

钳工手册

目 录

第一章 常用计算资料

一、常用单位及其换算	(1)
1. 长度单位及其换算	(1)
2. 面积单位及其换算	(8)
3. 容量单位及其换算	(9)
4. 重量单位及其换算	(11)
5. 密度单位的换算	(14)
6. 功率单位的对照	(14)
7. 速度单位的换算	(15)
8. 温度的换算	(16)
二、常用数值	(18)
1. 常用常数	(18)
2. 常用数值的计算	(18)
3. 三角函数表	(60)
三、常用数学公式	(107)
四、常用面积计算公式	(109)
五、常用体积和表面积计算公式	(112)
六、圆锥体各部尺寸的计算	(114)
1. 圆锥体各部分的计算公式	(114)
2. 标准锥度(GB157-59)	(115)
七、正多边形的计算	(115)

第二章 材 料

一、一般资料	(117)
--------------	---------



1. 有关材料机械性能的名词解释	(117)
2. 各种硬度值的换算	(119)
3. 常用金属材料的硬度	(121)
4. 常用材料的比重	(122)
5. 常用金属材料的熔点	(124)
6. 常用金属材料的线膨胀系数	(124)
7. 常用金属材料的理论重量	(125)
8. 金属材料的涂色标记	(130)
9. 金属材料的分类	(132)
10. 有关材料的参考价格	(132)
二、钢	(134)
1. 钢的分类	(134)
2. 钢号的表示方法(GB221-63)	(136)
3. 常用钢材的化学成分和机械性能	(137)
(1) 普通碳素钢(GB700-65)	(137)
(2) 优质碳素结构钢(GB699-65)	(139)
(3) 碳素工具钢(GB1298-77)	(140)
(4) 高速工具钢(YB12-77)	(142)
(5) 合金工具钢(GB1299-77)	(145)
三、铸钢	(148)
1. 铸钢牌号的表示方法	(148)
2. 碳素铸钢件的分级	(148)
3. 碳素铸钢的化学成分	(148)
4. 碳素铸钢的机械性能(经热处理后)	(148)
四、铸铁	(149)
1. 铸铁牌号的表示方法	(149)
2. 铸铁的机械性能	(149)
(1) 灰铸铁的机械性能(GB976-67)	(149)
(2) 可锻铸铁的机械性能(GB978-67)	(150)
(3) 球墨铸铁的机械性能(GB1348-78)	(150)
(4) 耐热铸铁的机械性能(在室温下)	(151)



五、有色金属及其合金	(151)
1. 有色金属及合金产品牌号和代号的 表示方法(GB340-76)	(151)
2. 铸造青铜的机械性能及用途	(155)
3. 铸造铝合金的机械性能(GB1173-74).....	(156)
4. 硬质合金	(159)
六、常用磨料与磨具	(162)
1. 磨料的种类和规格	(162)
2. 砂轮	(165)
3. 油石(GB1195-71)	(169)
4. 砂布	(170)
5. 砂纸	(170)
七、润滑剂	(172)
1. 润滑油	(172)
2. 润滑脂	(172)
3. 二硫化钼润滑剂	(175)

第三章 热处理的一般知识

一、热处理名词解释	(177)
二、热处理方法的代号(GB423-62)	(179)
三、常用钢材的热处理规范	(179)
四、几类典型零件的热处理	(182)
1. 齿轮	(182)
2. 轴	(184)
3. 丝杠	(184)
4. 弹簧	(185)
五 常用钳工工具的热处理	(186)
1. 锉子	(186)
2. 冲子	(188)
3. 锤子	(189)
4. 锉刀	(189)



5. 刮刀	(189)
6. 螺丝刀	(190)
7. 丝锥	(190)
8. 圆板牙	(191)
9. 手锯条	(191)
10. 扳手	(192)

第四章 机械制图

一、一般规定(GB126-74)	(193)
1. 图样幅面	(193)
2. 比例	(193)
3. 剖面符号	(194)
二、图样画法(GB128-74)	(195)
1. 视图的配置	(195)
2. 剖视	(195)
3. 剖面	(196)
4. 装配图中各组成部分的编号方法	(196)
三、常见零件的规定画法(GB133-74)	(197)
1. 螺纹的画法	(197)
2. 齿轮的画法	(201)
3. 花键及其联接的画法	(201)
4. 弹簧的画法	(203)
四、图样上尺寸的注法(GB129-74)	(206)
1. 标注尺寸的基本规则	(206)
2. 标注尺寸数字的规定	(206)
3. 尺寸线的画法	(207)
4. 尺寸界线的画法	(207)
5. 标注尺寸的符号	(208)
五、图样上尺寸偏差的注法	(209)
六、表面光洁状况和不镀涂的代号(GB131-74)	(210)



第五章 公差配合与表面光洁度

一、有关“公差与配合”的名词解释	(211)
二、“公差与配合”国家标准	(215)
1. 新的“公差与配合”国家标准	
(GB1800-79~GB1804-79)	(215)
(1) 标准公差(GB1800-79)	(216)
(2) 尺寸至500毫米轴的极限偏差(GB1801-79)	(217)
(3) 尺寸至500毫米孔的极限偏差(GB1801-79)	(243)
(4) 尺寸>500~3150毫米轴的极限偏差(GB1802-79)	(268)
(5) 尺寸>500~3150毫米孔的极限偏差(GB1802-79)	(273)
(6) 未注公差尺寸的极限偏差(GB1804-79)	(275)
2. 新旧国标对照	(276)
3. 旧的“公差与配合”国家标准	(273)
(1) 基准件公差(GB159-59)	(278)
(2) 尺寸1~500毫米基孔制配合偏差(GB164~166-59)	(278)
(3) 尺寸1~500毫米基轴制配合偏差(GB167~169-59)	(285)
三、形状和位置公差	(291)
1. 形状和位置公差的代号及注法(GB1182-80)	(291)
2. 形位公差表	(296)
3. 未注形位公差的规定(GB1184-80)	(300)
四、表面光洁度	(302)
1. 表面光洁度的分级(GB1031-68)	(302)
2. 表面光洁度的应用举例	(304)
3. 各种表面光洁度所用的钳工方法	(305)

第六章 机械零件和传动机构

一、联接零件	(306)
1. 螺钉	(306)
(1) 圆柱头内六角螺钉(GB70-76)	(306)
(2) 方头圆柱端紧定螺钉(GB85-76)	(307)



(3) 沉头螺钉(GB68-76)	(308)
(4) 圆柱端紧定螺钉(GB75-76)	(309)
(5) 锥端紧定螺钉(GB71-76)	(310)
2. 螺栓	(311)
(1) 六角头螺栓(GB30-76)	(311)
(2) 六角头螺栓(粗制)(GB5-76)	(312)
(3) 小六角头螺栓(GB21-76)	(312)
(4) T形槽螺栓(GB37-76)	(313)
(5) 地脚螺栓(GB799-76)	(314)
3. 螺母	(315)
(1) 六角螺母(GB52-76)	(315)
(2) 六角螺母(粗制)(GB41-76)	(316)
(3) 六角扁螺母(GB54-76)	(316)
(4) 小六角螺母(GB51-76)	(317)
(5) 小六角扁螺母(GB53-76)	(318)
(6) 六角槽形螺母(GB58-76)	(319)
(7) 圆螺母(GB812-76)	(320)
(8) 蝶形螺母(GB62-76)	(321)
4. 垫圈	(322)
(1) 垫圈(精制)(GB97-76)	(322)
(2) 弹簧垫圈(GB93-76)	(323)
(3) 工字钢用方斜垫圈(粗制)(GB852-76)	(324)
(4) 槽钢用方斜垫圈(粗制)(GB853-76)	(325)
(5) 圆螺母用止动垫圈(GB858-76)	(326)
5. 销	(328)
(1) 圆柱销(GB119-76)	(328)
(2) 圆锥销(GB117-76)	(329)
(3) 螺尾锥销(GB881-76)	(329)
(4) 开口销(GB91-76)	(330)
6. 键	(331)
(1) 普通平键(GB1096-72)	(331)



(2) 半圆键(GB1099-72)	(333)
二、轴和轴承	(334)
1. 轴	(334)
2. 滑动轴承	(335)
3. 滚动轴承	(337)
三、联轴器	(351)
1. 联轴器的用途和种类	(351)
2. 联轴节	(351)
3. 离合器	(353)
四、皮带传动	(353)
1. 平皮带传动	(354)
2. 三角皮带传动	(357)
3. 皮带轮	(360)
五、齿轮传动	(362)
1. 基本资料	(362)
2. 圆柱齿轮传动	(366)
3. 圆锥齿轮传动	(375)
六、蜗杆传动	(380)
七、链传动	(386)
1. 套筒滚子传动链参数的选择与计算	(386)
2. 套筒滚子链链节的基本尺寸	(388)
3. 链轮(GB1244-76)	(390)

第七章 常用量具

一、量具的分类	(394)
二、常用量具	(394)
1. 钢尺	(394)
2. 卡钳	(395)
3. 游标卡尺	(396)
4. 高度游标尺	(399)
5. 深度游标尺	(400)



6. 外径百分尺	(400)
7. 内径百分尺	(402)
8. 深度百分尺	(404)
9. 螺纹百分尺	(405)
10. 百分表	(405)
11. 内径百分表	(408)
12. 块规	(408)
13. 极限量规	(410)
14. 塞尺	(411)
15. 直角尺	(412)
16. 万能角度尺	(413)
17. 正弦规	(415)
18. 水平仪	(416)
三、量具的选用	(417)
四、量具的保养	(418)

第八章 划 线

一、常用的划线工具	(419)
1. 划针	(419)
2. 划针盘	(419)
3. 划规	(420)
4. 样冲	(421)
5. 划线平台	(421)
6. 方箱	(421)
7. 直角铁	(421)
8. V形铁	(422)
9. 垫铁	(422)
10. 千斤顶	(423)
二、划线前的准备	(423)
1. 工具准备	(423)
2. 工件准备	(423)



三、划线基准的选择	(425)
1. 划线基准	(425)
2. 选择划线基准的原则	(425)
3. 划线中的借料	(426)
四、划线方法	(427)
1. 划线的步骤	(427)
2. 基本几何作图法	(427)
3. 计算作图法	(432)
4. 查表作图法	(434)
5. 按样板或成品划线	(436)
6. 找中心	(436)
五、划线时产生废品的原因及预防方法	(439)

第九章 整削和锯割

一、整削	(440)
1. 整削原理	(440)
2. 整削工具和常用设备	(441)
3. 整削方法及加工实例	(446)
4. 整削时产生废品的原因及预防办法	(448)
5. 整削时的安全技术	(449)
二、锯割	(450)
1. 锯割工具	(450)
2. 锯割方法	(452)
3. 锯割时产生废品的原因及预防方法	(453)

第十章 锉 削

一、锉刀	(454)
1. 锉刀的构造	(454)
2. 锉刀的种类和用途	(455)
3. 锉刀的规格	(455)
4. 锉刀的选择	(456)



5. 什锦锉	(456)
6. 锉刀的使用规则	(458)
二、锉削方法	(458)
1. 锉平面	(458)
2. 锉曲面	(459)
3. 配键	(459)
三、锉削时产生废品的原因和预防方法	(461)
四、锉削时的安全技术	(462)

第十一章 孔 加 工

一、钻孔	(463)
1. 钻孔设备	(463)
2. 钻孔夹具	(466)
3. 钻头	(468)
4. 钻削	(483)
5. 钻孔时产生废品的原因和防止方法	(494)
6. 钻头损坏的原因和预防方法	(495)
二、扩孔和铰窝	(495)
1. 扩孔	(495)
2. 铰窝	(497)
三、铰孔	(500)
1. 铰刀	(500)
2. 铰削	(504)

第十二章 螺 纹 加 工

一、螺纹	(509)
1. 螺纹各部分的名称及代号	(509)
2. 螺纹的种类及代号	(510)
3. 螺纹的基本尺寸	(511)
二、攻丝	(527)
1. 攻丝工具	(527)



2. 冷却润滑液的选择	(534)
3. 攻丝时产生废品的原因及防止方法	(534)
4. 攻丝时丝锥折断的原因及防止方法	(535)
三、套丝	(535)
1. 套丝工具	(535)
2. 套丝时圆杆的直径	(539)
3. 套丝时产生废品的原因及防止方法	(541)

第十三章 刮 削

一、刮削工具	(542)
1. 刮刀	(542)
2. 检验工具	(545)
二、刮削方法	(545)
1. 平面刮削	(545)
2. 曲面刮削	(546)
3. 原始平板的刮削	(547)
三、刮削余量	(548)
四、显示剂及其使用方法	(549)
1. 显示剂的种类	(549)
2. 显示剂的使用方法	(549)
五、刮削的精度检查	(550)
六、刮削中产生的弊病和防止方法	(551)
七、刮削工作的机械化	(551)

第十四章 研 磨

一、研磨原理	(553)
二、研磨余量	(553)
三、研具	(555)
1. 对研具的要求	(555)
2. 常用的研具材料	(555)
四、研磨剂	(555)



1. 研磨粉	(555)
2. 研磨膏	(557)
3. 研磨液	(558)
五、研磨方法	(559)
1. 平面研磨	(559)
2. 外圆研磨	(559)
3. 内孔研磨	(560)
4. 球面研磨	(560)
5. 螺纹研磨	(560)
六、研磨时产生废品的原因及防止方法	(561)

第十五章 铆 接

一、铆接的种类	(562)
二、铆接工具	(563)
三、铆钉	(564)
1. 铆钉的种类和应用	(564)
2. 铆钉的直径和长度	(565)
四、铆接方法	(571)
1. 手工铆接	(571)
2. 机械铆接	(572)
3. 铆接前的钻孔直径	(572)
五、铆接时产生废品的原因及防止方法	(573)

第十六章 锡焊和粘 结

一、锡焊	(574)
1. 锡焊常用的工具	(574)
2. 焊料和焊剂	(575)
3. 锡焊的方法	(576)
4. 焊缝	(577)
5. 锡焊时应注意的事项	(577)
二、粘 结	(578)



1. 概述	(578)
2. 无机粘结技术	(578)
3. 有机粘结技术	(582)

第十七章 矫正、弯曲和绕簧

一、矫正	(591)
1. 概述	(591)
2. 矫正用的工具和设备	(591)
3. 矫正方法	(591)
二、弯曲	(594)
1. 弯曲的概念	(594)
2. 弯曲前毛坯长度的计算	(595)
3. 弯曲方法	(596)
三、绕簧	(603)
1. 弹簧的种类	(604)
2. 常用的绕簧工具	(604)
3. 绕簧的计算	(605)
4. 绕簧的方法	(607)

第十八章 装 配

一、概述	(609)
1. 装配工作的重要性	(609)
2. 对装配工作的一般要求	(609)
3. 装配时联接的种类	(610)
4. 装配的过程	(610)
二、装配方法	(610)
1. 装配的一般方法	(610)
2. 过盈配合的装配	(611)
三、装配时零件的清理和洗涤	(618)
1. 装配时必须进行的主要清洗工作	(618)
2. 化学除锈	(619)



3. 机械零件的清洗	(622)
四、典型机构的装配	(625)
1. 螺纹联接的装配	(625)
2. 键联接的装配	(633)
3. 销联接的装配	(634)
4. 轴承的装配	(634)
5. 皮带传动机构的装配	(636)
6. 齿轮传动机构的装配	(637)
7. 蜗杆传动机构的装配	(638)
8. 曲柄、连杆、活塞机构的装配	(639)
五、部件装配	(651)
六、总装配	(651)
1. 总装配的任务	(651)
2. 总装配的组织形式	(652)
3. 总装配时应注意的事项	(652)
七、机器的调整和试验	(652)
1. 机器的调整	(652)
2. 机器的试验	(653)
八、装配后的整理和修饰	(653)

第十九章 修 理

一、修理的基本概念	(655)
二、修理的工作过程	(656)
三、零件的修复方法	(657)
1. 机械修复法	(657)
2. 焊接法	(659)
3. 扣合法	(660)
4. 喷涂法	(663)
5. 电镀法	(670)
6. 粘结法	(671)
四、零件修复方法的选择	(671)



1. 修复方法对零件材料的适应性	(671)
2. 各种修复方法能达到的修补层厚度	(672)
3. 修复工艺过程对零件物理性能的影响	(673)
4. 零件结构对选择修复方法的影响	(673)
5. 零件修复后的强度	(673)
五、典型零件的修理	(675)
1. 轴的修理	(675)
2. 齿轮的修理	(676)
3. 孔的修理	(676)
4. 其他典型零件的修理	(677)

第 二 十 章 模 具

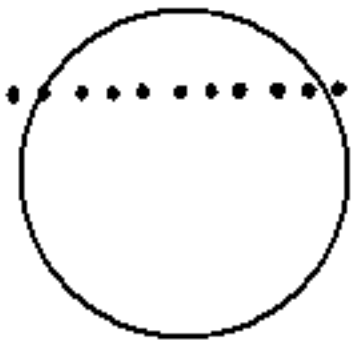
一、模具的分类	(678)
1. 冷冲压模	(678)
2. 型模	(679)
二、冲裁模	(679)
1. 冲裁模具主要零件的分类	(681)
2. 冲裁模具主要零件的材料及其热处理	(682)
3. 凸模与凹模制造的工艺过程	(682)
4. 凸模与凹模的合理间隙	(683)
5. 冲裁模试冲的缺陷和调整	(683)
三、弯模	(685)
1. 弯模的种类	(685)
2. 弯曲后的回跳	(685)
3. 弯模试模中可能出现的问题和原因	(686)
四、引伸模	(688)
1. 引伸模的种类	(688)
2. 引伸模的圆角半径	(688)
3. 对引伸模工作部分的要求	(689)
4. 引伸模试模中可能出现的问题和原因	(689)
五、塑料模	(691)



1. 塑料模的种类 (691)
 2. 塑料模的组成部分 (692)
 3. 塑料模型腔的加工 (693)

