线方向向砂轮移进。这样，钻头的后面便被磨成了假想圆锥体的表面。

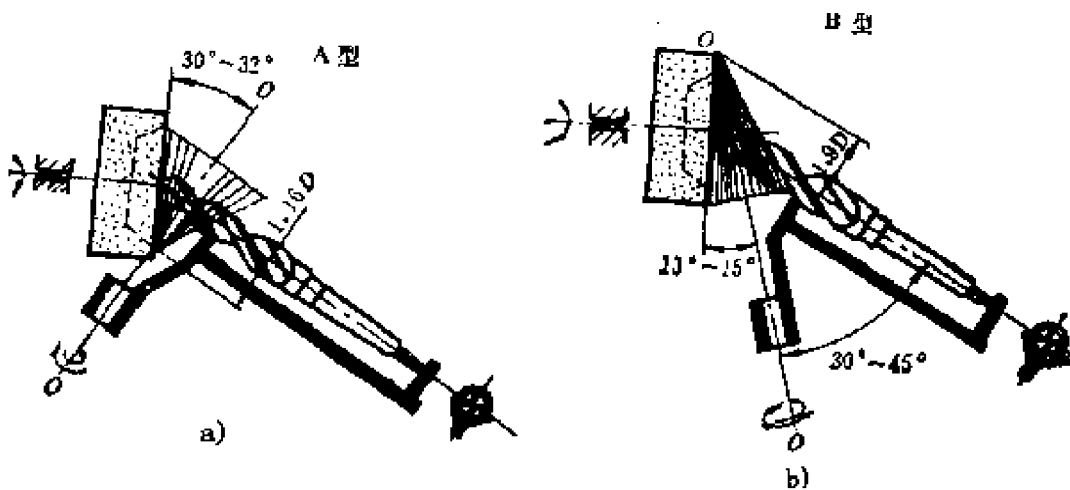


图 11-4 钻头圆锥刃磨法的两种型式

A型和B型两种刃磨法之间的区别，在于假想圆锥体轴线和钻头轴线的位位置不同。二者比较起来，B型刃磨法应用更为普遍。根据被加工材料的性能，B型刃磨法所用的锥形夹具要求钻头轴线与锥体轴线的夹角为 $30^{\circ}\sim$

45°。

③铰刀和铣刀的刃磨：铰刀和铣刀的形状非常相似，因而其刃磨方法也大同小异。铰刀和铣刀的刃磨一般在万能工具磨床上进行。刃磨时，柄式刀具直接安装在磨床的顶尖上，而套式刀具则安装在心轴上，心轴再安装在磨床顶尖上。一般采用平形砂轮、碗形砂轮或碟形砂轮进行刃磨。刃磨的顺序是先磨前面，再磨外圆，最后磨后面，对于铰刀的刃磨尤其要这样。否则，不是刀刃产生毛刺，就是因此而影响外径的精度。

有些铣刀还得磨端面，而成形铣刀则只需刃磨前面。

刃磨前面可用碟形砂轮或锥形平砂轮。砂轮的材料为白刚玉。粒度为 $40^\# \sim 60^\#$ 。刃磨后面是在磨外圆的基础上进行的，一般使用平砂轮的圆周部分或碗形砂轮的端面。刃磨时，一齿磨光后再磨下一齿，直至达到要求为止。

铰刀是精密刀具，对其刃磨质量有严格的要求。铰刀刃面的表面粗糙度 R_a 不得超过 $0.4 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。因此，不仅在刃磨时要用粒度较细的砂轮，而且刃磨后还要进行研磨。

④丝锥的刃磨：丝锥的刃磨主要是磨切削部分的前面，必要时才磨切削锥的后面。刃磨时，应保证前刀面的粗糙度 $R_a 0.80 \sim 0.40 \mu\text{m}$ ，切削锥的圆跳动量小于 $0.02 \sim 0.03 \text{mm}$ ，并且刃口不得有卷刃或烧伤现象。

丝锥前刀面的刃磨一般在万能工具磨床上进行。这时，将丝锥安装在分度盘的顶尖上用碟形砂轮或锥形平砂轮来磨，并且要用托板支着被磨刀齿的齿背。

切削锥后刀面的刃磨一般在专用磨床上进行，也可在万能工具磨床或外圆磨床上利用夹具进行。刃磨时，将丝锥安装在顶尖上，用宽砂轮对整个切削锥进行磨削。也可用成形砂轮直接磨出切削锥的后刀面。

(5) 刀具的钳工加工 工具钳工在刀具制造的过程中所担负的工作主要是：修配刀片槽、修整刀具的工作表面、锉倒棱、打毛刺、研磨前倾面和后隙面、装配及作标记等。

1) 修配刀片槽：对于组合刀具经常需要配准刀片槽，以便进行焊接和装配。下面以车刀为例来说明修配刀片槽的方法。

在焊接刀片以前，需将刀片和刀槽准备好。图 11-5 为准备好的刀槽在主截面中的情形：刀槽与水平面所成的角度应比规定的前角大 $2^\circ \sim 3^\circ$ 甚至

5°，这样磨刀时才方便。刀槽的宽度 B 要比刀片的宽度 b 大 2~3mm，否则焊好刀片后，刀片就会多悬出一块，这样多余的工
具钢就会白白地磨去。由于刀杆用其他材料做成，价格便宜，所以磨刀时应多磨刀杆少磨刀片。刀槽深度 H 要比刀片厚度 h 小 2~3mm，这样，焊刀片时才容易压紧刀片，磨刀时才少碰刀杆。另外，还必须把刀槽底部做成圆弧形，以减少应力集中现象。

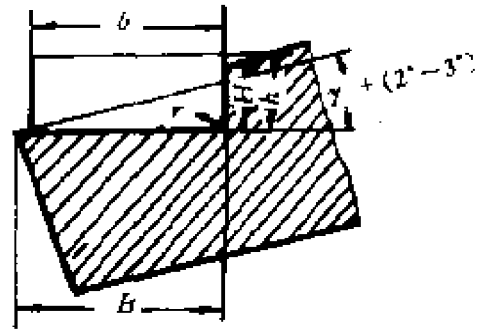


图 11-5 刀片的修配

刀片的毛坯应当经过选择，如果刀片是锻打的长条，就要注意主切削刃最好对准光边，决不可以切断边对准主切削刃，不然是很费料的（图 11-6）。

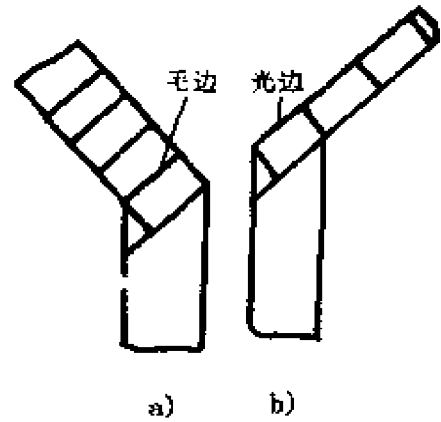


图 11-6 刀片毛坯的选择

a) 不正确 b) 正确

刀片要加工得平整光滑，它与刀槽必须配合得很好（可用着色法检验），否则焊完后会由于不平及空隙而影响焊接质量。

修配完以后，应用刷子把刀槽刷净，不许有锈、油和污物等。然后，把刀片和刀杆放在水中贮藏，以防焊接前氧化。

2) 刀具的研磨：为了提高刀具的精度和改善工作表面的质量，刀具上的重要表面需要进行研磨。经过研磨的刀具，寿命可提高 30%~40%。

研磨可以用研磨粉（磨料）、研磨膏或油石进行。

用研磨粉或研磨膏的时候，是把它涂在用铸铁或铜制成的研轮上。研磨时，用力不要过大，切削速度也不要太高（通常为 1~1.5m/s），并且研磨膏每研磨完 10~15 把切刀，就要更换一次。

用油石研磨的时候，通常是用手工进行。采用这种方法，不仅效率低，而且质量也较差。

研磨工具钢刀具和装有硬质合金及陶瓷刀片的刀具时，常用的磨料和研磨规范见表 11-63。

表 11-63 研磨刀具的磨料和研磨规范

刀具的材料	研磨性质	研 磨 工 具				
		名 称	磨 料	粒 度	结 合 剂	砂轮速度 (m/s)
工具钢	研 磨 修 整	铸铁砂轮 油	研磨剂 人造刚玉	粗及中 150~200	— 陶 瓷	1~1.5 —
硬质合金	研 磨 修 整	铸铁砂轮 砂 油	碳化硼 金刚石粉 绿碳化硅	M20~320 320 220~240	— 树 胶 陶 瓷	1~1.5 — —
陶瓷材料	研 磨	铸铁砂轮	碳化硼	180~320	陶 瓷	1.5~2.0

(6) 刀具的制造工艺流程

1) 车刀的制造工艺流程：车刀通常在工具车间制造。刀杆材料一般采用热轧扁钢。下面是焊有硬质合金刀片的弯头外圆车刀的制造工艺流程。

①下料：一般在铸床上切断毛坯；在大量生产中，可用偏心式冲床冲断毛坯。

②锻刀杆头部：根据车刀的形状可利用锻模进行锻造。锻造时，先弯刀头，再形成后角，最后消除毛边。

③退火。

④铣刀杆支承面：可在卧式铣床上用圆柱铣刀铣削，也可在立式铣床上用端面铣刀铣削。

⑤铣刀杆的上平面。

⑥铣刀杆的主后面。

⑦铣刀杆的副后面。

⑧铣硬质合金刀片槽：可在立式铣床上利用虎钳或专用夹具进行铣削。

⑨在砂轮机上对刀杆进行倒棱，并用细锉清除刀槽毛刺。

⑩作标记。

⑪焊硬质合金刀片：包括刀杆的硫酸处理、焊接和喷砂处理。

⑫在砂轮机上清除刀头上多余的焊料。

⑬刃磨。

2) 钻头的制造工艺过程：钻头一般由工具厂按大量生产的原则专门制造。由于工具厂拥有专用的高效设备并采取专业化生产方式，所以能在成本最低条件下制造出优质的钻头。

钻头的制造工艺根据钻头的类型和尺寸的不同而有所区别。下面介绍直径 10mm 以上高速钢直柄麻花钻的制造工艺。

为了节省贵重金属，这种钻头一般采用焊接型式：工作部分用高速钢制造，柄部用碳素钢制造。其制造工艺过程如下：

- ① 切断工作部分的毛坯，并在一端打中心孔。
- ② 切断柄部的毛坯。
- ③ 在砂轮机上磨平端面。
- ④ 在喷砂机上进行喷砂清理。
- ⑤ 在对焊机上对焊。
- ⑥ 退火。
- ⑦ 在车床上车去焊缝周围的飞边。
- ⑧ 车工作部分一端的端面，车时要留出中心孔。
- ⑨ 钻柄部一端的中心孔。
- ⑩ 车工作部分的外圆。
- ⑪ 车柄部。
- ⑫ 直径 12mm 以上的钻头要安装在车床顶尖上车颈部。
- ⑬ 在无芯磨床上通磨外圆。
- ⑭ 在钻头沟铣床上铣钻头沟和刃背。
- ⑮ 铣扁尾并清除毛刺。
- ⑯ 热处理。
- ⑰ 在无芯磨床上采用通磨法粗磨工作部分和柄部外圆。
- ⑱ 用硬橡胶轮抛光钻头沟。
- ⑲ 在无芯磨床上精磨工作部分和柄部的外圆。
- ⑳ 作标记。
- ㉑ 刃磨。

3) 铰刀的制造工艺过程：铰刀是对孔进行精加工的刀具，其应用十分广泛。铰刀通常采用焊接结构：工作部分用高速钢制造，柄部用碳素钢制造。下面介绍锥柄机用铰刀的制造工艺过程：

- ①在切断机床上切断工作部分的毛坯。
- ②切断柄部的毛坯。
- ③磨平工作部分的端面。
- ④磨平柄部毛坯的端面。
- ⑤车焊接用的颈部。
- ⑥在喷砂机上对毛坯进行喷砂清理。
- ⑦将工作部分和柄部焊接在一起。
- ⑧退火。
- ⑨车工作部分的端面。
- ⑩在中心孔机床上加工两端的中心孔。
- ⑪粗车工作部分、锥柄和颈部。
- ⑫精车工作部分和锥柄。
- ⑬车扁尾的外圆和端面；车工作部分的端面并倒棱。
- ⑭作标记。
- ⑮在卧式铣床上铣齿沟和扁尾并去毛刺。
- ⑯热处理。
- ⑰在中心孔磨床上磨中心孔。
- ⑱在万能工具磨床上刃磨前面。
- ⑲在外圆磨床上粗磨工作部分、锥柄和颈部。
- ⑳在外圆磨床上精磨工作部分和锥柄。
- ㉑在外圆磨床上磨工作部分的倒锥和切削锥。
- ㉒在万能工具磨床上刃磨后面。
- ㉓在万能工具磨床上研磨前面、后面和刃带。

4) 手用丝锥的制造工艺过程：手用丝锥一般用工具钢制造，其切削速度很低，对柄部和刃部的加工要求不高，淬火后齿形不磨。下面介绍 M7～M24mm 手用丝锥的制造工艺过程。

- ①校直。
- ②切断毛坯。
- ③铣或磨两端面。
- ④钻两端中心孔。
- ⑤车柄部外圆。

- ⑥车工作部分外圆。
- ⑦车柄部端面并倒棱。
- ⑧车工作部分的端面并倒棱。
- ⑨在无心磨床上磨工作部分的外圆。
- ⑩铣或拉方尾。
- ⑪作标记。
- ⑫在螺纹滚压机床上滚压螺纹。
- ⑬校直。
- ⑭车切削锥部分。
- ⑮在无心磨床上磨螺纹部分的外圆。
- ⑯在万能铣床上加工齿沟。
- ⑰去毛刺。
- ⑱校直。
- ⑲热处理（淬火、回火 HRC63~66）。
- ⑳抛光柄部和齿沟。
- ㉑在万能工具磨床上刃磨前面。
- ㉒铲磨切削锥部分。

(7) 刀具制造中应注意的问题

1) 刀具材料应满足各项质量要求，这是提高刀具使用寿命、保证刀具切削性能的重要条件。

2) 正确的几何角度是获得良好切削性能的重要因素，在刀具制造中应从工艺上予以保证：

①为了保证工作部分与装夹部分之间的位置精度，首先要加工好刀具的安装定位基准。

②在刀具齿槽和刀面的粗加工中，即应注意几何角度的准确，并给精加工留有适当的磨削余量。

③刀具刃磨时，应保证刀具的最终几何角度符合刀具设计要求。

3) 刀具的表面粗糙度，尤其是刀具工作部分的表面粗糙度，应符合刀具设计的要求。

4) 刀具热处理是保证刀具质量和使用寿命的重要环节。特别是高速钢等刀具材料的热处理工艺比较复杂，影响因素较多，生产中应正确制定和执

行工艺要求。

5. 刀具的翻新

为了延长使用寿命和节约钢材，每一种刀具，不论损坏程度如何，都应当设法再次利用。对损坏了的刀具进行修复使其可以利用的过程叫做翻新。刀具翻新不但可以节约劳动力，而且具有很大的经济意义。一般说来，翻新的刀具，其成本要比新制作的刀具便宜一半以上。

刀具翻新的方法，一种是恢复刀具原有的切削性能、规格和尺寸，另一种是将原刀具改制成其他刀具。兹分别介绍如下。

(1) 刀具的修复方法

1) 热处理法：由合金钢制作的刀具（如丝锥、螺纹铣刀等），如果其直径的磨损量很小（0.01~0.1mm），将它放在温度为170~250℃的油内加热，即可恢复到原来的直径。加热时间根据刀具的大小和磨损程度确定，其值见表11-64。

表 11-64 在油内加热的持续时间 (min)

刀具直径 (mm)	直径增大量 (μm)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	75	100
<10	3.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10~15	1.5	2.0	3.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—
16~25	1.3	1.8	3.0	3.5	4.0	5.0	—	—	—	—	—	—
26~35	1.1	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	—	—	—	—	—
36~45	1.0	1.5	1.8	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	—	—	—	—
46~60	0.8	1.2	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	—	—
61~75	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	4.0
76~100	0.5	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0

2) 镀铬法：正常磨损的工具（如铰刀、拉刀、丝锥、板牙、插齿刀等），如果磨损量不大，也可在工作表面镀上一层铬来恢复其原来的尺寸。镀铬后，其耐用度比新刀具的耐用度还要高。

3) 挤压法：一些磨损了的刀具（如铰刀、拉刀等）可用淬硬的钢滚挤

压刀齿（每边可挤高 $0.05\sim 0.1\text{mm}$ ）来增大其直径。挤齿后，经过加工和刃磨即可使用。

4) 锻打法：某些刀具（如镗刀块、铰钻刀片等）磨损后，可先将其加热到 900°C 以上，然后放在锻模中锻打，将刀具锻大。锻打后在砂内冷却、退火，并进行淬火、回火及刃磨。

5) 堆焊法：损坏的刀具（如车刀、铣刀、拉刀等）可采用堆焊高速钢的方法增大其尺寸；掉齿的刀具可重新堆焊上刀齿。堆焊前，应将刀具加以退火，除去内应力，然后清除掉堆焊处的尖角，使其成为适合焊接的形状；堆焊后要进行回火、加工、淬火与刃磨。

(2) 各种刀具的翻新

1) 锉刀的翻新：翻新锉刀可利用电解法。方法是把旧锉刀放在稀硫酸中，通以高电流、低电压的直流电，保持适当的时间，使磨钝的圆角腐蚀成尖角。

电解前，先将锉刀上的铁锈、切屑、油泥等杂物去掉。然后，把洗净的锉刀放在盛有 10% 稀硫酸的铅槽中，锉刀接阳极，铅槽接阴极，并通以 5V 、每平方毫米 $4\sim 5\text{A}$ 的直流电，保持 $2\sim 6\text{min}$ 。电解后，把锉刀放入 2% 的氢氧化钠水溶液中进行中和并洗净后即可使用。

2) 锯条的翻新

①修磨锯齿法：当锯齿磨损不大并且还留有一部分锯齿的时候，可以采用修磨锯齿的方法（图11-7）进行翻新。修磨时，首先将砂轮修整成与锯齿相同的形状（可以一边带斜或两边带斜），然后把锯条平放在板上（平板两端装有定位块和定位销），用手推动锯条进行操作，顺次刃磨锯条各齿。一根锯条可进行三四次修磨。

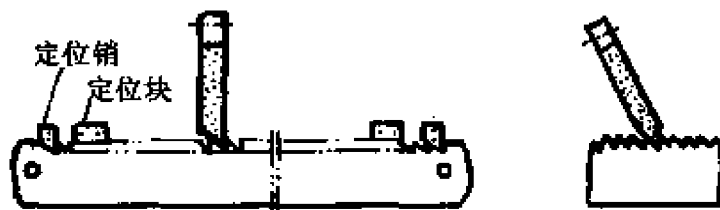


图 11-7 修磨锯齿

②重新车齿法：锯条经过几次修磨以后，锯齿渐渐磨平，这时候就需要

重新车齿进行翻新。

车齿前首先需将锯条进行退火处理，并去掉已磨损的旧齿，然后在车床上利用夹具切制新齿。车完齿还要将锯齿拨斜，并经淬火和回火处理后方可使用。

3) 铰刀的翻新：铰刀可以用刃磨的方法进行翻新。如果铰刀的切削部分磨损了，可将铰刀退火，切断磨损部分，然后再热处理并刃磨工作部分。磨损得较严重的铰刀也可以用磨深齿沟的方法，将原来铰刀的直径减小些，翻新成另一种尺寸的铰刀。

(3) 各种刀具的改制

1) 钻头的改制：有些钻头在多次重磨以后，按它的长度来说已不适合在规定的工序中使用，这时候应利用它剩余的工作部分改制为其他刀具，如立铣刀、键槽铣刀、中心钻等。

用钻头改制的铣刀，其耐用度很高，可以加工铸铁、铝件及其他有色金属合金等。

2) 板牙的改制：已经不能再用的尺寸较大的板牙可以改制成圆形刨刀。改制的情形如图 11-8 所示。先把板牙磨出需要的前角 γ 和后角 α ，再把它装在刀杆上，并用螺钉、螺帽和垫圈固紧即可使用。

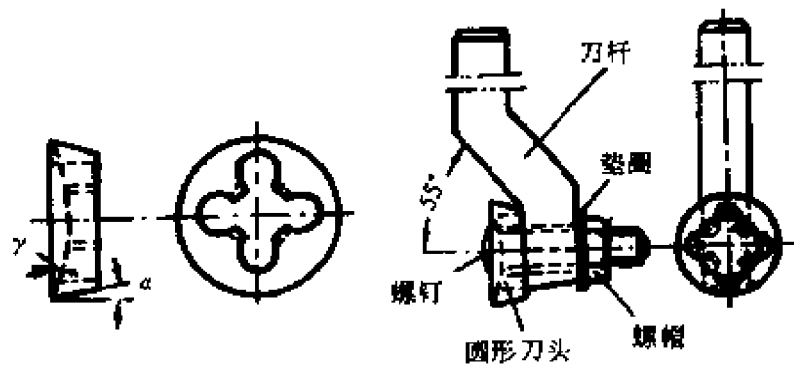


图 11-8 用板牙改制的刨刀

其他如铣刀改为车刀、丝锥改为中心冲、锉刀改为刮刀等等都属于刀具的改制。

为了便于决定采用某种翻新和改制刀具的方法，表 11-65 中列举了各种刀具翻新和改制的典型实例。

表 11-65 刀具的磨损和损坏的类型及其翻新和改制的方法

刀具名称	磨损与损坏的类型	翻新或改制的方法
带硬质合金或高速钢 刀片的切刀	刀片断裂 工作部分断裂	去掉旧刀片，然后焊上新刀片，或用高速钢切屑废料熔补 将刀杆改锻成新毛坯，刀槽机械加工，焊上刀片或用高速钢废料（切屑）熔补
镗刀	工作尺寸磨损或在切削刃上有缺口	熔补切削刃或微粗，然后刃磨
钻、铤钻、铰刀、丝锥、立铣刀	柄部折断 扁尾损坏或受伤 方尾损坏或受伤	焊上新柄或装在专用卡套中使用；亦可粘接在锥套中使用；经粗加工后，供尺寸较小的柄部损坏的刀具粘接用 熔补扁尾；焊新扁尾；镀铬并磨削 熔补方尾；焊新方尾；磨制方尾
套式铰刀、铤钻、铣刀	孔磨损	焊塞；孔镀铬

二、量具的制造和修理

1. 量具的材料

(1) 对量具材料的要求

- 1) 量具材料应具有良好的耐磨性和抗腐蚀性，以保证其使用寿命；
- 2) 材料要具有较好的切削性能，以便在加工时能得到需要的表面粗糙度；
- 3) 热处理性能要好，并且在热处理后，其变形要小，淬透性要好，脱碳层要小；
- 4) 材料的稳定性要好，保证在较长的使用和保存期间不发生变形；
- 5) 材料的线胀系数要小于被检验工件材料的线胀系数，以减少因温度变化而引起的测量误差。

(2) 常用量具的材料 目前用于制造量具的材料有渗碳钢、碳素工具钢、合金工具钢和渗氮钢等几类。各种材料的特点和使用范围见表 11-66。

表 11-66 常用量具的材料

类别	材料牌号	特 点	制造的量规名称
渗碳钢	15, 20, 15Cr, 20Cr, 15CrMn	经渗碳淬火后, 表面具有一定的硬度, 中部金属较软, 便于校正	板状卡规、模锻卡规、样板及不完整的塞规等
碳素工具钢	T7, T8	硬度高, 耐磨性好, 但热处理变形大	样板、需镀铬的量规
	T10A, T12A	硬度高, 耐磨性好, 热处理变形小	光滑量规、螺纹量规
合金工具钢	CrMn, CrWMn, 9CrWMn, Cr12MoV	硬度和耐磨性高, 抗蚀性好, 热处理变形小, 但稳定性差	光滑量规、螺纹量规、花键量规
	Cr12, GCr15	很高的硬度、耐磨性和抗蚀性, 热处理变形小	螺纹量规、花键量规量块
渗氮钢	38CrMnAlA, 38CrMoAlA	渗氮后, 表面具有极高的硬度和耐磨性、稳定性好, 内应力小, 中部金属韧性好	形状复杂和淬火后不能磨削的量规和样板

2. 常用量具的制造

(1) 样板的制造 样板是检查、确定工件尺寸、形状和位置的一种量具。由于它常作成板状, 并且使用的方法是将其本身的轮廓形状与被检查的工件相比较, 所以称之为样板。

样板按其工作型面的形状, 分为普通样板和复杂样板两类。普通样板的工作型面主要由直线或圆弧组成, 而复杂样板的工作型面则由直线、圆弧和其他各种复杂曲线组成。

样板的制造方法一般有三种: 手工加工方法主要由工具钳工用手工制作; 机械加工方法是采用精密磨床和各种夹具进行加工; 电加工方法主要是用电脉冲线切割机床加工。

1) 手工加工样板的一般工艺过程: 手工加工需要淬火的样板, 其制造的一般工艺过程如下:

- ① 剪切板料、截下毛坯。
- ② 矫正毛坯: 在平板或压力机上矫正。

③粗磨样板的正面和背面：为便于划线和把样板集合成组，必须将它在平面磨床上进行粗磨。

④铣或锉样板的两条侧棱成 90° 。

⑤划样板轮廓线：以两条侧棱为基准，划出样板的所有轮廓。如果样板采用集合成组加工，则只需划出成组中的第一块轮廓即可。

⑥把样板集合成组：如果样板是单件制造，则不必进行这一工序。在成批制造时，可采用虫胶片液进行胶合。在集合样板时，必须使所有样板的侧棱在平板上靠齐。

⑦按划线粗加工型面：可在立式铣床或牛头刨床上加工，也可由工具钳工用锯、锉或钻排孔的方法进行加工。

⑧精加工型面：用什锦锉锉光样板型面。这时，要留出研磨余量。在成批制造时，为使样板在热处理后仍能按照拆开以前的次序集合，必须在样板的侧面用三角锉刀锉两条深度不超过 0.3mm 的印痕，然后再拆开样板。

⑨热处理：对样板进行淬火、回火和时效处理或进行渗碳、淬火、回火和时效处理。

⑩校正样板：用手锤或压力机进行矫正。

⑪清理样板：用煮沸法或喷砂法清理。

⑫精磨或打光样板的正面和背面。

⑬表面发兰处理。

⑭手工研磨型面：用研具或油石进行研磨。

⑮拆开样板，倒去各边毛刺。

⑯型面倒角：用平面磨床或工具磨床在型面上磨出倒角，以形成狭口。如果型面很复杂，则倒角应在热处理前用锉刀锉出。

⑰标刻线、作标记：用腐蚀法或电刻法在样板平面上作出。

⑱检验：对样板的尺寸精度和型面的粗糙度进行检验。

2) 样板的加工余量：平面样板的毛坯，一般用钢板切成。其厚度应比样板的厚度稍大些：当样板尺寸小于 200mm 时，毛坯厚度要大 $0.5\sim 1\text{mm}$ ；当样板尺寸大于 200mm 时，毛坯厚度要大 $1\sim 2\text{mm}$ 。

样板轮廓尺寸的总加工余量见表 11-67。

样板经粗加工后，留给工具钳工的精加工余量列于表 11-68。对于形状较复杂的样板，表中的数值应再增加 $20\%\sim 50\%$ 。

表 11-67 样板的总加工余量 (mm)

轮廓尺寸	每边余量	
	最小	最大
50 以下	1	2
50~100	1.5	2.5
100~150	2	4
150~200	3	4
200~250	4	5
250 以上	5	7

表 11-68 样板型面的精加工余量 (mm)

平面长度	宽 度		
	100 以下	100~200	200 以上
	每边余量		
100 以下	0.1	0.15	0.2
100~250	0.15	0.20	0.25
250~500	0.25	0.30	0.35
500 以上	0.30	0.35	0.40

工具钳工在淬火前留给淬火后的研磨余量，一般为 0.03~0.08mm。对于淬火时变形较大的样板，所留的研磨余量应大些。

3) 样板型面的加工

①粗加工：样板型面的粗加工，余量较大，为减轻劳动强度、提高效率，应尽可能采用机械加工方法。

(a) 钻排孔：当样板型面的某些部位难以用手工锯削时，可采用钻排孔的方法（图 11-9）。加工

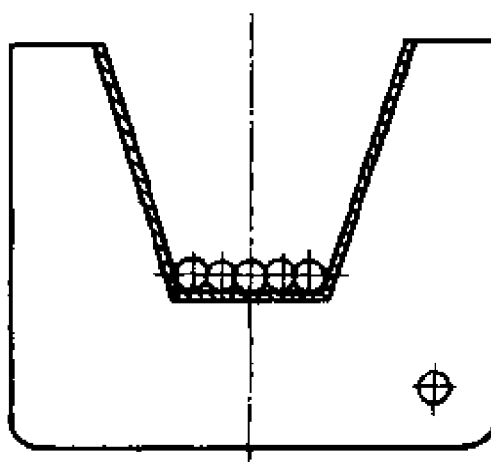


图 11-9 钻排孔粗加工样板型面

时，孔的间距应当是孔与孔相交。这样，钻孔后才能把余料取下。当钻封闭的排孔时，必须仔细确定钻孔直径，否则会使最后一孔不能与邻孔相交，而使余料断不下来。

(b) 用带锯：当锯割封闭的内孔时，需预先在适当位置钻出穿锯孔，并将带锯条剪断，一端穿入孔内，然后将带锯的两端在带锯机的专用附件上进行焊接、回火及磨平。

在一个成型孔内应考虑只穿一次带锯，在带锯条不能转弯或锯不到的地方，要预先钻孔，在有圆弧的转角处也必须钻与其半径相同的孔。

②精加工：样板型面上的凹圆弧首先用镗孔的方法在坐标镗床上进行加工，然后由工具钳工对淬火后的凹圆弧利用研磨和打光的方法进行精加工。

样板型面上的凸圆弧可用靠模法进行精加工（图 11-10）。首先在每个凸圆弧的中心镗出一个小孔（其直径可等于凸圆弧的半径 R ），在小孔中压入一个靠模。靠模必须经淬火处理，其大端直径为 $2R$ （如果精加工后还需研磨，则应留研磨余量）。然后用锉刀精加工样板的凸圆弧，直至与靠模大端的圆柱面碰上为止。

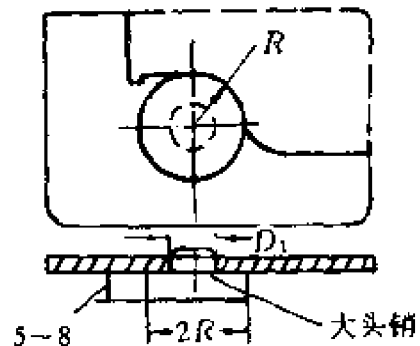


图 11-10 用靠模法加工凸圆弧

样板的圆弧面也可在万能工具磨床上采用成型砂轮磨削方法进行精加工。但是，这种方法，通常只适合于加工半径较小的圆弧面。

4) 样板的研磨：淬火以后的样板，需用各种不同的研具进行研磨。研具有可动的和不动的两种。可动的研具在研磨的过程中，只是研具在样板上移动，其结构形状不一定和样板型面完全一样。常见的可动研具如图 11-11 所示。不可动研具（图 11-12）在研磨过程中，只是样板在研具上移动，所以研具的形状必须和样板型面的一部分形状或全部形状相对应。有时也可能在研磨过程中，样板和研具都要运动。例如，在钻床上研磨圆弧时，研具作旋转运动，样板用手拿着沿研具作上下直线运动。