附 录

一、汉语拼音字母 (694)
 二、英文字母 (695)
 三、希腊字母 (695)
 四、俄文字母 (696)
 五、罗马数字 (696)
 六、常用数学符号(GB789-65) (697)
 七、主要元素的化学符号和原子量 (698)
 八、国家标准和部标准代号表 (699)



第一章 常用计算资料

一、常用单位及其换算

1. 长度单位及其换算

表 1-1 公制长度单位

单位名称	旧名称	代 号	对主单位的比
微 米	公 忽	μm	0.000001米
忽 米	公 丝	cmm	0.00001米
丝 米	—	dmm	0.0001米
毫 米	公 厘	mm	0.001米
厘 米	公 分	cm	0.01米
分 米	公 寸	dm	0.1米
米	公 尺	m	主 单 位
十 米	公 丈	dam	10米
百 米	公 引	hm	100米
公里(千米)	公 里	km	1000米



表 1-2 市制长度单位

1 市里 = 150 市丈	1 市丈 = 10 市尺	1 市尺 = 10 市寸
1 市寸 = 10 市分	1 市分 = 10 市厘	1 市厘 = 10 市毫

表 1-3 常用英制长度单位

1 英里(mi) = 1760 码	1 码(yd) = 3 英尺	1 英尺(ft) = 12 英寸
1 英寸(in) = 1000 英丝(mil)	1/8 英寸 = 1 英分	

- 注：1. 英里、英尺、英寸等英制计量单位名称，1977 年 7 月，国家规定，为了言文一致，淘汰旧用的哩、呎、吋等特造汉字。
2. 在书写中，英尺、英寸可用符号表示，如 3 英尺 4 英寸，写作 3' 4"。
3. 英分（1/8 英寸）是我国工厂惯称，英制中无此长度单位名称。

表 1-4 主要长度单位的换算

米	厘 米	毫 米	市 尺	英 尺	英 寸
1	100	1000	3	3.28084	39.3701
0.01	1	10	0.03	0.03281	0.3937
0.001	0.1	1	0.003	0.003281	0.03937
0.33333	33.333	333.33	1	1.0936	13.1234
0.3048	30.48	304.8	0.9144	1	12
0.0254	2.54	25.4	0.0762	0.08333	1

用法举例：如查 1 毫米等于多少英寸？先从“毫米”这一栏中找到“1”，横向右看，与“英寸”这一栏相交，得 0.03937，即 1 毫米 = 0.03937 英寸。



表 1-5

毫米与英寸对照

毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸
1	0.0394	26	1.0236	51	2.0079	76	2.9921
2	0.0787	27	1.0630	52	2.0472	77	3.0315
3	0.1181	28	1.1024	53	2.0866	78	3.0709
4	0.1575	29	1.1417	54	2.1260	79	3.1102
5	0.1969	30	1.1811	55	2.1654	80	3.1496
6	0.2362	31	1.2205	56	2.2047	81	3.1890
7	0.2756	32	1.2598	57	2.2441	82	3.2283
8	0.3150	33	1.2992	58	2.2835	83	3.2677
9	0.3543	34	1.3386	59	2.3228	84	3.3071
10	0.3937	35	1.3780	60	2.3622	85	3.3465
11	0.4331	36	1.4173	61	2.4016	86	3.3858
12	0.4724	37	1.4567	62	2.4409	87	3.4252
13	0.5118	38	1.4961	63	2.4803	88	3.4646
14	0.5512	39	1.5354	64	2.5197	89	3.5039
15	0.5906	40	1.5748	65	2.5591	90	3.5433
16	0.6299	41	1.6142	66	2.5984	91	3.5827
17	0.6693	42	1.6535	67	2.6378	92	3.6220
18	0.7087	43	1.6929	68	2.6772	93	3.6614
19	0.7480	44	1.7323	69	2.7165	94	3.7008
20	0.7874	45	1.7717	70	2.7559	95	3.7402
21	0.8268	46	1.8110	71	2.7953	96	3.7795
22	0.8661	47	1.8504	72	2.8346	97	3.8189
23	0.9055	48	1.8898	73	2.8740	98	3.8583
24	0.9449	49	1.9291	74	2.9134	99	3.8976
25	0.9843	50	1.9685	75	2.9528	100	3.9370



表 1-6

英寸与

英寸	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16
0	毫米	1.588	3.175	4.763	6.350	7.938	9.525	11.113
1	25.400	26.988	28.575	30.163	31.750	33.338	34.925	36.513
2	50.800	52.388	53.975	55.563	57.150	58.738	60.325	61.913
3	76.200	77.788	79.375	80.963	82.550	84.138	85.725	87.313
4	101.60	103.19	104.78	106.36	107.95	109.54	111.13	112.71
5	127.00	128.59	130.18	131.76	133.35	134.94	136.53	138.11
6	152.40	153.99	155.58	157.16	158.75	160.34	161.93	163.51
7	177.80	179.39	180.98	182.56	184.15	185.74	187.33	188.91
8	203.20	204.79	206.38	207.96	209.55	211.14	212.73	214.31
9	228.60	230.19	231.78	233.36	234.95	236.54	238.13	239.71
10	254.00	255.59	257.18	258.76	260.35	261.94	263.53	265.11
11	279.40	280.99	282.58	284.16	285.75	287.34	288.93	290.51
12	304.80	306.39	307.98	309.56	311.15	312.74	314.33	315.91
13	330.20	331.79	333.38	334.96	336.55	338.14	339.73	341.31
14	355.60	357.19	358.78	360.36	361.95	363.54	365.13	366.71
15	381.00	382.59	384.18	385.76	387.35	388.94	390.53	392.11
16	406.40	407.99	409.58	411.16	412.75	414.34	415.93	417.51
17	431.80	433.39	434.98	436.56	438.15	439.74	441.33	442.91
18	457.20	458.79	460.38	461.96	463.55	465.14	466.73	468.31
19	482.60	484.19	485.78	487.36	488.95	490.54	492.13	493.71
20	508.00	509.59	511.18	512.76	514.35	515.94	517.53	519.11
21	533.40	534.99	536.58	538.16	539.75	541.34	542.93	544.51
22	558.80	560.39	561.98	563.56	565.15	566.74	568.33	569.91
23	584.20	585.79	587.38	588.96	590.55	592.14	593.73	595.31
24	609.60	611.19	612.78	614.36	615.95	617.54	619.13	620.71



毫米对照

1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16
12.700	14.288	15.875	17.463	19.050	20.638	22.225	23.813
38.100	39.688	41.275	42.863	44.450	46.038	47.625	49.213
63.500	65.088	66.675	68.263	69.850	71.438	73.025	74.613
88.900	90.488	92.075	93.663	95.250	96.838	98.425	100.01
114.30	115.89	117.48	119.06	120.65	122.24	123.83	125.41
139.70	141.29	142.88	144.46	146.05	147.64	149.23	150.81
165.10	166.69	168.28	169.86	171.45	173.04	174.63	176.21
190.50	192.09	193.68	195.26	196.85	198.44	200.03	201.61
215.90	217.49	219.08	220.66	222.25	223.84	225.43	227.01
241.30	242.89	244.48	246.06	247.65	249.24	250.83	252.41
266.70	268.29	269.88	271.46	273.05	274.64	276.23	277.81
292.10	293.69	295.28	296.86	298.45	300.04	301.63	303.21
317.50	319.09	320.68	322.26	323.85	325.44	327.03	328.61
342.90	344.49	346.08	347.66	349.25	350.84	352.43	354.01
368.30	369.89	371.48	373.06	374.65	376.24	377.83	379.41
393.70	395.29	396.88	398.46	400.05	401.64	403.23	404.81
419.10	420.69	422.28	423.86	425.45	427.04	428.63	430.21
444.50	446.09	447.68	449.26	450.85	452.44	454.03	455.61
469.90	471.49	473.08	474.66	476.25	477.84	479.43	481.01
495.30	496.89	498.48	500.06	501.65	503.24	504.83	506.41
520.70	522.29	523.88	525.46	527.05	528.64	530.23	531.81
546.10	547.69	549.28	550.86	552.45	554.04	555.63	557.21
571.50	573.09	574.68	576.26	577.85	579.44	581.03	582.61
596.90	598.49	600.08	601.66	603.25	604.84	606.43	608.01
622.30	623.89	625.48	627.06	628.65	630.24	631.83	633.41



(续)

英寸	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16
25	635.00	636.59	638.13	639.76	641.35	642.94	644.53	646.11
26	660.40	661.99	663.53	665.16	666.75	668.34	669.93	671.51
27	685.80	687.39	688.98	690.56	692.15	693.74	695.33	696.91
28	711.20	712.79	714.38	715.96	717.55	719.14	720.73	722.31
29	736.60	738.19	739.78	741.36	742.95	744.54	746.13	747.71
30	762.00	763.59	765.18	766.76	768.35	769.94	771.53	773.11
31	787.40	788.99	790.58	792.16	793.75	795.34	796.93	798.51
32	812.80	814.39	815.98	817.56	819.15	820.74	822.33	823.91
33	838.20	839.79	841.38	842.96	844.55	846.14	847.73	849.31
34	863.60	865.19	866.78	868.36	869.95	871.54	873.13	874.71
35	889.00	890.59	892.18	893.76	895.35	896.94	898.53	900.11
36	914.40	915.99	917.58	919.16	920.75	922.34	923.93	925.51
37	939.80	941.39	942.98	944.56	946.15	947.74	949.33	950.91
38	965.20	966.79	968.38	969.96	971.55	973.14	974.73	976.31
39	990.60	992.19	993.78	995.36	996.95	998.54	1000.1	1001.7
40	1016.0	1017.6	1019.2	1020.8	1022.4	1023.9	1025.5	1027.1
41	1041.4	1043.0	1044.6	1046.2	1047.8	1049.3	1050.9	1052.5
42	1066.8	1068.4	1070.0	1071.6	1073.2	1074.7	1076.3	1077.9
43	1092.2	1093.8	1095.4	1097.0	1098.6	1100.1	1101.7	1103.3
44	1117.6	1119.2	1120.8	1122.4	1124.0	1125.5	1127.1	1128.7
45	1143.0	1144.6	1146.2	1147.8	1149.4	1150.9	1152.5	1154.1
46	1168.4	1170.0	1171.6	1173.2	1174.8	1176.3	1177.9	1179.5
47	1193.8	1195.4	1197.0	1198.6	1200.2	1201.7	1203.3	1204.9
48	1219.2	1220.8	1222.4	1224.0	1225.6	1227.1	1228.7	1230.3
49	1244.6	1246.2	1247.8	1249.4	1251.0	1252.5	1254.1	1255.7
50	1270.0	1271.6	1273.2	1274.8	1276.4	1277.9	1279.5	1281.1



(续)

1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16
647.70	649.29	650.88	652.46	654.05	655.64	657.23	658.81
673.10	674.69	676.28	677.86	679.45	681.04	682.63	684.21
698.50	700.09	701.68	703.26	704.85	706.44	708.03	709.61
723.90	725.49	727.08	728.66	730.25	731.84	733.43	735.01
749.30	750.89	752.48	754.06	755.65	757.24	758.83	760.41
774.70	776.29	777.88	779.46	781.05	782.64	784.23	785.81
800.10	801.69	803.28	804.86	806.45	808.04	809.63	811.21
825.50	827.09	828.68	830.26	831.85	833.44	835.03	836.61
850.90	852.49	854.08	855.66	857.25	858.84	860.43	862.01
876.30	877.89	879.48	881.06	882.65	884.24	885.83	887.41
901.70	903.29	904.88	906.46	908.05	909.64	911.23	912.81
927.10	928.69	930.28	931.86	933.45	935.04	936.63	938.21
952.50	954.09	955.68	957.26	958.85	960.44	962.03	963.61
977.90	979.49	981.08	982.66	984.25	985.84	987.43	989.01
1003.3	1004.9	1006.5	1008.1	1009.7	1011.2	1012.8	1014.4
1028.7	1030.3	1031.9	1033.5	1035.1	1036.6	1038.2	1039.8
1054.1	1055.7	1057.3	1058.9	1060.5	1062.0	1063.6	1065.2
1079.5	1081.1	1082.0	1084.3	1085.9	1087.4	1089.0	1090.6
1104.9	1106.5	1108.1	1109.7	1111.3	1112.8	1114.4	1116.0
1130.3	1131.9	1133.5	1135.1	1136.7	1138.2	1139.8	1141.4
1155.7	1157.3	1158.9	1160.5	1162.1	1163.6	1165.2	1166.8
1181.1	1182.7	1184.3	1185.9	1187.5	1189.0	1190.6	1192.2
1206.5	1208.1	1209.7	1211.3	1212.9	1214.4	1216.0	1217.6
1231.9	1233.5	1235.1	1236.7	1238.3	1239.8	1241.4	1243.0
1257.3	1258.9	1260.5	1262.1	1263.7	1265.2	1266.8	1268.4
1282.7	1284.3	1285.9	1287.5	1289.1	1290.6	1292.2	1293.8



2. 面积单位及其换算

表 1-7 常用公制面积单位

单位名称	旧名称	代 号	对主单位的比
平方米 (米 ²)	平方公尺	m ²	主 单 位
平方厘米 (厘米 ²)	平方公分	cm ²	0.0001平方米
平方毫米 (毫米 ²)	平方公厘	mm ²	0.000001平方米
公 顷	公 顷	ha	100公亩
公 亩	公 亩	a	主 单 位
公 厘	公 厘	ca	0.01公亩

注：1公亩=100平方米。

表 1-8 常用市制面积单位

1 平方市丈 = 100平方市尺	1 平方市尺 = 100平方市寸
1 市亩 = 10市分 = 60平方市丈 = 6000平方市尺 1 市分 = 10市厘 = 600平方市尺 1 市厘 = 60平方市尺	

表 1-9 常用英制面积单位

1 平方码 (yd ²) = 9平方英尺 1 平方英尺 (ft ²) = 144平方英寸 (in ²)
1 英亩 (A) = 4840平方码 = 43560平方英尺



表 1-10

常用面积单位的换算

平方米	平方厘米	平方毫米	平方市尺	平方英尺	平方英寸
1	10000	1000000	9	10.7639	1550
0.0001	1	100	0.0009	0.001076	0.1550
0.000001	0.01	1	0.000009	0.000011	0.00155
0.111111	1111.11	111111	1	1.1960	172.23
0.092903	929.03	92903	0.83613	1	144
0.000645	6.4516	645.16	0.005806	0.006944	1

公 顷	公 亩	市 亩	英 亩
1	100	15	2.47105
0.01	1	0.15	0.02471
0.066667	6.6667	1	0.16474
0.404686	40.4686	6.07029	1

3. 容量单位及其换算

表 1-11

公制容量单位

单位名称	旧名称	代 号	对主单位的比
毫 升	公 撮	ml	0.001升
厘 升	公 勺	cl	0.01升
分 升	公 合	dl	0.1升
升	公 升	l	主 单 位
十 升	公 斗	dal	10升
百 升	公 石	hl	100升
千 升	公 秉	kl	1000升

注：1升 = 1立方分米 = 1000立方厘米，1毫升 = 1立方厘米(cc)。



表 1-12 市制容量单位

1 市石 = 10 市斗	1 市斗 = 10 市升	1 市升 = 10 市合
1 市合 = 10 市勺	1 市勺 = 10 市撮	

表 1-13 常用英美制容量单位

类别	名称	代号	进位	英制	美制
				折合公制或市制	
干 量	品脱	pt		0.5682 升或市升	0.5506 升或市升
	夸脱	qt	= 2 品脱	1.1365 升或市升	1.1012 升或市升
	加仑	gal	= 4 夸脱	4.5460 升或市升	4.4048 升或市升
	泼克	pk	= 2 加仑	9.0919 升或市升	8.8096 升或市升
	蒲式耳	bu	= 4 泼克	36.3677 升或市升	35.2384 升或市升
液 量	及耳	gi		142.0613 <small>毫市升或撮</small>	118.2916 <small>毫市升或撮</small>
	品脱	pt	= 4 及耳	0.5682 升或市升	0.4732 升或市升
	夸脱	qt	= 2 品脱	1.1365 升或市升	0.9463 升或市升
	加仑	gal	= 4 夸脱	4.5460 升或市升	3.7853 升或市升

表 1-14 常用容量单位的换算

升 (市升)	立方英寸	英加仑	美加仑 (液量)	美加仑 (干量)
1	61.0237	0.2200	0.2642	0.2270
0.0164	1	0.0036	0.0043	0.0037
4.5460	277.274	1	1.2009	1.0321
3.7853	231	0.8327	1	0.8594
4.4048	268.803	0.9689	1.1636	1



4. 重量单位及其换算

表 1-15

公制重量单位

单位名称	旧名称	代号	对主单位的比
毫克	公 丝	mg	0.000001公斤
厘克	公 毫	cg	0.00001公斤
分克	公 厘	dg	0.0001公斤
克	公 分	g	0.001公斤
十克	公 钱	dag	0.01公斤
百克	公 两	hg	0.1公斤
公斤	公斤, 千克	kg	主 单 位
公担	公 担	q	100公斤
吨	公 吨	t	1000公斤

表 1-16

市制重量单位

1 市担 = 100 市斤	1 市斤 = 10 市两	1 市两 = 10 市钱
1 市钱 = 10 市分	1 市分 = 10 市厘	

表 1-17

常用英美制重量单位

1 英吨 (长吨, ton) = 2240 磅	1 美吨 (短吨, sh. ton) = 2000 磅
1 磅 (lb) = 16 盎司 (oz)	

表 1-18

常用重量单位的换算

吨	公斤	市担	市斤	英吨	美吨	磅
1	1000	20	2000	0.98421	1.1023	2204.6
0.001	1	0.02	2	0.000984	0.001102	2.2046
0.05	50	1	100	0.04921	0.0551	119.231
0.0005	0.5	0.01	1	0.000492	0.000551	1.1023
1.01605	1016.05	20.3209	2032.09	1	1.1200	2240
0.90719	907.19	18.1437	1814.37	0.8929	1	2000
0.000454	0.4536	0.009072	0.9072	0.000446	0.0005	1



表 1-19

磅与公斤的对照

磅	公 斤	磅	公 斤	磅	公 斤	磅	公 斤
1	0.4536	26	11.793	51	23.133	76	34.473
2	0.9072	27	12.247	52	23.587	77	34.927
3	1.3608	28	12.701	53	24.040	78	35.380
4	1.8144	29	13.154	54	24.494	79	35.834
5	2.2680	30	13.603	55	24.948	80	36.287
6	2.7216	31	14.061	56	25.401	81	36.741
7	3.1751	32	14.515	57	25.855	82	37.195
8	3.6287	33	14.969	58	26.308	83	37.648
9	4.0823	34	15.422	59	26.762	84	38.102
10	4.5359	35	15.876	60	27.216	85	38.555
11	4.9895	36	16.329	61	27.669	86	39.009
12	5.4431	37	16.783	62	28.123	87	39.463
13	5.8967	38	17.237	63	28.576	88	39.916
14	6.3503	39	17.690	64	29.030	89	40.370
15	6.8039	40	18.144	65	29.484	90	40.823
16	7.2575	41	18.597	66	29.937	91	41.277
17	7.7111	42	19.051	67	30.391	92	41.731
18	8.1647	43	19.504	68	30.844	93	42.184
19	8.6183	44	19.958	69	31.298	94	42.638
20	9.0718	45	20.412	70	31.751	95	43.091
21	9.5254	46	20.865	71	32.205	96	43.545
22	9.9790	47	21.319	72	32.659	97	43.999
23	10.433	48	21.772	73	33.112	98	44.452
24	10.886	49	22.226	74	33.566	99	44.906
25	11.340	50	22.680	75	34.019	100	45.359



表 1-20

公斤与磅的对照

公斤	磅	公斤	磅	公斤	磅	公斤	磅
1	2.2046	26	57.320	51	112.436	76	167.551
2	4.4092	27	59.525	52	114.640	77	169.756
3	6.6139	28	61.729	53	116.845	78	171.960
4	8.8185	29	63.934	54	119.050	79	174.165
5	11.023	30	66.139	55	121.254	80	176.370
6	13.228	31	68.343	56	123.459	81	178.574
7	15.432	32	70.548	57	125.663	82	180.779
8	17.637	33	72.752	58	127.868	83	182.983
9	19.842	34	74.957	59	130.073	84	185.188
10	22.046	35	77.162	60	132.277	85	187.393
11	24.251	36	79.366	61	134.482	86	189.597
12	26.455	37	81.571	62	136.686	87	191.802
13	28.660	38	83.776	63	138.891	88	194.007
14	30.865	39	85.980	64	141.096	89	196.211
15	33.069	40	88.185	65	143.300	90	198.416
16	35.274	41	90.389	66	145.505	91	200.620
17	37.479	42	92.594	67	147.710	92	202.825
18	39.683	43	94.799	68	149.914	93	205.030
19	41.888	44	97.003	69	152.119	94	207.234
20	44.092	45	99.208	70	154.324	95	209.439
21	46.297	46	101.413	71	156.528	96	211.644
22	48.502	47	103.617	72	158.733	97	213.848
23	50.706	48	105.822	73	160.937	98	216.053
24	52.911	49	108.026	74	163.142	99	218.257
25	55.116	50	110.231	75	165.347	100	220.462



5. 密度单位的换算

表 1-21

克/厘米 ³ 或吨/米 ³	公斤/米 ³ 或克/升	磅/英寸 ³	磅/英尺 ³	磅/英加仑	磅/美加仑
1	1000	0.03613	62.43	10.02	8.345
0.001	1	3.613×10^{-5}	0.06243	0.01002	0.00835
27.68	27680	1	1728	277.362	231
0.01602	16.02	0.00058	1	0.1606	0.1337
0.09976	99.76	0.00361	6.228	1	0.83283
0.1198	119.8	0.004329	7.481	1.2007	1

6. 功率单位的对照

表 1-22

公制马力与千瓦的对照

公制 马力	千 瓦	公制 马力	千 瓦	公制 马力	千 瓦	公制 马力	千 瓦
PS	kw	PS	kw	PS	kw	PS	kw
1	0.74	10	7.36	19	13.97	60	44.13
2	1.47	11	8.09	20	14.71	65	47.80
3	2.21	12	8.83	25	18.39	70	51.48
4	2.94	13	9.56	30	22.07	75	55.16
5	3.68	14	10.30	35	25.74	80	58.84
6	4.41	15	11.03	40	29.42	85	62.52
7	5.15	16	11.77	45	33.10	90	66.19
8	5.88	17	12.50	50	36.78	95	69.87
9	6.62	18	13.24	55	40.45	100	73.55

注：1 英制马力(HP)=0.746千瓦(kw)。



表 1-23

千瓦与公制马力的对照

千瓦	公制马力	千瓦	公制马力	千瓦	公制马力	千瓦	公制马力
kw	PS	kw	PS	kw	PS	kw	PS
1	1.36	10	13.60	19	25.83	60	81.58
2	2.72	11	14.96	20	27.19	65	88.38
3	4.08	12	16.32	25	33.99	70	95.17
4	5.44	13	17.68	30	40.79	75	101.97
5	6.80	14	19.03	35	47.58	80	108.16
6	8.16	15	20.39	40	54.38	85	115.57
7	9.52	16	21.75	45	61.18	90	122.37
8	10.88	17	23.11	50	67.98	95	129.16
9	12.24	18	24.47	55	74.78	100	135.96

注：1 千瓦(kw) = 1.341 英制马力(HP)。

7. 速度单位的换算

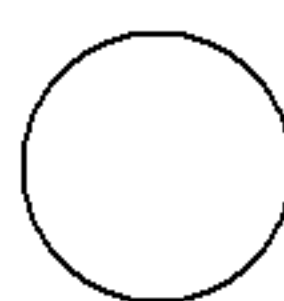


表 1-24

米/秒	米/分	英尺/秒	英尺/分	公里/时	英里/时
1	60	3.2808	196.85	3.6	2.237
0.01667	1	0.05468	3.2808	0.060	0.03727
0.3048	18.288	1	60	1.09728	0.68182
0.00508	0.3048	0.01667	1	0.018288	0.011363
0.27778	16.6668	0.91134	54.682	1	0.62137
0.44704	26.8224	1.46667	88	1.60935	1



8. 温度的换算

表 1-25

华氏温度与摄氏温度对照

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	260	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：从华氏温度(°F)求摄氏温度(°C)的公式：

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



表 1-26

摄氏温度与华氏温度对照

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：从摄氏温度(°C)求华氏温度(°F)的公式：

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



二、常用数值

1. 常用常数

表 1-27

常 数	数 值	常 数	数 值
π	3.141593	e^2	7.389056
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
$\frac{\pi}{180} (=1^\circ)$	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

2. 常用数值的计算

表1-28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，凡数在 $n=1\sim 1000$ 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〕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($\frac{1}{n}$)：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〕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〕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($\frac{d^2\pi}{4}$)：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〕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 1-28

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	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	3.0900	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	1.5793	8	11.94	11.341
39	1521	59319	6.2450	3.3912	25.6410	1.5911	9	12.25	11.946
40	1600	64000	6.3246	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	8.7173	4.2358	13.1579	1.8303	6	23.88	45.365
77	5929	456533	8.7750	4.2543	12.9870	1.8865	7	24.19	46.566
78	6084	474552	8.8319	4.2727	12.8205	1.8921	8	24.50	47.784
79	6241	493039	8.8332	4.2303	12.6582	1.8976	9	24.82	49.017
80	6400	512000	8.9443	4.3089	12.5000	1.9031	8.0	25.13	50.265
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	58.038
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	1.9863	7	30.47	73.898
98	9604	941102	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	4.6723	9.80392	2.0086	2	32.04	81.713
103	10609	1092727	10.1489	4.6875	9.70874	2.0128	3	32.36	83.323
104	10816	1124864	10.1980	4.7027	9.61533	2.0170	4	32.67	84.949
105	11025	1157625	10.2470	4.7177	9.52331	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	124.690
127	16129	2048383	11.2694	5.0265	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	4251728	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	5.5931	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	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
176	30976	5451776	13.2665	5.6041	5.68182	2.2455	6	55.29	243.28
177	31329	5545233	13.3011	5.6147	5.64972	2.2489	7	55.61	246.06
178	31684	5639752	13.3117	5.6252	5.61793	2.2504	8	55.92	248.85
179	32041	5735339	13.3791	5.6357	5.58653	2.2529	9	56.23	251.65
180	32400	5832000	13.4161	5.6462	5.55553	2.2553	18.0	56.55	254.47
181	32761	5929741	13.4536	5.6567	5.52483	2.2577	1	53.86	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	53.12	268.80
186	34596	6434856	13.6382	5.7083	5.37634	2.2695	6	53.43	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	59.03	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	5.15461	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	7529533	14.0000	5.8088	5.10204	2.2923	6	61.58	301.72
197	38809	7645373	14.0357	5.8186	5.07611	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	314.16

(续)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\tau$	$\frac{d^2\pi}{4}$
201	40401	8120601	14.1774	5.8578	4.97512	2.3032	2)	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	9528123	14.5602	5.9627	4.71693	2.3263	2	66.60	352.99
213	45369	9663507	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	4.46423	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	72.25	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	426.33
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	437.41
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	2.3855	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	15.9069	6.3247	3.95257	2.4031	3	79.43	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	3.64954	2.4378	4	86.08	589.65
275	75625	20796875	16.5831	6.5030	3.63636	2.4393	5	86.39	593.95

(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	602.63
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	80655	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	3.44823	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	669.66
293	85849	25153757	17.1172	6.6419	3.41297	2.4669	3	92.05	674.26
294	86436	25412184	17.1464	6.6494	3.40133	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	2.4786	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^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	d	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{4}$
326	106276	18.0555	6.8824	3.06748	2.5132	6	102.4	834.69
327	106929	18.0831	6.8894	3.05810	2.5145	7	102.7	839.82
328	107584	18.1108	6.8964	3.04873	2.5159	8	103.0	844.96
329	108241	18.1384	6.9034	3.03951	2.5172	9	103.4	850.12
330	108900	18.1659	6.9104	3.03030	2.5185	33.0	103.7	855.30
331	109561	18.1934	6.9174	3.02115	2.5198	1	104.0	860.49
332	110224	18.2209	6.9244	3.01205	2.5211	2	104.3	865.70
333	110889	18.2483	6.9313	3.00300	2.5224	3	104.6	870.92
334	111556	18.2757	6.9382	2.99401	2.5237	4	104.9	876.16
335	112225	18.3030	6.9451	2.98507	2.5250	5	105.2	881.41
336	112896	18.3303	6.9521	2.97619	2.5263	6	105.6	886.68
337	113569	18.3576	6.9589	2.96736	2.5276	7	105.9	891.97
338	114244	18.3843	6.9658	2.95853	2.5289	8	106.2	897.27
339	114921	18.4120	6.9727	2.94985	2.5302	9	106.5	902.59
340	115600	18.4391	6.9795	2.94118	2.5315	34.0	106.8	907.92
341	116281	18.4662	6.9864	2.93255	2.5328	1	107.1	913.27
342	116964	18.4932	6.9932	2.92398	2.5340	2	107.4	918.63
343	117649	18.5203	7.0000	2.91545	2.5353	3	107.8	924.01
344	118336	18.5472	7.0068	2.90698	2.5366	4	108.1	929.41
345	119025	18.5742	7.0136	2.89855	2.5378	5	108.4	934.82
346	119716	18.6011	7.0203	2.89017	2.5391	6	108.7	940.25
347	120409	18.6279	7.0271	2.88184	2.5403	7	109.0	945.69
348	121104	18.6548	7.0338	2.87355	2.5415	8	109.3	951.15
349	121801	18.6815	7.0406	2.86533	2.5428	9	109.6	956.62
350	122500	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	7.0510	2.84300	2.5453	35.1	110.3	967.62
352	123904	43614203	18.7617	7.0607	2.84091	2.5465	2	110.6	973.14
353	124609	43988977	18.7883	7.0674	2.83286	2.5478	3	110.9	978.18
354	125316	44361834	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	1000.93
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	35.0	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	50653900	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	51478318	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	53532533	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	55303341	19.5192	7.2495	2.62467	2.5809	1	119.7	1140.1
382	145924	55742938	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	147453	56623104	19.5959	7.2685	2.60417	2.5843	4	120.6	1158.1
385	148225	5706625	19.6214	7.2748	2.59740	2.5855	5	121.0	1164.2
386	148993	57512453	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	58863850	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	60236283	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	62099133	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

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	64954808	20.0499	7.3903	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	20.0993	7.3925	2.47525	2.6061	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	2.6095	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	75686957	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	n^2	n^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	135.0	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	21.2693	7.6744	2.21239	2.6551	2	142.0	1604.6
453	205209	92959677	21.2838	7.6891	2.20751	2.6561	3	142.3	1611.7
454	206116	93576664	21.3973	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	217155	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	2.6753	4	148.9	1764.6
475	225625	107171875	21.7945	7.8025	2.10526	2.6753	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	7.8183	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	111980163	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	2.06186	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	2.05330	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	7.9425	1.99601	2.6998	50.1	157.4	1971.4
502	252004	126506008	22.4051	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	128024034	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	1.92673	2.7152	9	163.0	2115.6
520	270400	140608000	22.8035	8.0415	1.92303	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	273484	142236618	22.8473	8.0517	1.91571	2.7177	2	164.0	2140.1
523	273529	143055067	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	156590819	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	158340421	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



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	181321436	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	183250132	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	23.8955	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}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	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

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	246191883	25.0400	8.5590	1.59490	2.7973	7	197.0	3087.6
628	394384	247073152	25.0599	8.5635	1.59236	2.7980	8	197.3	3097.5
629	395641	248358189	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	25.1395	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	404493	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	267089934	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)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	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	2.8155	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	65.0	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	203.0	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	$d\pi$	$\frac{d^2\pi}{n}$
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	335702375	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	341532099	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	499349	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	4003.3
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	373248000	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	26.9529	8.9918	1.37552	2.8615	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	1.34953	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	9.0695	1.34043	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



n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	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	470910352	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	630435	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	553387661	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	29.1830	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	642735847	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)

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	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	2.9135	8	275.8	6054.5
879	772641	679151439	29.6479	9.5792	1.13763	2.9410	9	276.1	6068.3
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	1.12991	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



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	733270808	30.0333	9.6520	1.10865	2.9552	2	283.4	6390.0
903	815409	73514327	30.0500	9.6556	1.10742	2.9557	3	283.7	6404.2
904	817216	738763254	30.0656	9.6532	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	9.6831	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	9.6911	1.09769	2.9595	1	286.2	6518.2
912	831744	758550528	30.1993	9.6976	1.09649	2.9599	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	9.7017	1.09409	2.9609	4	287.1	6561.2
915	837225	766060375	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	9.7183	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
620	846400	778688000	30.3315	9.7259	1.08696	2.9633	92.0	289.0	6647.6
921	848241	781229951	30.3480	9.7291	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	92.6	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	93.0	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	30.5773	9.7785	1.06952	2.9708	5	293.7	5866.1
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	841232334	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	95.0	298.5	7088.2

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	303.2	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	967361669	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

3、三角函数表

表1-29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°~45°的度数排在表的上方，左面一行表示分，由上往下排列；46°~90°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：

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

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

〔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 $\text{tg} 65^\circ 15' = ?$

在表1-29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：

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



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

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1-29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:

$$0.00078 : 0.00039 = 2 : x$$

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

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

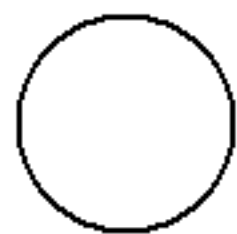


表1-29

三角函数表

0°

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	286.48	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 ctg	正切 tg	分

89°



1°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

88°



2°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
0'	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	60
2	03548	99937	03550	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	4308	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 ctg	正切 tg	分

87°



3°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
0'	0.05234	0.99853	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	05911	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 ctg	正切 tg	分

86°



4°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 ctg	分

85°



5°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

84°



6°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

83°



7°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

82°



8°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	0.98986	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 ctg	正切 tg	分

81°



9°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	15983	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 ctg	正切 tg	分

80°



10°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

79°



11°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

78°



12°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	4.6882	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 ctg	正切 tg	分

77°



13°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

76°



14°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

75°



15°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

74°



16°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

73°



17°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

72°



18°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

71°



19°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

70°



20°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

69°



21°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	0.37101	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 ctg	正切	分

68°



22°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

67°



23°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	40243	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 ctg	正切 tg	分

66°



24°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	0.90993	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 ctg	正切 tg	分

65°



25°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

64°



()

26°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

63°



27°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	45606	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 ctg	正切 tg	分

62°



28°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	479	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 ctg	正切 tg	分

61°



29°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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	1.7556	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 ctg	正切 tg	分

60°



30°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

59°



31°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

58°



32°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

57°



33°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

56°



34°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

55°



35°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

54°



36°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

53°



37°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

52°



38°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

51°



39°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

50°



40°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

49°



41°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

48°



42°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

47°



43°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
0'	0.68200	0.73135	0.93252	1.0724	60
2	68242	73096	93360	0711	58
4	68285	73050	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 ctg	正切 tg	分

46°



44°

(续)

分	正弦 sin	余弦 cos	正切 tg	余切 ctg	
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 ctg	正切 tg	分

45°



三、常用数学公式

1. 指数

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

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

$$(3) (a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

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

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

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

$$(7) a^0 = 1$$

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

2. 对数

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

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

$$(2) \lg_a 1 = 0$$

$$(3) \lg_a a = 1$$

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

$$(5) \lg_a \frac{M}{N} = \lg_a M - \lg_a N$$

$$(6) \lg_a (M^n) = n \cdot \lg_a M$$

$$(7) \lg_a \sqrt[n]{M} = \frac{1}{n} \cdot \lg_a M$$

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

3. 直角三角形 (图1-1)