在实际工作中，工具钳工还广泛采用各种形状的油石来研磨样板。因为它比使用研具和磨料要方便得多。

5) 样板的检验：样板在研磨后必须进行检验，检验方法有以下几种：



图 11-11 可动研具

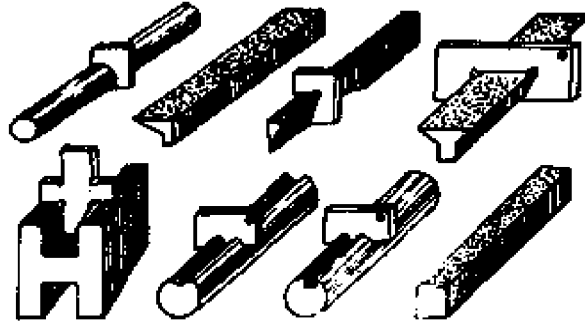


图 11-12 不可动研具

①用万能量具检验：在样板检验中，尽可能采用万能量具。常用的万能量具有千分尺、百分表、量块、角度量块、正弦规、刀刃检验直尺及各种辅助用的量棒等。

②用校对样板和分样板检验：当样板制造的数量较多，而且测量面又较复杂，用万能量具检验较困难时，可采用此种方法。校对样板是在样板加工完成后，用来检验全部型面的；而分样板则是在加工过程中，用来检验样板某一部分型面的。

③用划线法检验样板：它和按划线制造样板一样。

④用光学仪器检验：光学仪器用于检验型面形状特别复杂而精度要求又特别高的样板。常用的光学仪器有工具显微镜、万能显微镜和投影仪等。

(2) 卡规和板形量规的制造 卡规用于检验轴类零件的外径尺寸。卡规（特别是板状卡规）和检验直线尺寸用的板形量规属于同一类型。因此，我们主要讨论板状卡规的制造。

1) 板状卡规（图 11-13）制造的一般工艺过程

①下料。

- ② 矫正。
- ③ 粗磨正面和背面。
- ④ 划轮廓线。
- ⑤ 钻孔。
- ⑥ 铣内外形状和工作面
(工作面留磨削余量)。
- ⑦ 去毛刺、倒角。
- ⑧ 热处理：淬火、回火、时效或渗碳、淬火、回火、时效。
- ⑨ 精磨背面和正面。
- ⑩ 磨工作面 (留研磨余量)。

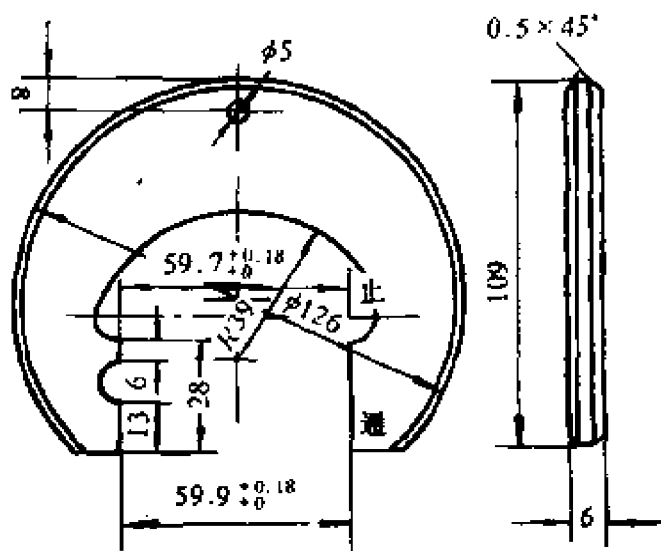


图 11-13 板状卡规

- ⑪ 研磨工作面。
- ⑫ 作标记。
- ⑬ 检验。

2) 板状卡规的制造方法

① 毛坯制造：成批和大量生产板状卡规时，其毛坯是用渗碳钢或 T8 钢在冲床上冲制而成的，但在小批和单件生产中则用锯或剪切机按线切下毛坯，并用铣、钻、锉等方法进行加工。无论是冲制或锯、剪毛坯，都必须进行矫正。

② 工作面的加工：如果是冲制毛坯，可直接用锉刀进行加工，否则可在工作面轮廓边缘上钻密排的孔，然后铣或锯开，再用锉刀加工。卡规的工作面也可在卧式铣床或工具铣床上进行加工，铣削对工作面所留的磨削余量见表 11-69。

表 11-69 卡规的磨削余量 (mm)

尺寸间隔	最小磨削余量
3~10	0.28
10~30	0.32

(续)

尺寸间隔	最小磨削余量
30~50	0.35
50~120	0.40
120~180	0.45

卡规的工作面经磨削后还需进行研磨，研磨余量见表 11-70。

表 11-70 卡规的研磨余量 (mm)

量规的尺寸间隔	磨削后的研磨余量	
	1, 2 级	3, 4 级
<10	$0.020^{+0.003}_0$	$0.016^{+0.003}_0$
10~30	$0.022^{+0.003}_0$	$0.018^{+0.001}_0$
30~50	$0.025^{+0.001}_0$	$0.20^{+0.001}_0$
50~80	$0.025^{+0.001}_0$	$0.020^{+0.001}_0$
80~120	$0.027^{+0.001}_0$	$0.022^{+0.001}_0$
120~180	$0.027^{+0.001}_0$	$0.022^{+0.001}_0$
180~250	$0.030^{+0.002}_0$	$0.025^{+0.002}_0$
>250	$0.035^{+0.005}_0$	$0.025^{+0.005}_0$

卡规工作面的研磨方法有手工研磨和机械研磨两种。

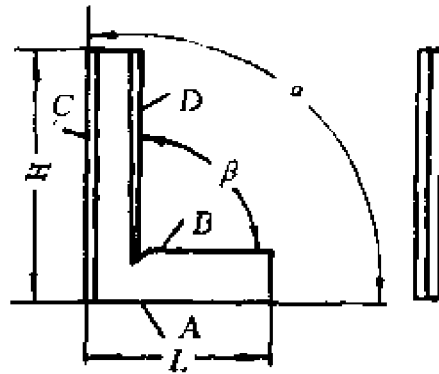
手工研磨时，应分粗研磨和精研磨两个步骤。粗研磨可采用扁的铸铁研具涂上 W20 的铬刚玉研磨剂进行。粗研磨后应留精研磨余量 0.003~0.005mm。精研磨可采用 W5 以下的铬刚玉作研磨剂。经过手工精研磨的卡规，精度可达 0.001mm。

卡规工作面的机械研磨一般在车床或专用设备上进行。研磨时，弹簧以一定的压力将研磨盘压向卡规的工作面，卡规装在机床的拖板上，沿垂直于机床顶尖轴线方向自动地前后移动。

(3) 90°角尺的制造 90°角尺是用来检验零件垂直度和划垂直线的工具。

1) 90°角尺的精度要求

表 11-71 90°角尺的精度要求



角尺 长边 尺寸 H (mm)	类别		精度等级		工作角 α β 在长度 H 上的垂直 度偏差 \pm (μm)		侧面对支 承面长度 H 上的垂 直度偏差 \pm (μm)		长边工作 面的平面 度和平直 度偏差 \pm (μm)			短边工作 面的平面 度偏差 \pm (μm)			短边工作 面在长度 L 上的平 面度偏差 \pm (μm)			圆弧工作 面在 1.5° 内 直线偏差 \pm (μm)		
	0	1	2	0 和 1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	50~63	3	6	13	50	150	1	1.5	3	1	2.5	5	2	7	16	0.75	1.5	2		
80	3	7	14	50	150	1	1.5	3	1	2.5	5	2	9	18	0.75	1.5	2			
100	3	7	15	50	150	1	1.5	3	1.5	2.5	5	3	9	18	0.75	1.5	2			
125	3	8	17	60	180	1	1.5	3	1.5	3	6	3	10	20	0.75	1.5	3			
160	4	8	18	60	180	1	1.5	3	1.5	3	6	3	10	20	0.75	1.5	3			
200	4	9	20	70	200	1	2	4	1.5	3	6	3	12	25	0.75	1.5	3			
250	5	10	20	80	240	1	2	4	2	3.5	7	3	12	30	1.5	3	4			
315	5	11	25	80	240	1.5	2.5	5		4	8	4	14	30	1.5	3	4			
400		13	30	100	300		3	6		4.5	10		16	40	2	4	6			
500		15	35	100	300		3.5	7		5	10		20	40	2	4	6			
650		18	40	130	400		4	8		6	12		24	50						
800		20	50	160	500		5	10		7	15		30	60						
1000		25	60	190	600		6	12		8	16		35	70						

(续)

角尺 长边 尺寸 H (mm)	类别 精度等级			工作角 α, β 在长度 H 上的垂直 度偏差 $\pm (\mu\text{m})$		侧面对支 承面长度 H 上的垂 直度偏差 $\pm (\mu\text{m})$		长边工作 面的平面 度和平直 度偏差 $\pm (\mu\text{m})$			短边工作 面的平面 度偏差 $\pm (\mu\text{m})$			短边工作 面在长度 L 上的平 面度偏差 $\pm (\mu\text{m})$			圆弧工作 面在 1.5° 内 直线偏差 $\pm (\mu\text{m})$			
				0	1	2	0和1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	1200			70					700			15			20			90		
1600			90					800			20			25			100			
2000			100					1000			25			30			120			

注：1. 平面度和平直度的偏差，是以工作面（平面或母线）上各点距理论平面（或直线）的最大距离来确定的。工作面的最高和最低点以理论平面相对称。

2. 表中所示长边的平面度和平直度偏差，适用于整体形样板角尺的宽边。

3. 平样板角尺、宽底座样板角尺和整体样板角尺的工作角在将角尺自中间位置向两边转 150° 时，其误差不得超过表中所规定的数值。

4. 三级精度的 90° 角尺，其技术要求表中未列入。

2) 90° 角尺（见表 11-71 中之图）制造的一般工艺过程

- ① 锻造毛坯。
- ② 退火。
- ③ 刨二平面、内外垂直面及砂轮越程槽。
- ④ 倒毛刺和棱边。
- ⑤ 淬火、回火和时效。
- ⑥ 矫正。
- ⑦ 磨二平面。
- ⑧ 磨内、外垂直面及 C 、 D 斜面。
- ⑨ 研磨内、外垂直面。

3) 90° 角尺的研磨：在 90° 角尺制造的工艺过程中，内、外垂直面研磨是非常关键的工序。

根据技术要求 A 面和 C 面、 B 面和 D 面应互相垂直， A 面和 B 面、 C 面和 D 面应互相平行（见表图 11-71）。其研磨步骤和方法如下：

- ① 研磨 A 面：用双手捏持角尺的两侧面，平稳地用力推动角尺作纵向

和横向移动，进行研磨（如图 11-14a 所示）。在研磨过程中，应随时注意观察和检查研磨的质量：一般平直度可用双斜面平尺以光隙法检验，垂直度用角尺配合标准平尺进行检验。

②研磨 B 面：研磨 B 面可按图 11-14b 所示的方法进行。由于研磨时工件无法在整个平板上作研磨运动，故其平整度和表面粗糙度较难达到要求。这时可用皮革垫盖工件两侧面后夹持在平口钳上，然后用板条研具作直线往复运动进行修整。

③研磨 C 面：C 面的研磨方法见图 11-14c。由于 C 面是 $R \leq 0.2\text{mm}$ 的圆弧面，且研磨量很小，故应在研磨过程中随时检查，以防研磨过量。

④研磨 D 面：D 面的研磨方法见图 11-14d。由于 D 面也是圆弧面，且与 B 面一样只能在平板的边缘上进行研磨，所以应用较薄的软铜作成垫套，套住已磨好的 B 面，避免 B 面碰撞擦伤。

(4) 铸铁平尺的制造

1) 对铸铁平尺的技术要求

①铸铁平尺应采用优质细密的灰铸铁或合金铸铁制造。其工作面和侧面的硬度应达到 HB170~220；

②铸铁平尺应经过稳定性处理和去磁；

③铸铁平尺工作面的表面糙度 R_a 值应不大于 $2.5\mu\text{m}$ ；

④经过刮削的铸铁平尺，在 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 面积内的接触点数应不少于 25 个（00 和 0 级）或 20 个（1 和 2 级）；

⑤铸铁平尺工作面的直线度公差和工作面对侧面的垂直度公差均应达到规定的要求。

2) 桥形铸铁平尺的制造工艺过程

①清理铸件。

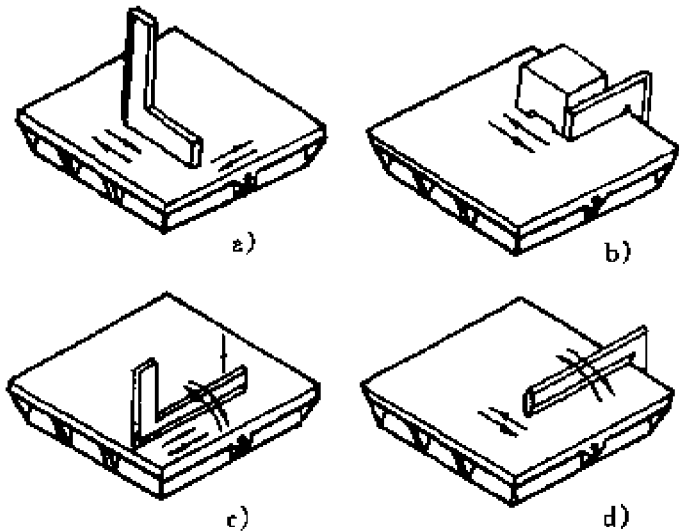


图 11-14 90°角尺的研磨方法

- ②粗刨工作面。
- ③在立式铣床上铣端面。
- ④退火（在 550℃ 温度下）。
- ⑤精刨工作面。
- ⑥时效处理。
- ⑦在平面磨床上磨工作面。
- ⑧锉斜棱。
- ⑨刮研工作面（可采用三平尺互刮法）。
- ⑩作标记。
- ⑪非工作面涂漆。
- ⑫工作面涂油。

(5) 塞规的制造

1) 对塞规制造工艺过程的基本要求

- ①要保证塞规工作部分的尺寸公差和几何形状公差；
- ②要达到规定的表面粗糙度；
- ③保证塞规在使用期限内尺寸的稳定性（制造塞规用的材料要不变形）；
- ④具有高的耐磨性；
- ⑤所需的制造时间要最少。

2) 塞规的制造工艺过程：塞规属于光滑极限量规，它具有多种型式。工厂中最常用的塞规是锥柄圆柱塞规。锥柄圆柱塞规的材料一般是碳素工具钢或合金工具钢。下面介绍成批生产中用棒料作毛坯的锥柄圆柱塞规（测头）的制造工艺过程。

①下料。

②车端面和柄部外圆：直径小的可采用自动车床加工；直径稍大的可采用转塔车床或普通车床加工。

③车测头端面。

④车测头端凹槽。

⑤钻两端中心孔。

⑥车测头外圆并倒角。

⑦车柄部锥体。

⑧热处理：对于工具钢制作的塞规，其热处理过程是加热至 780℃

810℃，在水中淬火，然后放入已预热至150℃的油槽中时效处理，在150~170℃温度下保持3h。

- ⑨修磨中心孔。
- ⑩磨测头端面。
- ⑪磨柄部锥体。
- ⑫作标记。
- ⑬在外圆磨床上粗磨测头外圆并倒棱。
- ⑭精磨测头外圆。
- ⑮研磨测头外圆：可在研磨机上采用机械研磨法进行。
- ⑯清洗。

有些工厂对塞规的光整加工不用研磨而采用抛光的方法。在抛光前，将测头外圆进行精磨，保证尺寸精度和几何形状精度，然后用棉纱轮和磨料进行抛光。

研磨或抛光后，有时还要进行镀铬，以提高塞规工作表面的耐磨性。

(6) 量块的制造 量块是工具制造业中不可缺少的重要精密量具之一。它的形状虽然很简单，但技术要求却非常严格。因此，它在制造上和一般量具不太相同，而具有一些特殊的工艺。

1) 量块制造的工艺过程

- ①制作毛坯：2.5mm以下的毛坯，用冲压冷轧带料的方法制作；3~100mm的毛坯，用条钢在铣床上切断而成。
- ②矫直毛坯：弯曲允差0.15mm。
- ③粗磨平面：3mm以下的量块，只留0.2mm的研磨余量；3mm以上的量块尚需留0.25~0.36mm的精磨余量。
- ④铣各窄面：在卧式铣床上利用夹具进行铣削。
- ⑤热处理：先将量块淬火，再进行水冷处理（-78℃），最后回火和人工时效。
- ⑥清理：喷砂或清洗。
- ⑦磨各窄面：在平面磨床上利用夹具进行。
- ⑧精磨测量面：精磨后测量面的弯曲不大于0.005mm，并且要留出一定的研磨余量。
- ⑨倒棱：在平面磨床上用专用夹具磨倒角。

- ⑩退磁：如果量块是在磁力工作台上磨削的，则必须进行这道工序。
- ⑪第一次研磨测量面。
- ⑫清洗。
- ⑬第二次研磨测量面。
- ⑭清洗。
- ⑮清理量块的非测量面及倒棱。
- ⑯清洗。
- ⑰腐蚀标记。
- ⑱腐蚀层中和。
- ⑲清洗。
- ⑳第三次研磨测量面。
- ㉑清洗。
- ㉒精研磨和抛光测量面。
- ㉓防锈处理：将量块放入 10% 的亚硝酸液中浸 5~10min，然后取出擦干，再用航空汽油擦拭。
- ㉔配组、包装。

2) 量块的研磨

①研磨工作室应具备的条件

- (a) 工作室应清洁、干燥、明亮；
- (b) 工作室应具有良好的通风条件。室内湿度要不超过 50%~60%；空气温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；
- (c) 室内应备有三块嵌有研磨剂的铸铁研磨平板和必要的研磨夹具；
- (d) 工作室应配备一定的测量设备和仪器，如平晶、干涉显微镜、一级精度的刀刃检验角尺、立式光学比较仪等。

②研磨方法和研磨剂：研磨量块的方法有两种：干研和湿研。

(a) 干研：是用汽油将平板擦干净后，利用平板上压入的金刚砂来研磨。其优点是量块表面易平且耐磨，缺点是量块表面的色泽光亮度易成为黑色，并且容易被烧伤。此外，平板不清洁，量块表面容易出纹路，而且研磨效率低。

(b) 湿研：是在平板上加上混合研磨剂进行研磨。湿研效率高，并且量块表面的色泽光亮如镜。但当研磨剂过厚时，量块表面易形成中间高的现

象。

研磨量块时所用的研磨剂见表 11-72。

表 11-72 研磨时使用的研磨剂

工 序	研 磨 剂 的 规 格	润 滑 剂
第一次研磨	W20 铬刚玉	煤油和硬脂
第二次研磨	浸有航空汽油的 W10 铬刚玉	
第三次研磨	浸有航空汽油的 W5 铬刚玉	
超精研磨	浸有航空汽油的 W1 铬刚玉	

③研磨余量：量块的研磨一般分 4 次进行。为防止量块在研磨过程中由于研磨量过大而造成发热和便于控制量块的尺寸与表面质量，每次研磨后所留的研磨余量见表 11-73。

表 11-73 量块的研磨余量

尺寸范围 (mm)	中心长度留量 (μm)		
	第一次研磨后	第二次研磨后	第三次研磨后
< 3	5	1-1.5	0.2
3-10	5	1.5-2	0.5
10-30	10	5-8	1.5-2
30-100	10	7-9	3-5

3) 量块的抛光：为了使测量面间有足够的吸附力，量块的表面质量要求极高。要达到这样高的质量要求，无论采用哪种研磨方法，都是相当困难的。因此，必须采用抛光的方法。

抛光时，将量块固定在夹具内，使被抛光的表面高出夹具底面 0.3mm 左右。用手将量块压向抛光轮（抛光轮用铺有法兰绒的铸铁盘制成，其转速约在 400r/min 左右）。为了不影响量块的研合性，抛光时用力不可过大，时间不宜过长。抛光剂采用氧化铁和氧化铝的混合液。

3. 量具的修理

量具在使用过程中会逐渐被磨损，当磨损超过规定公差的时候，量具就要报废。但是，由于制造量具的成本较高，所以很有必要来研究一下修理量具的各种方法。

(1) 常用修理方法

1) 加工法：所谓加工法，就是把已磨损量具的工作表面重磨和研磨为

原来尺寸相近的一定尺寸。

例如，直径小于 50mm、已磨损的光滑塞规的修理，就是把它重磨为较小的尺寸，再加以研磨的。但是由于重磨和研磨的加工余量不能太小，所以研磨后的尺寸比原来的尺寸最少要小 0.1~0.15mm。

同样，磨损了的螺纹量规也可以用加工法重磨和研磨为同样螺距的较小直径的螺纹量规。

改制的量具必须把旧的标记去掉，把新的工作尺寸和精度等级重新标上。

2) 矫正法：所谓矫正法，就是首先把量具的工作部分退火，然后用钳工手锤敲打磨损的部位，使该部分的金属向恢复尺寸的方向适当延展（延展量根据磨损的情况确定），而后恢复到原来的尺寸。

例如，磨损了的样板和板状卡规就可利用矫正法进行修理：首先矫正，然后对工作表面进行锉光、磨光和研磨，使之恢复到原来的尺寸。

为了防止变形，经过矫正的量具，最好在室温下保持 10d 以上，然后进行修复。

3) 热处理法：用工具钢和合金钢制造的量具大多数都经过淬火和回火。淬火钢的马氏体组织中常有一定量的所谓残余奥氏体。奥氏体是一种不稳定的组织，经过热处理它会变为马氏体，在转变组织的过程中，将产生晶体的体积增大。

如果量具在油槽中加热至 200℃，保持 2h，再在温度为 20℃ 的水中冷却，则量具的体积将增大。对于尺寸大于 2.5mm 的量具，特别是 40~100mm 者，将会有显著的增长，有时达到 0.03~0.04mm，这完全能满足修复量具的要求。

当体积的增长量超过量具磨损量的时候，则需通过精磨和研磨，使量具恢复到原来的尺寸。

4) 镀铬法：如果量具的磨损较严重或其工作面上有明显的缺陷（压痕、划伤等）时，可采用镀铬法进行修理。修理时，先将尺寸磨小 0.05~0.1mm，然后根据需要镀上一层厚为 0.1~0.15mm 的铬层，最后将量具研磨到原来的尺寸（每边留作研磨的镀铬层应不小于 0.006mm）。

(2) 量块修理 鉴于量块的修理具有重大的经济意义，下面着重加以介绍。

1) 量块修理的主要项目

- ①恢复中心长度；
- ②恢复研合度；
- ③恢复平面平行度；
- ④减小公称尺寸。

2) 修理方法：恢复量块的中心长度可采用热处理法。通过热处理可使量块的尺寸增大。一般40mm以上的量块能增大0.01~0.02mm，有时甚至能增大到0.03~0.04mm，这就达到了已磨损量块的修复量。

恢复量块的研合度和平面平行度可采用研磨法。研磨的方法和制造量块时基本上相同。

减小量块的公称尺寸，主要用在量块表面的缺陷（如压伤、划伤等）不能用热处理法和研磨法消除的时候。其方法如下：

10mm以下的量块，可以在磨床上磨小些，留下0.002~0.003mm的研磨余量，然后进行手工研磨。

20mm以上的量块，为了符合于量块的使用成套性，可用薄片砂轮切下一段，再经过磨削和研磨，成为另一尺寸（如30mm改为20mm等）的量块。

公称尺寸减小了的量块，要在精研以前，重新标上新的公称尺寸。方法是：在量块表面涂上一层蜡，刻字后加以浸酸即可，但旧的标记应先去掉。

三、 夹具的制造和修理

1. 概述

夹具是机械加工过程中用以减轻工序劳动强度、提高效率和加工质量的一种装置。夹具的制造和修理是工具钳工的一项重要工作内容。

(1) 夹具的分类 夹具按使用工序的不同分为机床夹具、热处理夹具、焊接夹具、检验夹具和装配夹具等几个大类，每个大类又分为许多小类。

机床夹具按照使用机床形式的不同分为车床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具、铣床夹具、刨床夹具、齿轮加工机床夹具和其他机床用夹具等许多种。

夹具按照其适用的范围又可分为通用夹具（也叫万能夹具）、专用夹具

(为某一工序的加工而专门设计的)和可调式夹具。

可调式夹具在使用时,只需调整或调换夹具中的个别零件,就能加工各种大小不同、形状相似的工件,因此经济效果较好。可调式夹具又分为标准化夹具、成组夹具和组合夹具几种。

1) 标准化夹具:标准化夹具是利用标准化、规格化零件装配而成的一种夹具。它具有设计简单、制造方便、生产周期短、造价低廉等优点。当产品更换,夹具不再使用时,一般可以拆开,把各种标准零件分别入库,备后使用。

2) 成组夹具:成组夹具是根据安装方法类似的一组零件而设计的一种夹具。它只要稍作调整或调换夹具上的某些定位、夹紧元件,就能从加工某一种工件转变为加工另一种工件。

3) 组合夹具:组合夹具又叫积木式夹具。它是由一套专门设计、制造、便于组装和拆卸的有各种不同形状、不同尺寸规格以及高度互换性和耐磨性的标准元件和合件组成的。利用这些元件和合件,根据加工工艺的要求,可以组装成各种不同的机床夹具。

组合夹具的特点是:适用面广,能按加工工序的不同要求组装出各种夹具;制造周期短(约为专用夹具制造周期的1/2。);造价低廉(仅占专用夹具的1/20)。因此,组合夹具广泛应用于车、钻、镗、铣、刨、磨等各种机械加工工序中,特别是适用于产品品种变化较大的生产场合。

各种组合夹具能达到的位置精度见表11-74。

表 11-74 组合夹具所能达到的位置精度

夹具类型	位 置 精 度	偏差值 (mm)
钻夹具	1. 钻铰两孔的孔距误差	± 0.03
	2. 钻铰两孔垂直度和平行度误差	0.03/100
	3. 钻铰圆孔的孔距误差	± 0.03
	4. 钻铰上下孔的不同轴度误差	0.03
	5. 钻铰孔与平面的不垂直度误差	0.05/100
	6. 钻铰斜孔的角度误差	$\pm 2'$
镗夹具	1. 镗两孔的距离误差	± 0.02
	2. 镗两孔的垂直度、平行度误差	0.01/200
	3. 镗两孔的不同轴度误差	0.01
铣、刨夹具	1. 铣、刨斜面的角度误差	$\pm 2'$
	2. 铣、刨两面的垂直度、平行度误差	0.02/100

(续)

夹具类型	位置精度	偏差值 (mm)
磨夹具	1. 磨斜面的角度误差 2. 磨两面的垂直度、平行度误差 3. 磨孔与基面的垂直度、平行度误差	$\pm 30''$ $0.01 \sim 0.02/100$ $0.01 \sim 0.02/100$
车夹具	以平面为定位基准车孔	± 0.03
	1. 孔与基准平面距离误差 2. 孔与基准平面的垂直、平行度误差	$0.01 \sim 0.02/100$
	以孔为定位基准车孔	± 0.02
	1. 孔与基准孔距离误差 2. 孔与基准孔平行度误差	$0.01/100$
	3. 孔与基准孔垂直度误差	$0.02/100$

(2) 夹具的作用

1) 保证加工精度：由于工件上各有关表面的相互位置精度是通过夹具来保证的，所以加工后能得到较高的位置精度。

2) 扩大机床的使用范围：在机床不足的情况下，采用夹具能扩大其使用范围。如在车床上设置镗孔夹具或磨头，即可进行镗削和磨削工序。

3) 提高生产率、降低成本：采用夹具可省去划线工序，缩短工件定位和夹紧时间，减少加工时间，因此能提高劳动生产率、降低成本。

(3) 夹具的组成 各种夹具尽管用途不同，结构形式也多种多样，但一般都由以下几个部分组成：

1) 定位元件或定位装置：其用途是使工件的基准面与刀具间获得正确的相对位置。

2) 夹紧元件或夹紧机构：用来夹紧已安装好的工件，并保证工件在夹紧和受切削力作用下不改变它在夹具中的原来位置和产生变形；

3) 导向元件或导向装置：用来引导或确定刀具与工件的相对位置；

4) 夹具体：它是夹具的基础，在基座上安装着夹具的所有元件或部件；

5) 辅助元件或辅助部件：它们的作用是加速工件在夹具中的装卸或形成加工时所必须的辅助运动（如分度机构和回转机构等）。

一般要组成一套夹具，定位、夹紧元件和夹具体是必备的。而导向元件和辅助元件则要视夹具的作用而定。

2. 工件的定位

在进行机械加工时，必须先把工件放在夹具上，使它在夹紧前获得正确的位置，这就叫工件的定位。定位是通过工件的定位基准和夹具的定位元件

或定位装置的相互配合来实现的。工件的定位必须符合工件定位原理。

凡直接承受工件定位基面的夹具零件叫定位元件。定位元件不仅应具有良好的工艺性，以便于制造、装配和修理，而且其工作表面应尽可能小，并具有较高的耐磨性、硬度和刚度，以便能长期保持夹具的定位精度。

常用定位元件的定位情况见表 11-75。

表 11-75 常用定位元件所限制的自由度

工件定位基准面	定位元件	相当支承点数	限制自由度情况
平面	宽长定位板	3	一个移动，两个转动
	窄长定位板	2	一个移动，一个转动
	定位钉	1	一个移动
圆柱孔	长圆柱销	4	两个移动，两个转动
	短圆柱销	2	两个移动
	短削边销	1	一个移动
圆锥孔	短圆锥体	3	三个移动
	长圆锥体	5	三个移动，两个转动
	前后顶针联合使用	5	三个移动，两个转动
圆柱体	长 V 形块 长圆柱孔	4	两个移动，两个转动
	短 V 形块 短圆柱孔	2	两个移动
	三爪卡盘	夹持工件较短时	2
夹持工件较长时		4	两个移动，两个转动
圆锥体	短圆锥孔	3	三个移动
	长圆锥孔	5	三个移动，两个转动

3. 工件的夹紧

工件在加工过程中，由于受切削力或工件本身重量的作用，常发生位移或振动，因此必须用适当的力将其夹紧，夹具中用来夹紧工件的装置叫夹紧机构。常用的夹紧机构有螺旋夹紧机构、偏心夹紧机构、杠杆夹紧机构、压板夹紧机构、弹簧夹紧机构、定心夹紧机构、联动夹紧机构等。

由于夹紧机构的好坏直接影响着加工精度、表面质量和加工效率，所以它必须满足下列要求：

- 1) 夹紧时不应破坏工件在定位时的位置；
- 2) 夹紧力应当是最小的，但又必须是足够的，以保证在加工时工件位

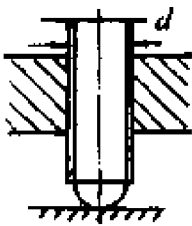
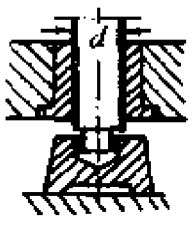
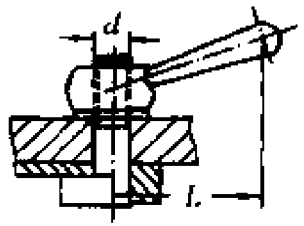
置不发生变化；