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(12) 勾股弦定理

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

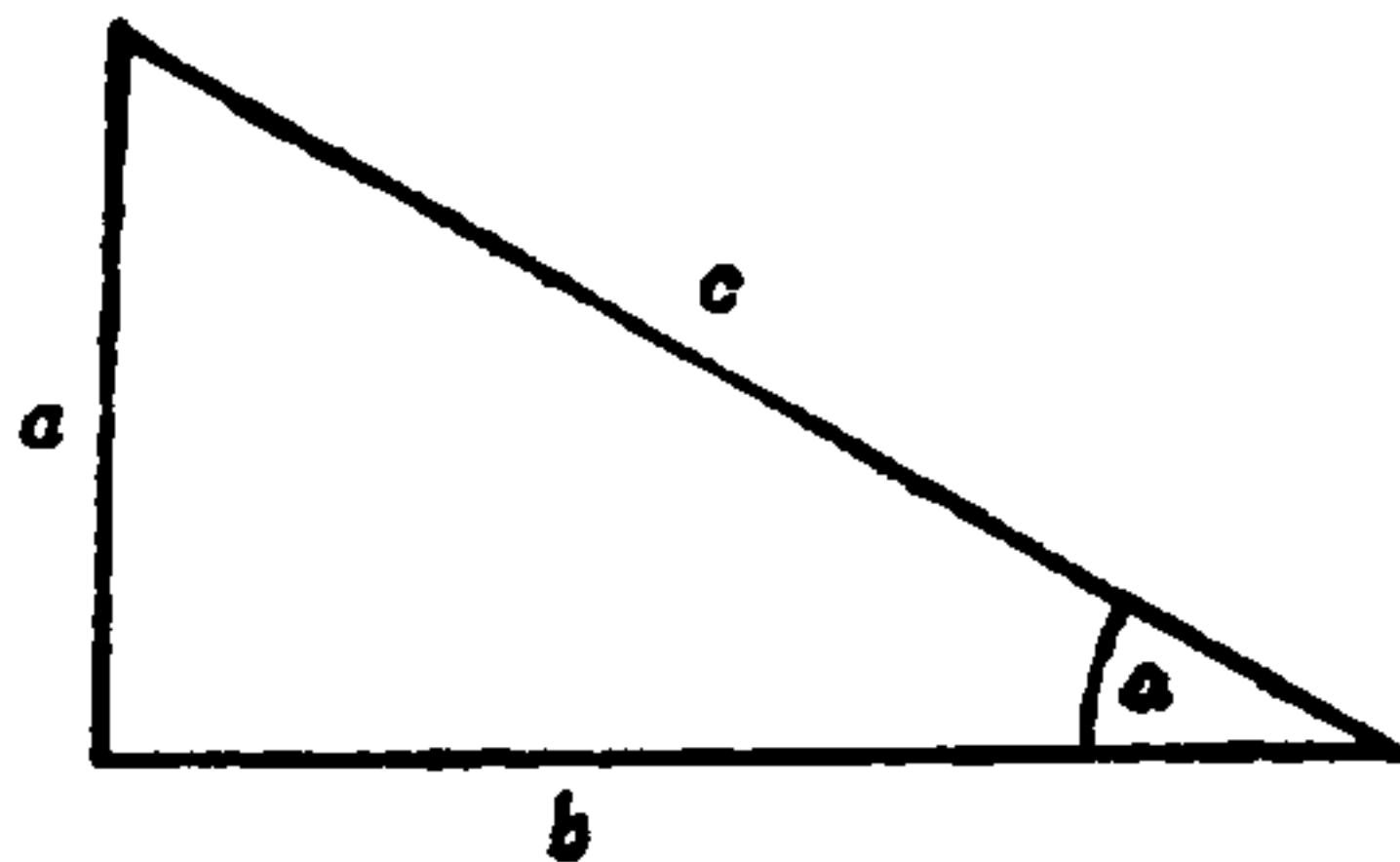


图 1-1

4. 任意三角形(图1-2)

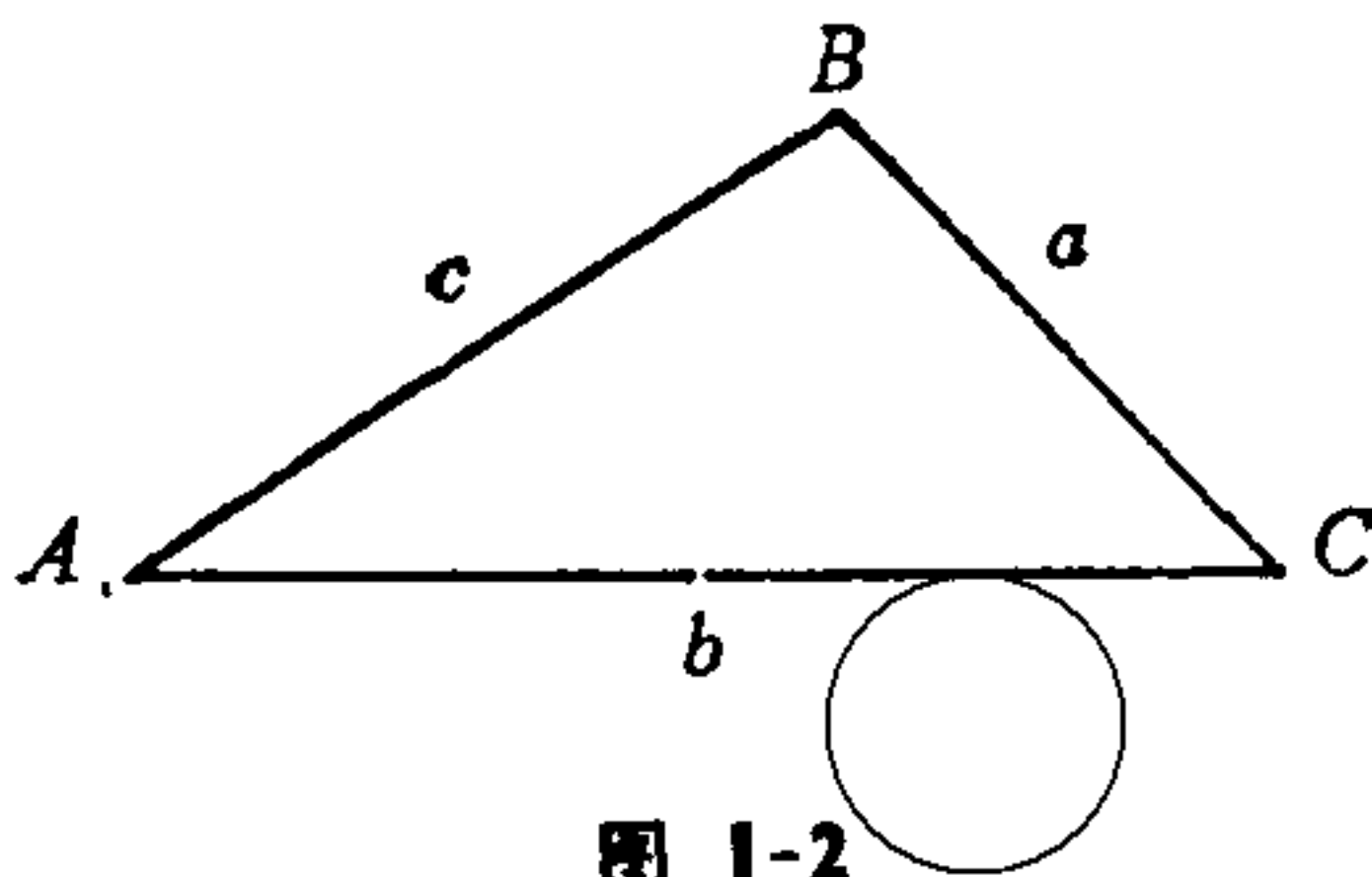


图 1-2

(1) 正弦定理

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

(R = 外接圆半径)

(2) 余弦定理

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

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

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

(3) 正切定理



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

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

5. 其他公式

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

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

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

$$(4) \operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2\alpha - 1}{2\operatorname{ctg}\alpha}$$

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

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

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

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

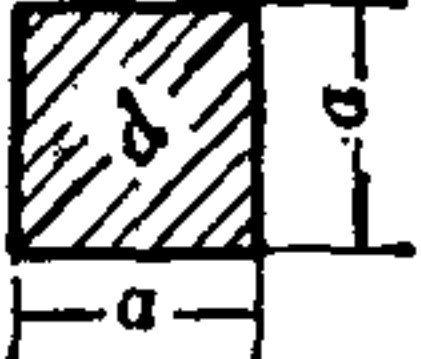
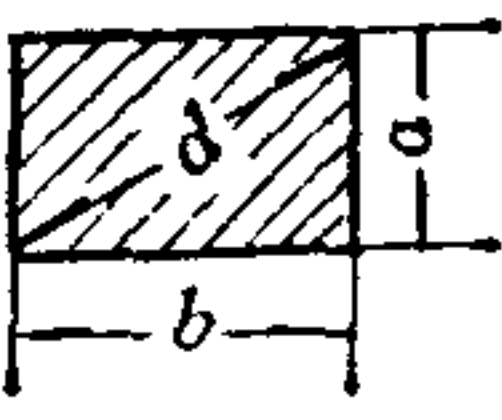
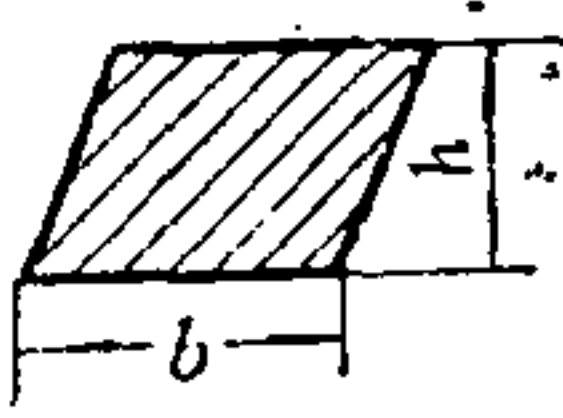
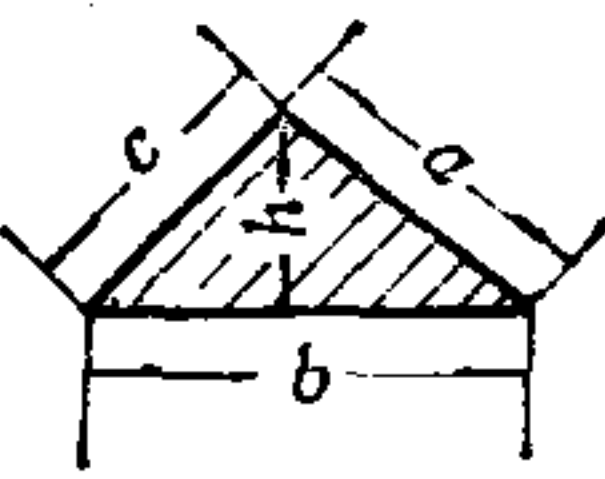
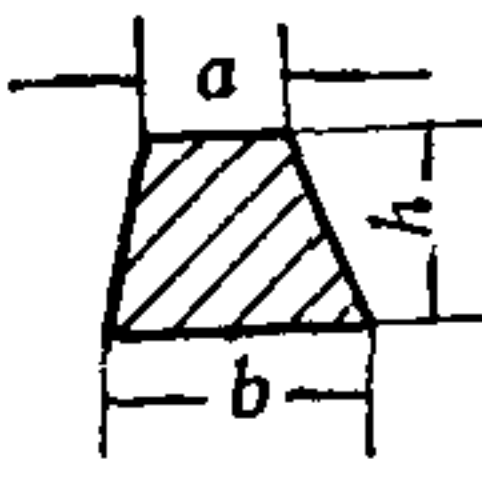
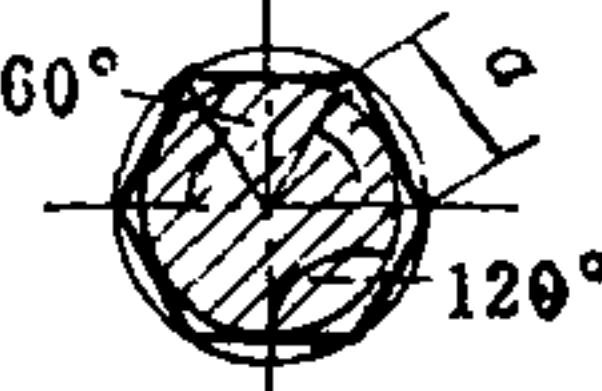
四、常用面积计算公式

F —面积 P —半周长 L —圆周长度 R —外接圆的半径

r —内切圆的半径 l —弧长

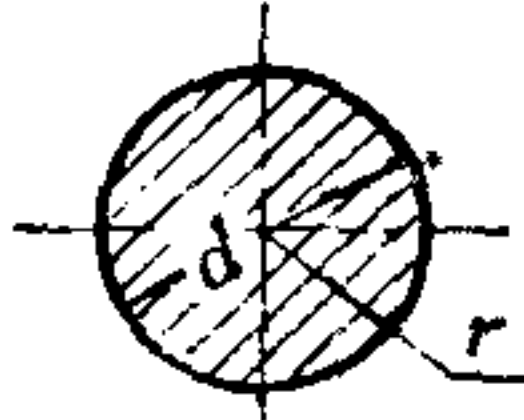
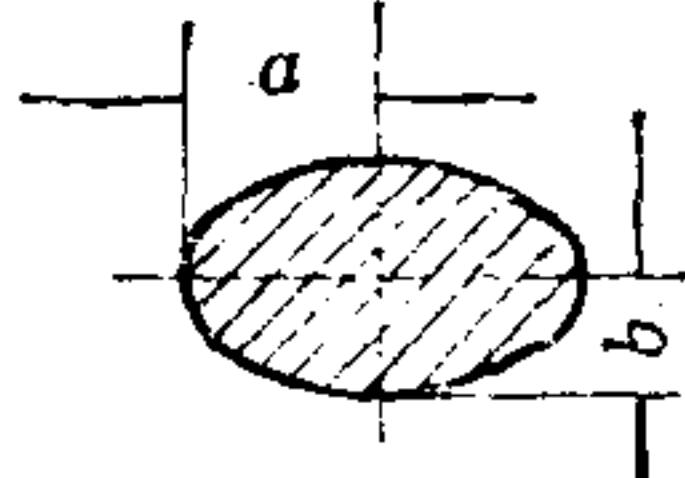

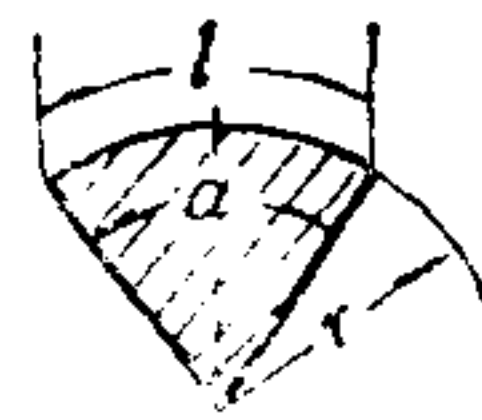
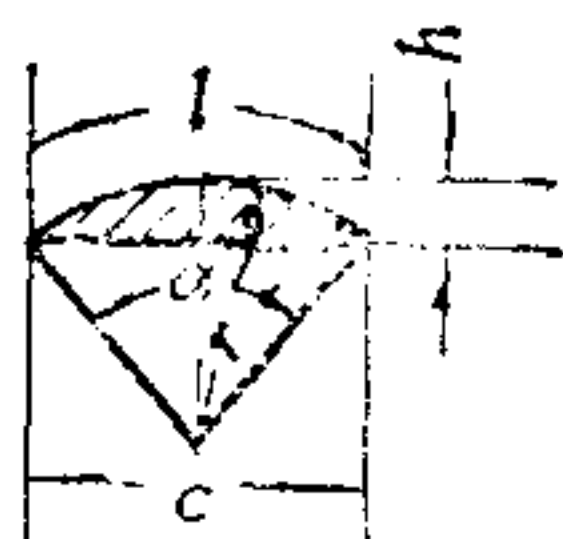
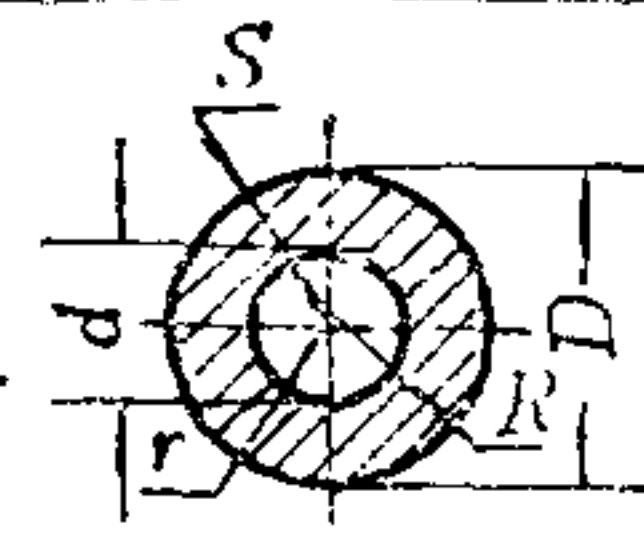
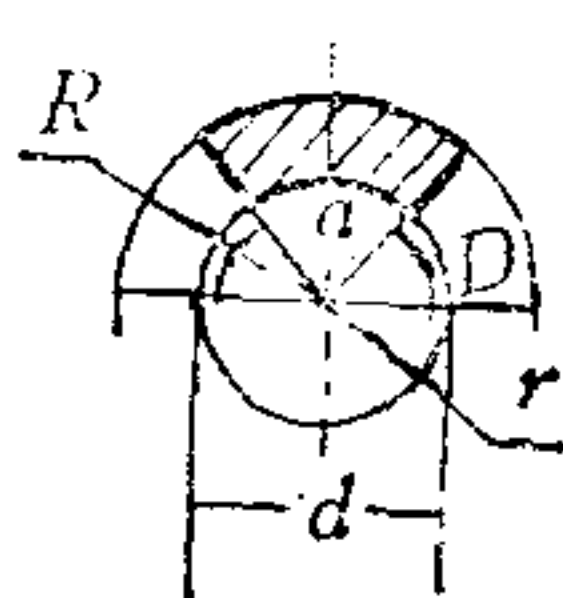


表 1-30

名称	简图	计算公式
正方形		$F = a^2; a = 0.7071d = \sqrt{F};$ $d = 1.4142a = 1.4142\sqrt{F}$
长方形		$F = ab = a\sqrt{d^2 - a^2} = b\sqrt{d^2 - b^2};$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}; a = \sqrt{d^2 - b^2} = \frac{F}{b};$ $b = \sqrt{d^2 - a^2} = \frac{F}{a}$
平行四边形		$F = bh; h = \frac{F}{b}; b = \frac{F}{h}$
三角形		$F = \frac{bh}{2} = \frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2b}\right)^2};$ $P = \frac{1}{2}(a + b + c);$ $F = \sqrt{P(P - a)(P - b)(P - c)}$
梯形		$F = \frac{(a + b)h}{2}; h = \frac{2F}{a + b};$ $a = \frac{2F}{h} - b; b = \frac{2F}{h} - a$
正六角形		$F = 2.5981a^2 = 2.5981R^2 = 3.4641r^2;$ $R = a = 1.1547r;$ $r = 0.86603a = 0.86603R$



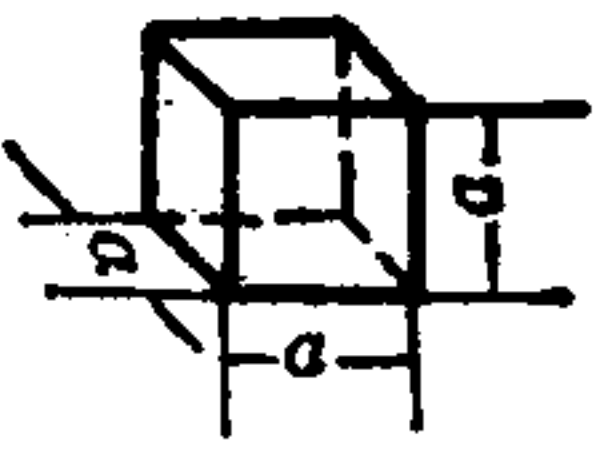
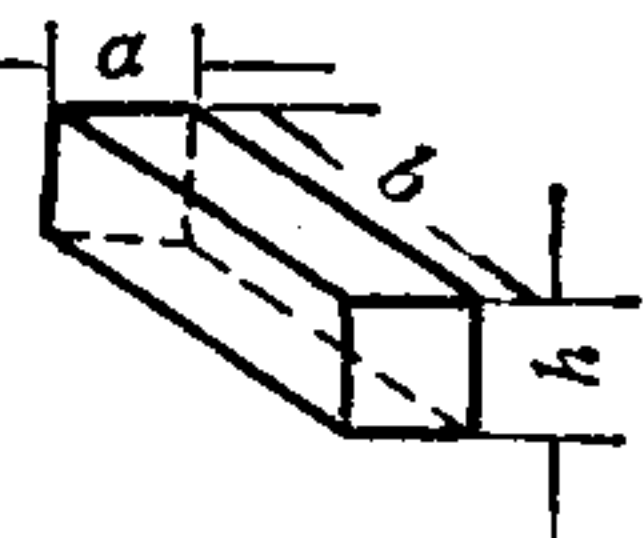
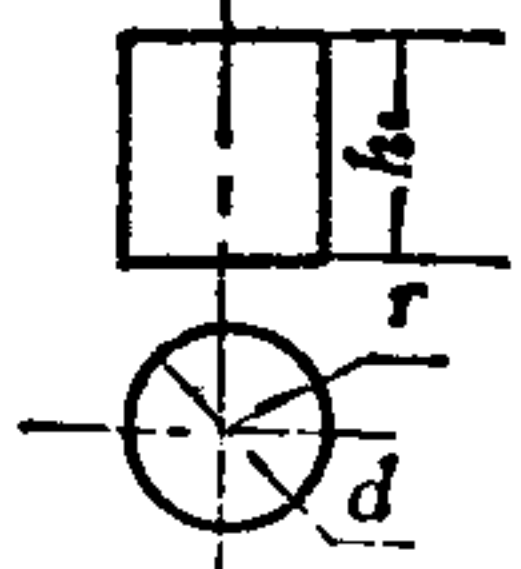
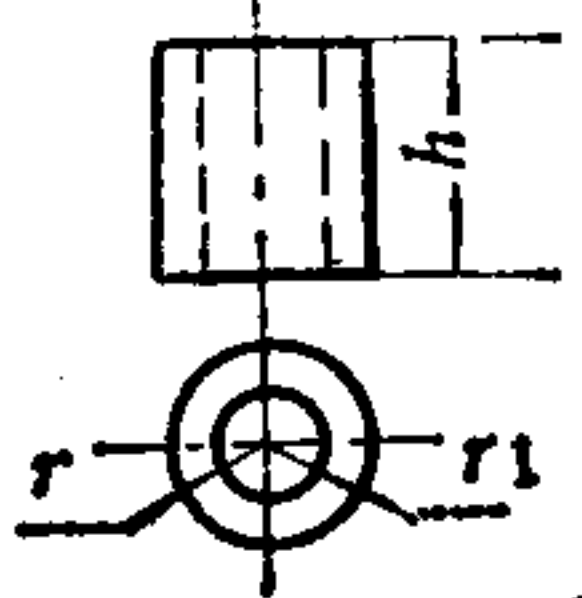
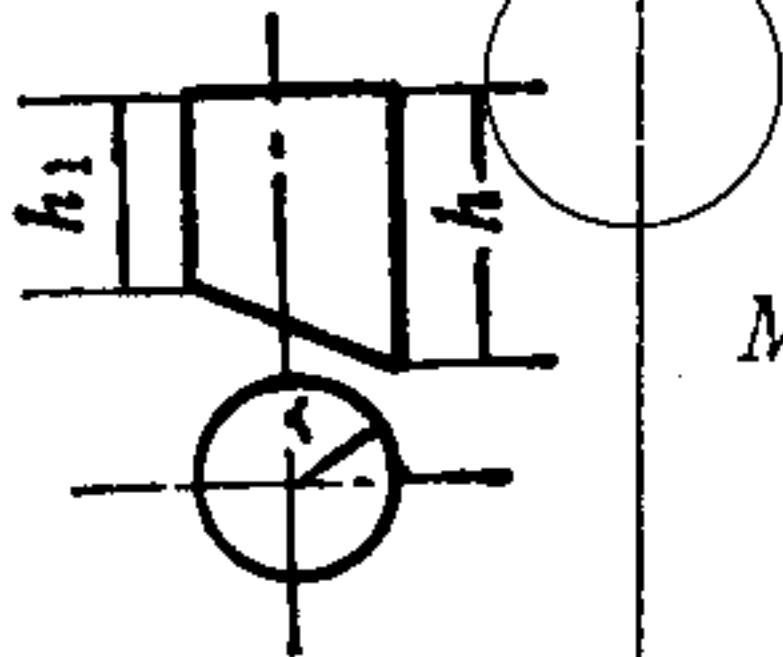
(续)

名称	简图	计算公式
圆		$F = \pi r^2 = 3.1416r^2 = 0.7854d^2;$ $L = 2\pi r = 6.2832r = 3.1416d;$ $r = L/2\pi = 0.15915L = 0.56419\sqrt{F};$ $d = L/\pi = 0.31831L = 1.1284\sqrt{F}$
椭圆		$F = \pi ab = 3.1416ab;$ 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		$F = \frac{1}{2}rl = 0.0087266ar^2;$ $l = 2F/r = 0.017453ar;$ $r = 2F/l = 57.296l/a;$ $\alpha = \frac{180l}{\pi r} = \frac{57.296l}{r}$
弓形		$F = \frac{1}{2}[rl - c(r-h)]; \quad r = \frac{c^2 + 4h^2}{8h};$ $l = 0.017453ar; \quad c = 2\sqrt{h(2r-h)};$ $h = r - \frac{\sqrt{4r^2 - c^2}}{2}; \quad \alpha = \frac{57.296l}{r}$
圆环		$F = \pi(R^2 - r^2) = 3.1416(R^2 - r^2)$ $= 0.7854(D^2 - d^2)$ $= 3.1416(D - S)S = 3.1416(d + S)S;$ $S = R - r = (D - d)/2$
环式扇形		$F = \frac{\alpha\pi}{360}(R^2 - r^2) = 0.008727\alpha(R^2 - r^2)$ $= \frac{\alpha\pi}{4.360}(D^2 - d^2)$ $= 0.002182\alpha(D^2 - d^2)$



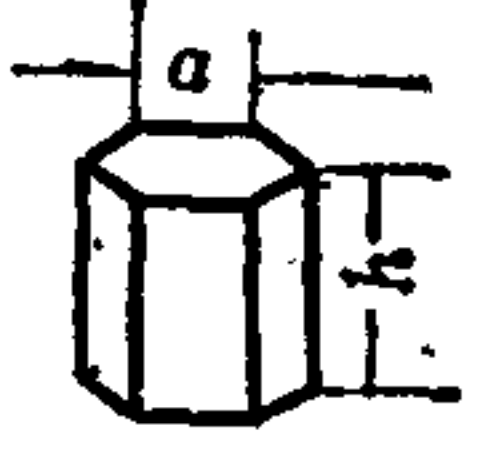
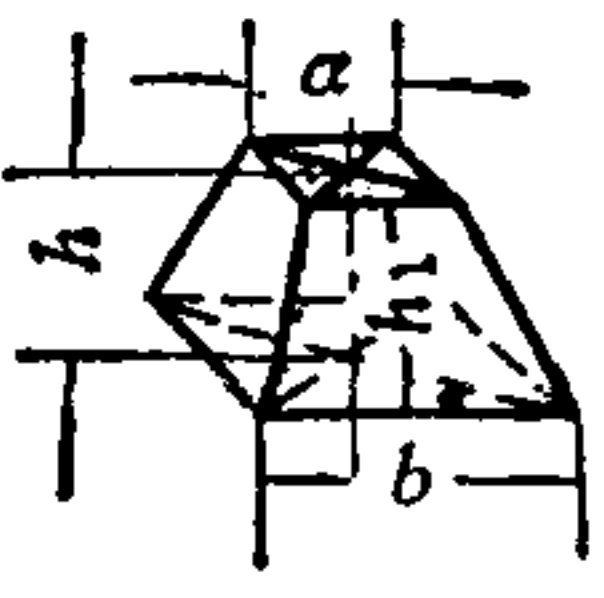
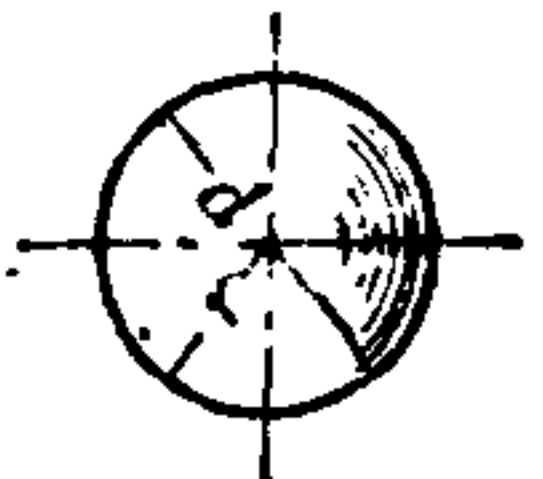
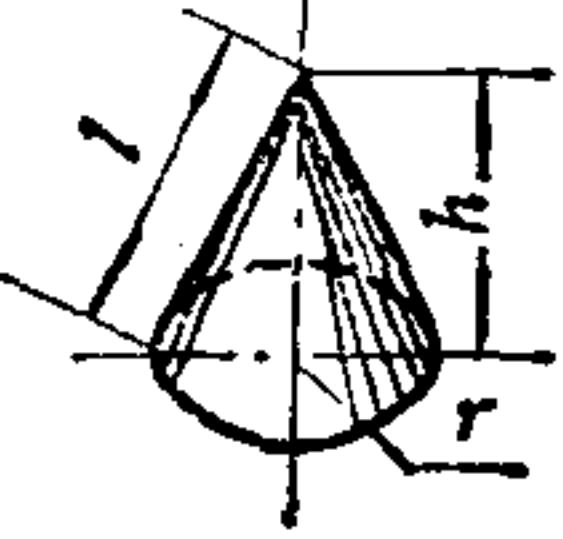
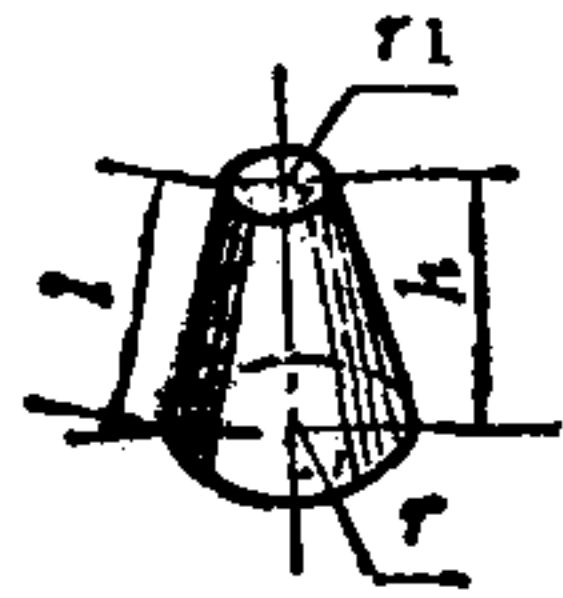
五、常用体积和表面积计算公式

表 1-31

名 称	简 图	计 算 公 式	
		表面积 S 、侧表面积 M	体 积 V
正立方体		$S = 6a^2$	$V = a^3$
长立方体		$S = 2(ah + bh + ab)$	$V = abh$
圆 柱		$M = 2\pi rh = \pi dh$	$V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$
空心圆柱 (管)		$M = \text{内侧表面积} + \text{外侧表面积} = 2\pi h(r + r_1)$	$V = \pi h(r^2 - r_1^2)$
斜底截圆柱		$M = \pi r(h + h_1)$	$V = \frac{\pi r^2(h + h_1)}{2}$



(续)

名称	简图	计算公式	
		表面积 S 、侧表面积 M	体积 V
正六角柱		$S = 5.1962a^2 + 6ah$	$V = 2.5981a^2h$
正方角锥台		$S = a^2 + b^2 + 2(a+b)h_1$	$V = \frac{(a^2 + b^2 + ab)h}{3}$
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		$M = \pi l (r + r_1)$	$V = \frac{\pi h (r^2 + r_1^2 + r_1 r)}{3}$



六、圆锥体各部尺寸的计算

1. 圆锥体各部分的计算公式

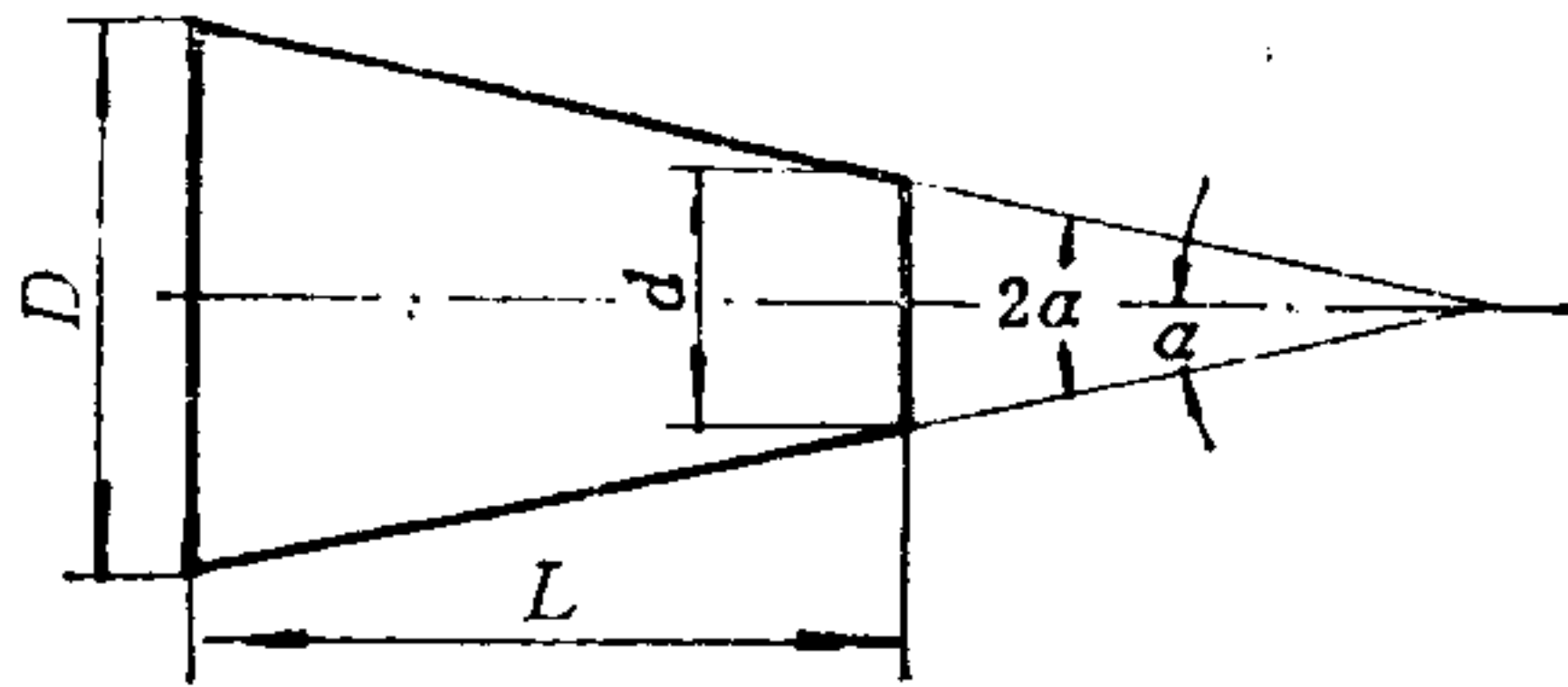


表 1-32

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	$\frac{D-d}{L}$	$\frac{K}{2}; \frac{D-d}{2L}$	$KL+d$	$D-KL$	$\frac{D-d}{K}$	$\text{tg}\alpha = \frac{D-d}{2L}$
公式	$2\text{tg}\alpha$	$\text{tg}\alpha$	$2\text{tg}\alpha \cdot L + d$	$D - 2\text{tg}\alpha \cdot L$	$\frac{D-d}{2\text{tg}\alpha}$	$\text{tg}\alpha = \frac{K}{2}$