3) 夹紧机构的操纵要省力、方便而且安全。

夹紧力的大小，应根据工件的大小、定位方法、切削力的大小及夹紧力和切削力相互作用的方向来确定：过大会使工件变形；过小则可能因不足以抵抗切削力、惯性力和重力而夹不紧工件，造成工件报废，甚至发生安全事故。因此夹紧力必须适当。

常用螺旋夹紧机构和偏心夹紧机构的夹紧力见表 11-76 和表 11-77。

表 11-76 螺旋夹紧机构的夹紧力

类型	简 图	螺纹公称直径 d (mm)	手柄长度 L (mm)	作用力 Q (N)	产生的夹 紧力 F (N)
螺 杆 端 面 为 球 面		10	120	25	4200
		12	140	35	5700
		16	190	65	10600
		20	240	100	16500
		24	310	130	23000
螺 杆 端 面 为 球 头 (配压块)		10	120	45	4000
		12	140	70	5800
		16	190	100	8500
		20	240	100	11000
		24	310	150	14600
带 柄 螺 母		8	50	50	2060
		10	60		1990
		12	80	80	3540
		16	100		4210
		20	140	100	4700

(续)


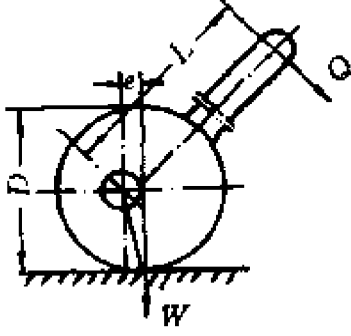
类型	简图	螺纹公称直径	手柄长度	作用力 Q	产生的夹
		d (mm)	L (mm)	(N)	紧力 F (N)
用扳手的六角螺母		10	120	45	3570
		12	140	70	5420
		16	190	100	8000
		20	240		8060
		24	310	150	13030

表 11-77 圆偏心轮夹紧机构的夹紧力

简图	偏心轮直径 D (mm)	偏心距 e (mm)	力臂 L mm	作用力 Q (N)	夹紧力 W (N)
	32	1.7	80	150	2090
	40	2	95	150	2020
	50	2.5	120	150	2040
	60	3	150	150	2120
	70	3.5	160	150	1940
	80	5	190	150	1880
	160	6	210	150	1680

4. 夹具的制造

(1) 夹具零件的材料 正确选择夹具零件的材料, 进行必要的热处理, 对提高夹具的精度和使用寿命、降低制造成本有着很大的意义。选择制造夹具零件材料的时候, 应当考虑被加工工作的生产规模、夹具加工工序的性质以及零件的尺寸和它在夹具中所起的作用。

常用夹具零件的材料及其热处理要求见表 11-78。

(2) 夹具制造的特点 一套夹具至少由几个零件、甚至几十个或上百个零件组成, 所以制造夹具时, 除了加工好所用的零件外, 还必须把这些零件很好地装配在一起。

由于夹具零件的标准化, 绝大部分的零件都可以用机械加工的方法来完

成，所以工具钳工对零件加工的工作量很小，主要是刮削夹具体的基面或定位表面、研磨支承表面和把零件上的锐边倒圆以及打毛刺、钻孔、攻丝等。并且这些工作有一部分还可能在装配时进行。如果没有坐标镗床或其他镗孔设备的话，钻模板、夹具体和分度盘上的一些精密孔也要由工具钳工来加工。

表 11-78 常用夹具零件的材料和热处理要求

零件名称	材 料	热 处 理 要 求
夹具体、支架、轴承座 各类角铁、低速轴承衬套	HT150 或 HT200	回火时效处理
V 形块	20 钢 长×宽>30×50 时	渗碳 0.8~1.2mm 淬硬 HRC58~62
	45 钢 长×宽<30×50 时	淬硬 HRC45~50
心轴	45 钢 (≤φ50 时)	淬硬 HRC45~50
	20 钢 (>φ50 时)	渗碳 0.8~1.2mm 淬硬 HRC55~60
弹簧筒夹	T10A	工作部分淬硬 HRC55~60 其它部分淬硬 HRC40~45
偏心轴、偏心轮	20 钢	渗碳 0.8~1.2mm 淬硬 HRC58~62
顶 尖	T8A	淬硬 HRC58~62
缺口分度盘	T10A	调质 HBS250~300 缺口淬硬 HRC55~60
定位板	20 钢	渗碳 0.8~1.2mm 淬硬 HRC60~64
定位销	T7A	淬硬 HRC55~60
钻套、靠模	T10A	淬硬 HRC60~64
对刀块	20 钢	渗碳 0.8~1.2mm 淬硬 HRC60~64

夹具的技术条件和基准尺寸主要通过工具钳工装配来保证，所以装配也是工具钳工在夹具制造中的主要工作。

(3) 夹具主要零件的制造

1) 夹具体：夹具体是用来将夹具的各个部分联结成为一个整体的零件。通过夹具体工件得以定位紧固，并且夹紧其他元件，也使整个夹具固定在机床上。

①对夹具体的要求

(a) 夹具体应有足够的刚性和强度，以保证在加工过程中不发生振动和变形；

(b) 夹具体的结构应当紧凑，并且形状尽量简单，便于制造；

(c) 各主要工作面应有符合要求的精度和表面粗糙度，以满足工件的定位要求和保证加工质量；

(d) 它应使工件装卸方便，使用安全；

(e) 其安装应稳定牢靠。

②夹具体毛坯的制造

(a) 铸造：铸造的夹具体刚性最好。它很容易作成要求的形状，并且能长久地保持精度。但其缺点是制造毛坯所需的时间较长。

(b) 焊接：焊接夹具体毛坯一般采用轧制钢。焊接比用铸造和锻造方法制造毛坯都要来得迅速，但焊接之后一定要经过退火处理。

(c) 用标准化零件装配：当加工件经常变化时，最快的方法是利用标准化的型铸件来制造装配式夹具体的毛坯。

③夹具体加工的工艺过程：采用铸造、焊接和装配的毛坯制成的夹具体，其一般加工工艺过程如图 11-15 所示。

2) 钻模板：制造钻模板的主要要求是：必须保证放置钻套孔的精度；孔的中心线彼此应严格平行并垂直于钻模板的底面；各孔间的距离要有精确的坐标尺寸。

前两个要求可以靠加工刀具和机床精度来保证，而要达到孔距的精确尺寸，最好在坐标镗床上来加工，但如果缺乏这种设备，也可由工具钳工在精密钻床上来完成。

工具钳工加工精密钻模板孔常用的方法如下：

①按精密划线加工：钻模板的精密划线可参考本手册第七章中所介绍的划线方法进行。按精密划线加工出的孔，其孔距误差可控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内。

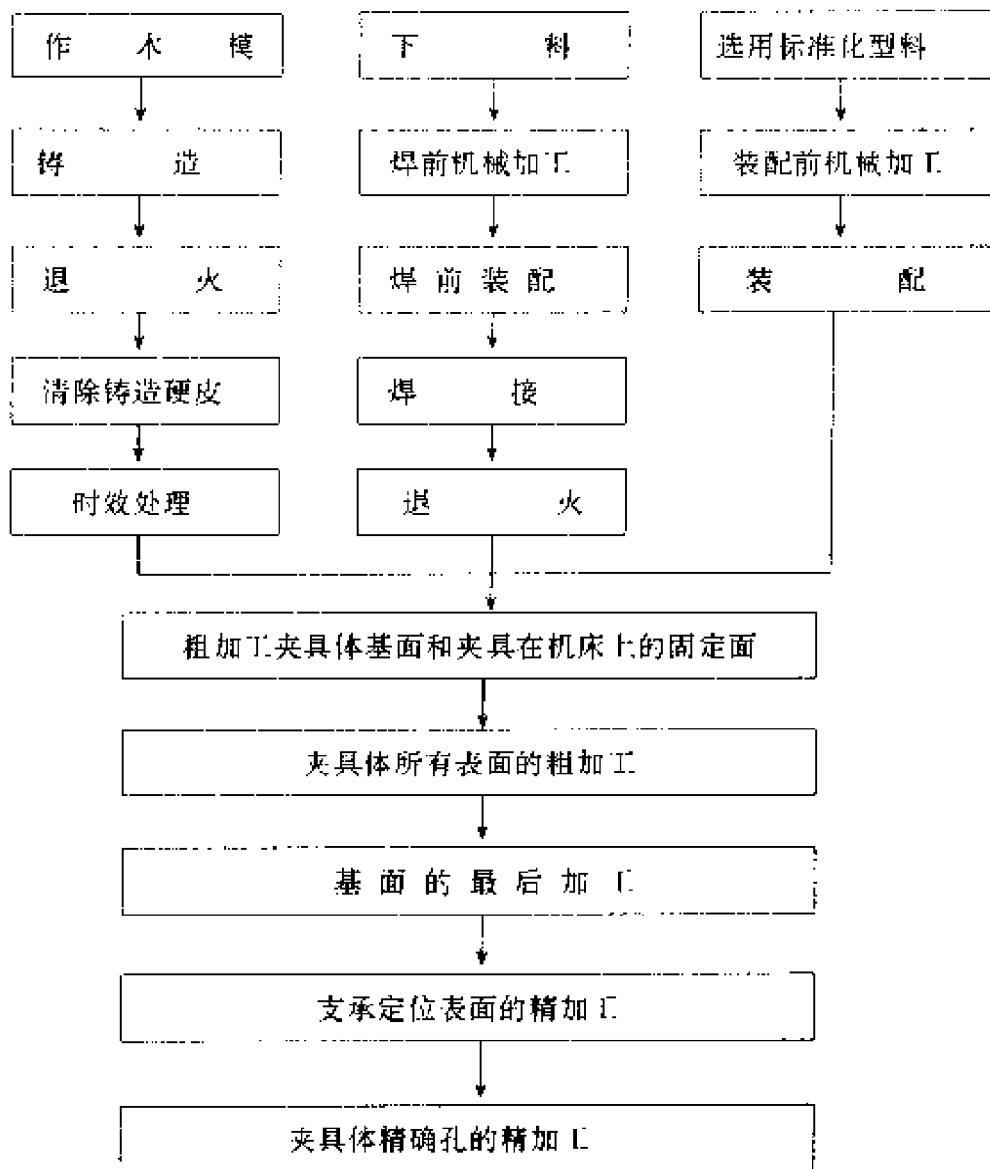


图 11-15 夹具体加工的工艺过程

②按量块和量棒加工：如图 11-16 所示的钻模板 1，除两个角上的孔是预先经过精密加工后，孔径和孔距均达到规定公差要求外，其余各孔都是划线留 2~3mm 余量初钻出的。这些孔的精加工可按下面方法进行：在预先精加工过的孔中插入两个校正销 2；同时在钻床主轴孔内插入量棒 3；在加工每个孔前，钻模板在工作台上都要改变一次位置，这些位置都是用两组不

同尺寸的量块夹在量棒和校正销中决定的；量块的尺寸可以根据被加工孔和基准孔间的中心距及量棒、校正销的直径通过计算来确定

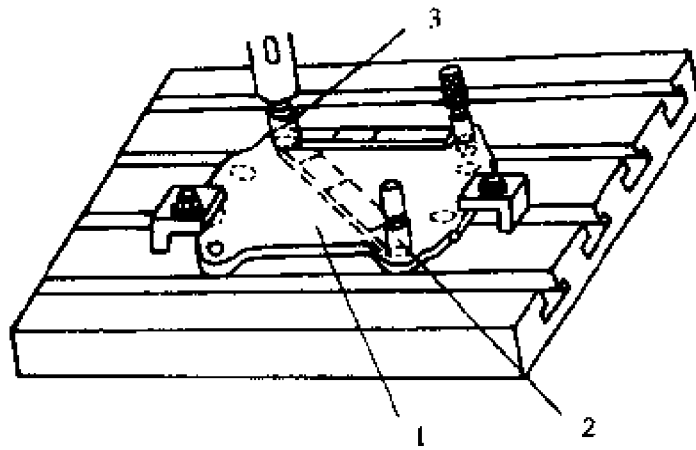


图 11-16 用量块和量棒确定孔的位置

1—钻模板 2—校正销 3—量棒

③按特制的量套加工：采用这种方法加工时，钻模板孔的位置是由预先布置好的量套确定的。量套的外径一般为 10~20mm，并经过磨光，高度为 15~25mm，其端面应严格地垂直于外圆柱表面。

孔在加工前用普通的划线方法划出，然后在每个孔的中心分别钻一个小孔并攻丝，再在每个孔上放一个量套 1，并用螺钉 2 初步定位，最后用量块组 3 精确调整量套的位置（图 11-17a）。

量块组的尺寸 H 由下式求得：

$$H = A - \frac{(D_1 + D_2)}{2}$$

式中 A ——两孔要求的中心距；

D_1 、 D_2 ——分别为两个量套的实际外径。

如果所要加工的孔与钻模板的某一基准面还有一定的尺寸要求时，可在基准面上放一个精密角铁 4，然后再用量块来调整量套的位置（图 11-17b），但这时量块的尺寸应按下式求得：

$$H = A - \frac{D}{2}$$

式中 A ——孔中心到钻模板基准面的距离；

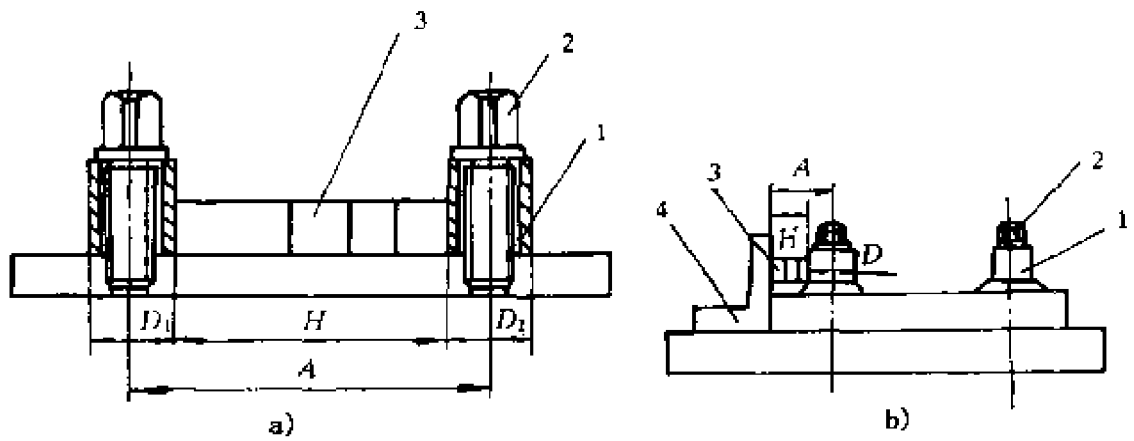


图 11-17 量套位置的调整

1—量套 2—螺钉 3—量块 4—精密角铁

D ——量套的实际外径。

量套位置调整后应将螺钉拧紧，然后把钻模板搬到机床上进行加工。
加工可在立式钻床上进行，也可在精度较高的摇臂钻床上进行。

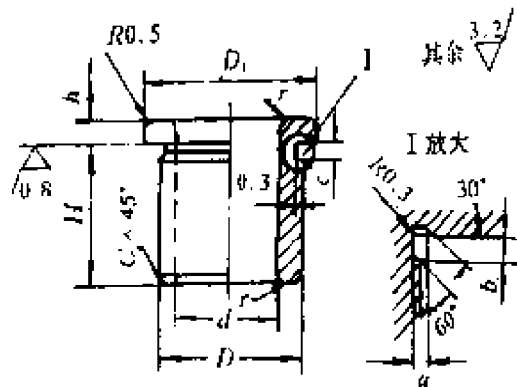


图 11-18 带肩固定式钻套

表 11-79 带肩固定式钻套的制造工艺

工 序	加 工 内 容 和 要 求
车	(1) 车毛坯外圆，车 D_1 、 D 、 d 及 I 放大槽尺寸 (D 、 d 各留磨量 0.3~0.4mm)，倒 r_1 角及 $C \times 45^\circ$ 角 (2) 工件调头，卡已加工外圆 (D)，并找正，车 $H+h$ 总长和孔口，倒 r 角及倒 R0.5
热处理	淬火硬度 HRC60~64，表面进行发黑处理
磨内孔	卡外圆 (D)，并找正，磨 d 孔至要求
磨外圆	d 孔穿心轴定位，磨外圆 D 及端面至要求

(4) 夹具的装配 夹具的装配是夹具制造过程中的最后一道工序，因此装配的好坏对整个夹具的质量起着决定性的作用。

由于夹具制造属于单件或小批生产，所以装配工作常常由一个工具钳工来完成。这时，工具钳工必须能完成各种不同的工作，因此要求他具有相当的熟练技术。

1) 夹具装配的一般步骤

①研究夹具装配图：夹具装配图是装配工作的主要依据。研究的目的是为了解夹具各零件间的相互关系和作用，以便确定装配基准、装配顺序和装配方法。

②组织工作地：按照夹具装配图清点送来装配的零件，并准备必要的工

夹具、材料和辅助设备。然后把工作地组织好，以便进行加工和装配。

③清理和检查零件：清理时，要把检验的零件和其他零件分开。然后检验夹具主要零件的加工质量。

④预装配：预装配时，要修整或修配零件，去除毛刺，研磨夹具的基面和支承定位表面，初步安装夹具的零件，并钻联接螺孔和攻丝等。

⑤最后装配：最后装配主要是调整和固定各部分零件，保证达到技术要求；修研和检验夹具的基本尺寸和精度；平衡各种旋转式夹具；标记夹具号和喷涂油漆等。

⑥总检验和试验：夹具的总检验由车间检查员进行。检验合格的夹具送往使用车间去试验。

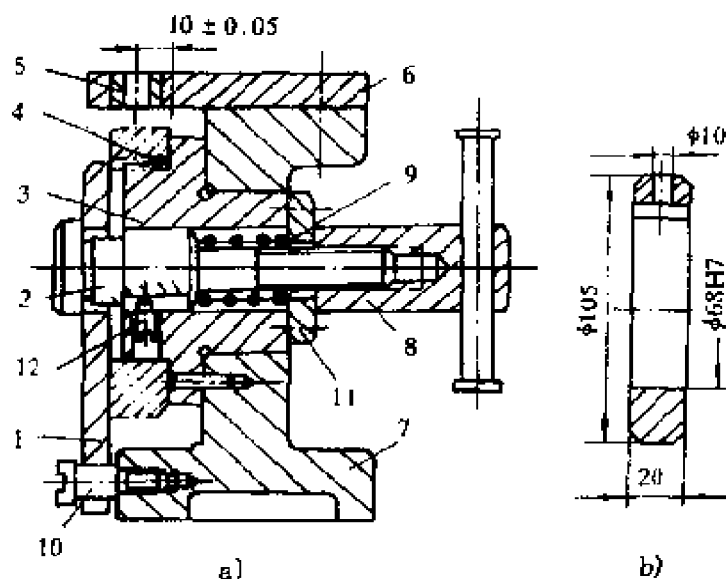


图 11-19 固定式夹具

1—钩形开口垫圈 2—螺杆 3—定位套 4—定位键 5—钻套 6—钻模板
7—夹具体 8—夹紧螺母 9—弹簧 10—螺钉 11—盖板 12—定位钉

2) 钻床夹具的装配：图 11-19a 所示的固定式钻模是用来加工图 11-19b 工件上 $\phi 10\text{mm}$ 孔的。这种钻模的装配工艺过程如下：

- ①清点 and 清洗待装配的各种零件，并去毛刺、倒棱边；
- ②检验各主要零件的质量；
- ③把定位键 4 和盖板 11 装于定位套 3 上；
- ④将定位套组件装入夹具体 7 的孔内，并用螺钉和圆柱销紧固在夹具体上；

- ⑤ 钻套 5 压入钻模板 6，并将钻模板用螺钉紧固在夹具体的顶端；
 - ⑥ 装弹簧 9、螺杆 2、定位销 12、开口垫圈 1、螺钉 10、夹紧螺母 8 至要求；
 - ⑦ 作标记；
 - ⑧ 夹具总检验和试验。
- 3) 夹具装配时常见的缺陷及产生原因

表 11-80 夹具装配时常见缺陷及产生原因

缺陷种类	产生原因
1. 不正确的联接	
轴插不进套筒	轴径太大或筒径太小
轴在套筒中太松或太紧	加工有误差或规定的尺寸有问题
由于孔对不准而不能用螺钉把钻模板固定在夹具体上	加工尺寸误差
由于轮廓不相符合，零件不能焊接	制造有问题
2. 零件的相互位置不正确	
压在轴上的零件端面有偏摆量	装配有问题
钻套孔中心线和夹具基面不垂直	孔加工不准确或装配有问题
零件相对位置偏差超过规定公差	误差的累积或加工不准确
3. 零件在装配时受伤或碎裂	
零件在压合时，表面出现裂缝	过盈量太大或装配方法有问题
零件压入时受擦伤	操作不得当（歪斜）

5. 夹具的修理

(1) 夹具修理的原因 造成夹具修理的原因主要是夹具零件的磨损和损坏。例如，各种导套、导向元件和主体元件的磨损，定位元件的损坏，夹紧元件的破裂等。

夹具零件磨损的原因，主要有以下几种：

1) 零件相接触的两表面不可能绝对平滑，无论采用什么精密加工方法，还是要留下细微的粗糙度。这样，当两个零件相对移动时受到阻碍而发生摩擦，于是表面渐渐磨损；

2) 零件的滑动表面有脏物, 例如切屑等, 以致在工作表面上留下擦伤的痕迹;

3) 在结合的金属表面中有硬质微粒, 零件相接触时, 工作表面受到硬质微粒的作用而磨损;

4) 零件表面与化合物、水和空气接触, 以致产生腐蚀;

5) 零件的表面与刀具或工件经常接触, 以致使零件很快地磨损;

6) 夹具的维护或使用方法不正确, 对零件的磨损也有很大影响。

(2) 夹具修理的种类和方法 夹具修理按照工作的复杂程度可分为两类:

1) 临时修理: 夹具的临时修理只是更换或修复一两个已经磨损或破坏了零件, 而整个夹具不全部拆开或调整。

临时修理时, 夹具要在不拆卸的情况下进行清洗和检查, 并消除所有缺陷。修理后, 夹具还要进行工作试验, 并且要检查夹具所做出工件的质量。

2) 大修理: 夹具大修理的过程比较复杂, 一般步骤如下:

熟悉夹具的结构→检查夹具的精度和工作情况→拆卸零件→清洗零件→检查零件的缺陷→制造要更换的零件→修理被磨损或被损坏的零件→装配和检查→对夹具进行工作试验等。

修理主体零件、更换定位元件和导向元件、修理夹具的基准尺寸等, 都属于大修理的范围。

大修理以后的夹具, 应保证完全好用, 并且没有任何故障存在。这样才能交给使用部门继续使用。

(3) 夹具零件的修理

1) 主体零件的修理

夹具主体零件(例如底座、支架、箱体等)的修理, 是最复杂的工作。

主体零件经常是修理基面。基面可以用刮或磨的方法来修复, 但这时要确定一个加工和检验的基准(例如和基面平行的表面等)。

对磨损较大或损坏了的主体零件, 也可以用焊接或金属喷镀的方法进行修理。即在磨损的表面上增加一层金属, 然后再加工到原来的尺寸。

2) 定位零件的修理: 定位销和支承钉、支承板在磨损以后, 通常应该更换新的。如果支承平面的尺寸不影响被加工工件的尺寸, 那么可以直接用磨削的方法磨去一层金属。如果夹具有基准尺寸的要求而定位表面又是做在

夹具体上时，则需先将定位表面刨去一层金属，然后镶上一块淬硬的钢板（用埋头螺钉固定），再在磨床上磨至需要的尺寸。

对于原来就是镶上去的支承定位板，则可以把它拆下来，然后在板的下面垫一些薄垫片，再装好后在磨床上将它磨到所需的尺寸。

当定位表面的磨损量不超过 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$ 时，也可以采用镀铬法进行修理。用这种方法还可增加定位元件的使用期限。

3) 螺纹零件的修理：螺纹零件损坏的情况通常有三种：

- ① 螺钉弯曲；
- ② 螺帽损坏；
- ③ 螺孔损坏（指主体零件上的）。

对弯曲了的螺钉可以采用校直的方法进行修理。

对损坏的螺帽一定要更换新的。如果是夹具体上的螺孔损坏了，则可根据不同情况用不同的方法进行修理：例如，扩大原来的螺孔直径，并攻新螺纹，然后换上一个新的螺钉；也可以把原来的孔扩大以后，压入一个柱塞并用锡焊焊住，然后再钻孔并攻丝，使它和原来的尺寸一样。

第十二章 模具钳工

压力加工是现代工业生产中的先进工艺方法之一。它主要是利用压力机，通过专用工具对金属和非金属进行加工。装在压力机上、对材料进行成形加工的这种专用工具，称为模具。模具是进行压力加工的重要组成部分。

利用模具制造零件具有一系列的优点：

- 1) 能用很少的工序，制造出形状复杂的零件；
- 2) 便于采用自动化装置；
- 3) 由于生产效率高，材料消耗少，所以制件的成本低；
- 4) 制件的精度高，具有互换性；
- 5) 可以用技术水平较低的工人进行操作。

随着国民经济的发展，压力加工已成为金属加工中最有发展前途的方法之一，它在各个工业部门中都得到了普通的应用。特别是在汽车、航空、电器、仪表和日用品等制造业中应用更为广泛。因此，如何多快好省地制造模具，对发展工业生产具有重大的意义。

钳工在模具的制造、特别是模具的修理中具有非常重要的作用，模具上有许多修整工作需要模具钳工靠手工来完成。因此，模具钳工除了要了解模具的有关知识外，必须熟练掌握模具的钳工加工技术。

一、模具的分类

模具的种类很多，按照冲压时材料是否经过预热分为冷冲压模和热冲压模两大类。

1. 冷冲压模

在室温下，把金属或非金属材料放入模具，通过压力机施加压力，使材料产生分离或变形，制成所需要的零件，这种模具叫冷冲压模。

冷冲压模又分为以下几种：

- 1) 冲裁模;
- 2) 弯模;
- 3) 压延模;
- 4) 成形模;
- 5) 冷挤模。

2. 热冲压模

热冲压加工所用的模具叫热冲压模。

锻造是热冲压加工的主要方法。锻造分为模型锻造和自由锻造两种。模型锻造所用的模具叫锻模，锻模是最主要的热冲压模。

二、常用模具

1. 冲裁模

把一部分材料和另一部分材料分离的模具叫冲裁模。

(1) 冲裁模的分类

- 1) 按工序的性质分为落料模、冲孔模、切断模、切口模和切边模五类;
- 2) 按工序的组合分为简单冲裁模、连续冲裁模和复合冲裁模三类;
- 3) 按导向的形式分为敞开模、导板模和导柱模三类。

(2) 冲裁模的典型结构 图 12-1 是一种具有复合动作的冲裁模——导柱式复合模。它有一个既作为冲孔凹模又作为落料凸模的凸凹模，所以，能在一个位置上同时完成冲孔和落料工作。

冲裁时，条料放在卸料板上，用装在卸料板上的两个导料销钉 21 导向，并使条料与挡料销 25 接触而定位。当冲床的滑块下降时，落料凹模先压下导料销钉和挡料销，接着压紧条料，进行冲裁工作。这时，卸料板和顶料器内的橡皮被压缩。当滑块上升时，卸料板把条料从落料凸模上卸下，废料则从漏料孔中落下。这时，导料销钉、挡料销又重新伸出，接着便可进行下一个制件的冲裁工作。

(3) 冲裁模的主要零件 冲裁模的种类繁多，复杂程度不同，但其组成零件却大同小异。按其作用冲裁模的零件分为两大类：

1) 工艺零件：是指直接与制件成形有关的零件。包括形成制件的成形件、确定毛坯在模具中位置的定位件和从模具中取出制件的卸料件。

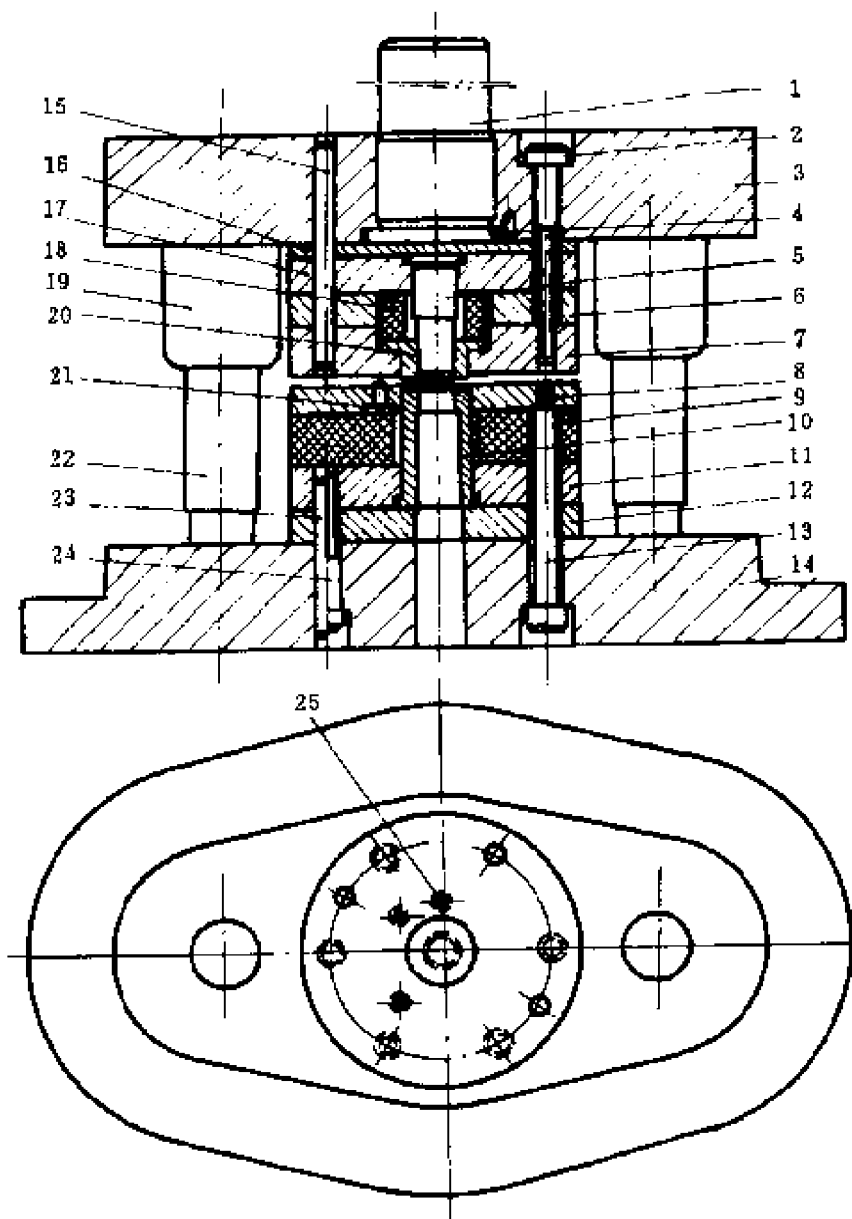
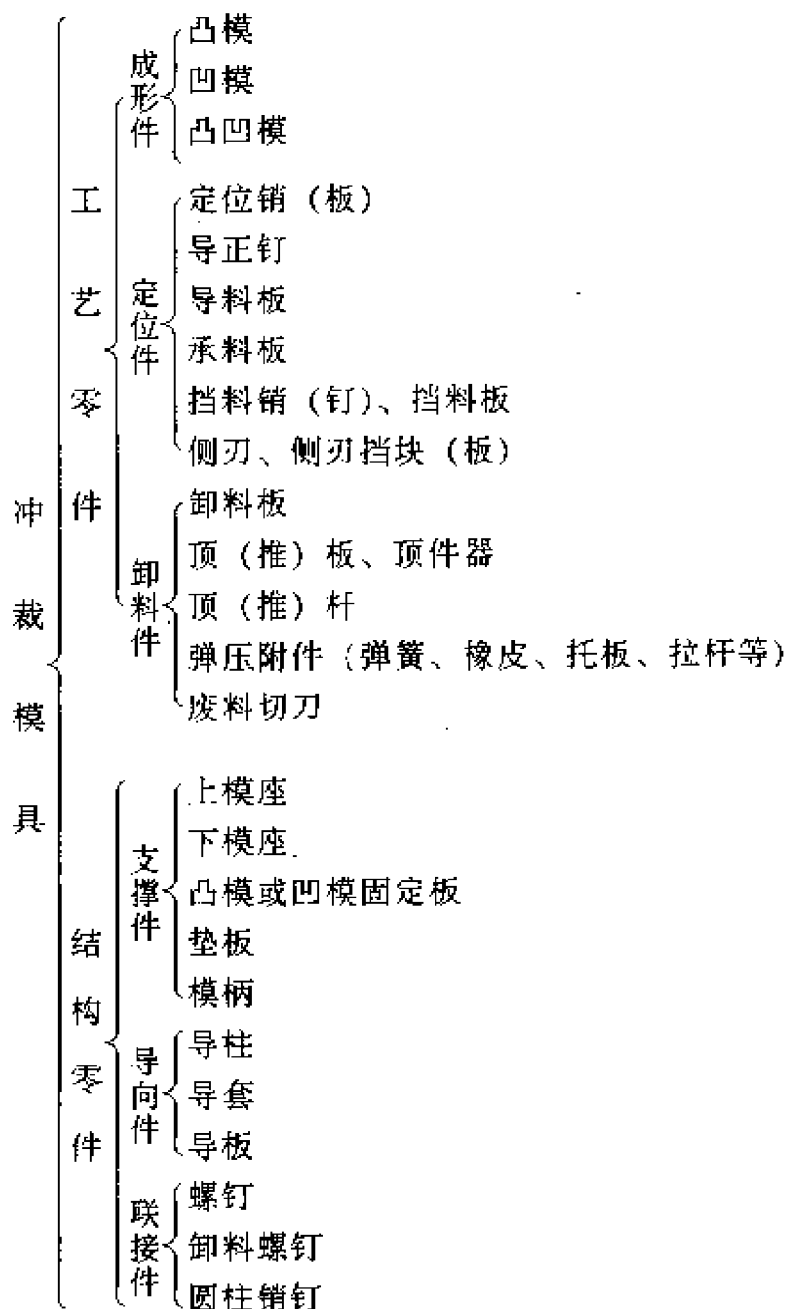