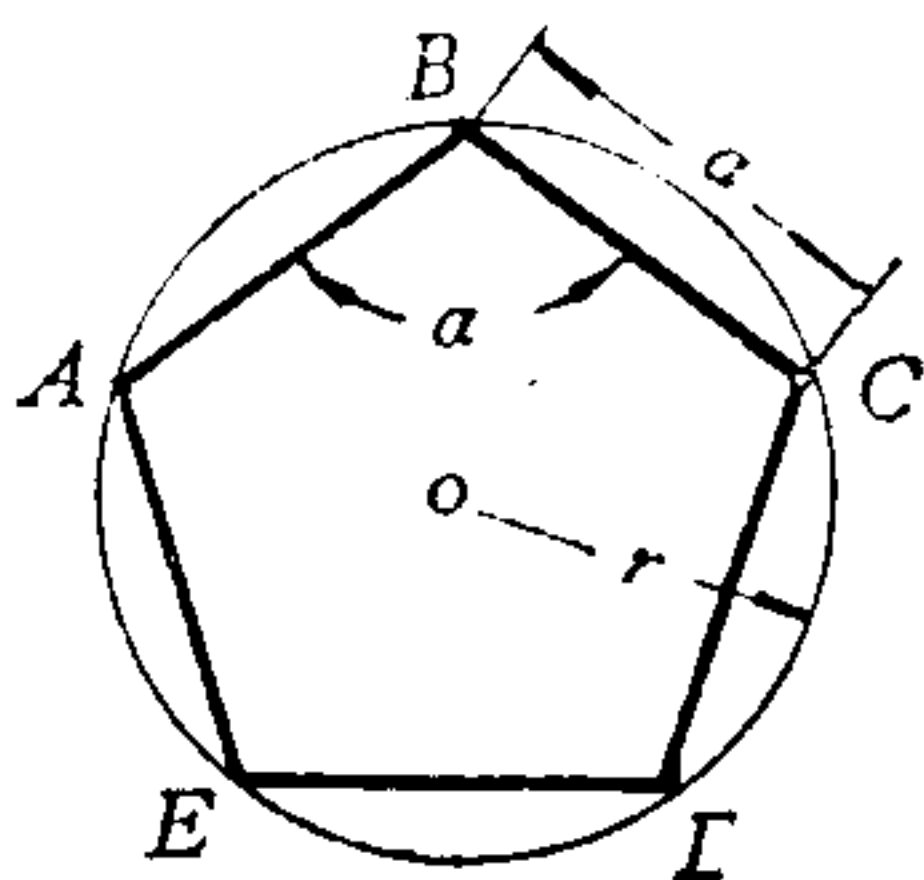


2. 标准锥度(GB157-59)

表 1-33

锥度 K	锥角 2α	斜角 α	标 记
1:200	$0^{\circ}17'11''$	$0^{\circ}8'36''$	1:200
1:100	$0^{\circ}34'23''$	$0^{\circ}17'11''$	1:100
1:50	$1^{\circ}8'45''$	$0^{\circ}34'23''$	1:50
1:30	$1^{\circ}54'35''$	$0^{\circ}57'17''$	1:30
1:20	$2^{\circ}51'51''$	$1^{\circ}25'56''$	1:20
1:15	$3^{\circ}49'6''$	$1^{\circ}54'33''$	1:15
1:12	$4^{\circ}46'19''$	$2^{\circ}23'9''$	1:12
1:10	$5^{\circ}43'29''$	$2^{\circ}51'45''$	1:10
1:8	$7^{\circ}9'10''$	$3^{\circ}34'35''$	1:8
1:7	$8^{\circ}10'16''$	$4^{\circ}5'8''$	1:7
1:5	$11^{\circ}25'16''$	$5^{\circ}42'38''$	1:5
1:3	$18^{\circ}55'29''$	$9^{\circ}27'44''$	1:3
1:1.866	30°	15°	30°
1:1.207	45°	$22^{\circ}30'$	45°
1:0.866	60°	30°	60°
1:0.652	75°	$37^{\circ}30'$	75°
1:0.500	90°	45°	90°
1:0.289	120°	60°	120°

七、正多边形的计算



$ABCDE$ 为正多边形:

α —— 内角

a —— 边长

r —— 外接圆半径



表 1-34

边 数	α 度	a	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	$128\frac{4}{7}$	$0.868r$	$1.152a$	$3.635a^2$	$2.736r^2$
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	$172\frac{1}{2}$	$0.131r$	$7.645a$	$183.08a^2$	$3.133r^2$

〔说明〕 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。

例如：已知正五边形的外接圆半径是50毫米，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 $1.176 \times 50 = 58.8$ 毫米。它的面积 $S = 2.378 \times 50^2 = 5945$ 毫米²



第二章 材 料

一、一般资料

1. 有关材料机械性能的名词解释

表 2-1

项目	名 词	代号	单 位	解 释
1	极限强度(强度) (1) 抗拉强度 (抗拉极限强度、抗张强度) (2) 抗压强度 (抗压极限强度) (3) 抗弯强度 (抗弯极限强度) (4) 抗剪强度 (抗剪极限强度)	— σ_b σ_u σ_w τ	公斤/毫米 ² 公斤/毫米 ² 公斤/毫米 ² 公斤/毫米 ² 公斤/毫米 ²	材料抵抗外力破坏作用的最大能力, 叫做极限强度 外力是拉力时的极限强度叫做抗拉强度 外力是压力时的极限强度叫做抗压强度 外力与材料轴线垂直, 并在作用后使材料呈弯曲, 这时的极限强度叫做抗弯强度 外力与材料轴线垂直, 并对材料呈剪切作用, 这时的极限强度叫做抗剪强度
2	(1) 屈服点 (物理屈服强度) (2) 屈服强度 (条件屈服强度)	σ_s $\sigma_{0.2}$	公斤/毫米 ² 公斤/毫米 ²	材料在受外力到某一程度时, 其变形突然增加很大, 这时材料抵抗外力的能力叫做屈服点 材料在受外力(如拉力)作用过程中, 当变形(伸长)达到原有长度的0.2%时, 这时材料抵抗外力的能力叫做屈服强度
3	弹性极限	σ_e	公斤/毫米 ²	材料在受外力(拉力)到某一限度时, 若除去外力, 其变形(伸长)即消失, 恢复原状, 材料抵抗这一限度的外力的能力叫做弹性极限



(续)

项目	名 词	代号	单 位	解 释
4	伸长率(延伸率)	δ	%	材料受拉力作用断裂时,伸长的长度与原有长度的百分比,叫做伸长率 试棒的标距等于5倍直径 试棒的标距等于10倍直径
	(1)用短试棒求得的伸长率	δ_5	%	
	(2)用长试棒求得的伸长率	δ_{10}	%	
5	收缩率(断面收缩率)	ψ	%	材料受拉力作用断裂时,断面缩小的面积与原有断面积百分比,叫做收缩率
6	硬度			材料抵抗硬的物体压入自己表面的能力,叫做硬度 以一定的负荷(一般为3000公斤)把一定大小(直径一般为10毫米)的淬硬钢球压入材料表面,然后以材料表面上凹坑的面积来除负荷,其商即为硬度值 以一定的负荷把淬硬钢球或顶角为120°圆锥形金刚石压入器压入材料表面,然后以材料表面上凹坑的深度来计算硬度大小 采用150公斤总负荷和金刚石压入器求得的硬度 采用60公斤总负荷和金刚石压入器求得的硬度 采用100公斤总负荷和压入直径1.59毫米淬硬钢球求得的硬度 它是以120公斤以内的负荷,把顶角为136°方锥形金刚石压入器压入材料表面,然后以材料表面上的凹坑的面积来除负荷,其商即为硬度值
	(1)布氏硬度	HB	公斤/毫米 ²	
	(2)洛氏硬度	HR	—	
	①标尺C	HRC	—	
	②标尺A	HRA	—	
③标尺B	HRB	—		
	(3)维氏硬度	HV	公斤/毫米 ²	
7	冲击值(冲击韧性)	α_k	公斤·米/厘米 ²	材料承受冲击试验后,以试件断口处的断面积来除冲断试件所耗用的功的商,叫做冲击值 冲击试验有梅氏法(U型缺口试样)和却贝法(V型缺口试样)两种



2. 各种硬度值的换算

表 2-2

布氏硬度 HB	洛氏硬度		维氏硬度 HV	布氏硬度 HB	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	905		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 HB	洛氏硬度		维氏硬度 HV	布氏硬度 HB	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 \gt HB450。

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HRA \gt 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件的硬度，也可用来测定渗碳、氮化、氮化等表面硬化制件的硬度。



3. 常用金属材料的硬度

表 2-3

材 料	状 态	硬度(HB)
钢	退火	80~220
钢	淬火和回火	225~400
钢	淬火	400~600
生铁	表面渗碳	600~750
	装甲硬化	900~1250
硬铝	灰口	100~250
	白口	550~650
矽铝合金	退火	40~55
	经过热处理的	90~120
巴氏合金	铸造	50~65
	经过热处理的	65~100
铅青铜	铸造	18~30
铝	铸造	20~25
铜	退火, 冷轧	20~50
	退火, 冷轧, 冷精轧	25~55



4. 常用材料的比重

表 2-4

材料名称	比 重 (克/厘米 ³)	材料名称	比 重 (克/厘米 ³)
灰铸铁	6.8~7.2	镉	8.64
可锻铸铁	7.2~7.4	钨	3.5
工业纯铁	7.87	铍	1.85
钢材	7.85	铊	9.84
铸钢	7.8	铋	22.4
低碳钢(含碳0.1%)	7.85	铈	6.9
中碳钢(含碳0.4%)	7.82	铈	16.6
高碳钢(含碳1%)	7.81	铈	6.24
高速钢(含钨9%)	8.3	铈	11.5
高速钢(含钨18%)	8.7	铈	10.5
不锈钢(含铬13%)	7.75	铈	19.3
		铈	21.4
紫铜	8.89	铈	0.86
黄铜	8.4~8.85	铈	0.97
压力加工用黄铜	8.4~8.85	铈	1.55
铸造用黄铜	8.622	铈	2.34
压力加工用铝青铜	8.65~8.9	铈	2.33
铸造用锡青铜	7.5~8.6	铈	4.84
压力加工用铝合金	2.67~2.8	铈	5.7
铸造用铝合金	2.6~2.85	华山松	0.437
锡基轴承合金	7.34~7.75	红松	0.440
铅基轴承合金	9.33~10.67	马尾松	0.533
硬质合金(钨钴)	14.4~14.9	云南松	0.588
硬质合金(钨钛钴)	9.5~12.4	红皮云杉	0.417
		兴安落叶松	0.625
汞	13.6	长白落叶松	0.594
锰	7.43	四川红杉	0.458
铬	7.19	臭冷杉	0.384
钒	6.11	铁杉	0.500
钼	10.20	杉木	0.376
铌	8.57	柏木	0.588
钽	22.5	水曲柳(柃木)	0.686
铋	6.62		



(续)

材料名称	比 重 (克/厘米 ³)	材料名称	比 重 (克/厘米 ³)
大叶榆 (榆木)	0.548	金刚石	3.5~3.6
桦木	0.615	金刚砂	4.0
山杨	0.486	普通刚玉	3.85~3.90
楠木	0.610	白刚玉	3.90
柞栎 (柞木)	0.766	碳化硅	3.10
软木	0.1~0.4	云母	2.7~3.1
胶合板	0.56	地蜡	0.96
刨花板	0.40	地沥青	0.9~1.5
竹材	0.9	石蜡	0.9
木炭	0.3~0.5	纤维蛇纹石石棉	2.2~2.4
石墨	1.9~2.1	角闪石石棉	3.2~3.3
石膏	2.3~2.4	纯橡胶	0.93
生石灰	1.1	平板玻璃	1.6~1.8
熟石灰	1.2	皮革	0.4~1.2
水泥	1.2	纤维纸板	1.3
普通粘土砖	1.7	平板玻璃	2.5
粘土耐火砖	2.10	实验室用器皿玻璃	2.45
硅质耐火砖	1.8~1.9	耐高温玻璃	2.23
镁质耐火砖	2.6	石英玻璃	2.2
镁铬质耐火砖	2.8	陶瓷	2.3~2.45
高铬质耐火砖	2.2~2.5	碳化钙 (电石)	2.22
大理石	2.6~2.7	电木 (胶木)	1.3~1.4
花岗石	2.6~3.0	电玉	1.45~1.55
石灰石	2.6~2.8	聚氯乙烯	1.35~1.40
石板石	2.7~2.9	聚苯乙烯	0.91
砂岩	2.2~2.5	聚乙烯	0.92~0.95
石英	2.5~2.8	赛璐珞	1.35~1.40
天然浮石	0.4~0.9	有机玻璃	1.18
滑石	2.6~2.8	泡沫塑料	0.2



5. 常用金属材料的熔点

表 2-5

名 称	熔点(℃)	名 称	熔点(℃)
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

6. 常用金属材料的线膨胀系数

表 2-6

材料名称	温 度 范 围 (℃)		
	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：1. 线膨胀系数 $\alpha = \frac{\text{长度膨胀量}}{\text{长度} \times \text{温度}}$ 。

$$2 \cdot 10^{-6} = \frac{1}{10^6}。$$



7. 常用金属材料的理论重量

(1) 常用型材理论重量的计算

1) 基本计算公式

$$W (\text{重量, 公斤}) = F (\text{断面积, 毫米}^2) \times L (\text{长度, 米}) \\ \times g (\text{比重, 克/厘米}^3) \times 1/1000$$

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重量与实际重量有一定出入，只能估计时作参考。

2) 钢材断面积的计算公式

表 2-7

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 —端面圆角半径
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 —端面圆角半径
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 —端面圆角半径
12	槽钢	$F = hd + 2t(b - d) + 0.4292(r^2 - r_1^2)$	

注：1. 钢材比重一般按7.85计算。

2. 其他型材如铜材、铝材等一般也可按上表计算。计算时的比重参见表2-4。



(2) 常见金属型材的理论重量

表 2-8 热轧圆钢、方钢及六角钢(GB702-72、70565-)







d(a) (毫米)				d(a) (毫米)			
	理论重量(公斤/米)				理论重量(公斤/米)		
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	0.959	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	173.18	—	—
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 2-9 钢板每平方米面积的理论重量

厚 度 (毫米)	理论重量 (公斤)	厚 度 (毫米)	理论重量 (公斤)	厚 度 (毫米)	理论重量 (公斤)
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 2-10

热 轧 扁

宽度 (毫米)	厚 度													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	
	理						论							重
10	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	—	—	—	—	—	—	—	
12	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	—	—	—	—	—	—	—	
14	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	—	—	—	—	—	—	—	
16	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.15	1.26	—	—	—	—	—	
18	0.42	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41	—	—	—	—	—	
20	0.47	0.63	0.79	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	2.16	2.36	2.75	3.14	—	
28	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	3.08	3.53	—	
30	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	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	8.89	
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	13.82	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	6.67	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——理论重量 ≤19 公斤/米，长度重量 >60 公斤/米，长度 3~5 米。



钢 (GB704-65)

(毫米)												宽度 (毫米)	
20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	56	60		
量 (公斤/米)													
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	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	12.86	13.85	14.34	15.82	17.80	19.78	22.25	—	—	—	—	63
10.21	11.23	12.76	14.29	15.34	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

度3~9米; 第2组——理论重量>19~60公斤/米, 长度3~7米, 第3组——理论



8. 金属材料的涂色标记

表 2-11

牌 号	涂色标记	牌 号	涂色标记
生 铁		合 金 结 构 钢	
P08 P10 D08 D10 J08 J13 Z35 Z30 Z25 Z20 Z15 L08	白色一条 白色二条 黄色一条 黄色二条 紫色一条 紫色二条 绿色一条 绿色二条 红色一条 红色二条 红色三条 蓝色一条	锰钢 硅锰钢 硅钒钢 铬钢 铬硅钢 铬锰钢 铬锰硅钢 铬钒钢 铬钒钛钢 铬钨钒钢 钼钢 铬钼钢 铬钼钒钢 铬硅钼钒钢 铬钼钢 铬钼钒钢 铬钨钒钢 铬钼钨钒钢	黄色十蓝色 红色十黑色 蓝色十绿色 绿色十黄色 蓝色十红色 蓝色十黑色 红色十紫色 绿色十黑色 黄色十黑色 棕色十黑 紫色十紫 绿色十白 紫色十棕 铝白色 黄色十紫 黄色十红 紫色十蓝 紫色十黑
普通碳素钢 (特类钢还应加涂铝白色一条)		铬 轴 承 钢	
1号钢 2号钢 3号钢 4号钢 5号钢 6号钢 7号钢	白色+黑色 黄色 红色 黑色 绿色 蓝色 红色+棕色	GCr6 GCr9 GCr9SiMn GCr15 GCr15SiMn	绿色一条+白色一条 白色一条+黄色一条 绿色二条 蓝色一条 绿色一条+蓝色一条
优质碳素结构钢			
05~15 20~25 30~40 45~85 15Mn~40Mn 45Mn~70Mn	白色 棕色+绿色 白色+蓝色 白色+棕色 白色二条 绿色三条		



(续)