图 12-1 导柱复合模

1—模柄；2、24—螺钉；3—上模座；4、15、23—销钉；5—凸模；6—中垫板；7—凹模；8—卸料板；9、18—橡皮；10—凸凹模；11、17—固定板；12、16—垫板；13—卸料螺钉；14—下模座；19—导套；20—顶件器；21—导料销钉；22—导柱；25—挡料销

2) 结构零件：是指把工艺零件联接起来成为模具整体的零件。包括安装成形件和传递冲压力的支撑件、引导零件运动方向的导向件及起固定联接作用的联接件。

冲裁模零件的分类如下：



(4) 凸模与凹模的合理间隙 冲裁模的凸模横断面，一般都小于凹模

孔。凸模与凹模间应保持适当的间隙，间隙大小是影响冲件尺寸精度、断面质量和模具寿命的主要因素。根据材料的不同，冲裁模凸模与凹模的合理间隙见表 12-1。

表 12-1 凸模与凹模的合理间隙

材料 厚度 (mm)	软钢 (10-25号钢) 黄铜、铝		中硬钢 (30-40号钢)		硬钢 (45号以上)		夹布胶木		纸板、皮革、 石棉	
	双 面 间 隙(mm)									
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
0.1	0.025	0.005	0.025	0.005	0.030	0.005	0.020	0.005	0.015	0.005
0.2	0.025	0.005	0.030	0.010	0.035	0.010	0.020	0.005	0.015	0.005
0.3	0.030	0.010	0.035	0.015	0.035	0.015	0.020	0.010	0.015	0.005
0.4	0.035	0.015	0.040	0.020	0.045	0.025	0.020	0.010	0.015	0.005
0.5	0.040	0.020	0.050	0.025	0.055	0.030	0.025	0.010	0.015	0.005
0.6	0.050	0.025	0.060	0.030	0.070	0.040	0.025	0.010	0.015	0.005
0.8	0.065	0.030	0.080	0.040	0.090	0.050	0.030	0.015	0.015	0.005
1.0	0.080	0.040	0.100	0.050	0.110	0.060	0.040	0.020	0.020	0.010
1.2	0.120	0.060	0.130	0.070	0.160	0.080	0.055	0.030	0.030	0.015
1.5	0.140	0.075	0.165	0.090	0.195	0.100	0.070	0.035	0.035	0.015
1.8	0.160	0.090	0.200	0.110	0.230	0.130	0.080	0.045	0.040	0.020
2.0	0.180	0.100	0.220	0.120	0.260	0.140	0.090	0.050	0.045	0.025
2.5	0.225	0.152	0.275	0.150	0.325	0.175	0.100	0.060	0.050	0.030
3.0	0.270	0.150	0.330	0.180	0.390	0.210	0.130	0.075	0.060	0.035
3.5	0.350	0.210	0.420	0.245	0.490	0.280	0.170	0.090	—	—
4.0	0.400	0.240	0.480	0.280	0.560	0.320	0.200	0.100	—	—
4.5	0.450	0.270	0.540	0.315	0.630	0.360	0.230	0.120	—	—
5.0	0.500	0.300	0.600	0.350	0.700	0.400	0.250	0.150	—	—
6.0	0.660	0.400	0.800	0.500	0.900	0.500	—	—	—	—

2. 弯模

把毛坯弯曲成一定形状零件的模具叫弯模。

(1) 弯模的种类

- 1) 按照压料装置，弯模分为有压料装置的和无压料装置的两种；
- 2) 按照结构和动作方式，弯模分为简单的、复杂的、分次弯形的、连续的和复合的几种。

(2) 弯模的典型结构 弯模的结构与冲裁模相似，分上模部分和下模部分，由凸模、凹模、定位件、卸料件、导向件和联接件等组成。

图 12-2 所示为 V 形件弯模。制件毛坯由定位块 3 定位，凸模 1 下行，进行压弯。压弯后，由顶杆 2 顶起，以便卸件。顶杆 2 还有压料的作用，以防止材料偏移。图中零件 4 是凹模。此种弯模还适用于一般的压弯件。

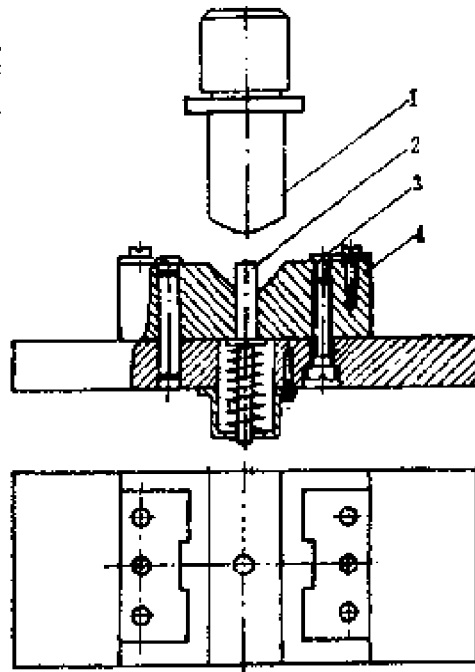


图 12-2 V 形体弯模

(3) 弯曲后的回弹 由于材料的弹性变形，弯曲后的制件形状与模子的形状略有不同，这种现象叫回弹(图 12-3)。 $\Delta\alpha$ 叫回弹角。

1) 与回弹量大小有关的因素：1—凸模；2—顶杆；3—定位块；4—凹模
在制作模具时，必须将材料的回弹量考虑在内，回弹量的大小与下列因素有关：

- ①材料的软硬程度：材料越硬，回弹量越大；
- ②材料的厚度：材料越厚，回弹量越小；
- ③弯曲半径与材料厚度之比 $\frac{r}{s}$ 越大，回弹量越大。

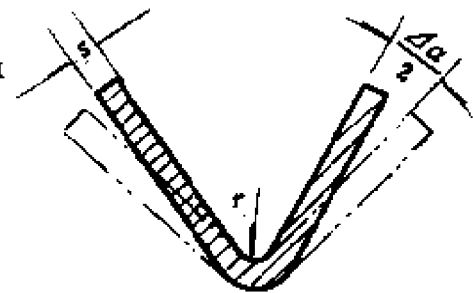


图 12-3 弯曲后的回跳

此外，弯曲时回弹量的大小与凸凹模之间间隙的大小，以及弯曲时的冲击力也有关系。只弯一个角度时的回弹，比弯两个角度时的回弹要大一些。

制件的弹性回弹量，一般以角度来表示。各种金属材料弯曲时的回弹角($\Delta\alpha$)见表 12-2。

表 12-2 各种金属材料弯曲时的回弹角

材 料	材料弯度 (mm)	内弯曲半 径与金属 厚度之比	回 弹 角 (°)	材 料	材料弯度 (mm)	内弯曲半 径与金属 厚度之比	回 弹 角 (°)
软黄铜、 软青铜和 软钢	0.8 以下	小于 1	4	中等硬度的钢	0.8 以下	小于 1	5
		1~5	5			1~5	6
		5 以上	6			5 以上	8
	0.8~2.0	小于 1	2	中硬黄铜和中 硬青铜	0.8~2.0	小于 1	2
		1~5	3			1~5	3
		5 以上	4			5 以上	5
2.0 以上	小于 1	0		2.0 以上	小于 1	0	
	1~5	1			1~5	1	
	5 以上	2			5 以上	3	

2) 减小回弹角的措施：为了减小金属弯曲时的回弹角，可采取以下措施：

①改变弯模工作部分的形状：对于U形弯模，可将凸模的下部（端面）做成很小的凹圆弧，而在凹模上做成相应的凸圆弧（图 12-4），借以造成下部平面的局部弯曲。制件从模中取出后，由于下面部分伸直而补偿了两壁的回弹。

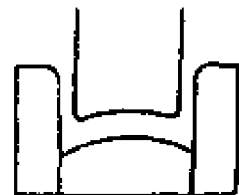


图 12-4 减小回弹角的措施

②减小凸模与凹模之间的间隙。

③必要时，可进行加热弯曲。

(4) 弯模的圆角半径 弯曲时，凹模边缘的圆角半径对于弯曲力和制件的质量有较大的影响。凹模边缘的圆角半径越小，弯曲时的弯曲力越大。但是，圆角半径过小，弯曲时会使板材发生压伤、擦痕等毛病，影响制件的表面质量。

凹模的圆角半径，一般由下列公式确定：

$$R = Kt$$

式中 K ——制件的材料系数（见表 12-3）；

t ——板料的厚度。

表 12-3 弯曲时制件的材料系数

材料种类	中硬钢	软钢	黄铜	紫铜
材料系数 K	0.55	0.50	0.40	0.25

(5) 弯模的间隙 弯模的间隙对弯曲力和制件质量有很大影响。间隙过小，将使制件的边变薄，并使弯曲力增大；间隙过大，制件弯曲后将产生较大的回弹。弯曲时，弯模的合理间隙见表 12-4。

表 12-4 弯模的间隙

材料	钢	黄铜、青铜	紫铜、铝、锌
间隙	$1.4t$	$1.2t$	$1.1t$

注： t 为板材厚度。

3. 压延模

把板状毛坯压延成空心零件或进一步改变空心零件形状与尺寸的模具叫压延模。用压延模可以制作出形状复杂的零件，并且可以达到很高的尺寸精度。因此，它广泛应用于汽车、仪表及各种日用品的冲压生产中。

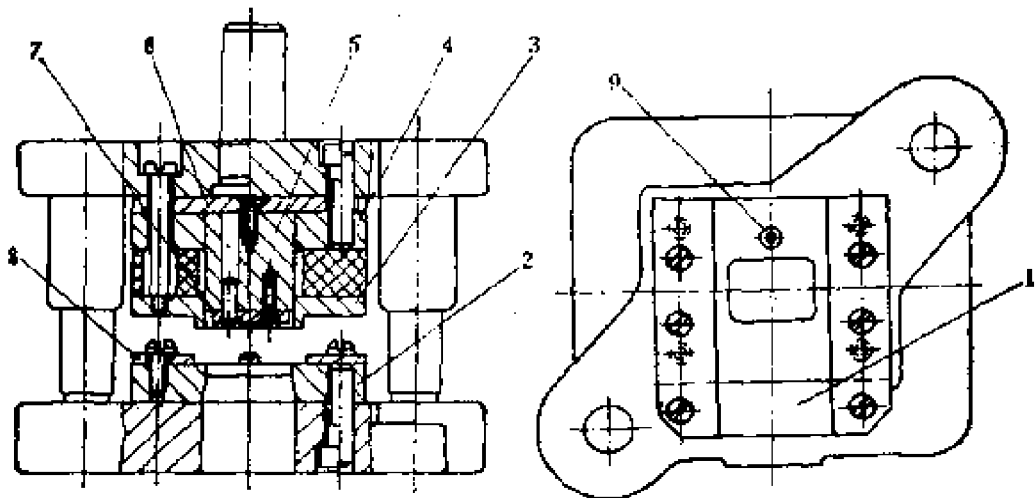


图 12-5 复合压延模

1—支承板；2—凹模；3—卸料板；4—固定板；5—落料凸模；6—垫板；7—压延凸模；8—导料板；9—挡料板

(1) 压延模的种类

- 1) 按照压延的次序分，有首次压延模和以后各次压延模；
- 2) 按照动作方式分，有简单的、连续的和复合的；
- 3) 按适用的机床分，有在单动冲床上使用的压延模和在双动或三动冲床上使用的压延模；
- 4) 按照压边装置分为有压边圈的和无压边圈两种。

(2) 压延模的典型结构 图 12-5 所示为在条料上冲制罩形制件的复合压延模。冲制时条料送进由挡料销 9 抵住。当滑块下落时卸料板 3 压住条料，首先由压延凸模 7 将条料压入凹模成形，随即落料凸模 5 进入凹模完成落料工序。凹模刃口既用于压延又用于落料。当滑块上升时，制件从凹模内落下，完成整个冲压过程。

(3) 压延模的圆角半径 压延模的圆角半径对压延工作有很大影响，特别是凹模的圆角半径 $R_{凹}$ 影响更大。凹模圆角半径愈大，所需压延力就愈小。但是凹模圆角半径也不能过大，否则会有较多的材料不能被压延圈压住，从而产生起皱现象。如果凹模圆角半径过小，则将使材料在经过凹模圆角部位时的阻力增大，从而使总的压延力增大，导致模具寿命降低。通常，凹模的圆角半径可根据材料的厚度 t 按表 12-5 选定。

表 12-5 压延凹模的圆角半径

材料厚度	材料种类	凹模圆角半径 $R_{凹}$
3mm 以下	黑色金属	$(7 \sim 10) t$
	有色金属	$(5 \sim 8) t$
3mm 以上	黑色金属	$(4 \sim 6) t$
	有色金属	$(3 \sim 5) t$

4. 塑料模

(1) 塑料模的种类 根据压制用塑料的热性能，塑料模可分为两大类：

1) 热固性塑料模：热固性塑料模的特点，是在一定温度下，经过一定时间的加热，即可固化，固化后不能再用加热的方法使其软化。

热固性塑料模常按照以下特点来分类：

①按照塑料成形工艺特点分，有直接在模具内加料的直压模；有在模具专用的加料腔内加料的压注模；有在注射机加料筒中加料的注射模。

②按照一个模内压制件的数量可分为单件的和多件的。

③按照安装和使用模具的方法来分，有移动式（机外装卸式）、固定式（机内装卸式）和半固定式三种。

图 12-6 为移动式直压模，可压制带外螺纹的罩形件。它由凹模 1、带螺纹的上板 2 和凸模 3 组成。压制前先将模具预热，然后将塑料放入模具的型腔中，在液压机上加热加压，使软化的塑料充满型腔，并保持一定的温度、压力和时间，塑料即硬化成零件。

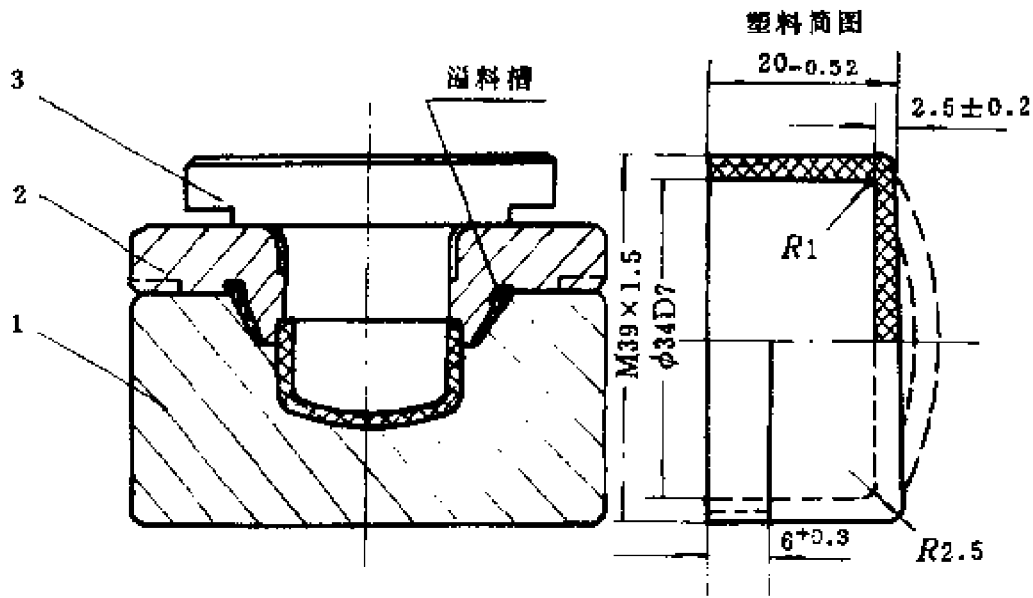


图 12-6 移动式塑料模

2) 热塑性塑料模：热塑性塑料模的特点，是遇热就软化或熔化，冷却后便坚硬，而且这一过程可以反复。

热塑性塑料模，根据使用机床的情况可分为立式注射机上用的、卧式注射机上用的和角式注射机上用的。

(2) 塑料模的组成部分

1) 定模部分：固定式塑料模的定模部分固定在液压机的工作台面上或注射机的固定模板上。移动式塑料模多叫上模或下模部分。

2) 动模部分：固定在液压机的活动工作台面上或注射机的活动模板上，通过机床的运动使模具闭合和张开，以进行压制和取出塑件。

3) 成形部分：是构成塑件几何形状的部分，构成塑件外形的叫型腔，构成孔或槽的叫型芯。

4) 浇注系统：它保证熔融状态的塑料能顺利而平稳地充满型腔，制成需要的塑件。

5) 卸料装置：它由推板、推杆、固定板等组成，固定式塑料模的卸料装置多放在动模部分上，以便开模后取出塑件。

6) 侧面抽芯机构：当塑件侧壁有孔时，则需要采用此种机构抽外型芯。

7) 加热与冷却装置：使模具保持一定的温度，保证塑件顺利成形。

8) 排气与溢料装置:一般多在分型面上开出浅槽,以排除型腔内的气体,溢出多余塑料,保证塑件质量。

三、模具的制造

1. 冷冲压模的制造

(1) 对制造冷冲压模的基本要求

- 1) 模具的主要尺寸应符合图样要求和冲压机床的技术参数;
- 2) 模柄的圆柱形柱面要和上模座的上平面垂直;
- 3) 冲裁模的凸、凹模刃口应当锐利,并保持正确的几何形状;
- 4) 压延模用凸、凹模的工作部分应当经过抛光;
- 5) 上模座的上平面与下模座的底面的不平行度偏差在 300mm 以内,不得超过 0.08mm;
- 6) 导柱和导套间应滑动顺畅,不得有梗塞和歪斜现象;
- 7) 不许用敲击凸、凹模或上、下模座的方法来使凸、凹模和导柱、导套对正中心;
- 8) 模具制成后要进行试验,冲压出的制品应符合规定的尺寸、形状和技术要求。

(2) 制造冷冲压模的材料 正确选择冲模材料并进行精确的成形加工和适当的热处理,对提高冲模的耐用度有很大的意义。

选择和确定冷冲压模的材料主要根据冲模产量的大小,冲压工序的性质(如冲裁、弯曲、压延等),零件在冲模中的作用和冲模工作时的受力情况,冲压件材料的力学性能、尺寸和几何形状。

1) 制造凸、凹模的材料:凸、凹模是冷冲压模的主要零件,其制造材料应满足以下要求:

- ①要有良好的加工性能和热处理性能;
- ②要保证热处理后整个工作表面具有同样的力学性能;
- ③要能承受冲压时强大的剪切力、压力、冲击力和摩擦力。因此,它必须具有较高的强度、硬度、冲击韧性和耐磨、耐疲劳能力。

制造凸、凹模常用的材料见表 12-6。

2) 制造冷冲压模一般零件的材料见表 12-7。

表 12-6 凸、凹模常用的材料

模具类型	零件名称		选用材料牌号	热处理	硬度 HRC	
	冲件情况				凸模	凹模
冲	I	形状简单、冲裁材料厚度 $t < 3\text{mm}$ 的凸、凹模和凸凹模	T8A T10A 9Mn2V Cr6WV	淬 火	58~62	60~64
		带台肩的、快换式的凸模、凹模和形状简单的镶块				
裁 模	II	形状复杂的凸、凹模和凸凹模	9CrSi CrWMn 9Mn2V Cr12、Cr12MoV 120Cr4W2MoV	淬 火	58~62	60~64
		冲裁材料 $t > 3\text{mm}$ 的凸、凹模和凸凹模				
		形状复杂的镶块				
	III	要求耐磨的凸、凹模	Cr12MoV 120Cr4W2MoV GCr15、YG15	淬 火 —	60~62 —	62~64 —
	IV	冲薄材料用的凹模	T8A	—	—	—
V	板模的凸、凹模	T7A	淬 火	—	43~48	
弯 模	I	一般弯曲的凸、凹模及镶块	T8A、T10A	淬 火	—	56~60
	II	要求高度耐磨的凸、凹模及镶块 形状复杂的凸、凹模及镶块 生产批量特别大的凸、凹模及其镶块	CrWMn Cr12 Cr12MoV	淬 火	—	60~64
	III	热弯曲的凸、凹模	5CrNiMo 5CrNiTi 5CrMnMo	淬 火	—	52~56
压 延 模	I	一般压延的凸、凹模	T8A、T10A	淬 火	58~62	60~64
	II	连续压延的凸、凹模	T10A、CrWMn			
	III	要求耐磨的凹模	Cr12、YG15 Cr12MoV、YG8		—	62~64
	IV	不锈钢压延用凸、凹模	W18Cr4V		—	62~64
			YG15、YG18		—	—
V	热压延用凸、凹模	5CrNiMo、5CrNiTi	淬 火	52~56	52~56	

表 12-7 冷冲压模一般零件的常用材料

零件名称	选用材料牌号	热处理	硬度 HRC
上、下模板	HT200	—	
	ZG270—500 ZG310—570	—	
	厚钢板刨制的 Q235A Q275	—	
模柄	Q275	—	
导柱	20 T10A	20 钢渗碳淬硬	60—62
导套	20 T10A	20 钢渗碳淬硬	57—60
凸、凹模固定板	Q235A Q275	—	
托料板	Q235A	—	
卸料板	Q275	—	
导尺	Q275 45	淬 硬	43—48
挡料销	45 T7A	淬 硬	43—48 (45 钢) 52—56 (T7A)
导正销、定位销	T7 T8	淬 硬	52—56
垫板	45 T8A	淬 硬	43—48 (45 钢) 54—58 (T8A)
螺钉	45	头部淬硬	43—48
销钉	45 T7	淬 硬	43—48 (45 钢) 52—54 (T7)
推杆、顶杆	45	淬 硬	43—48
顶板	45 Q275	—	
压延模压边圈	T8A	淬 硬	54—58
螺母、垫圈、螺塞	Q235A	—	
定距侧刃、废料切刀	T8A	淬 硬	58—62
侧刃挡板	T8A	淬 硬	54—58
定位板	45 T8	淬 硬	43—48 (48 钢) 52—56 (T8)
楔块与滑块	T8A T10A	淬 硬	60—62
弹簧	65Mn 60SiMnA	淬 硬	40—45

(3) 冷冲压模零件的制造

1) 冲裁模主要零件的制造

① 凸、凹模的制造

(a) 凹模制造的一般工艺过程

- a) 切断毛坯：凹模毛坯多采用型钢，可在锯床上切断。
- b) 锻造。
- c) 热处理：采用退火消除锻造内应力，改善加工性能。
- d) 粗加工：凹模外形如果是圆形的，可在车床上加工；如果是非圆形，可在铣床或刨床上加工。
- e) 磨削：磨凹模的上、下两平面。矩形凹模还要磨两个互相垂直的基准面。
- f) 划线：划型腔孔线和固定凹模用的孔线。
- g) 孔加工。
- h) 工作型面的加工和修整。
- i) 热处理：淬火、回火、硬度检验。
- j) 磨削上、下两平面，并精修工作型面。

(b) 凸模制造的一般工艺过程：凸模制造的工艺过程与上述凹模制造的工艺过程大致相同，只是凹模毛坯常不经锻造而直接采用型钢，并且不需进行孔加工。

② 模座的制造：模座制造的工艺过程见表 12-8。

表 12-8 模座制造的工艺过程

工 序 号	工 序 名 称	加 工 内 容
1	铸造	浇铸毛坯
2	热处理	毛坯铸件退火，以消除铸造应力
3	刨或铣	加工模座毛坯上、下两平面至尺寸
4	磨	磨上下两平面至要求，并检验上下两平面的平行度
5	钳	1) 用螺钉将上、下模座固定在一起，必要时还需打上两个柱销； 2) 按模架精度等级检查上模座上平面与下模座下平面的平行度； 3) 划孔线、钻导柱导套的底孔，孔径应小于导柱、导套压配部分尺寸 1~2mm
6	镗	合镗导柱和导套孔，并按技术要求检验孔与孔、孔与平面的精度要求

2) 压延模零件的制造

①对压延模工作部分的要求

(a) 工作部分的硬度：压延模工作部分的主要零件是凸模、凹模和压边圈。三者所要求的硬度是不相同的：凹模的硬度要求最高，一般为HRC58~62；凸模比凹模的硬度稍低些，一般为HRC56~60；压边圈的硬度最低，一般为HRC45~54。

(b) 表面粗糙度：凸模和凹模的工作面要求加工得像镜面一样。工作面的质量越高，制件的表面越光洁，模子的磨损越小，因而寿命也越高。

(c) 加工精度：对模具加工精度的要求主要是尺寸公差和间隙。压延模的尺寸公差要达到图样要求，其工作间隙要比被压的板厚稍大一些，这样才能减少毛坯进入凹模时的摩擦力，并且不致于产生皱折和裂纹。压延模的合理间隙见表12-9。

表 12-9 压延模工作部分的间隙

压延的 工序数	工序	凸模和凹模每边的间隙			压延的 工序数	工序	凸模和凹模每边的间隙		
		材料厚度 t (mm)					材料厚度 t (mm)		
		0.5~2	2~4	4~6			0.5~2	2~4	4~6
1	1	1.1	1.1	1.1	4	1和2	1.5	1.4	1.35
2	1	1.3	1.25	1.2		3	1.3	1.25	1.2
	2	1.1	1.1	1.1		4	1.1	1.1	1.1
3	1	1.5	1.4	1.35	5	1,2和3	1.5	1.4	1.35
	2	1.3	1.25	1.2		4	1.3	1.25	1.2
	3	1.1	1.1	1.1		5	1.1	1.1	1.1

②压延模零件的制造特点：压延模大部分零件的制造与冲裁模零件的制造相同，仅凸、凹模的制造有其一定特点。压延模制造与冲裁模制造的主要区别如下：

(a) 冲裁模形状比较复杂，制造较困难；压延模大多是圆柱形或圆锥形，制造比较简单。

(b) 冲裁模的工作边缘要求有锐利的刃口；压延模的工作边缘则要求在光滑的圆角。

(c) 冲裁模冲出的制件尺寸容易控制；压延模即使制造得很精确，压出的制件也不一定合格，这是因为材料的回弹和变形缘故。所以模子必须经过多次试冲，对其圆角半径进行修整加工后，才能使用。

(d) 冲裁模工作部分的表面质量要求较低；压延模工作部分的表面质量要求较高，并且研磨和抛光后的纹向应和压延方向一致。

从以上比较可知，在压延模制造中，钳工的工作主要是加工凸、凹模的圆角半径、淬火后的研磨、抛光及试冲后的修整。

(4) 冷冲压模的试冲 冷冲压模制成后，必须进行试冲。试冲的目的，一方面是为了发现模具的缺陷，进行适当修改和调整，另一方面则是为了通过试冲，最后确定制件坯料的尺寸。

1) 试冲时的最少合格制件数：为了保证质量，各种冷冲模试冲时必须达到表 12-10 所规定的最少合格制件数后，才能投产使用。

表 12-10 试冲时的最少合格制件数

模 子 类 型	模 子 尺 寸	合格零件的压制数目 (件)
冲裁模	{ 中小型 大 型	100~1000 10~100
弯 模	{ 中小型 大 型	50~250 10~15
压延模	{ 中小型 大 型	150~1500 15~150