牌 号	涂色标记	牌 号	涂色标记
高 速 工 具 钢			
W12Cr4V4Mo W18Cr4V W9Cr4V2 W9Cr4V	棕色一条 + 黄色一条 棕色一条 + 蓝色一条 棕色二条 棕色一条	铬钢 铬钼钒钢 铬镍钛钢 铬铝硅钢 铬硅钛钢 铬硅钼钛钢 铬硅钼钒钢 铬铝钢 铬镍钨钼钛钢 铬镍钨钼钢 铬镍钨钛钢	铝色 + 黑色 铝色 + 紫色 铝色 + 蓝色 红色 + 黑色 红色 + 黄色 红色 + 紫色 红色 + 紫色 红色 + 铝色 红色 + 棕色 红色 + 棕色 铝色 + 白色 + 红色
不 锈 耐 酸 钢 (前为宽色条, 后为窄色条)			
铬钢 铬钛钢 铬锰钢 铬钼钢 铬镍钢 铬镍钨钢 铬镍钨钒钢 铬钼钒钢 铬钼钒钨钢 铬镍钨钒钨钢 铬镍钨钒钨钨钢 铬镍钨钒钨钨钢	铝色 + 黑色 铝色 + 黄色 铝色 + 绿色 铝色 + 白色 铝色 + 红色 铝色 + 棕色 铝色 + 蓝色 铝色 + 白色 + 黄色 铝色 + 红色 + 黄色 铝色 + 紫色 铝色 + 蓝色 + 白色 铝色 + 黄色 + 绿色	铝 特一号铝 特二号铝 一号铝 二号铝 三号铝	铝 白色一条 白色二条 红色一条 红色二条 红色三条
耐 热 不 起 皮 钢 及 电 热 合 金 (前为宽色条, 后为窄色条)			
铬硅钢 铬钼钢 铬硅钼钢	红色 + 白色 红色 + 绿色 红色 + 蓝色	锌 Zn-01 Zn-1 Zn-2 Zn-3 Zn-4 Zn-5	铝 红色二条 红色一条 黑色二条 黑色一条 黑绿色二条 绿色一条
		铅 Pb-1 Pb-2 Pb-3 Pb-4 Pb-5 Pb-6	铝 红色二条 红色一条 黑色二条 黑色一条 黑绿色二条 绿色一条



9. 金属材料的分类

表 2-12

(1) 按组成成分	<p>①纯金属(简单金属)——指由一种金属元素组成的物质。目前已知的纯金属约有80多种,但工业方面所采用的则为数甚少</p> <p>②合金(复杂金属)——指由一种金属元素(为主的)与另外一种(或几种)金属元素(或非金属元素)组成的物质。它的种类甚多,如工业上常用的生铁和钢,就是铁碳合金;黄铜就是铜锌合金……。由于合金的各项性能一般较优于纯金属,因此在工业上合金的应用比纯金属广泛</p>
(2) 按实用	<p>①黑色金属——指铁和铁的合金,如生铁、铁合金、铸铁和钢等</p> <p>②有色金属——除黑色金属外的金属和合金,如铜、锡、铅、锌、铝以及黄铜、青铜、铝合金和轴承合金等。另外在工业上还采用铬、镍、锰、钼、钴、钒、钨、钛等,这些金属主要用作合金附加物,以改善金属的性能,其中钨、钛、钴多用以生产刀具用的硬质合金。所有上述有色金属,都称为工业用金属,以区别于贵金属(铂、金、银)与稀有金属(包括放射性的铀、镭等)</p>

10. 有关材料的参考价格

表 2-13

热轧圆钢、方钢

材料名称	规格(毫米)	价格(元/吨)
05~70	8~250	640~520
15~70Mn	8~250	660~530
55~60Si ₂ Mn	8~250	840~680
GCr15	8~250	1330~1080
20Cr、40Cr	8~250	1010~820
35Mn ₂ 、45Mn ₂	8~250	760~620
20CrMnTi	8~250	1060~860
50SiMnMoV	8~250	1270~1030
42SiMn	8~250	950~770
35CrMo	8~250	1030~830
25CrMnSi	8~250	1040~840
38CrWVA1A	8~250	1410~1140



表 2-14 角钢、槽钢、钢板、铸铁

材料名称	规格(毫米)	价格(元/吨)
等边角钢05-70	2~25#	770~580
不等边角钢05-70	2.5/1.6~14/9	830~650
热轧薄钢板05-70	0.10~4毫米	2000~850
热轧厚钢板05-70	4.1~20毫米	800~750
	21~60毫米	770~820
弹簧圆钢65Mn	3~70毫米	1500~1040
弹簧钢丝65Mn	0.1~1.0毫米	5400~2250
	1.1~10毫米	1980~1620
冷拔无缝钢管10~20	外径5~7 壁厚0.5~2.5	5850~3510
	外径8~15 壁厚0.5~5	4420~2470
	外径16~51 壁厚0.5~10	3120~1040
	外径52~133 壁厚1~26	1640~1140
热轧无缝钢管10~20	外径38~159 壁厚3.5~36	940~770
普通铸造生铁		179~138
灰铸铁		480
球墨铸铁		530

表 2-15 有色金属

名称	规格(毫米)	价格(元/吨)
二号铜板T2	0.10~25	7830~6720
黄铜板H62	0.51~10	5630~5450
锡青铜板QSn4-4-2.5	0.51~4	9400~9200
铸造铝合金		3800~3400
铸造磷铜合金		6500
铅板Pb2	2~15	2910~2690
铝板L2~L7	2~≥4	3780~3580
铝棒L2~L5	5~≥101(不定尺)	4810~3970

表 2-16 非金属材料

名称	价格(元/公斤)	名称	价格(元/公斤)
硬聚氯乙烯板	3.5	33021酚醛层压板	11~15
有机玻璃板	12~54	尼龙66	25
普通石棉布	5~10	软钢纸板	4.5



二、钢

1. 钢的分类

表 2-17

(1) 按 化 学 成 分	<p>①碳素钢——钢中除铁、碳外，还含有少量的硅、锰、硫、磷</p> <p>②合金钢——钢中除含有碳素钢所含有的各种元素外，尚含有一些其他元素（如铬、镍、钼、钨、钒等）。如果碳素钢中锰的含量超过0.8%，或硅的含量超过0.5%时，这种钢也作为合金钢</p>
(2) 按 含 碳 量	<p>①低碳钢——含碳量低于0.25%</p> <p>②中碳钢——含碳量在0.25~0.6%范围内</p> <p>③高碳钢——含碳量超过0.6%</p>
(3) 按 质 量	<p>①普通钢——钢中含硫量不超过0.055~0.065%；含磷量不超过0.045~0.085%</p> <p>②优质钢（质量钢）——钢中含硫量不超过0.030~0.045%；含磷量不超过0.035~0.040%</p> <p>③高级优质钢（高级质量钢）——钢中含硫量不超过0.020~0.030%；含磷量不超过0.027~0.035%</p>
(4) 按 用 途	<p>①结构钢——指作建筑结构、机器零件等用的钢</p> <p>②工具钢——指作工具、模具、量具等用的钢</p> <p>③特殊用途钢——指作特殊用途和具有特殊性能的钢，如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、磁钢等</p>
(5) 按 炼 钢 方 法	<p>①转炉钢——用转炉（用空气或氧气）吹炼出来的钢。它按炉衬材料分为酸性转炉钢（贝塞麦炉钢、贝氏炉钢）和碱性转炉钢（托马斯炉钢）；按送风方法又分为底吹转炉钢、侧吹转炉钢和顶吹转炉钢</p> <p>②平炉钢——用平炉（马丁炉）炼出来的钢。它按炉衬材料分为酸性平炉钢和碱性平炉钢，以后者为主</p> <p>③电炉钢——用电炉炼出来的钢。有电弧炉钢、感应炉钢、电渣重熔炉钢等，以电弧炉钢为常用</p>



(续)

<p>(6) 按 浇 铸 前 脱 氧 程 度</p>	<p>①镇静钢——脱氧完全的钢。钢锭的组织紧密、坚实，但上部有较深缩孔，轧制钢材时损耗较大。除部分普通碳素钢和优质碳素结构钢外，一般都制成镇静钢</p> <p>②沸腾钢——脱氧不完全的钢。钢锭上部没有缩孔，只内部有许多分散小的气泡，但钢锭外壳仍是坚实的，这些分散小气泡在轧制钢材过程中可以被压合消除掉。它的优点是损耗较少，成本较低，同时仍能保证钢材的强度和坚固性，并具有较高的冷加工变形能力；缺点是成分和性能有较大不均匀性，强度和冲击韧性较低，容易时效，不适宜在低温条件下使用。主要作冷加工结构钢、一般零件或日用器皿等用的普通低碳钢和优质低碳钢</p> <p>③半镇静钢——钢的脱氧程度和性能介于镇静钢和沸腾钢之间。也是作建筑结构或一般零件用的普通低碳钢和优质低碳钢</p>
<p>(7) 综 合 分 类</p>	<pre> graph LR Steel[钢] --- Carbon[碳素钢] Steel --- Alloy[合金钢] Carbon --- CarbonStruct[碳素结构钢] Carbon --- CarbonTool[碳素工具钢] CarbonStruct --- CommonCarbon[普通碳素钢] CarbonStruct --- HighQualityCarbon[优质碳素结构钢] CommonCarbon --- TypeA[甲类钢] CommonCarbon --- TypeB[乙类钢] CommonCarbon --- SpecialType[特类钢] Alloy --- AlloyStruct[合金结构钢] Alloy --- AlloyTool[合金工具钢] AlloyStruct --- LowAlloy[低合金结构钢] AlloyStruct --- AlloyStructSteel[合金结构钢] AlloyStruct --- Spring[弹簧钢] AlloyStruct --- Bearing[轴承钢] AlloyTool --- AlloyToolSteel[合金工具钢] AlloyTool --- HighSpeed[高速工具钢] Alloy --- Special[特殊用途钢] Special --- Stainless[不锈钢] Special --- Corrosion[耐酸钢] Special --- HeatResistant[耐热钢等] </pre>



2. 钢号的表示方法(GB221-63)

表 2-18

名 称		表 示 方 法	举 例
普 通 碳 素 钢	甲 类	1. 平炉钢仅以“甲”字或字母“A”和顺序号表示 2. 转炉钢须加上冶炼方法符号：碱性侧吹转炉钢加上“碱”或“J”，酸性侧吹转炉钢加上“酸”或“S”，顶吹转炉钢加上“顶”或“D”	“甲0”或“A0”、“甲1”或“A1”…… “甲碱0”或“AJ0”、“甲碱1”或“AJ1”……“甲酸0”或“AS0”、“甲酸1”或“AS1”……“甲顶1”或“AD1”……
	乙 类	1. 平炉钢仅以“乙”字或字母“B”和顺序号表示 2. 转炉钢须加上冶炼方法符号：碱性侧吹转炉钢加上“碱”或“J”，酸性侧吹转炉钢加上“酸”或“S”顶吹转，炉钢加上“顶”或“D”	“乙0”或“B0”、“乙1”或“B1”…… “乙碱0”或“BJ0”、“乙碱1”或“BJ1”……“乙酸0”或“BS0”、“乙酸1”或“BS1”……“乙顶0”或“BD0”……
	特 类	1. 平炉钢仅以“特”字或字母“C”和顺序号表示 2. 转炉钢须加上冶炼方法符号：碱性侧吹转炉钢加上“碱”或“J”，顶吹转炉钢加上“顶”或“D”	“特0”或“C0”、“特1”或“C1”…… “特碱0”或“CJ0”、“特碱1”或“CJ1”……“特顶0”或“CD0”……
沸腾钢在钢号末尾加“沸”或“F”，半镇静钢在钢号末尾加“半”或“b”，镇静钢则不加任何字尾			



(续)

名称	表示方法	举例
优质碳素结构钢	钢号中的两位数字表示含碳量多少 数字后面加上“锰”或字母“Mn”表示含锰量较高的优质碳素钢	08表示含碳量0.08% 45表示含碳量0.45% 15锰或15Mn, 15表示含碳量0.15%左右
碳素工具钢	“T”表示碳素工具钢, 后面数字表示含碳量多少 数字后面加上“高”或字母“A”为高级优质钢	碳8或T8, 8表示含碳量在0.8%左右 碳8高或T8A
合金结构钢	前面两位数字表示含碳量多少。数字后加上化学元素符号表示主要合金元素, 符号后的数字表示该元素的含量 钢号之后加“高”或字母“A”, 为高级优质钢	16铬2钒高或16Cr2VA, 16表示含碳量0.16%左右, 2表示含铬2%, 高和A为高级优质
合金工具钢	前面一位数字表示含碳量多少(含碳量大于或等于1%时不标出)。数字后加上化学元素符号表示主要合金元素, 符号后的数字表示该元素的含量	铬12或Cr12表示含碳量大于或等于1%, 含铬12%左右 9铬2或9Cr2表示含碳在0.9%左右, 含铬在2%左右

3. 常用钢材的化学成分和机械性能

(1) 普通碳素钢(GB700-65)



表 2-19 普通碳素钢(甲类、特类)的机械性能

序号	钢号				机械性能			180°冷弯试验 (d—弯心直径, a—试样厚度)			
	碱性平炉钢		侧吹碱性转炉钢		屈服点 (公斤/毫米 ²)	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	伸长率(%)				
	甲类钢	特类钢	甲类钢	特类钢					δ ₅	δ ₁₀	
1	A1 A1F	—	—	—	—	32~40	33	28	d=0		
2	A2 A2F	C2 C2F	AJ2 AJ2F	CJ2 CJ2F	22	34~42	31	26			
3	A3	C3	AJ3	CJ3	24	33~40	23	22	23	d=0.5a	
							AS3	26	22		22
							AS3F	27	25		21
4	A4 A4F	C4 C4F	AJ4 AJ4F	CJ4 CJ4F	26	42~44	25	21	21	d=2a	
							AS4 AS4F	24	20		20
							AS4F	23	19		19
5	A5	C5	AJ5	CJ5	28	50~53	21	17	17	d=3a	
							AS5	20	16		16
6	A6	—	AJ6	—	31	60~63	16	13	13	—	
							AS6	15	12		12
7	A7	—	AJ7	—	—	70~74	11	9	9	—	
							—	10	8		8

注: 1. 半镇静钢钢材的机械性能按相应钢号镇静钢钢材的机械性能评定。

2. 顶吹氧气转炉钢(D)和侧吹氧气转炉钢(Z)的机械性能, 暂按相应钢号的碱性平炉钢和侧吹转炉钢的规定。

3. 屈服点是按钢材尺寸分组的, 其分组方法如右表:

组别	钢材尺寸(毫米)			钢板厚度
	棒钢直径或厚度	型钢和异型钢厚度	型钢厚度	
第1组	≤40	≤15	≤15	4~20
第2组	>40~100	>15~20	>15~20	>20~40
第3组	>100~250	>20	>20	>40~60

(2) 优质碳素结构钢(GB699-65)

表 2-20 优质碳素结构钢的化学成分

钢 组	钢 号	化 学 成 分 (%)						
		碳	硅	锰	磷	硫	铬	镍
普通含锰量钢	05F	≤0.06	≤0.03	≤0.40	0.035	0.040	0.10	0.25
	08F	0.05~0.11	≤0.03	0.25~0.50	0.040	0.040	0.10	0.25
	08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.10	0.25
	10F	0.07~0.14	≤0.07	0.25~0.50	0.040	0.040	0.15	0.25
	10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.040	0.15	0.25
	15F	0.12~0.19	≤0.07	0.25~0.50	0.040	0.040	0.25	0.25
	15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.040	0.25	0.25
	20F	0.17~0.24	≤0.07	0.25~0.50	0.040	0.040	0.25	0.25
	20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.040	0.25	0.25
	25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25	
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25	
普通含锰量钢	70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	75	0.72~0.80	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
	85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.040	0.25	0.25
较高含锰量钢	15Mn	0.12~0.19	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	20Mn	0.17~0.24	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	25Mn	0.22~0.30	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	30Mn	0.27~0.35	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	35Mn	0.32~0.40	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	40Mn	0.37~0.45	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	45Mn	0.42~0.50	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	50Mn	0.48~0.56	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	60Mn	0.57~0.65	0.17~0.37	0.70~1.00	0.040	0.040	0.25	0.25
	65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	0.040	0.040	0.25	0.25
70Mn	0.67~0.75	0.17~0.37	0.90~1.20	0.040	0.040	0.25	0.25	

- 注: 1. 当以平炉、侧吹碱性转炉或纯氧顶吹碱性转炉冶炼时, 除 05F、08F、08 及 10F 号钢外, 允许含硫量 ≤ 0.045%。
 2. 根据供需双方协议, 可供应 05b~25b 半镇静钢, 其含硅量 ≤ 0.17%。
 3. 冷顶锻和冷冲压用钢的含磷量 ≤ 0.035%, 冷冲压用沸腾钢的含硅量 ≤ 0.03%。
 4. 铜的残余含量 ≤ 0.25%, 热顶锻和热冲压用钢的铜的残余含量 ≤ 0.20%。
 5. 侧吹碱性转炉钢或纯氧顶吹碱性转炉钢中含氮量 ≤ 0.008%。



表 2-21

优质碳素结构钢的机械性能

钢 号	屈服点	抗拉强度	伸长率 δ_5	收缩率	冲击值	硬度HB	
	(公斤/毫米 ²)		(%)		($\frac{\text{公斤}\cdot\text{米}}{\text{厘米}^2}$)	热轧钢	退火钢
	≥					≤	
08F	18	30	35	60	—	131	—
08	20	33	33	60	—	131	—
10F	19	32	33	55	—	137	—
10	21	34	31	55	—	137	—
15F	21	36	29	55	—	143	—
15	23	38	27	55	—	143	—
20F	23	39	27	55	—	156	—
20	25	42	25	55	—	156	—
25	28	46	23	50	9	170	—
30	30	50	21	50	8	179	—
35	32	54	20	45	7	187	—
40	34	58	19	45	6	217	187
45	36	61	16	40	5	241	197
50	38	64	14	40	4	241	207
55	39	66	13	35	—	255	217
60	41	69	12	35	—	255	229
65	42	71	10	30	—	255	229
70	43	73	9	30	—	269	229
75	90	110	7	30	—	285	241
80	95	110	6	30	—	285	241
85	100	115	6	30	—	302	255
15Mn	25	42	26	55	—	163	—
20Mn	28	46	24	50	—	197	—
25Mn	30	50	22	50	9	207	—
30Mn	32	55	20	45	8	217	187
35Mn	34	57	18	45	7	229	197
40Mn	36	60	17	45	6	229	207
45Mn	38	63	15	40	5	241	217
50Mn	40	66	13	40	4	255	217
60Mn	42	71	11	35	—	269	229
65Mn	44	75	9	30	—	285	229
70Mn	46	80	8	30	—	285	229