2) 各种冷冲模试冲时常见的缺陷分析

① 冲裁模试冲时的缺陷、产生原因及修整方法

(a) 制件的形状和尺寸不准确，其原因：

- a) 凸、凹模的形状和尺寸不准确，必须更换；
- b) 连续模中的导料板和凹模送料中心线不平行，使孔位偏斜。

(b) 制件的截面质量不好，有毛刺，其原因：

a) 刃口不锋利或淬火硬度低。凸模不锋利，落料件上有毛刺；凹模不锋利，冲出的孔有毛刺；

b) 配合间隙过大或过小。间隙过小，制件截面的光亮带较宽，可修大间隙；间隙过大，可更换凸模与凹模。

(c) 制件不平, 其原因:

a) 落料凹模有反斜度, 制件从孔中通过时被压弯;

b) 导正钉与预冲孔配合过紧, 将制件压出凹陷, 导正钉与挡料销之间的距离过小, 导正钉使条料前移, 被挡料销挡住。后一种情况可以修小挡料销。

(d) 送料不畅通或料被卡死, 其原因:

a) 两导料板之间的尺寸过小或有斜度; 条料太宽或料边不齐, 冲厚料时条料裂开, 致使厚度增加。根据情况锉修或重装导料板, 锉修试冲条料。

b) 制件间隔太小或凸模与卸料板之间的间隙过大, 使搭边翻扭。这时可增加搭边宽度或减小凸模与卸料板之间的间隙。

(e) 卸料不正常, 其原因:

a) 卸料板与凸模、顶板与凹模配合过紧, 卸料板螺纹孔歪斜, 卸料螺钉、顶杆长度不等, 使卸料板倾斜、卡紧失灵;

b) 弹簧或橡皮的弹力不足;

c) 凹模或下模座的漏料孔没有对正, 料不能排出。试冲前必须检查, 否则会胀裂凹模、折断凸模。

② 弯模试冲时常见的缺陷及产生原因

(a) 弯曲位置不对, 其原因:

a) 定位板位置不对, 应进行调整或修理;

b) 凸模没有对正凹模;

c) 凹模两侧进口圆角大小不等, 材料滑动不一致。

(b) 弯曲角度不够, 其原因:

a) 凸模和凹模的回弹角制作得太小;

b) 凸模和凹模之间的间隙过大;

c) 凸模进入凹模的深度不够;

d) 弹顶器的弹力太小;

e) 试模材料的牌号不对。

(c) 制件尺寸不对, 其原因:

a) 模具设计计算不准确或有错误;

b) 压料装置压力过大, 将材料拉长;

c) 凸模和凹模之间的间隙过小, 将材料挤长。

(d) 制件外部有光亮的凹陷圆弧，其原因：

- a) 凹模圆角半径太小，表面质量太差；
- b) 凸模和凹模间隙太小或不均匀；
- c) 润滑不良。

③压延模试冲时常见的缺陷及产生原因

(a) 制件尺寸太大或太小，其原因：

- a) 毛坯尺寸设计计算有问题；
- b) 凸、凹模间隙太大或太小；
- c) 压边圈的压力太大或太小。

(b) 制件起皱，其原因：

- a) 凸、凹模间隙太大；
- b) 凹模圆角半径太大；
- c) 压边装置的压力不足。

(c) 制件破裂，其原因：

- a) 毛坯的材料不好，塑性低，组织不均匀，表面粗糙；
- b) 压延次数太少，材料变形太大；
- c) 凸、凹模间隙太小或不均匀；
- d) 凸模和凹模的圆角半径太小或表面粗糙；
- e) 压延时，润滑不良，中间的退火工序没有进行；
- f) 压边圈压力太大，弹顶器的压缩比不合适。

(d) 制件表面质量不高，其原因：

- a) 模具工作表面、毛坯材料和润滑剂不清洁；
- b) 凹模淬火硬度低，表面粗糙；
- c) 圆弧与直线衔接不好，有棱角或突起。

2. 锻模的制造

(1) 锻模的材料

1) 锻模材料应具备的性能

- ①要有良好的导热性；
- ②在高温下具有较高的强度、硬度和韧性，以承受较大的冲击力；
- ③要有很好的耐磨性；
- ④淬透性和回火稳定性要好；

⑤要具有良好的机械加工性能。

2) 制造锻模常用的材料, 见表 12-11。

表 12-11 锻模常用的材料

锻模种类	锻模或零件名称及设备吨位	锻模钢牌号		锻模硬度			
		主要材料	代用材料	模膛表面		燕尾部分	
				HBS	HRC	HBS	HRC
锻钢锻模	小型锻模(<1t)	5CrNiMo	5W2CrSiV 3W4Cr2V 5CrMnMo	387~444 ^①	42~47 ^②	321~364	35~39
	364~415 ^②			39~44 ^②			
	中小型锻模(1~2t)	364~415 ^①		39~44 ^①	302~340	32~37	
	中型锻模(3~5t)	340~387 ^②		37~42 ^②			
	大型锻模(>5t)	5CrMnSiMoV		321~364	35~39	286~321	30~35
校正模	302~340	32~37	269~321	28~35			
镶块锻模	模体	ZG50Cr	ZG40Cr	硬度要求与锻钢锻模相同			
	镶块	5CrNiMo 5CrMnSiMoV 3Cr2W8V	5CrMnMo 5CrMnSi				
铸钢堆焊锻模	模体	ZG45Mn2	—	硬度要求与锻钢锻模相同			
	堆焊材料	5CrNiMo 5Cr2MnMo	—				

①用于模膛浅而形状简单的锻模。②用于模膛深、形状复杂的锻模。

(2) 锻模的技术条件

- 1) 上、下模燕尾槽的同心度不得超过 0.6mm;
- 2) 合模基准面的平面度在 300mm 长度上不得超过 0.09mm;
- 3) 锻模体的燕尾支承面和分模面要保持正确的位置关系;
- 4) 精密锻模的模膛, 在热处理后要进行研磨和抛光加工。分模面在精刨或精铣后不得有目力可见的刀痕。

(3) 锻模的制造工艺过程

- 1) 锻造毛坯: 上、下模的毛坯一般用大型锻锤锻造而成。
- 2) 热处理: 将毛坯淬火, 并进行高温(550~600℃)回火。
- 3) 划线: 划提模孔、分模面、燕尾面和合模基准面加工线。
- 4) 钻提模孔: 为了使锻模在加工过程中便于搬运, 要首先钻出提模孔。
- 5) 刨削或铣削分模面、燕尾面和合模基准面。
- 6) 划线: 在分模面上划模膛轮廓线。
- 7) 钻孔: 钻凹形模膛孔和锻模通气孔。
- 8) 模膛加工: 在立式铣床或车床上按样板加工模膛表面(留研磨余量)。
- 9) 钳工: 修整模膛, 提高尺寸精度和表面质量。
- 10) 铣槽: 铣削毛边槽和其他沟槽(如键槽等)。
- 11) 钳工锉削、清理毛边槽。
- 12) 热处理: 淬火和回火。
- 13) 模膛最后加工(研磨和抛光)。
- 14) 检查。

(4) 锻模的试验

1) 浇铅法: 首先把两半锻模用铁圈(或弓形夹)夹紧在一起, 使分模面很好重合。然后, 浇入铅。待冷却后, 仔细检验铸铅件两半的重合情况, 并测量其尺寸。

2) 浇石膏法: 此种方法适合于尺寸较大、不十分精密的锻模。试验前, 模膛用油涂擦, 在每半个锻模中单独浇入石膏, 并把石膏和分模面荡得一样平。待冷硬后, 把石膏件取出, 合在一起进行检验。

四、模具的修理

1. 冷冲压模的修理

(1) 临时修理 冷冲压模的临时修理基本上是在冲床附近的工作位置上进行的。它主要包括以下几方面工作:

1) 调整冲模, 定期刃磨凸、凹模, 更换并拧紧冲模上的螺钉, 修整定位销孔、更换销钉等。

2) 对在工作中松动的凸模进行填缝。

3) 修磨导柱上的划痕, 磨削冲模的支承板, 调整定位件等。

4)消除一般性的小毛病,如冲模工作表面偶然出现的沟槽、凹痕以及紧固螺钉松动等。

5)用备件更换磨损或损坏了的零件(如挡料销、卸料板、冲孔凸模、弹簧等)。

(2)大修理 冷冲压模的大修理,一般需要较长的时间。它包括:检验模具的精度和零件的配合质量,拆换损坏了的零件(通常在 25%~50%以上),调整模具零件的相对位置,修补裂纹及剥蚀的刃口等。常用的修理方法如下:

1)模架的修理

①模架的磨损主要是指导柱和导套的磨损。修复导柱和导套,通常采用镀铬的方法。镀铬后再加工和调整到原来的间隙。

②下模座出现裂纹时,可把它放在经过刨削、磨削的钢垫上,进行钻孔攻螺纹,用螺钉把下模座紧固在钢垫上即可使用。

③模座的配合孔和支承面不垂直时,可把孔镗大,在其中压入钢套或钢堵,然后再镗出需要的孔来。

2)模具工作部分的修理

①凸模和凹模损坏后,通常是更换新的。如果凸模折断在凹模孔中打不出来。可将残留在孔中的凸模部分,用喷灯退火后用钻头钻出。

②整个凸模和凹模的刃口剥蚀时,可将损坏的部分切掉,用相同材料的焊条进行堆焊,然后退火,按样板铣削、锉削至要求。

③凹模上出现不大的裂纹时,可把它压入内径比凹模外径略小而加热了的夹圈中,当夹圈冷却后,即可把凹模紧紧抱住,以使裂纹靠紧。

大修理后的冷冲压模,应当和新制造的一样,都要经过检验、试冲和调整。

2. 锻模的修理

(1)临时修理 锻模的临时修理主要是消除不大的毛病,其主要方法如下:

1)模膛污塞时,可用錾子、锉刀、刮刀和磨轮等进行修整。

2)对于所形成的卷边,即向里弯曲的模膛刃边可用錾子錾掉,然后用砂轮和刮刀修整平滑。

3)对于辅助零件(如挡料销、顶板等)的修理,主要是更换损坏的零件或消除零件的毛病。

(2)大修理 锻模的大修理包括对模膛所有磨损表面的加工、锻模的校正

和研磨以及修补较大的裂纹等。大修理的方法如下：

1) 模膛剥蚀或磨损时,可采用堆焊的方法进行修理。堆焊后的磨膛要进行修整、研磨和抛光。

2) 对于局部损坏严重的锻模可采用压装镶块的办法进行修理。图 12-7 所示为一锻模,其尖角损坏了一大段。为了进行修理,首先将锻模退火,并在其上划出镶块形状的线来,按线加工装镶块的凹槽,然后用与锻模相同的材料按凹槽形状和尺寸做镶块,热处理后把镶块压入锻模凹槽内,并进行修整和研磨。

3) 锻模上出现较大裂纹时,可采用焊补的方法进行修理,即用焊料将裂缝填满,然后进行修整加工。

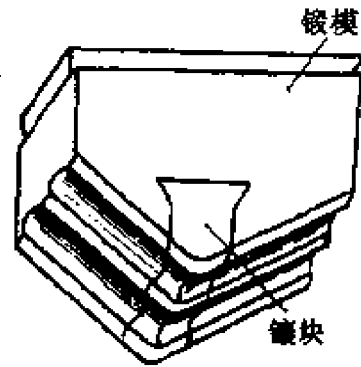


图 12-7 用镶块法进行修理

附 录

一、我国法定计量单位

中华人民共和国的法定计量单位(以下简称法定单位)包括:

- (1)国际单位制的基本单位(见表 1);
- (2)国际单位制的辅助单位(见表 2);
- (3)国际单位制中具有专门名称的导出单位(见表 3);
- (4)国家选定的非国际单位制单位(见表 4);
- (5)由以上单位构成的组合形式的单位;
- (6)由词头和以上单位所构成的十进倍数和分数单位(见表 5)。

法定单位的定义、使用方法等,由国家计量局另行规定。

1. 国际单位制的基本单位

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

2. 国际单位制的辅助单位

量 的 名 称	单 位 名 称	单 位 符 号
平 面 角	弧 度	rad
立 体 角	球 面 度	sr

3. 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例	量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例
频率	赫[兹]	Hz	s^{-1}	磁通量	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$
力;重力	牛[顿]	N	$kg \cdot m/s^2$	磁通量密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2
压力,压强;应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2	电感	亨[利]	H	Wb/A
能量;功;热	焦[耳]	J	$N \cdot m$	摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
功率;辐射通量	瓦[特]	W	J/s	光通量	流[明]	lm	$cd \cdot sr$
电荷量	库[仑]	C	$A \cdot s$	光照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2
电位;电压;电动势	伏[特]	V	W/A	放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
电容	法[拉]	F	C/V	吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
电阻	欧[姆]	Ω	V/A	剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg
电导	西[门子]	S	A/V				

4. 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分 [小]时 天(日)	min h d	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$
平面角	[角]秒 [角]分 度	($''$) ($'$) ($^{\circ}$)	$1'' = (\pi/648000) \text{ rad}$ (π 为圆周率) $1' = 60'' = (\pi/10800) \text{ rad}$ $1^{\circ} = 60' = (\pi/180) \text{ rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$1 \text{ r/min} = (1/60) \text{ s}^{-1}$
长度	海里	n mile	$1 \text{ n mile} = 1852 \text{ m}$ (只用于航程)
速度	节	kn	$1 \text{ kn} = 1 \text{ n mile/h}$ $= (1852/3600) \text{ m/s}$ (只用于航行)
质量	吨 原子质量单位	t u	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$ $u \approx 1.6605655 \times 10^{-27} \text{ kg}$
体积	升	L, (l)	$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
能	电子伏	eV	$1 \text{ eV} \approx 1.6021892 \times 10^{-19} \text{ J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	$1 \text{ tex} = 1 \text{ g/km}$
面积	公顷	ha	$1 \text{ ha} = 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$

5. 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾〔可萨〕	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍〔它〕	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	太〔拉〕	T	10^{-3}	毫	m
10^9	吉〔咖〕	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	纳〔诺〕	n
10^3	千	k	10^{-12}	皮〔可〕	p
10^2	百	h	10^{-15}	飞〔母托〕	f
10^1	十	da	10^{-18}	阿〔托〕	a

注：1. 周、月、年（年的符号 a）为一般常用时间单位。

2.〔〕内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。

3.（）内的字为前者的同义语。

4. 角度单位度分秒的符号不处于数字后时，用括弧。

5. 升的符号中，小写字母 l 为备用符号。

6. r 为“转”的符号。

7. 人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

8. 公里为千米的俗称，符号为 km。

9. 10^4 称为万， 10^8 称为亿， 10^{12} 称为万亿，这类数词的使用不受词头名称的影响，但不应与词头混淆。

二、常用法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米 海里	m n mile	费密 埃 英尺 英寸 英里 密耳	Å ft in mile mil	1 费密 = 1 fm = 10^{-15} m 1 Å = 10^{-10} m 1 ft = 0.3048 m 1 in = 0.0254 m 1 mile = 1609.344 m 1 mil = 25.4×10^{-6} m

(续)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
面积	平方米	m ²	公亩 公顷 平方英尺 平方英寸 平方英里	a ha ft ² in ² mile ²	a = 10 ² m ² 1ha = 10 ⁴ m ² 1ft ² = 0.0929030m ² 1in ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ² 1mile ² = 2.58999 × 10 ⁶ m ²
体积、容积	立方米 升	m ³ L, (l)	立方英尺 立方英寸 英加仑 美加仑	ft ³ in ³ UKgal USgal	1ft ³ = 0.0283168m ³ 1in ³ = 1.63871 × 10 ⁻⁵ m ³ 1UKgal = 4.54609dm ³ 1USgal = 3.78541dm ³
质量	千克(公斤) 吨 原子质量单位	kg t u	磅 英担 英吨 短吨 盎司 格令 夸特 米制克拉	lb cwb ton sh ton oz gr, gn qr, qtr	1lb = 0.45359237kg 1cwb = 50.8023kg 1ton = 1016.05kg 1sh ton = 907.185kg 1oz = 28.3495g 1gr = 0.06479891g 1qr = 12.7006kg 1米制克拉 = 2 × 10 ⁻⁴ kg
温度	开(尔文) 摄氏度	K °C	华氏度 兰氏度	°F R	表示温度差和温度间隔时: 1°C = 1K 表示温度的数值时:摄氏温度值°C = 热力学温度值K - 273.15 表示温度差和间隔时 1°F = $\frac{5}{9}$ °C, 表示温度数值时 K = $\frac{5}{9}$ (°F + 459.67), °C = $\frac{5}{9}$ (°F - 32) 表示温度数值时:°C = $\frac{5}{9}$ R - 273.15; K = $\frac{5}{9}$ R
旋转速度	每秒 转每分	s ⁻¹ r/min		rpm	1rpm = 1r/min = (1/60)s ⁻¹

(续)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
力;重力	牛(顿)	N	达因 千克力 磅力 吨力	dyn kgf lbf tf	1dyn = 10 ⁻⁵ N 1kgf = 9.80665N 1lbf = 4.44822N 1tf = 9.80665 × 10 ³ N
压力,压强; 应力	帕(斯卡)	Pa	巴 千克力每平方厘米 毫米水柱 毫米汞柱 托 工程大气压 标准大气压 磅力每平方英尺 磅力每平方英寸	bar kgf/cm ² mmH ₂ O mmHg Torr at atm lbf/ft ² lbf/in ²	1bar = 10 ⁵ Pa 1kgf/cm ² = 0.0980665MPa 1mmH ₂ O = 9.80665Pa 1mmHg = 133.322Pa 1Torr = 133.322Pa 1at = 98066.5Pa = 98.0665kPa 1atm = 101325Pa = 101.325kPa 1lbf/ft ² = 47.8803Pa 1lbf/in ² = 6894.76Pa = 6.89476kPa
能量;功;热	{焦耳} 电子伏 千瓦时	J eV kW·h	尔格 千克力米 英马力小时 卡 热化学卡 马力小时 电工马力小时 英热单位	erg kgf·m hp·h cal calth Btu	1erg = 10 ⁻⁷ J 1kgf·m = 9.80665J 1hp·h = 2.68452MJ 1cal = 4.1868J 1calth = 4.1840J 1马力小时 = 2.64779MJ 1电工马力小时 = 2.68560MJ 1Btu = 1055.06J = 1.05506kJ 1kW·h = 3.6MJ
功率,辐射 通量	瓦(特)	W	千克力米每秒 马力,米制马力 英马力 电工马力 卡每秒 千卡每小时 热化学卡每秒 伏安 乏 每小时英热单位	kgf·m/s 法 ch, CV; 德 PS hp cal/s kcal/h cal _{th} /s VA var Btu/h	1kgf·m/s = 9.80665W 1ch = 735.499W 1hp = 745.700W 1电工马力 = 746W 1cal/s = 4.1868W 1kcal/h = 1.163W 1cal _{th} /s = 4.184W 1VA = 1W 1var = 1W 1Btu/h = 0.293071W
电导	西门子	S	姆欧	1 U	1 U = 1S
磁通量	韦(伯)	Wb	麦克斯韦	Mx	1Mx = 10 ⁻⁸ Wb
磁通量密度, 磁感应强度	特(斯拉)	T	高斯	Gs, G	1Gs = 10 ⁻⁴ T
光照度	勒(克斯)	lx	英尺烛光	lm/ft ²	1lm/ft ² = 10.76lx

(续)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
速度	米每秒 节 千米每小时 米每分	m/s kn km/h m/min	英尺每秒 英寸每秒 英里每小时	ft/s in/s mile/h	1ft/s = 0.3048m/s 1in/s = 0.0254m/s 1mile/h = 0.44704m/s 1km/h = 0.277778m/s 1m/min = 0.0166667m/s
加速度	米每二次方秒	m/s ²	英尺每二次方秒 伽	ft/s ² Gal	1ft/s ² = 0.3048m/s ² 1Gal = 10 ⁻² m/s ²
线密度、纤度	千克每米 特[克斯]	kg/m tex	旦 磅每英尺 磅每英寸	lb/ft lb/in	1旦 = 0.111112 × 10 ⁻⁶ kg/m 1lb/ft = 1.48816kg/m 1lb/in = 17.8580kg/m
密度	千克每立方米	kg/m ³	磅每立方英尺 磅每立方英寸	lb/ft ³ lb/in ³	1lb/ft ³ = 16.0185kg/m ³ 1lb/in ³ = 37979.9kg/m ³
比容 (比体积)	立方米每千克	m ³ /kg	立方英尺每磅 立方英寸每磅	ft ³ /lb in ³ /lb	1ft ³ /lb = 0.0624280m ³ /kg 1in ³ /lb = 3.61273 × 10 ⁻⁶ m ³ /kg
质量流率	千克每秒	kg/s	磅每秒 磅每小时	lb/s lb/h	1lb/s = 0.453592kg/s 1lb/h = 1.25998 × 10 ⁻⁴ kg/s
体积流率	立方米每秒 升每秒	m ³ /s L/s	立方英尺每秒 立方英寸每小时	ft ³ /s in ³ /h	1ft ³ /s = 0.0283168m ³ /s 1in ³ /h = 4.55196 × 10 ⁻⁹ m ³ /s
转动惯量	千克二次方米	kg·m ²	磅二次方英尺 磅二次方英寸	lb·ft ² lb·in ²	1lb·ft ² = 0.0421401kg·m ² 1lb·in ² = 2.92540 × 10 ⁻⁴ kg·m ²
动量	千克米每秒	kg·m/s	磅英尺每秒	lb·ft/s	1lb·ft/s = 0.138255kg·m/s
角动量	千克二次方米 每秒	kg·m ² /s	磅二次方英尺每秒	lb·ft ² /s	1lb·ft ² /s = 0.0421401kg·m ² /s
力矩	牛顿米	N·m	千克力米 磅力英尺 磅力英寸	kgf·m lbf·ft lbf·in	1kgf·m = 9.80665N·m 1lbf·ft = 1.35582N·m 1lbf·in = 0.112985N·m
动力粘度	帕斯卡秒	Pa·s	泊 厘泊 千克力秒每平方米 磅力秒每平方英尺 磅力秒每平方英寸	P, Po cP kgf·s/m ² lbf·s/ft ² lbf·s/in ²	1P = 10 ⁻¹ Pa·s 1cP = 10 ⁻³ Pa·s 1kgf·s/m ² = 9.80665Pa·s 1lbf·s/ft ² = 47.8803Pa·s 1lbf·s/in ² = 6894.76Pa·s
运动粘度, 热扩散率	二次方米每秒	m ² /s	斯托克斯 厘斯托克斯 二次方英尺每秒 二次方英寸每秒	S: cSt ft ² /s in ² /s	1St = 10 ⁻⁴ m ² /s 1cSt = 10 ⁻⁶ m ² /s 1ft ² /s = 9.29030 × 10 ⁻² m ² /s 1in ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ² /s

(续)

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
比能	焦耳每千克	J/kg	千卡每千克 热化学千卡每千克 英热单位每磅	kcal/kg kcal _{th} /kg Btu/lb	1kcal/kg = 4186.8J/kg 1kcal _{th} /kg = 4184J/kg 1Btu/lb = 2326J/kg
比热容, 比焓	焦耳每千克开尔文	J/(kg·K)	千卡每千克开尔文 热化学千卡每千克 开尔文 英热单位每磅 华氏度	kcal/(kg·K) kcal _{th} /(kg·K) (kg·K) Btu/(lb·°F)	1kcal/(kg·K) = 4186.8J/(kg·K) 1kcal _{th} /(kg·K) = 4184J/(kg·K) 1Btu/(lb·°F) = 4186.8J/(kg·K)
传热系数	瓦特每平方米开尔文	W/(m ² ·K)	卡每平方厘米秒开尔文 千卡每平方米小时开尔文 英热单位每平方英尺小时华氏度	cal/(cm ² ·s·K) kcal/(m ² ·h·K) Btu/(ft ² ·h·°F)	1kcal/(cm ² ·s·K) = 41868W/(m ² ·K) 1kcal/(m ² ·h·K) = 1.163W/(m ² ·K) 1Btu/(ft ² ·h·°F) = 5.67826W/(m ² ·K)
热导率	瓦特每米开尔文	W/(m·K)	卡每厘米秒开尔文 千卡每米小时开尔文 英热单位每英尺小时华氏度	cal/(cm·s·K) kcal/(m·h·K) Btu/(ft·h·°F)	kcal/(cm·s·K) = 418.68W/(m·K) 1kcal/(m·h·K) = 1.163W/(m·K) 1Btu/(ft·h·°F) = 1.73073W/(m·K)

三、主要元素的化学符号和原子量

元素名称	化学符号	原子量	元素名称	化学符号	原子量
银	Ag	107.88	锰	Mn	54.93
铝	Al	26.79	钼	Mo	95.95
砷	As	74.91	钠	Na	22.997
金	Au	197.2	镍	Ni	58.69
硼	B	10.82	磷	P	30.98
钡	Ba	137.36	铅	Pb	207.21

(续)

元素名称	化学符号	原子量	元素名称	化学符号	原子量
铍	Be	9.02	铂	Pt	195.23
铋	Bi	209.00	镭	Ra	226.05
溴	Br	79.916	铷	Rb	85.48
碳	C	12.01	钌	Ru	101.7
钙	Ca	40.08	硫	S	32.06
铌	Nb	92.91	铟	Sb	121.76
镉	Cd	112.41	硒	Se	78.96
钴	Co	58.94	硅	Si	28.06
铬	Cr	52.01	锡	Sn	118.70
铜	Cu	63.54	锶	Sr	87.63
氟	F	19.00	钽	Ta	180.83
铁	Fe	55.85	钍	Th	232.12
锗	Ge	72.60	钛	Ti	47.90
汞	Hg	200.61	铀	U	238.07
碘	I	126.92	钒	V	50.95
铱	Ir	193.1	钨	W	183.92
钾	K	39.096	锌	Zn	65.38
镁	Mg	24.32			

四、可转位硬质合金刀片

1. 可转位硬质合金刀片型号表示规则 (摘自 GB2076—87)

1) 可转位硬质合金刀片的型号由代表一定意义的字母和数字代号按一定顺序位置排列所组成, 共有十个号位:

第一号位用一字母表示刀片的形状;

第二号位用一字母表示刀片后角大小;

第三号位用一字母表示刀片的允许偏差等级;

第四号位用一字母表示刀片有无断屑槽和中心固定孔;

第五号位用两位阿拉伯数字表示刀片的边长;

第六号位用两位阿拉伯数字表示刀片的厚度;

第七号位用两位阿拉伯数字表示刀尖圆角半径。如刀片为铣削用刀片，
 则用两个字母分别表示刀片安装的主偏角大小和刀片修光刃法后角大小；

第八号位用一字母表示刀片的切削刃截面形状；

第九号位用一字母表示刀片的切削方向；

第十号位用一字母和一位阿拉伯数字表示刀片断屑槽型式和宽度。

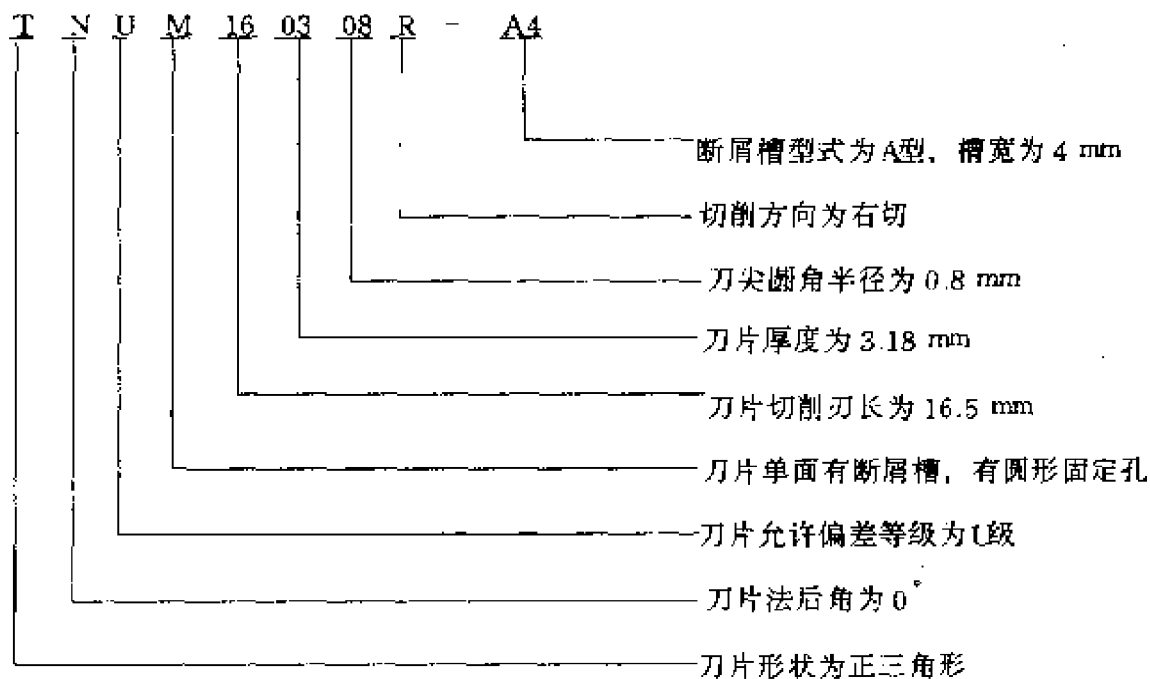
上述各号位代号的具体规定详见 GB2076—87。

2) 任何一个型号都必须用前七个号位表示，后三个号位在必要时才使用。

3) 不论有无第八、九两个号位，第十号位都必须用短横线“-”与前面号位隔开，并且其字母代号不得使用第八、九两个号位已经使用过的字母。

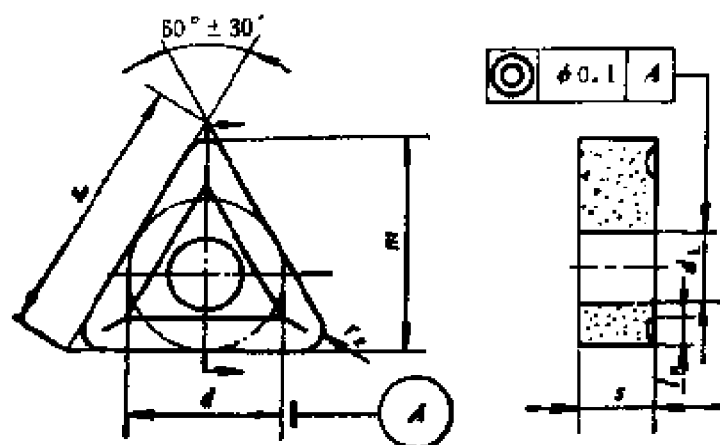
4) 第八、九两个号位如只使用其中一位，则都写在第八号位上。

[例] 车刀用硬质合金刀片的型号



2. 圆孔可转位硬质合金刀片 (根据 GB2078—87, 见表 1~表 33)

表 1 正三角形、0°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)

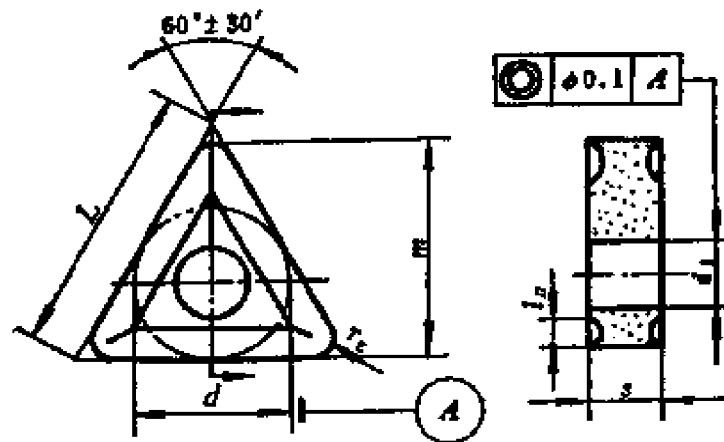


型号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
TN _M ^U M160404 - V0									<1
TN _M ^U M160404 - V1						0.4	13.891		1
TN _M ^U M160404 - V2									2
TN _M ^U M160408 - V1	16.5	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.8	13.494	U ± 0.13 M ± 0.08	1
TN _M ^U M160408 - V2									2
TN _M ^U M160412 - V1						1.2	13.097		1
TN _M ^U M160412 - V2									2
TN _M ^U M220408 - V1									1
TN _M ^U M220408 - V2	22.0	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	18.256	U ± 0.20 M ± 0.13	2
TN _M ^U M220408 - V3									3
TN _M ^U M220412 - V2									2
TN _M ^U M220412 - V3	22.0	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	1.2	17.859	U ± 0.20 M ± 0.13	3
TN _M ^U M220416 - V3						1.6	17.463		3

(续)

型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
TN _M ^U M270612-V2	27.5	15.875	U±0.18 M±0.10	±0.13	±0.08	±0.10	1.2	22.622	2
TN _M ^U M270612-V4							1.6	22.225	4
TN _M ^U M270616-V4							1.6	22.225	4

表 2 正三角形、0°法向后角、双面有 V 型断屑槽刀片 (mm)

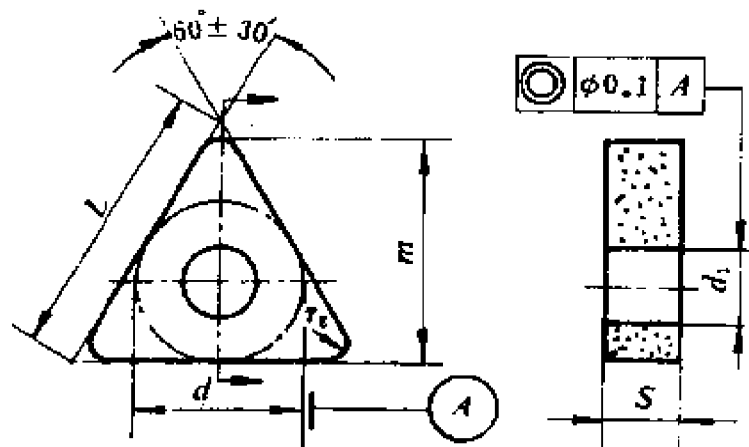


型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
TN _M ^U G160404-V0	16.5	9.525	U±0.08 M±0.05	±0.13	±0.08	±0.10	0.4	13.891	<1
TN _M ^U G160404-V1									1
TN _M ^U G160404-V2									2
TN _M ^U G160408-V1							0.8	13.494	1
TN _M ^U G160408-V2							0.8	13.494	2
TN _M ^U G160412-V1							1.2	13.097	1
TN _M ^U G160412-V2							1.2	13.097	2

(续)

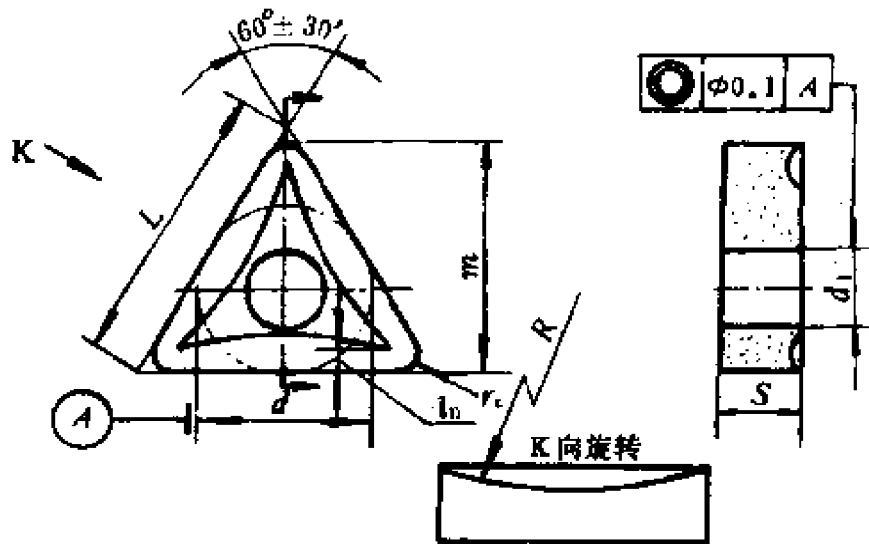
型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_s	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
TN _M ^U G220408-V1	22.0	12.70	U±0.13 M±0.08	4.76	5.15	0.8	18.256	U±0.20 M=0.13	1
TN _M ^U G220408-V2									2
TN _M ^U G220412-V2									2
TN _M ^U G220412-V3									3
TN _M ^U G220416-V3									3

表 3 正三角形、0°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



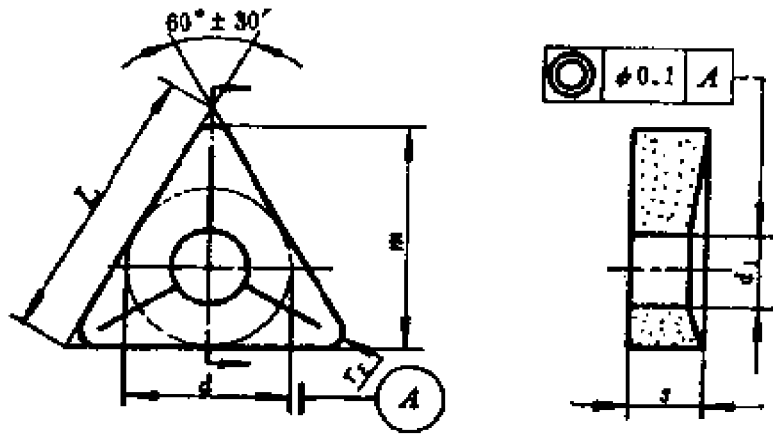
型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_s	m	
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差
TN _M ^U A160404	16.5	9.525	U±0.08 M±0.05	4.76	3.81	0.4	13.891	U±0.13 M±0.08
TN _M ^U A160408								
TN _M ^U A160412								
TN _M ^U A220408	22.0	12.70	U±0.13 M±0.08	4.76	5.16	0.8	18.256	U±0.20 M±0.13
TN _M ^U A220412								
TN _M ^U A220416								
TN _M ^U A270612	27.5	15.875	U±0.18 M±0.10	6.35	6.35	1.2	22.622	U±0.27 M±0.15

表 4 正三角形、0°法向后角、单面有 P 型断屑槽刀片 (mm)



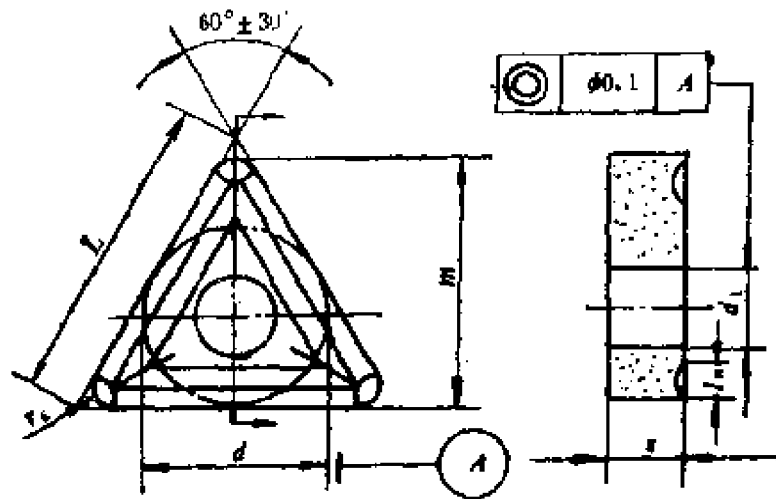
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_s \approx$
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
TN _M ^U M160404 - P0	16.5	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.4	13.891	U ± 0.13 M ± 0.08	<1
TN _M ^U M160404 - P1									1
TN _M ^U M160404 - P2									2
TN _M ^U M160408 - P1									1
TN _M ^U M160408 - P2									2
TN _M ^U M160412 - P2									2
TN _M ^U M220408 - P1	22.0	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	18.256	U ± 0.20 M ± 0.13	1
TN _M ^U M220408 - P2									2
TN _M ^U M220408 - P3									3
TN _M ^U M220412 - P2									2
TN _M ^U M220412 - P3									3
TN _M ^U M220416 - P3									3
TN _M ^U M220612 - P3	27.5	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	22.622	U ± 0.27 M ± 0.15	3

表 5 正三角形、0°法向后角、单面有 G 型断屑槽刀片 (mm)



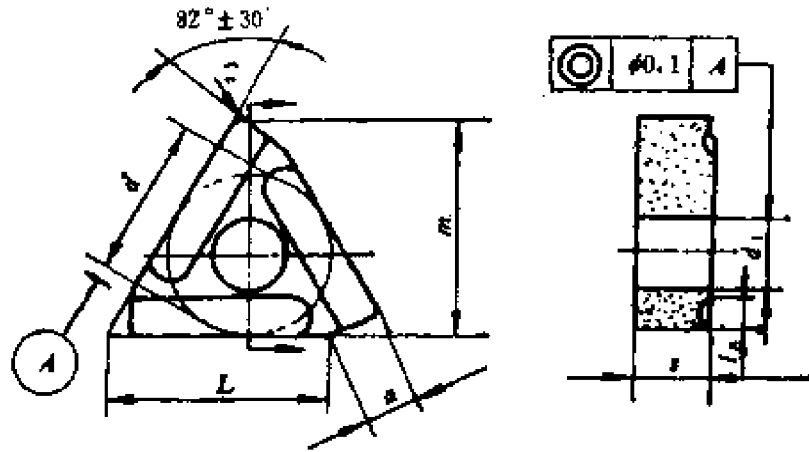
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
TN _M ^U M160404-G	16.5	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.4	13.891	U ± 0.13 M ± 0.08
TN _M ^U M160408-G						0.8	13.49	
TN _M ^U M160412-G						1.2	13.097	
TN _M ^U M220408-G	22.0	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	18.255	U ± 0.20 M ± 0.13
TN _M ^U M220412-G						1.2	17.859	
TN _M ^U M220416-G						1.6	17.463	
TN _M ^U M270612-G	27.5	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	22.622	U ± 0.27 M ± 0.15
TN _M ^U M270616-G						1.6	22.225	

表 6 正三角形、 0° 法向后角、单面有 W 型断屑槽刀片 (mm)



型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
TN _M ^U M160408 - W2	16.5	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.8	13.494	U ± 0.13 M ± 0.08	2
TN _M ^U M160412 - W2							13.097		
TN _M ^U M220408 - W2						0.8	18.256		2
TN _M ^U M220408 - W3									3
TN _M ^U M220412 - W2	22.0	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	1.2	17.859	U ± 0.20 M ± 0.13	2
TN _M ^U M220412 - W3									3
TN _M ^U M220416 - W2						1.6	17.463		2
TN _M ^U M220416 - W3									3
TN _M ^U M270612 - W3	27.5	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	22.622	U ± 0.27 M ± 0.15	3

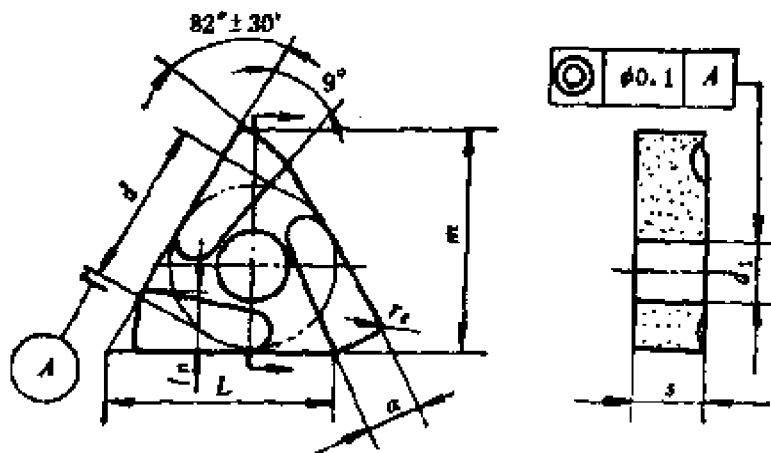
表7 刀尖角为 82° 的不等边不等角六边形、
 0° 法向后角、单面有 Δ 型断屑槽刀片 (mm)



型号	$L \approx$	a	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
			基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
FN_{M}^U MI30408L-A2	13.5	2.6	9.525	$U \pm 0.08$ $M \pm 0.05$	4.76	3.81	0.8	12.920	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	2
FN_{M}^U MI30408R-A2										
FN_{M}^U MI30406L-A3										
FN_{M}^U MI30406R-A3										
FN_{M}^U MI30412L-A2	13.5	2.6	9.525	$U \pm 0.08$ $M \pm 0.05$	4.76	3.81	1.2	12.723	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	2
FN_{M}^U MI30412R-A2										
FN_{M}^U MI30412L-A3										
FN_{M}^U MI30412R-A3										

(续)

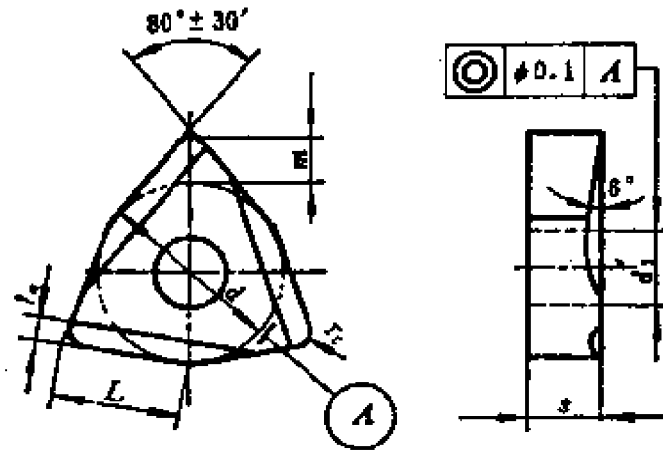
型号	$L \approx$	a	d		s	d_1	r_c	m		槽宽 $l_n \approx$
			基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
FN _M ^U MI70408L-A3	17.8	3.6	12.70	U±0.13 M±0.08	4.76	5.16	0.8	17.307	U±0.20 M±0.13	3
FN _M ^U MI70408R-A3										
FN _M ^U MI70408L-A4										
FN _M ^U MI70408L-A4										
FN _M ^U MI70412L-A4	22.2	4.6	15.875	U±0.18 M±0.10	6.35	6.35	1.2	17.110	U±0.27 M±0.15	4
FN _M ^U MI70412R-A4										
FN _M ^U MI70416L-A4										
FN _M ^U MI70416R-A4										
FN _M ^U MZ20612L-A5	27.0	5.2	19.05	U±0.18 M±0.10	7.93	7.93	1.6	21.498	U±0.27 M±0.15	5
FN _M ^U MZ20612R-A5										
FN _M ^U MZ20616L-A5										
FN _M ^U MZ20616R-A5										
FN _M ^U MZ20716L-A6	27.0	5.2	19.05	U±0.18 M±0.10	7.93	7.93	1.6	25.839	U±0.27 M±0.15	6
FN _M ^U MZ20716R-A6										

表8 刀尖角为 82° 的不等边不等角六边形、 σ 法向后角、单面有Y型断屑槽刀片 (mm)

(续)

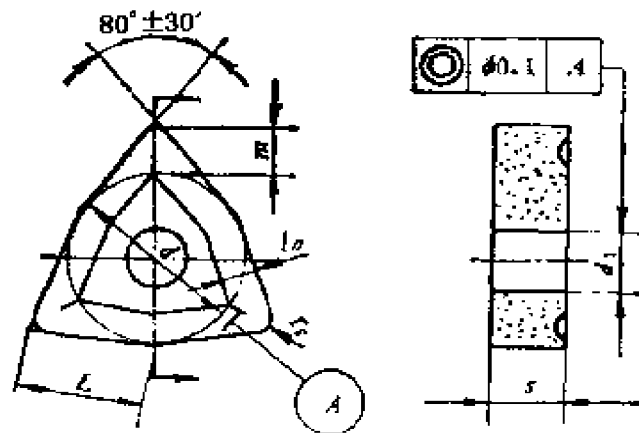
型号	$L \approx$	a	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$			
			基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差				
FN _M ^U MI30408L - Y3	13.5	2.6	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.8	12.920	U ± 0.13 M ± 0.08	3			
FN _M ^U MI30408R - Y3													
FN _M ^U MI30408L - Y4													
FN _M ^U MI30408R - Y4							1.2	12.723		4			
FN _M ^U MI30412L - Y4													
FN _M ^U MI30412R - Y4													
FN _M ^U MI70408L - Y4	17.8	3.6	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	17.307	U ± 0.20 M ± 0.13	4			
FN _M ^U MI70408R - Y4													
FN _M ^U MI70408L - Y5													
FN _M ^U MI70408R - Y5							1.2	17.110		5			
FN _M ^U MI70412L - Y5													
FN _M ^U MI70412R - Y5													
FN _M ^U MI70416L - Y5											1.6	16.914	6
FN _M ^U MI70416R - Y5													
FN _M ^U M220612L - Y5	22.2	4.6	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	21.498	U ± 0.27 M ± 0.15	5			
FN _M ^U M220612R - Y5													
FN _M ^U M220612L - Y6													
FN _M ^U M220612R - Y6							1.6	21.302		6			
FN _M ^U M220616L - Y6													
FN _M ^U M220616R - Y6													
FN _M ^U M20716L - Y7	27.0	5.2	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	7.93	7.93	1.6	25.839	U ± 0.27 M ± 0.15	7			
FN _M ^U M20716R - Y7													

表9 刀尖角为 80° 的等边不等角六边形、 0° 法向后角、单面有C型断屑槽刀片 (mm)



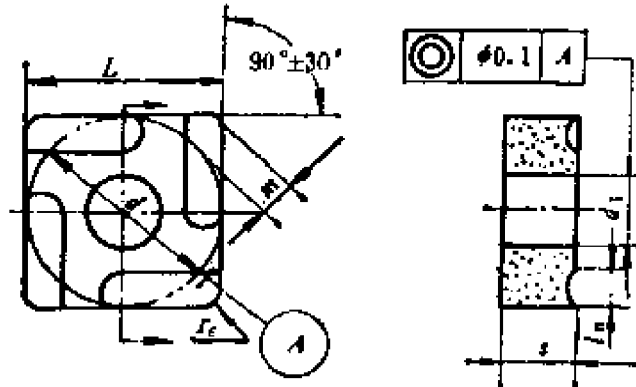
型号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m		槽宽 $l_0 \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
$WN_M^U M080408L - C3$	8.68	12.70	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	4.76	5.16	1.2	3.088	$U \pm 0.20$ $M \pm 0.17$	3
$WN_M^U M080408R - C3$									
$WN_M^U M080412L - C3$							2.867		
$WN_M^U M080412R - C3$									
$WN_M^U M080416L - C3$							2.647		
$WN_M^U M080416R - C3$									
$WN_M^U M100612L - C4$	10.86	15.875	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	6.35	6.35	1.2	3.749	$U \pm 0.27$ $M \pm 0.15$	4
$WN_M^U M100612R - C4$									
$WN_M^U M100616L - C4$							3.529		
$WN_M^U M100616R - C4$									
$WN_M^U M130716L - C5$	13.03	19.05	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	7.93	7.93	1.6	4.411	$U \pm 0.27$ $M \pm 0.15$	6
$WN_M^U M130716R - C5$									

表 10 刀尖角为 80° 的等边不等角六边形、 0° 法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片
(mm)



型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m		槽宽 $t_v \approx$
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
WN _M ^U M080408 - V1	8.68	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.75	5.16	0.8	3.088	U ± 0.20 M ± 0.13	1
WN _M ^U M080408 - V2									2
WN _M ^U M080412 - V2									2
WN _M ^U M080412 - V3									3
WN _M ^U M080416 - V3									
WN _M ^U M100612 - V2	10.86	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	3.749	U ± 0.27 M ± 0.15	2
WN _M ^U M100612 - V3									3
WN _M ^U M100612 - V4									4
WN _M ^U M100616 - V4									
WN _M ^U M130716 - V4	13.03	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	7.93	7.93	1.6	4.411	U ± 0.27 M ± 0.15	4
WN _M ^U M130716 - V5									5

表 11 正方形、0°法向后角、单面有 A 型断屑槽刀片 (mm)

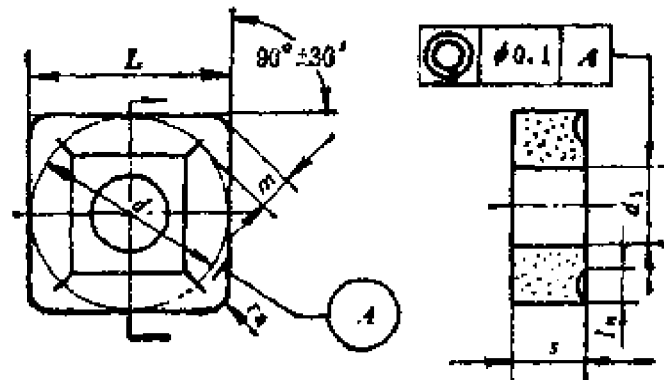


型 号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_a ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
SN ^U _M M090304L - A2	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	3.18	0.4	1.008	U ± 0.13 M ± 0.08	2
SN ^U _M M090304R - A2						0.8		
SN ^U _M M090308L - A2					0.8			
SN ^U _M M090308R - A2						12.70		
SN ^U _M M120408L - A2	1.2	2.137						
SN ^U _M M120408R - A2			1.2	2.137				
SN ^U _M M120408L - A3	1.2	2.137						
SN ^U _M M120408R - A3			1.2	2.137				
SN ^U _M M120412L - A3	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10			6.35		6.35	0.8
SN ^U _M M120412R - A3			1.2	2.795				
SN ^U _M M150608L - A3						1.2		2.795
SN ^U _M M150608R - A3			1.2	2.795				
SN ^U _M M150608L - A4						1.2		2.795
SN ^U _M M150608R - A4			1.2	2.795				
SN ^U _M M150612L - A4	1.2	2.795						
SN ^U _M M150612R - A4			1.2	2.795				

(续)

型号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
SN ^U _M M190612L - A4	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15	4
SN ^U _M M190612R - A4								5
SN ^U _M M190612L - A5								
SN ^U _M M190612R - A5								
SN ^U _M M190616L - A5								
SN ^U _M M190616R - A5					1.6	3.288		

表 12 正方形、0°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)

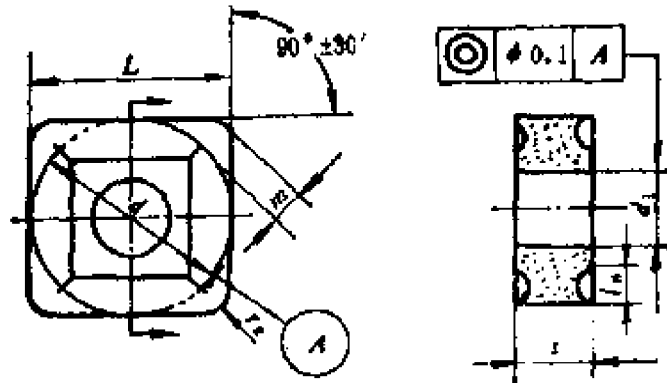


型号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
SN ^U _M M090304 - V0	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	3.81	0.4	1.808	U ± 0.13 M ± 0.08	<1
SN ^U _M M090304 - V1								1
SN ^U _M M090308 - V1								
SN ^U _M M090308 - V2						0.8		1.644

(续)

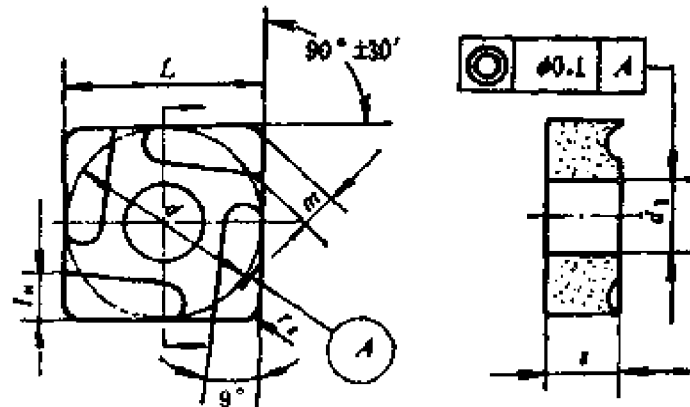
型 号	$d - l$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_s \approx$
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
SN _M ^U M120408 - V1					0.8	2.301		1
SN _M ^U M120408 - V2								
SN _M ^U M120412 - V2	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	1.2	2.137	U ± 0.20 M ± 0.13	2
SN _M ^U M120412 - V3								
SN _M ^U M120416 - V3					1.6	1.973		3
SN _M ^U M150608 - V2								2
SN _M ^U M150608 - V3					0.8	2.959		3
SN _M ^U M150608 - V4								
SN _M ^U M150612 - V3	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	2.795	U ± 0.27 M ± 0.15	4
SN _M ^U M150612 - V4								3
SN _M ^U M150616 - V4					1.6	2.630		4
SN _M ^U M190612 - V3								3
SN _M ^U M190612 - V4					1.2	3.452		
SN _M ^U M190616 - V4	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93			U ± 0.27 M ± 0.15	4
SN _M ^U M190616 - V5					1.6	3.288		5
SN _M ^U M250716 - V7					1.6	4.603		
SN _M ^U M250724 - V7	25.40	U ± 0.25 M ± 0.13	7.93	9.12	2.4	4.274	U ± 0.38 M ± 0.18	7

表 13 正方形、0°法向后角、双面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



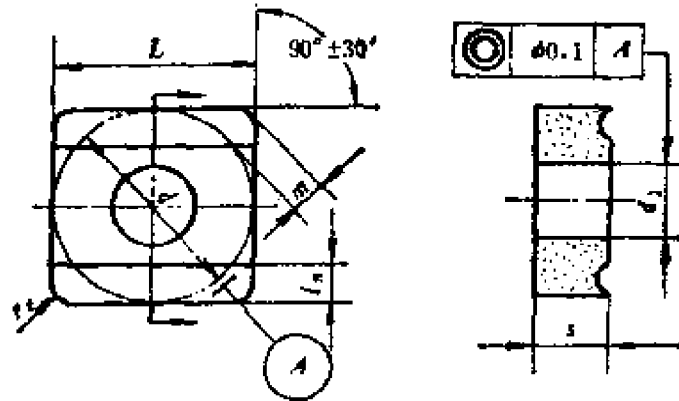
型 号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_a ± 0.10	m		槽宽 $t_n \approx$			
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差				
SN _M ^U G090304 - V0	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	3.81	0.4	1.808	U ± 0.13 M ± 0.08	<1			
SN _M ^U G090304 - V1									1		
SN _M ^U G090308 - V1								0.8	1.644		
SN _M ^U G120404 - V1	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.4	2.466	U ± 0.20 M ± 0.13	1			
SN _M ^U G120408 - V1											
SN _M ^U G120408 - V2										2	
SN _M ^U G120412 - V2								1.2	2.137		
SN _M ^U G150608 - V2	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	0.8	2.959	U ± 0.27 M ± 0.15	2			
SN _M ^U G150612 - V2									1.2	2.795	
SN _M ^U G190612 - V2	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15	2			
SN _M ^U G190612 - V3										3	
SN _M ^U G190616 - V2											2
SN _M ^U G190616 - V3									1.6	3.288	
SN _M ^U G250724 - V3	25.40	U ± 0.25 M ± 0.13	7.93	9.12	2.4	4.274	U ± 0.38 M ± 0.18	3			

表 14 正方形、0°法向后角、单面有 Y 型断屑槽刀片 (mm)



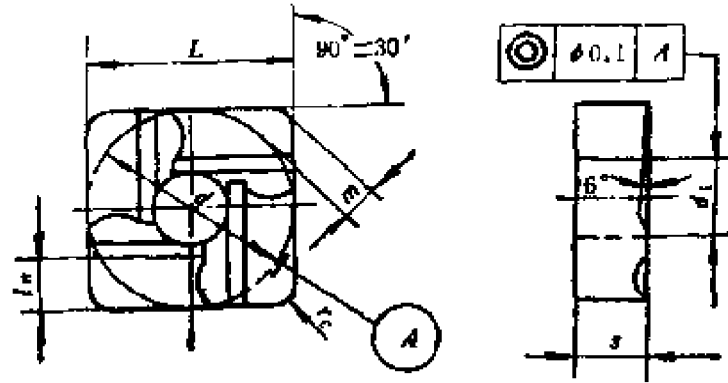
型 号	$d = L$		s	d_1	r_2	m		槽宽 $l_r \approx$
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
SN ^U _M M090304L - Y3	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	3.81	0.4	1.808	U ± 0.13 M ± 0.08	3
SN ^U _M M090304R - Y3								
SN ^U _M M090308L - Y3					0.8	1.644		
SN ^U _M M090308R - Y3								
SN ^U _M M120408L - Y4	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	2.301	U ± 0.20 M ± 0.13	4
SN ^U _M M120408R - Y4								
SN ^U _M M120412L - Y5					1.2	2.137		5
SN ^U _M M120412R - Y5								
SN ^U _M M150608L - Y6	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	5.35	6.35	0.8	2.959	U ± 0.27 M ± 0.15	6
SN ^U _M M150608R - Y6								
SN ^U _M M150612L - Y6					1.2	2.795		
SN ^U _M M150612R - Y6								
SN ^U _M M190612L - Y7	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15	7
SN ^U _M M190612R - Y7								
SN ^U _M M190616L - Y7					1.6	3.288		
SN ^U _M M190616R - Y7								

表 15 正方形、0°法向后角、单面有 H 型断屑槽刀片 (mm)



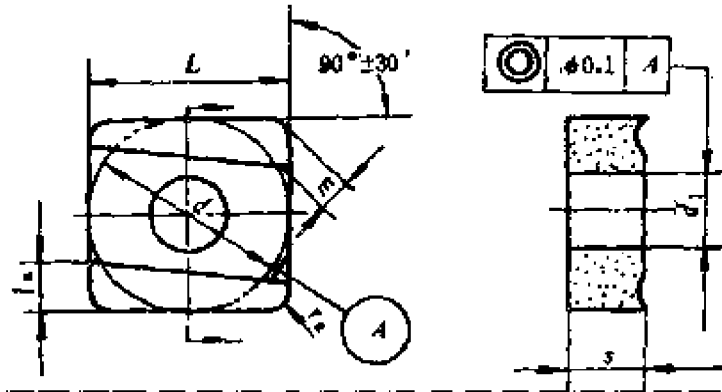
型号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_s ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
SN _M ^U M090304 - H3	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	3.81	0.4	1.80	U ± 0.13 M ± 0.08	3
SN _M ^U M090308 - H3					0.8	1.644		
SN _M ^U M120408 - H4	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	2.301	U ± 0.20 M ± 0.13	4
SN _M ^U M120412 - H4					1.2	2.137		
SN _M ^U M150608 - H5	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	0.8	2.959	U ± 0.27 M ± 0.15	5
SN _M ^U M150612 - H5					1.2	2.795		
SN _M ^U M190612 - H6	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15	6
SN _M ^U M190616 - H6					1.6	3.288		
SN _M ^U M250716 - H8	25.40	U ± 0.25 M ± 0.13	7.93	9.12	1.6	4.603	U ± 0.38 M ± 0.18	8
SN _M ^U M250716 - H10								2.4
SN _M ^U M250724 - H10								

表 16 正方形、0°法向后角、单面有 C 型断屑槽刀片 (mm)



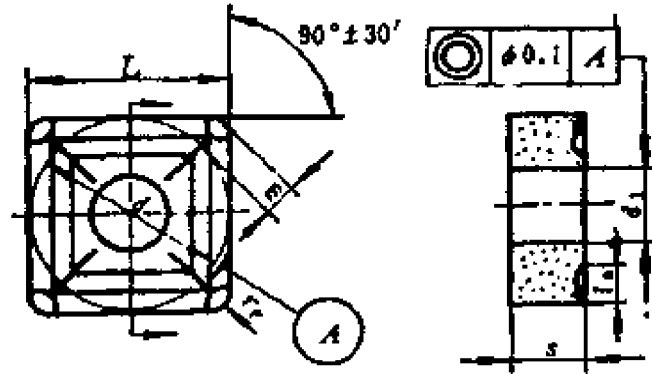
型号	$d = L$		s	d_1	r_c	m		槽宽 $l_a \approx$
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
SN _M ^U M090304L - C2	9.525	U \pm 0.08 M \pm 0.05	3.18	3.81	0.4	1.808	U \pm 0.13 M \pm 0.08	2
SN _M ^U M090304R - C2					0.8	1.644		
SN _M ^U M090308L - C2								
SN _M ^U M090308R - C2								
SN _M ^U M120408L - C3	12.70	U \pm 0.13 M \pm 0.08	4.76	5.16	0.8	2.301	U \pm 0.20 M \pm 0.13	3
SN _M ^U M120408R - C3					1.2	2.137		
SN _M ^U M120412L - C3								
SN _M ^U M120412R - C3								
SN _M ^U M150608L - C4	15.875	U \pm 0.18 M \pm 0.10	6.35	6.35	0.8	2.959	U \pm 0.27 M \pm 0.15	4
SN _M ^U M150608R - C4					1.2	2.795		
SN _M ^U M150612L - C4								
SN _M ^U M150612R - C4								
SN _M ^U M190612L - C5	19.05	U \pm 0.18 M \pm 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U \pm 0.27 M \pm 0.15	5
SN _M ^U M190612R - C5					1.6	3.288		
SN _M ^U M190616L - C5								
SN _M ^U M190616R - C5								

表 17 正方形、0°法向后角、单面有J型断屑槽刀片 (mm)



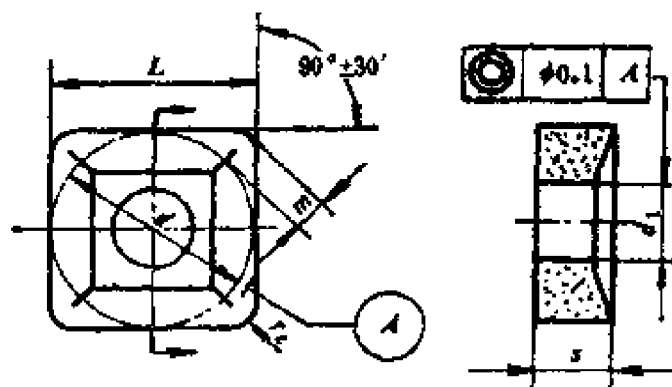
型 号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_1 ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
SN ^U _M M120408L-J4	12.70	U ± 0.13	4.76	5.16	0.8	2.301	U ± 0.20 M ± 0.13	4
SN ^U _M M120408R-J4		M ± 0.08						
SN ^U _M M120408L-J5	12.70	U ± 0.13	4.76	5.16	0.8	2.301	U ± 0.20 M ± 0.13	5
SN ^U _M M120408R-J5		M ± 0.08						
SN ^U _M M150608L-J5	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	0.8	2.959	U ± 0.27 M ± 0.15	5
SN ^U _M M150608R-J5					1.2	2.795		
SN ^U _M M150612L-J6							1.2	2.795
SN ^U _M M150612R-J6								
SN ^U _M M190612L-J6	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15	6
SN ^U _M M190612R-J6					1.6	3.288		
SN ^U _M M190616L-J7							1.6	3.288
SN ^U _M M190616R-J7								
SN ^U _M M250724L-J10	25.4	U ± 0.25	7.93	9.12	2.4	4.274	U ± 0.38 M ± 0.18	10
SN ^U _M M250724R-J10		M ± 0.13						

表 18 正方形、0°法向后角、单面有 W 型断屑槽刀片 (mm)



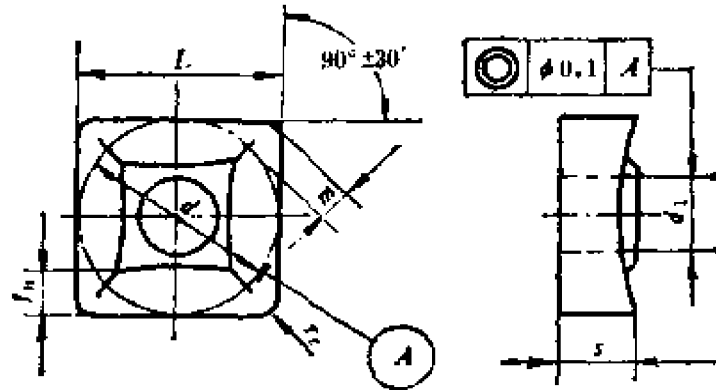
型 号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
$SN_M^U M120408 - W3$	12.70	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	4.76	5.16	0.8	2.301	$U \pm 0.20$ $M \pm 0.13$	3
$SN_M^U M120412 - W3$					1.2	2.137		
$SN_M^U M120416 - W3$					1.6	1.973		
$SN_M^U M150608 - W3$	15.875	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	6.35	6.35	0.8	2.959	$U \pm 0.27$ $M \pm 0.15$	3
$SN_M^U M150612 - W3$					1.2	2.795		
$SN_M^U M190612 - W4$	19.05	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	6.35	7.93	1.2	3.452	$U \pm 0.27$ $M \pm 0.15$	4
$SN_M^U M190616 - W4$					1.6	3.288		

表 19 正方形、0°法向后角、单面有 G 型断屑槽刀片 (mm)



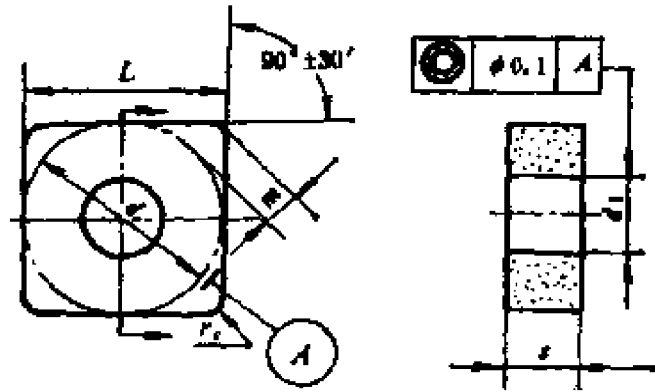
型号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_1 ± 0.10	m	
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差
U SN M120408 - G M	12.70	U ± 0.13	4.76	5.16	0.8	2.301	U ± 0.20 M ± 0.13
U SN M120412 - G M		M ± 0.08			1.2		
U SN M150608 - G M	15.875	U ± 0.18	6.35	6.35	0.8	2.959	U ± 0.27 M ± 0.15
U SN M150612 - G M		M ± 0.10			1.2		
U SN M190612 - G M	19.05	U ± 0.18	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15
U SN M190616 - G M		M ± 0.10			1.6		

表 20 正方形、0°法向后角、单面有 P 型断屑槽刀片 (mm)



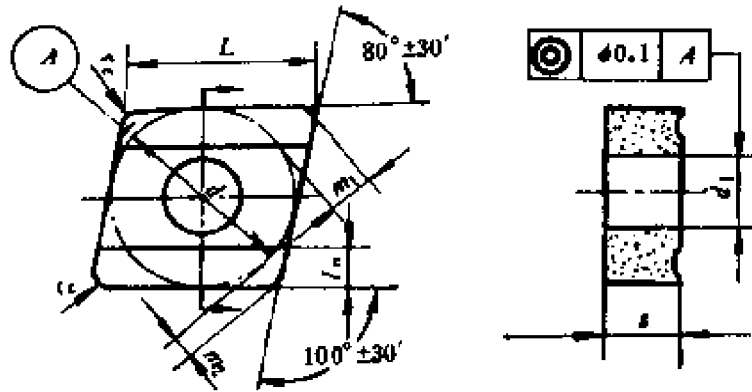
型 号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_t ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
$SN_M^U M090304 - P2$	9.525	$U \pm 0.08$ $M \pm 0.05$	3.18	3.81	0.4	1.808	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	2
$SN_M^U M090308 - P2$					0.8	1.644		
$SN_M^U M120408 - P3$	12.70	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	4.76	5.16	0.8	2.301	$U \pm 0.20$ $M \pm 0.13$	3
$SN_M^U M120412 - P3$					1.2	2.137		
$SN_M^U M150608 - P4$	15.875	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	6.35	6.35	0.8	2.959	$U \pm 0.27$ $M \pm 0.15$	4
$SN_M^U M150612 - P4$					1.2	2.795		
$SN_M^U M190612 - P5$	19.05	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	6.35	7.93	1.2	3.452	$U \pm 0.27$ $M \pm 0.15$	5
$SN_M^U M190616 - P5$					1.6	3.288		

表 21 正方形、0°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



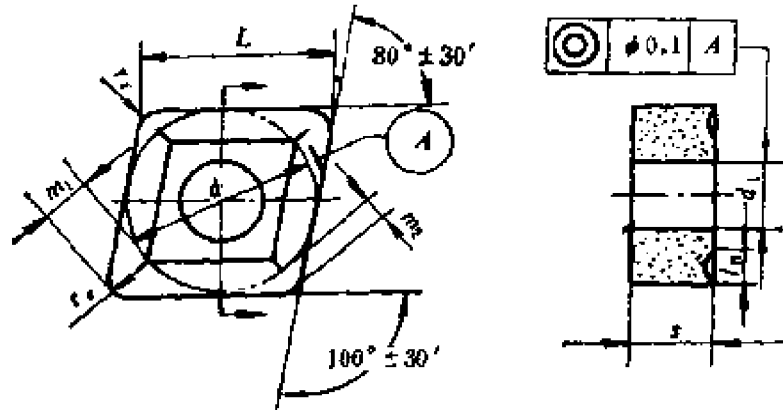
型 号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m	
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
$SN_M^U A120408$	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	2.301	U ± 0.20 M ± 0.13
$SN_M^U A120412$					1.2		
$SN_M^U A190612$	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	3.452	U ± 0.27 M ± 0.15
$SN_M^U A190616$					1.6		
$SN_M^U A250724$	25.40	U ± 0.25 M ± 0.13	7.93	9.12	2.4	4.274	U ± 0.38 M ± 0.18

表 22 80°菱形、0°法向后角、单面有 H 型断屑槽刀片 (mm)



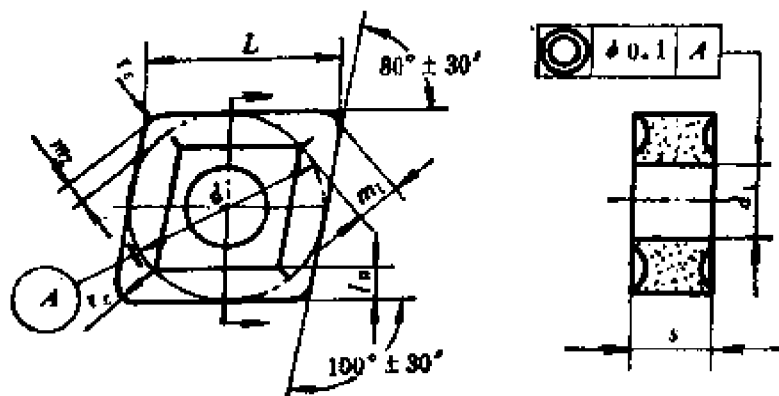
型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m			槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				± 0.13	± 0.08	± 0.10	
U CN M120408-H3 M	12.9	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	3.088	1.697	U ± 0.20 M ± 0.13	3
U CN M120412-H3 M							1.2	2.867		
U CN M160608-H4 M	16.1	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	0.8	3.970	2.182	U ± 0.27 M ± 0.15	4
U CN M160612-H4 M							1.2	3.749		
U CN M190612-H5 M	19.3	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	1.2	4.632	2.545	U ± 0.27 M ± 0.15	5
U CN M190616-H5 M							1.6	4.411		

表 23 80°菱形、0°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



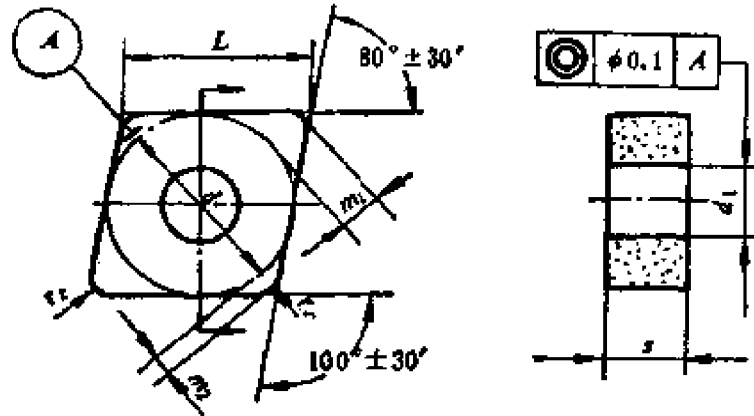
型号	L ≈	d		s ±0.13	d ₁ ±0.08	r ₁ ±0.10	m			槽宽 l _n ≈
		基本尺寸	偏差				m ₁	m ₂	偏差	
U CN M120408 - V2 M						0.8	3.088	1.697	U ± 0.20 M ± 0.13	2 3
U CN M120408 - V3 M	12.9	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16					3
U CN M120412 - V3 M						1.2	2.867	1.576		3
U CN M160608 - V2 M						0.8	3.970	2.132	U ± 0.27 M ± 0.15	2 3
U CN M160608 - V3 M	16.1	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35					3
U CN M160612 - V4 M						1.2	3.749	2.061		4
U CN M190612 - V3 M						1.2	4.632	2.545	U ± 0.27 M ± 0.15	3 4
U CN M190612 - V4 M	19.3	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93					4
U CN M190616 - V5 M						1.6	4.411	2.424		5

表 24 80°菱形、0°法向后角、双面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



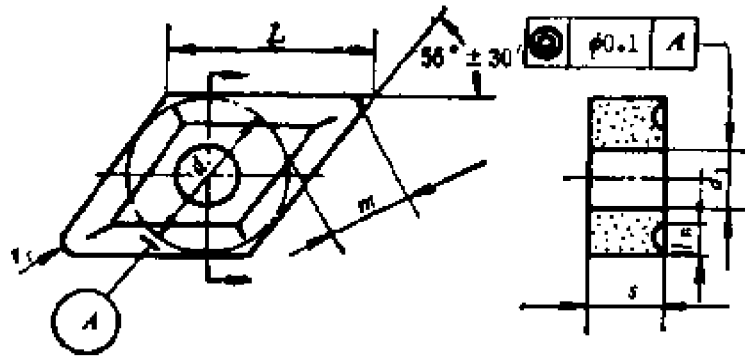
型号	L ≈	d		s ± 0.13	d ₁ ± 0.08	r _t ± 0.10	m			槽宽 L _s ≈
		基本尺寸	偏差				m ₁	m ₂	偏差	
CN _M ^U G120404 - V1	12.9	12.70	± 0.13	4.76	5.16	0.4	3.308	1.818	± 0.20	1
CN _M ^U G120404 - V2										2
CN _M ^U G120408 - V2										2
CN _M ^U G120412 - V2										2
CN _M ^U G160608 - V1	16.1	15.875	± 0.18	6.35	6.35	0.8	3.970	2.182	± 0.27	1
CN _M ^U G160608 - V2										2
CN _M ^U G160612 - V2										2
CN _M ^U G190608 - V1	19.3	19.05	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	7.93	0.8	4.852	2.667	U ± 0.27 M ± 0.15	1
CN _M ^U G190608 - V2										2
CN _M ^U G190612 - V2										2
CN _M ^U G190616 - V3										3

表 25 80°菱形、0°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



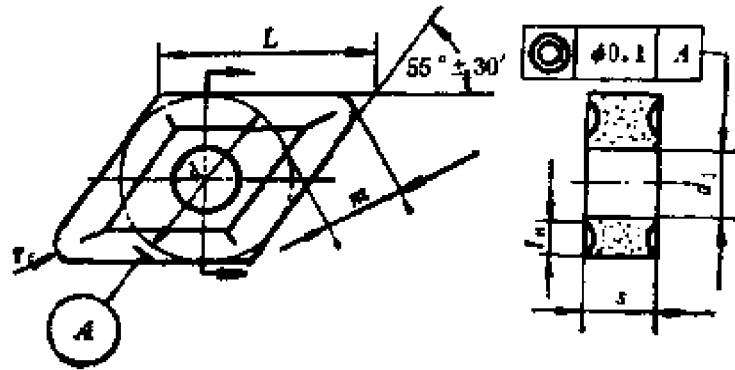
型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m		
		基本尺寸	偏差				m_1	m_2	偏差
U CN M A120408	12.9	12.70	U ± 0.13	4.76	5.16	0.8	3.088	1.697	U ± 0.20 M ± 0.13
M ± 0.08			U CN M A120412						
U CN M A190612	19.3	19.05	U ± 0.18	6.35	7.93	1.2	4.632	2.545	U ± 0.27 M ± 0.15
M ± 0.10			U CN M A190616						

表 26 55°菱形、0°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



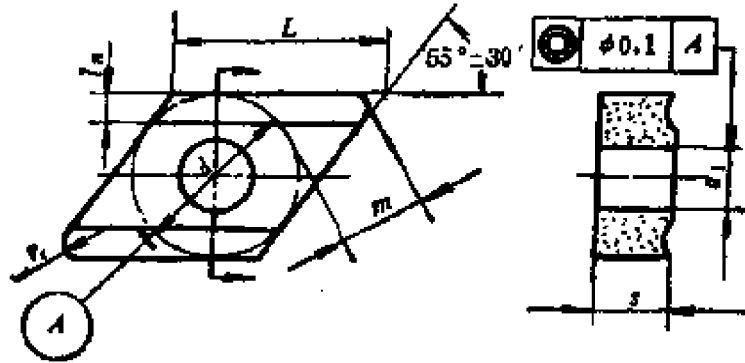
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$	
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差		
U DN M150608 - V2 M	15.5	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	6.35	5.16	0.8	6.477	U ± 0.25 M ± 0.15	2	
U DN M150608 - V3 M									3	
U DN M150612 - V2 M							1.2		6.014	2
U DN M150612 - V3 M										3
U DN M150616 - V3 M							1.6		5.552	
U DN M190612 - V4 M	19.3	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	7.865	U ± 0.35 M ± 0.18	4	
U DN M190616 - V4 M							1.6			7.402

表 27 55°菱形、0°法向后角、双面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



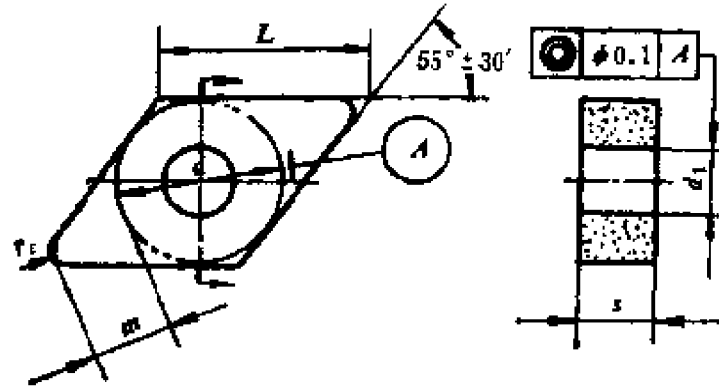
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
U DN G150608 - V2 M						0.8	6.477		2
U DN G150608 - V3 M									3
U DN G150612 - V2 M	15.5	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	6.35	5.16	1.2	6.014	U ± 0.25 M ± 0.15	2
U DN G150612 - V3 M									3
U DN G150616 - V2 M						1.6	5.552		
U DN G190612 - V2 M	19.3	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	7.865	U ± 0.35	2
U DN G190616 - V3 M						1.6	7.402	M ± 0.18	3

表 28 55°菱形、0°法向后角、单面有 H 型断屑槽刀片 (mm)



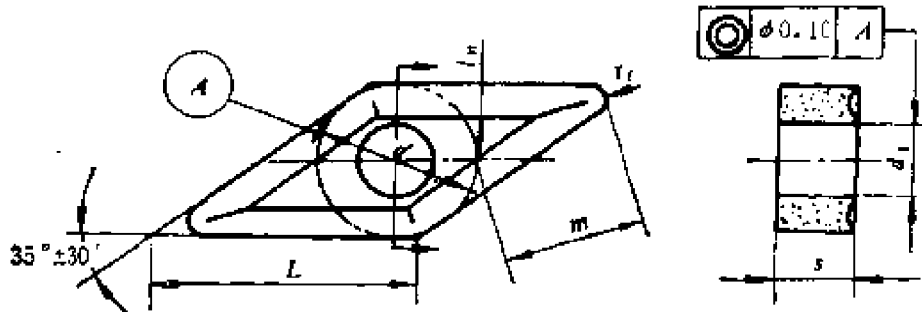
型号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_s ± 0.10	m		槽宽 $L_s \approx$		
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差			
U DN M150608 - H2 M	15.5	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	6.35	5.16	0.8	6.477	U ± 0.25 M ± 0.15	2		
U DN M150608 - H3 M									3		
U DN M150612 - H2 M						1.2	6.014		2		
U DN M150612 - H3 M						1.6	5.552		3		
U DN M150616 - H3 M									7.865	U ± 0.35 M ± 0.18	4
U DN M190612 - H4 M											1.6

表 29 55°菱形、0°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



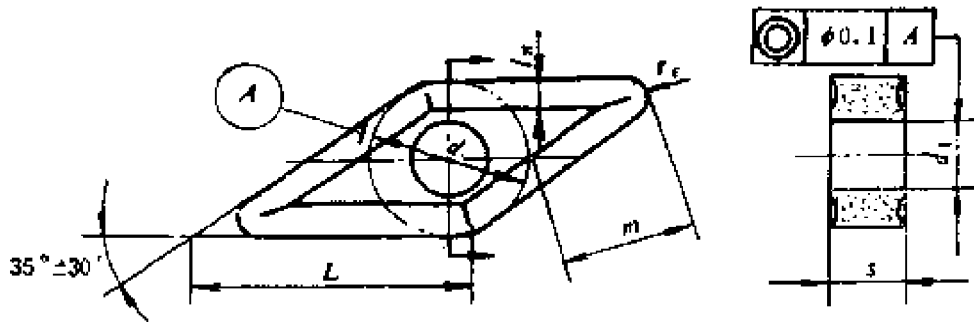
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
U DN A150604 M	15.5	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	6.35	5.16	0.4	3.939	U ± 0.25 M ± 0.15
U DN A150608 M						0.8	6.477	
U DN A150612 M						1.2	6.014	
U DN A150616 M						1.6	5.552	
U DN A190612 M	19.3	15.875	U ± 0.18 M ± 0.10	6.35	6.35	1.2	7.865	U ± 0.35 M ± 0.18

表 30 35°菱形、0°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



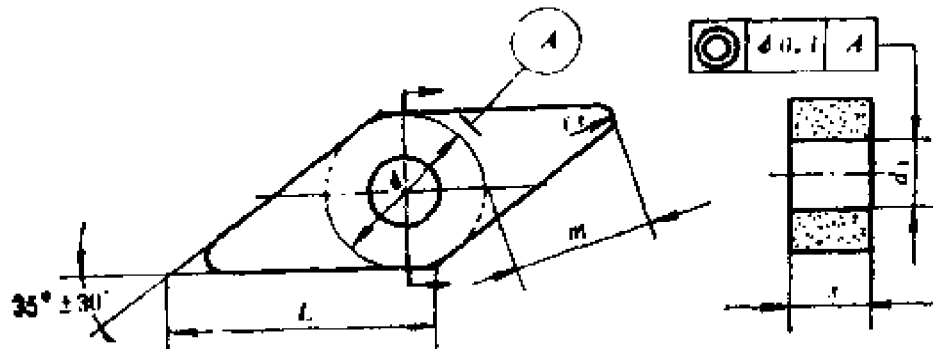
型号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m		槽宽 $l_s \approx$	
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差		
VN _M ^U M160404 - V1	16.6	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.4	10.152	U ± 0.22 M ± 0.15	1	
VN _M ^U M160408 - V1						0.8			2	
VN _M ^U M160408 - V2						1.2	8.306		2	
VN _M ^U M160412 - V2	22.1	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	12.921	U ± 0.38 M ± 0.20	1	
VN _M ^U M220408 - V1									11.998	2
VN _M ^U M220408 - V2										3
VN _M ^U M220408 - V3						1.2	2			
VN _M ^U M220412 - V2							3			
VN _M ^U M220412 - V3										

表 31 35°菱形、0°法向后角、双面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



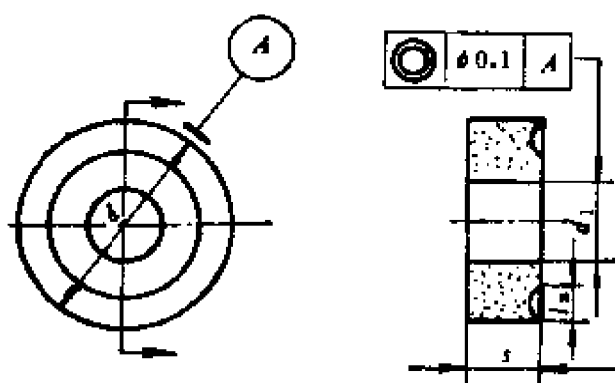
型号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
VN _M ^U G160404 - V1	16.6	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.4	10.152	U ± 0.22 M ± 0.15	1
VN _M ^U G160408 - V1						0.8	9.229		2
VN _M ^U G160408 - V2						1.2	8.306		
VN _M ^U G160412 - V2									
VN _M ^U G220408 - V1	22.1	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	12.921	U ± 0.38 M ± 0.20	1
VN _M ^U G220408 - V2									2
VN _M ^U G220412 - V2						1.2	11.998		

表 32 35°菱形、0°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 ± 0.08	r_c ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
VN _M ^U A160404	16.6	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	4.76	3.81	0.4	10.152	U ± 0.22 M ± 0.15
VN _M ^U A160408						0.8	9.229	
VN _M ^U A160412						1.2	8.806	
VN _M ^U A220408	22.1	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	4.76	5.16	0.8	12.921	U ± 0.38 M ± 0.20
VN _M ^U A220412						1.2	11.998	

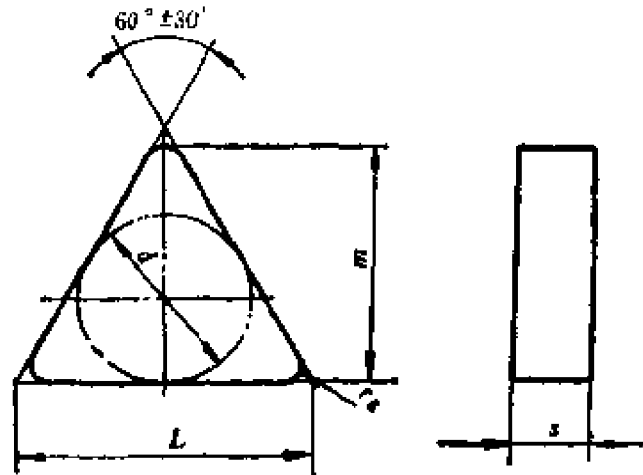
表 33 圆形、0°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



型 号	d		$s \pm 0.13$	$d_1 \pm 0.08$	槽 宽 l_u
	基本尺寸	偏 差			
$RN_{M}^U M080300 - V1$	8	$U \pm 0.08$ $M \pm 0.05$	3.18	2.26	1
$RN_{M}^U M10T300 - V2$	10	$U \pm 0.13$ $M \pm 0.08$	3.97	3.81	2
$RN_{M}^U M120400 - V2$	12		4.76	5.16	
$RN_{M}^U M160500 - V3$	16	$U \pm 0.18$ $M \pm 0.10$	5.56	6.35	3
$RN_{M}^U M200600 - V4$	20		6.35	7.93	4
$RN_{M}^U M250700 - V4$	25	$U \pm 0.25$ $M \pm 0.13$	7.93	9.12	
$RN_{M}^U M320900 - V5$	32		9.52	9.12	5

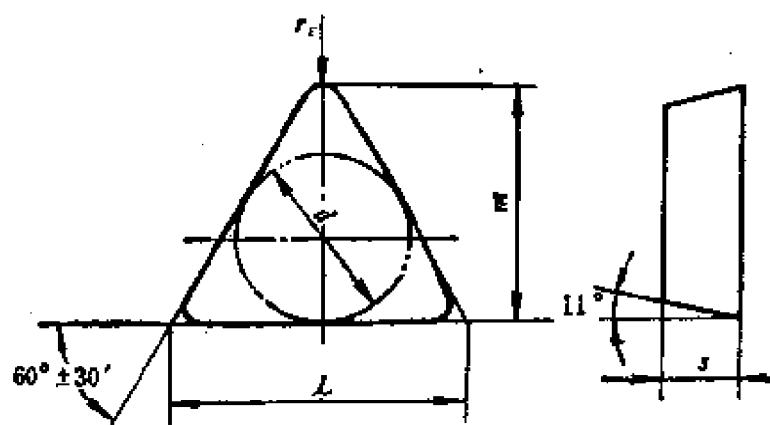
3. 无孔可转位硬质合金刀片 (根据 GB2079—87, 见表 34~表 39)

表 34 正三角形、 0° 法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



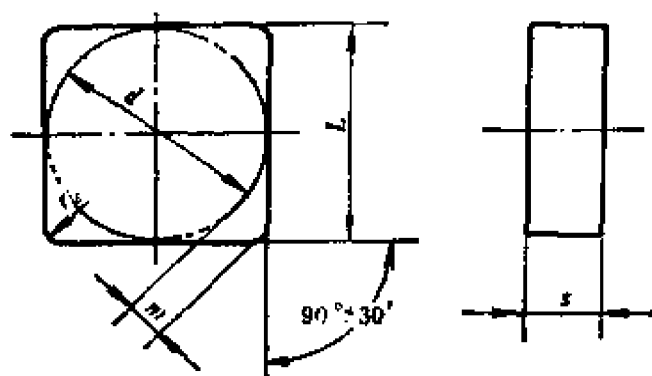
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	r_s ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差			基本尺寸	偏 差
$\begin{matrix} U \\ TN \\ G \end{matrix} N110304$ TNUN110308	11.0	6.35	$U \pm 0.08$ $G \pm 0.025$	3.18	0.4	9.128	$U \pm 0.13$ $G \pm 0.025$
					0.8	8.731	
$\begin{matrix} U \\ TN \\ G \end{matrix} N160408$ $\begin{matrix} U \\ TN \\ G \end{matrix} N160412$	16.5	9.525	$U \pm 0.08$ $G \pm 0.025$	4.76	0.8	13.494	$U \pm 0.13$ $G \pm 0.025$
					1.2	13.097	
TNUN220408 $\begin{matrix} U \\ TN \\ G \end{matrix} N220412$ TNUN220416	22.0	12.70	$U \pm 0.13$ $G \pm 0.025$	4.76	0.8	18.256	$U \pm 0.20$ $G \pm 0.025$
					1.2	17.859	
					1.6	17.463	

表 35 正三角形、11°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



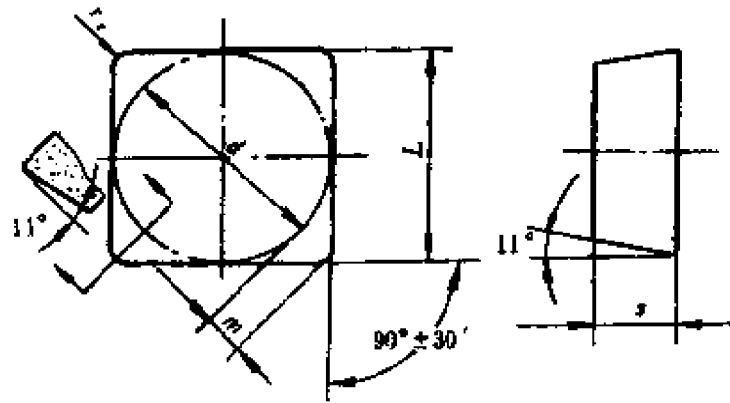
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	r_t ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差			基本尺寸	偏 差
$\begin{matrix} U \\ TP \\ G \end{matrix} N110304$ TPUN110308	11.0	6.35	$U \pm 0.08$ $G \pm 0.025$	3.18	0.4	9.128	$U \pm 0.13$ $G \pm 0.025$
					0.8	8.731	
TPUN160304 $\begin{matrix} U \\ TP \\ G \end{matrix} N160308$ $\begin{matrix} U \\ TP \\ G \end{matrix} N160312$	16.5	9.525	$U \pm 0.08$ $G \pm 0.025$	3.18	0.4	13.891	$U \pm 0.13$ $G \pm 0.025$
					0.8	13.494	
					1.2	13.097	
TPUN220408 $\begin{matrix} U \\ TP \\ G \end{matrix} N220412$ TPUN220416	22.0	12.70	$U \pm 0.13$ $G \pm 0.025$	4.76	0.8	18.256	$U \pm 0.20$ $G \pm 0.025$
					1.2	17.859	
					1.6	17.463	

表 36 正方形、0°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



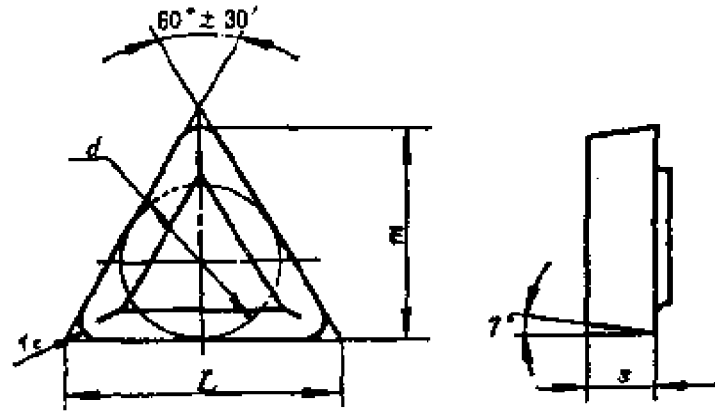
型 号	<i>d</i>		<i>s</i> ±0.13	<i>r_e</i> ±0.10	<i>m</i>	
	基本尺寸	偏 差			基本尺寸	偏 差
SNUN090304 U SN _N 090308 G	9.525	U±0.08 G±0.025	3.18	0.4	1.808	U±0.13 G±0.025
0.8				1.644		
U SN _N 120408 G U SN _N 120412 G	12.70	U±0.13 G±0.025	4.76	0.8	2.301	U±0.20 G±0.025
1.2				2.137		
SNUN150412 SNUN150416	15.875	U±0.18	4.76	1.2	2.795	U±0.27
1.6				2.630		
SNUN190412 SNUN190416	19.05	U±0.18	4.76	1.2	3.452	U±0.27
1.6				3.288		

表 37 正方形、11°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



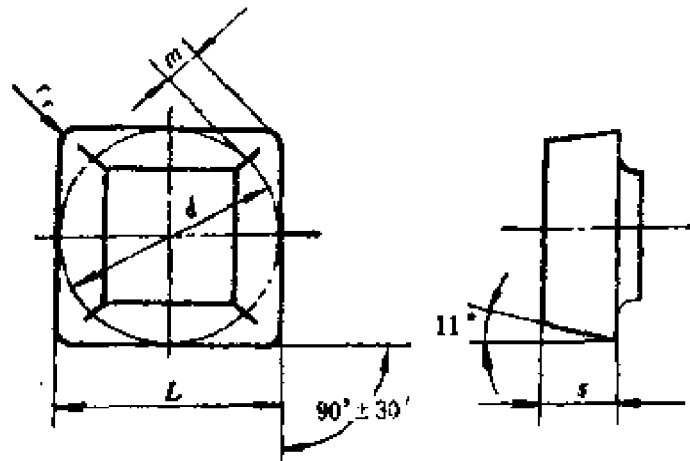
型 号	<i>d</i>		<i>s</i> ±0.13	<i>r_s</i> ±0.08	<i>m</i>	
	基本尺寸	偏 差			基本尺寸	偏 差
SPUN090304	9.525	U±0.08	3.18	0.4	1.808	U±0.13
SPUN090308				0.8	1.644	
SPUN120304	12.70	U±0.13 G±0.025	3.18	0.4	2.466	U±0.20 G±0.025
U SP _N 120308 G				0.8	2.301	
U SP _N 120312 G				1.2	2.137	
SPUN150408	15.875	U±0.18	4.76	0.8	2.959	U±0.27
SPUN150412				1.2	2.795	
SPUN190416	19.05	U±0.18	4.76	1.6	3.288	U±0.27

表 38 正三角形、7°法向后角、单面有 T 型断屑台刀片 (mm)



型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	r_e ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差			基本尺寸	偏 差
TP _M ^U R110304 - T	11.0	6.35	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	0.4	9.128	U ± 0.13 M ± 0.08
TP _M ^U R110308 - T					0.8	8.731	
TP _M ^U R160304 - T	16.5	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	0.4	13.891	U ± 0.13 M ± 0.08
TP _M ^U R160308 - T					0.8	13.494	
TP _M ^U R160312 - T					1.2	13.097	

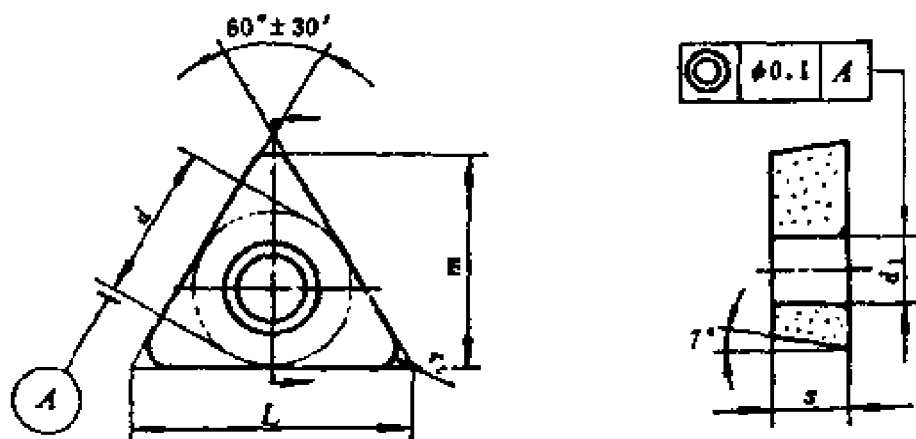
表 39 正方形、11°法向后角、单面有 T 型断屑台刀片 (mm)



型 号	$d = L$		s ± 0.13	r_c ± 0.10	m	
	基本尺寸	偏 差			基本尺寸	偏 差
U SP M R090304 - T	9.525	U ± 0.08 M ± 0.05	3.18	0.4	1.808	U ± 0.10 M ± 0.08
U SP M R090308 - T				0.8	1.644	
U SP M R120304 - T	12.70	U ± 0.13 M ± 0.08	3.18	0.4	2.466	U ± 0.20 M ± 0.13
U SP M R120308 - T				0.8	2.301	
U SP M R120312 - T				1.2	2.137	

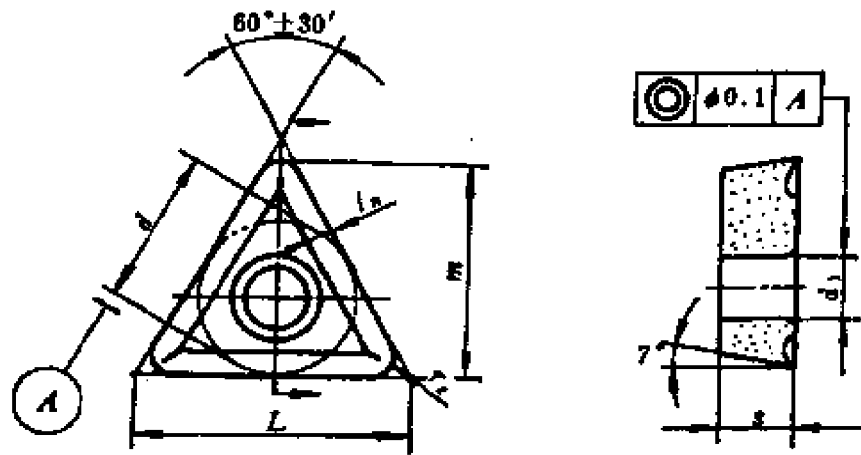
4. 沉孔可转位硬质合金刀片 (根据 GB2080—87, 见表 40~表 51)

表 40 正三角形、7°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



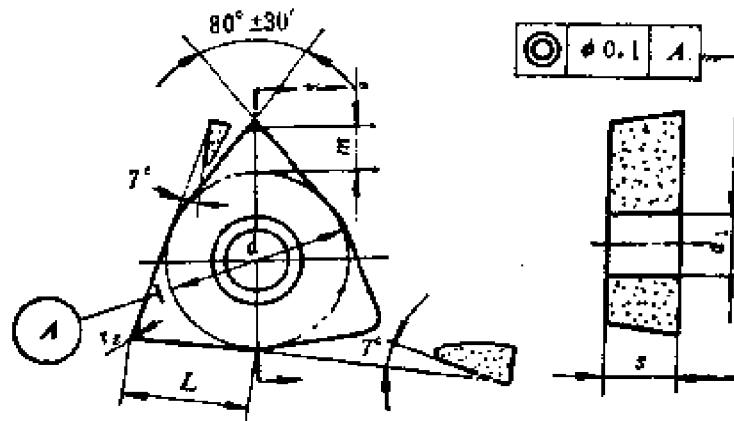
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 Js13	r_t ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
TCMW090204	9.6	5.56	± 0.05	2.38	2.5	0.4	7.943	± 0.08
TCMW110202	11.0	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2	9.322	± 0.08
TCMW110204						0.4		
TCMW130304	13.6	7.94	± 0.05	3.18	3.4	0.4	11.513	± 0.08
TCMW130308						0.8	11.116	
TCMW16T304	16.5	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	13.891	± 0.08
TCMW16T308						0.8	13.494	
TCMW16T312						1.2	13.097	
TCMW220404	22.0	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	18.653	± 0.13
TCMW220408						0.8	18.256	
TCMW220412						1.2	17.859	
TCMW220416						1.6	17.463	

表 41 正三角形、7°法向后角、有 V 型断屑槽刀片 (mm)



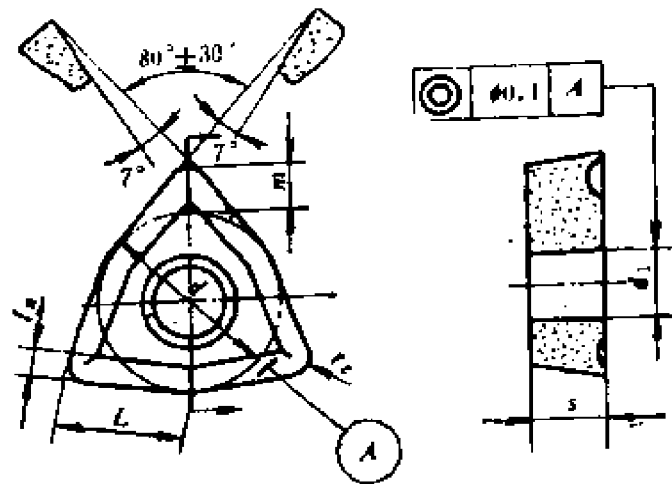
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 Js13	r_e ± 0.1	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
TCMT090204 - V0	9.6	5.56	± 0.05	2.38	2.5	0.4	7.943	± 0.08	<1
TCMT110202 - V0	11.0	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2	9.322	± 0.08	<1
TCMT110204 - V0						0.4	9.128		
TCMT130304 - V1	13.6	7.94	± 0.05	3.18	3.4	0.4	11.513	± 0.08	1
TCMT130308 - V1						0.8	11.116		
TCMT16T304 - V1	16.5	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	13.891	± 0.08	1
TCMT16T308 - V1						0.8	13.494		
TCMT16T312 - V1						1.2	13.097		
TCMT220404 - V1	22.0	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	18.653	± 0.13	1
TCMT220404 - V2									2
TCMT220408 - V1						0.8	18.256		1
TCMT220408 - V2									2
TCMT220412 - V2						1.2	17.859		2
TCMT220416 - V2						1.6	17.463		2

表 42 刀尖角为 80° 的等边不等角六边形、
 7° 法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



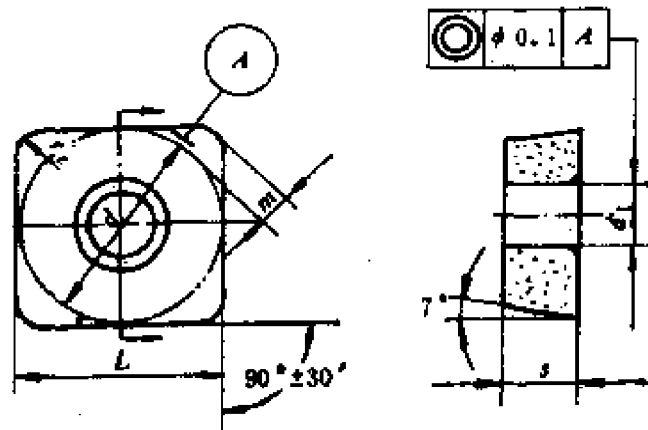
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 Js13	r_e ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
WCMW030202	3.8	5.56	± 0.05	2.38	2.5	0.2	1.432	± 0.08
WCMW040202 WCMW040204	4.34	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2	1.652	± 0.08
						0.4	1.544	
WCMW050304	5.43	7.94	± 0.05	3.18	3.4	0.4	1.986	± 0.08
WCMW06T304 WCMW06T308	6.52	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	2.426	± 0.08
						0.8	2.206	
WCMW080404 WCMW080408	8.68	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	3.308	± 0.13
						0.8	3.088	
WCMW100508	10.86	15.875	± 0.10	5.56	5.5	0.8	3.970	± 0.15

表 43 刀尖角为 80° 的等边不等角六边形、 7° 法向后角、有 V 型断屑槽刀片
(mm)



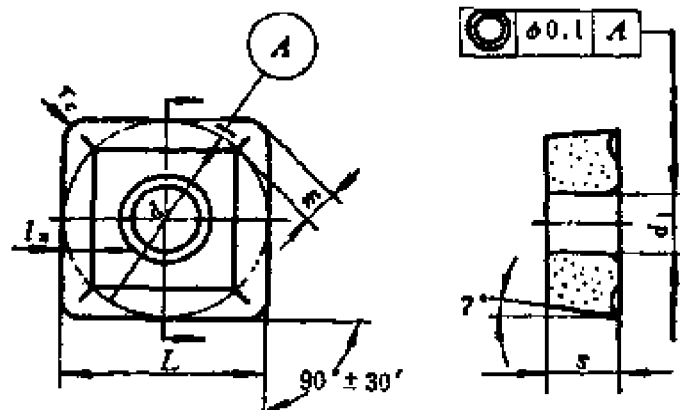
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 js13	r_e ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差	
WCMT030202 - V0	3.8	5.56	± 0.05	2.38	2.5	0.2	1.432	± 0.08	<1
WCMT040204 - V0	4.34	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.4	1.544	± 0.08	
WCMT050304 - V1	5.43	7.94	± 0.05	3.18	3.4	0.4	1.986	± 0.08	1
WCMT06T304 - V1	6.52	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	2.426	± 0.08	
WCMT06T308 - V1	6.52	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.8	2.206	± 0.08	1
WCMT080404 - V1	8.68	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	3.308	± 0.13	
WCMT080404 - V2						0.4	3.308		
WCMT080408 - V2						0.8	3.088		2
WCMT100508 - V2	10.86	15.875	± 0.10	5.56	5.5	0.8	3.970	± 0.15	

表 44 正方形、7°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



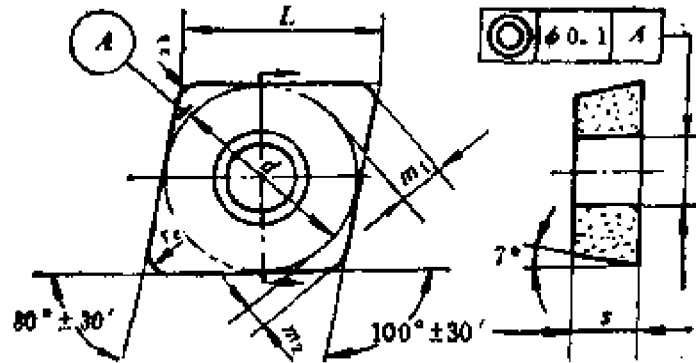
型 号	$d = L$		s	d_1	r_c	m	
	基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差
SCMW09T304	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	1.808	± 0.08
SCMW09T308					0.8	1.644	
SCMW120404	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	2.466	± 0.13
SCMW120408					0.8	2.301	
SCMW120412					1.2	2.137	
SCMW150512	15.875	± 0.10	5.56	5.5	1.2	2.795	± 0.15
SCMW150516					1.6	2.630	
SCMW190612	19.05	± 0.10	6.35	6.5	1.2	3.452	± 0.15
SCMW190616					1.6	3.288	
SCMW190624					2.4	2.959	

表 45 正方形、7°法向后角、有 V 型断屑槽刀片 (mm)



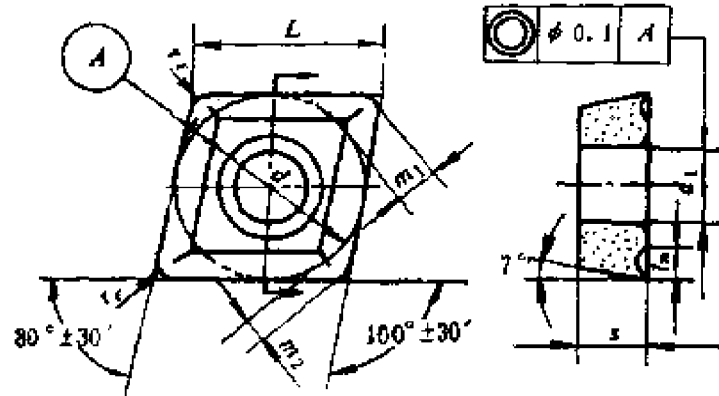
型号	$d = L$		s ± 0.13	d_1 Js13	r_t ± 0.1	m		槽宽 $l_n \approx$
	基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差	
SCMT09T304 - V1	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	1.808	± 0.08	1
SCMT09T308 - V1					0.8	1.644		
SCMT120404 - V1	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	2.466	± 0.13	1
SCMT120404 - V2								2
SCMT120408 - V1					0.8	2.301		1
SCMT120408 - V2								2
SCMT120412 - V2					1.2	2.137		
SCMT150512 - V2	15.875	± 0.10	5.56	5.5	1.2	2.795	± 0.15	2
SCMT150512 - V3								3
SCMT150516 - V3					1.6	2.630		
SCMT190612 - V3	19.05	± 0.10	6.35	6.5	1.2	3.452	± 0.15	3
SCMT190612 - V4								4
SCMT190616 - V3					1.6	3.288		3
SCMT190616 - V4								4
SCMT190624 - V4					2.4	2.959		4

表 46 80°菱形、7°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



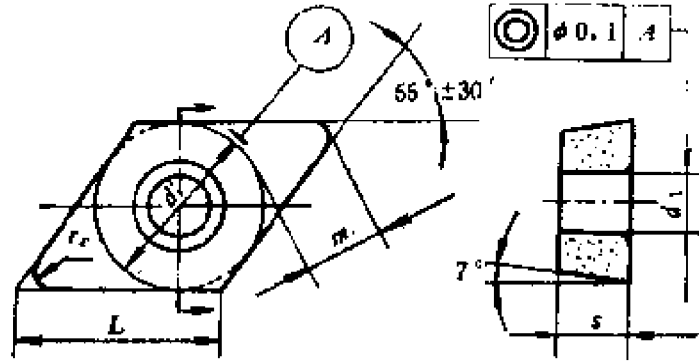
型 号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m		
		基本尺寸	偏 差				± 0.13	Js13	± 0.1
CCMW060202	6.4	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2	1.652	0.908	± 0.08
CCMW060204						0.4	1.544	0.848	
CCMW080304	8.1	7.94	± 0.05	3.18	3.4	0.4	1.986	1.091	± 0.08
CCMW080308						0.8	1.765	0.970	
CCMW09T304	9.7	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	2.426	1.333	± 0.08
CCMW09T308						0.8	2.206	1.212	
CCMW120404	12.9	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	3.308	1.818	± 0.13
CCMW120408						0.8	3.088	1.697	
CCMW120412						1.2	2.867	1.576	
CCMW160512	16.1	15.875	± 0.10	5.56	5.5	1.2	3.749	2.061	± 0.15
CCMW160516						1.6	3.529	1.939	
CCMW190612	19.3	19.05	± 0.10	6.35	6.5	1.2	4.632	2.545	± 0.15
CCMW190616						1.6	4.411	2.424	
CCMW190624						2.4	3.970	2.182	

表 47 80°菱形、7°法向后角、有V型断屑槽刀片 (mm)



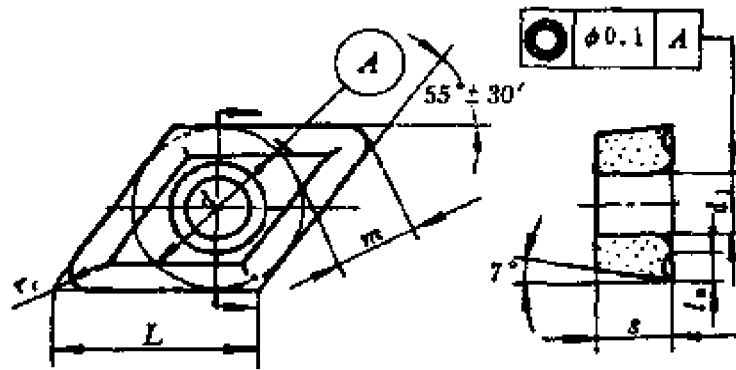
型号	$L \approx$	d		s	d_1	r_e	m			槽宽 $l_n \approx$	
		基本尺寸	偏差				m_1	m_2	偏差		
CCMT060202 - V0	6.4	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2	1.652	0.908	± 0.08	< 1	
CCMT060204 - V0							0.4	1.544			0.848
CCMT080304 - V1	8.1	7.94	± 0.05	3.18	3.4	0.4	1.986	1.091	± 0.08	1	
CCMT080308 - V1							0.8	1.765			0.970
CCMT09T304 - V1	9.7	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	2.426	1.333	± 0.13	1	
CCMT09T308 - V1							0.8	2.206			1.212
CCMT120404 - V1	12.9	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	3.308	1.818	± 0.13	2	
CCMT120404 - V2							0.8	3.088		1.697	1
CCMT120408 - V1											1.2
CCMT120408 - V2	16.1	15.875	± 0.10	5.56	5.5	1.2	3.749	2.061	± 0.15	3	
CCMT160512 - V2							1.6	3.529		1.939	4
CCMT160516 - V4	19.3	19.05	± 0.10	6.35	6.5	1.2	4.632	2.545	± 0.15	2	
CCMT190612 - V2							1.6	4.411		2.424	3
CCMT190612 - V3											
CCMT190616 - V3											
CCMT190624 - V3											

表 48 55°菱形、7°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



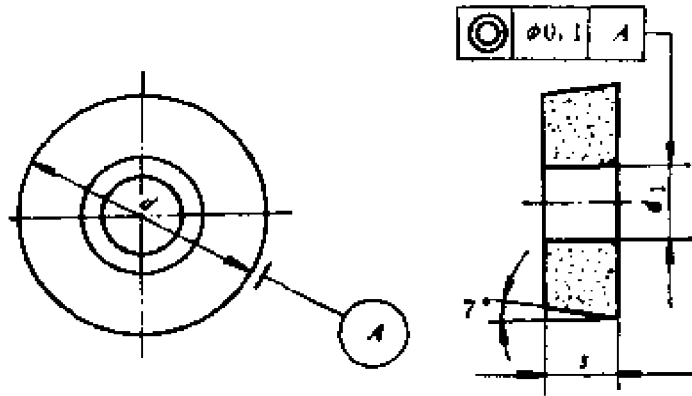
型号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 Js13	r_e ± 0.10	m	
		基本尺寸	偏差				基本尺寸	偏差
DCMW070202 DCMW070204	7.75	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2 0.4	3.464 3.238	± 0.11
DCMW11T304 DCMW11T308 DCMW11T312	11.6	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4 0.8 1.2	5.089 4.626 4.164	± 0.11
DCMW150404 DCMW150408 DCMW150412 DCMW150416	15.5	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4 0.8 1.2 1.6	6.939 6.477 6.014 5.552	± 0.15

表 49 55°菱形、7°法向后角、单面有 V 型断屑槽刀片 (mm)



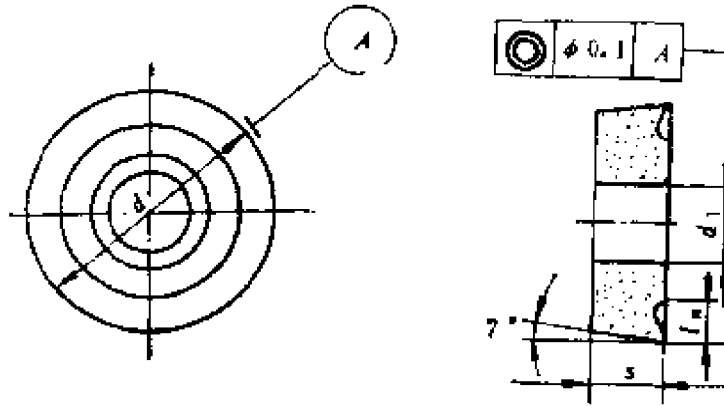
型 号	$L \approx$	d		s ± 0.13	d_1 Js13	r_k ± 0.10	m		槽宽 $l_n \approx$				
		基本尺寸	偏 差				基本尺寸	偏 差					
DCMT070202 - V0	7.75	6.35	± 0.05	2.38	2.8	0.2	3.464	± 0.11	< 1				
DCMT070204 - V0						0.4	3.238						
DCMT11T304 - V1	11.6	9.525	± 0.05	3.97	4.4	0.4	5.089	± 0.11	1				
DCMT11T308 - V1						0.8	4.626						
DCMT11T312 - V1						1.2	4.164						
DCMT150404 - V1	15.5	12.70	± 0.08	4.76	5.5	0.4	6.939	± 0.15	2				
DCMT150404 - V2													1
DCMT150408 - V1						0.8	6.477						2
DCMT150408 - V2						1.2	6.014						
DCMT150412 - V2						1.6	5.552						
DCMT150416 - V2													

表 50 圆形、7°法向后角、无断屑槽刀片 (mm)



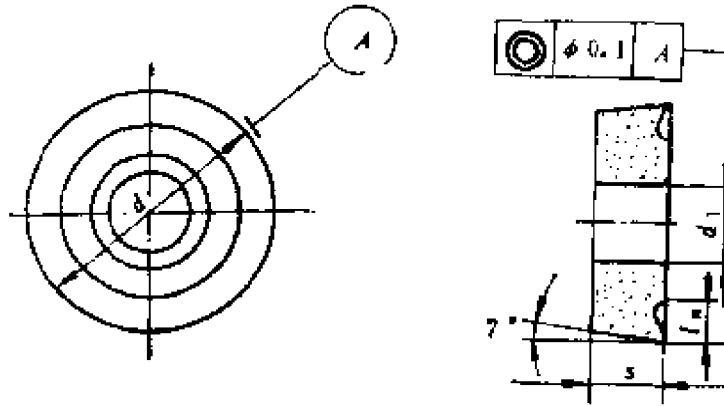
型 号	d		$s \pm 0.13$	$d_1 J s 13$
	基本尺寸	偏 差		
RCMW0602MO	6		2.38	2.8
RCMW0803MO	8	± 0.05	3.18	3.4
RCMW10T3MO	10		3.97	4.4
RCMW1204MO	12	± 0.08	4.76	4.4
RCMW1605MO	16		5.56	5.5
RCMW2006MO	20	± 0.10	6.35	6.5
RCMW2507MO	25		7.94	8.6
RCMW3209MO	32	± 0.13	9.52	8.6

表 51 圆形、70°法向后角、有 V 形断屑槽刀片 (mm)



型 号	d		$s \pm 0.13$	$d_1 j_{s13}$	槽宽 $l_a \approx$
	基本尺寸	偏 差			
RCMT0602MO - V0	6	± 0.05	2.38	2.8	< 1
RCMT0803MO - V1	8	± 0.05	3.18	3.4	1
RCMT10T3MO - V1	10	± 0.05	3.97	4.4	
RCMT1204MO - V1	12	± 0.08	4.76	4.4	
RCMT1204MO - V2					2
RCMT1605MO - V1	16	± 0.10	5.56	5.5	1
RCMT1605MO - V2					2
RCMT1605MO - V3					3
RCMT2006MO - V3					3
RCMT2006MO - V4	20	± 0.10	6.35	6.5	4
RCMT2507MO - V3					3
RCMT2507MO - V4					4
RCMT2507MO - V5	25	± 0.13	7.94	8.6	5
RCMT3209MO - V4					4
RCMT3209MO - V5					5
RCMT3209MO - V6					6
RCMT3209MO - V8	32	± 0.15	9.52	8.6	8

表 51 圆形、70°法向后角、有 V 形断屑槽刀片 (mm)



型 号	d		$s \pm 0.13$	$d_1 j s 13$	槽宽 $l_a \approx$
	基本尺寸	偏 差			
RCMT0602MO - V0	6	± 0.05	2.38	2.8	< 1
RCMT0803MO - V1	8	± 0.05	3.18	3.4	1
RCMT10T3MO - V1	10	± 0.05	3.97	4.4	
RCMT1204MO - V1	12	± 0.08	4.76	4.4	
RCMT1204MO - V2					1
RCMT1605MO - V1	16	± 0.10	5.56	5.5	2
RCMT1605MO - V2					3
RCMT1605MO - V3					3
RCMT2006MO - V3					4
RCMT2006MO - V4	20	± 0.10	6.35	6.5	3
RCMT2507MO - V3					4
RCMT2507MO - V4					5
RCMT2507MO - V5	25	± 0.13	7.94	8.6	4
RCMT3209MO - V4					5
RCMT3209MO - V5					6
RCMT3209MO - V6					8
RCMT3209MO - V8	32	± 0.15	9.52	8.6	4
RCMT3209MO - V5					5
RCMT3209MO - V6					6
RCMT3209MO - V8					8