注：1. 钢的机械性能是用正火后的试样测定的，但冲击值试样及75~85号钢的拉力试样应进行调质处理。

2. 半镇静钢的机械性能与同钢号镇静钢的相同。

(3) 碳素工具钢(GB1298-77)



表 2-22 碳素工具钢的化学成分及用途

钢号	化 学 成 分 (%)				退火后 HB	热处理 温 度 ℃	淬火后 HRC	特 性 及 应 用
	C	Mn	Si	P ≤				
T7	0.65~0.74	0.20~0.40	0.15~0.35	0.020	0.035	800~820 水冷		能承受震动和冲击的工具， 硬度适中时有较大韧性。用作：凿 子、钻软岩石用钻头、冲击式打 眼机钻头、大锤等
T7A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030			
T8	0.75~0.84	0.20~0.40	0.15~0.35	0.030	0.035	780~800 水冷	62	有足够的韧性和较高的硬 度，用于制造能承受震动的工 具，如钻中等硬度岩石的钻头、 简单楔子、冲头等
T8A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030			
T10	0.95~1.04	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035			韧性较小、用作不受突然和 剧烈震动的工具，如车刀、刨刀、 拉丝模、钻头、丝锥等
T10A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030	760~780 水冷		
T12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	0.030	0.035			韧性较小，用作不受震动高 硬度的工具
T12A		0.15~0.30	0.15~0.30	0.020	0.030			

(4) 高速工具钢(YB12-77)

表 2-23 高速工具钢的化学成分

序 号	钢 号	化 学 成 分 (%)			
		碳	钨	钼	铬
1-1	W18Cr4V	0.70~0.80	17.50~19.00	≤0.30	3.80~4.40
1-2	9W18Cr4V	0.90~1.00	17.50~19.00	≤0.30	3.80~4.40
1-3	W12Cr4V4Mo	1.20~1.40	11.50~13.00	0.90~1.20	3.80~4.40
1-4	W14Cr4VMnRe	0.80~0.90	13.50~15.00	≤0.30	3.50~4.00
2-1	W6Mo5Cr4V2	0.80~0.90	5.50~6.75	4.50~5.50	3.80~4.40
2-2	W6Mo5Cr4V2Al	1.05~1.20	5.50~6.75	4.50~5.50	3.80~4.40
2-3	W6Mo5Cr4V5SiNbAl	1.55~1.65	5.50~6.50	5.00~6.00	3.80~4.40
2-4	W10Mo4Cr4V3Al	1.30~1.45	9.00~10.50	3.50~4.50	3.80~4.50
2-5	W12Mo3Cr4V3Co5Si	1.20~1.30	11.50~13.50	2.80~3.40	3.80~4.40

(续)

序号	钢号	化学成分 (%)					其他
		钨	钼	锰	钨	钼	
1-1	W18Cr4V	1.00~1.40	≤0.40	≤0.40	—	—	—
1-2	9W18Cr4V	1.00~1.40	≤0.40	≤0.40	—	—	—
1-3	W12Cr4V4Mo	3.80~4.40	≤0.40	≤0.40	—	—	—
1-4	W14Cr4VMnRe	1.40~1.70	≤0.50	0.35~0.55	—	—	稀土加入量0.07
2-1	W6Mo5Cr4V2	1.75~2.20	≤0.40	≤0.40	—	—	—
2-2	W6Mo5Cr4V2Al	1.75~2.20	≤0.60	≤0.40	0.80~1.20	—	铌
2-3	W6Mo5Cr4V5SiNbAl	4.20~5.20	1.00~1.40	≤0.40	0.30~0.70	0.20~0.50	—
2-4	W10Mo4Cr4V3Al	2.70~3.20	≤0.50	≤0.50	0.70~1.20	—	铌
2-5	W12Mo3Cr4V3Co5Si	2.80~3.40	0.80~1.20	≤0.40	—	4.70~5.10	—

注：1. 在钨系高速工具钢中，钨含量允许到1.0%；当钨含量超过0.3%时，钨含量相应减少。钨、钼两者的关系：

系：在钨含量超过0.3%的部分，1%的钨可代替2%的钼，并在钢号后加一个“Mo”字。

2. 钢中硫、磷含量均≤0.03%。



表 2-24 高速工具钢的硬度值

序号	钢号	交货状态硬度		试样淬火回火硬度				
		HB \leq		热处理			回火温度 ($^{\circ}$ C)	硬度
		压力加工用钢	切削加工用钢	淬火温度 ($^{\circ}$ C)	冷却剂	HRC \geq		
1-1	W18Cr4V	277	255	1270~1285	油	550~570	62	
1-2	9W18Cr4V	285	262	1260~1280	油	570~590	63	
1-3	W12Cr4V4Mo	285	262	1250~1270	油	550~570	62	
1-4	W14Cr4VMnRE	277	255	1245~1260	油	550~260	63	
2-1	W6Mo5Cr4V2	285	255	1210~1230	油	550~570	63	
2-2	W6Mo5Cr4V2Al	285	269	1220~1240	油	540~560	65	
2-3	W6Mo5Cr4V5SiNbAl	285	269	1220~1240	油	520~540	65	
2-4	W10Mo4Cr4V3Al	285	269	1220~1240	油	540~560	66	
2-5	W12Mo3Cr4V3Co5Si	285	269	1220~1240	油	540~550	66	

(5) 合金工具钢(GB1299-77)

表 2-25 合金工具钢的化学成分

钢组	序号	钢号	化 学 成 分 (%)						
			碳	硅	锰	磷	钨	钼	钒
量具刃具用钢	1-1	9SiCr	0.85~0.95	1.20~1.60	0.30~0.60	0.95~1.25	—	—	—
	1-2	8MnSi	0.75~0.85	0.30~0.60	0.80~1.10	—	—	—	
	1-3	CrMn	1.30~1.50	≤0.40	0.45~0.75	1.30~1.60	—	—	
	1-4	CrW5	1.25~1.50	≤0.40	≤0.40	0.40~0.70	4.50~5.50	—	
	1-5	Cr06	1.30~1.45	≤0.40	≤0.40	0.50~0.70	—	—	
	1-6	Gr2	0.95~1.10	≤0.40	≤0.40	1.30~1.65	—	—	
	1-7	9Cr2	0.80~0.95	≤0.40	≤0.40	1.30~1.70	—	—	
	1-8	V	0.95~1.05	≤0.40	≤0.40	—	—	0.20~0.40	
	1-9	W	1.05~1.25	≤0.40	≤0.40	0.10~0.30	0.80~1.20	—	
耐冲击 工 具 用 钢	2-1	4CrW2Si	0.35~0.45	0.80~1.10	≤0.40	1.00~1.30	2.00~2.50	—	
	2-2	5CrW2Si	0.45~0.55	0.50~0.80	≤0.40	1.00~1.30	2.00~2.50	—	
	2-3	6CrW2Si	0.55~0.65	0.50~0.80	≤0.40	1.00~1.30	2.20~2.70	—	

		化 学 成 分 (%)							
钢组	钢 号	碳	硅	锰	铬	钨	钼	钒	
冷作模具钢	3-1 Cr12	2.00~2.30	≤0.40	≤0.40	11.50~13.00	—	—	—	
	3-2 Cr12MoV	1.45~1.70	≤0.40	≤0.40	11.00~12.50	—	0.40~0.60	0.15~0.30	
	3-3 Cr6WV	1.00~1.15	≤0.40	≤0.40	5.50~7.00	1.10~1.50	—	—	0.50~0.70
	3-4 9Mn2	0.85~0.95	≤0.40	1.70~2.00	—	—	—	—	—
	3-5 9Mn2V	0.85~0.95	≤0.40	1.70~2.00	—	—	—	—	0.10~0.25
	3-6 MnCrWV	0.95~1.05	≤0.40	1.00~1.30	0.40~0.70	0.40~0.70	—	—	0.15~0.30
	3-7 CrWMn	0.90~1.05	≤0.40	0.80~1.10	0.90~1.20	1.0~1.60	—	—	—
	3-8 9CrWMn	0.85~0.95	≤0.40	0.90~1.20	0.50~0.80	0.50~0.80	—	—	—
	3-9 MnSi	0.95~1.05	0.65~0.95	0.60~0.90	—	—	—	—	—
	3-10 Cr4W2MoV	1.12~1.25	0.40~0.70	≤0.40	3.50~4.00	1.90~2.60	0.80~1.20	0.80~1.10	
	3-11 6W6Mo5Cr4V	0.55~0.65	≤0.40	≤0.60	3.70~4.30	6.00~7.00	4.50~5.50	0.70~1.10	
	3-12 Cr2Mn2SiWMoV	0.95~1.05	0.60~0.90	1.80~2.30	2.30~2.60	0.70~1.10	0.50~0.80	0.10~0.25	
热作模具钢	4-1 5CrMnMo	0.50~0.60	0.25~0.60	1.20~1.60	0.60~0.90	—	0.15~0.30	—	
	4-2 5CrNiMo	0.50~0.60	≤0.40	0.50~0.80	0.50~0.80	—	0.15~0.30	镍1.40~1.80	
	4-3 3Cr2W8V	0.30~0.40	≤0.40	≤0.40	2.20~2.70	7.50~9.00	—	—	0.20~0.50
	4-4 4SiCrV	0.40~0.50	1.20~1.60	≤0.40	1.30~1.60	—	—	—	0.10~0.25
	4-5 8Cr3	0.75~0.85	≤0.40	≤0.40	3.20~3.80	—	—	—	—
	4-6 5SiMnMoV	0.45~0.55	1.50~1.80	0.50~0.70	0.20~0.40	—	0.30~0.50	0.20~0.35	
	4-7 4Cr5MoVSi	0.32~0.42	0.80~1.20	≤0.40	4.50~5.50	—	1.00~1.50	0.30~0.50	
	4-8 4Cr5W2VSi	0.32~0.42	0.80~1.20	≤0.40	4.50~5.50	1.60~2.40	—	0.60~1.00	
堆焊 模块 用钢	5-1 5Cr4Mo	0.45~0.55	≤0.40	≤0.40	3.40~4.00	—	1.40~1.70	—	

注: 1. 钢中的硫、磷含量均≤0.03%。 2. 钢中残余含铜量≤0.30%, 镍不作合金元素时, 残余含量应≤0.25%。

表2-26

合金工具钢的硬度值

序号	钢号	交货状态 硬度 HB	试样 淬 火		
			温度(℃)	冷却剂	硬度 HRC \geq
1-1	9SiCr	241~197	820~860	油	62
1-2	8MnSi	≤ 229	800~820	油	60
1-3	CrMn	241~197	800~820	油	61
1-4	CrW5	285~229	800~820	水	65
1-5	Cr06	241~187	780~810	水	64
1-6	Cr2	229~179	830~860	油	62
1-7	9Cr2	217~179	820~850	油	62
1-8	V	217~179	780~820	水	62
1-9	W	229~187	800~830	水	62
2-1	4CrW2Si	217~179	860~900	油	53
2-2	5CrW2Si	255~207	860~900	油	55
2-3	6CrW2Si	285~229	860~900	油	57
3-1	Cr12	269~217	950~1000	油	60
3-2	Cr12MoV	255~207	950~1000	油	58
3-3	Cr6WV	≤ 241	960~1020	油或空	60
3-4	9Mn2	≤ 229	760~780	水	62
3-5	9Mn2V	≤ 229	780~810	油	62
3-6	MnCrWV	≤ 229	800~820	油	62
3-7	CrWMn	255~207	800~830	油	62
3-8	9CrWMn	241~197	800~830	油	62
3-9	MnSi	229~187	800~820	水	61
3-10	Cr4W2MoV*	≤ 269	960~980、1020~1040	油	60
3-11	6W6Mo5Cr4V*	≤ 269	1180~1200	油	60
3-12	Cr2Mn2SiWMoV*	≤ 269	840~860	油或空	60
4-1	5CrMnMo	241~197	820~850	油	—
4-2	5CrNiMo	241~197	830~860	油	—
4-3	3Cr2W8V	255~207	1075~1125	油	—
4-4	4SiCrV	≤ 229	860~900	油	—
4-5	8Cr3	255~207	850~880	油	—
4-6	5SiMnMoV	≤ 217	840~900	油	—
4-7	4Cr5MoVSi*	≤ 229	980~1030	油或空	—
4-8	4Cr5W2VSi*	≤ 229	1030~1050	油或空	—
5-1	5Cr4Mo*	≤ 241	—	—	—

注：1. 热作模具钢不作淬火硬度试验。

2. 有*记号的钢号，各种硬度值供参考。




三、铸 钢

1. 铸钢牌号的表示方法

铸钢系在相应的钢号前加“ZG”符号，如ZG45、ZGMn2等。“ZG”后面的数字表示铸钢中平均含碳量的万分之几。

2. 碳素铸钢件的分级

按照质量指标，碳素铸钢件分为三级：I级(P、S含量 $\leq 0.04\%$)——高级铸钢件；II级(P、S含量 $\leq 0.05\%$)——优质铸钢件；III级(P、S含量 $\leq 0.06\%$)——普通铸钢件。

3. 碳素铸钢的化学成分

表 2-27

化 学 成 分 (%)			
牌 号	碳	锰	硅
ZG15	0.12~0.22	0.35~0.65	0.20~0.45
ZG25	>0.22~0.32	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG35	>0.32~0.42	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG45	>0.42~0.52	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG55	>0.52~0.62	0.50~0.80	0.20~0.45

4. 碳素铸钢的机械性能 (经热处理后)

表 2-28

牌 号	抗拉强度	屈服点	伸长率 δ_5	收缩率	冲击值
	(公斤/毫米 ²)		(%)		(公斤·米/厘米 ²)
	≥				
ZG15	40	20	25	40	6.0
ZG25	45	24	20	32	4.5
ZG35	50	28	16	25	3.5
ZG45	58	32	12	20	3.0
ZG55	65	35	10	18	2.0



四、铸 铁

1. 铸铁牌号的表示方法

(1) 灰铸铁以“HT”为代号，其后的数字表示机械性能。如：“HT20-40”表示其抗拉强度 $\sigma_b=20$ 公斤力/毫米²，抗弯强度 $\sigma_{bB}=40$ 公斤力/毫米²。

(2) 球墨铸铁以“QT”为代号，其后的数字表示其机械性能。如：“QT45-5”表示其抗拉强度 $\sigma_b=45$ 公斤力/毫米²，延伸率 $\delta=5\%$ 。

(3) 可锻铸铁以“KT”为代号，其后的两组数字分别表示其抗拉强度和延伸率的数值。珠光体可锻铸铁在代号后需再加“Z”符号，如“KTZ50-4”等。

(4) 耐热铸铁以“RT”以及主要合金元素符号和它的平均含量的百分之几表示，如，“RTCr-0.8”。耐热球墨铸铁以“RQT”表示，如，“RQTSi-5.5”。

2. 铸铁的机械性能

(1) 灰铸铁的机械性能(GB976-67)

表 2-29

代 号	抗拉强度 \geq (公斤/毫米 ²)	抗弯强度 \geq (公斤/毫米 ²)	硬 度
	不 小 于		HB
HT 10-26	10	26	143~229
HT 15-33	15	33	163~229
HT 20-40	20	40	170~241
HT 25-47	25	47	170~241
HT 30-54	30	54	187~255
HT 35-61	35	61	197~269
HT 40-68	40	68	207~269

注：铸铁代号是它的汉语拼音字母的代号，如“HT”就是“灰铁”两字的汉语拼音的代号。



(2) 可锻铸铁的机械性能(GB978-67)

表 2-30

代 号	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	延伸率(%)	硬度HB
KT30-6	30	6	120~163
KT33-8	33	8	120~163
KT35-10	35	10	120~163
KT37-12	37	12	120~163
KT45-5	45	5	152~219
KT50-4	50	4	179~241
KT60-3	60	3	201~269
KT70-2	70	2	240~270

(3) 球墨铸铁的机械性能(GB1348-78)

表 2-31

牌 号	抗拉强度	屈服强度	伸长率 (%)	冲击值 (公斤·米/厘米 ²)	硬 度 HB
	(公斤/毫米 ²)				
	≥				
QT40-17	40	25	17	6	<197
QT42-10	42	27	10	3	<207
QT50-5	50	35	5	—	147~241
QT60-2	60	42	2	—	229~302
QT70-2	70	49	2	—	231~304
QT80-2	80	56	2	—	241~321
QT120-1	120	84	1	3	HRC≥38



(4) 耐热铸铁的机械性能 (在室温下)

表 2-32

牌 号	抗拉强度	抗弯强度	挠度(毫米)≥	硬 度 HB
	(公斤/毫米 ²)≥		支距300 毫米	
RTCr-0.8	18	36	2.5	207~285
RTCr-1.5	15	32	2.5	207~285
RTSi-5.5	10	24	2.0	140~255
RQTSi-5.5	22	—	—	228~321

五、有色金属及其合金

1. 有色金属及合金产品牌号和代号的表示方法(GB340-76)

表 2-33

纯金属产品牌号及代号表示方法

<p>(1) 纯金属冶炼产品</p> <p>①工业纯度金属的牌号用顺序号加金属名称表示，高纯度金属用主成分的数字加金属名称表示</p> <p>②工业纯度金属的代号用金属的化学元素符号加顺序号表示，两者之间划一短横；高纯度金属用金属的化学元素符号加表示主成分的数字表示，两者之间划一短横，表示成分的数字由两位数字组成，短横后第一位数字是“0”，表示“高纯”，第二位数字表示主成分“9”的个数</p> <p>③举例 牌号：一号铜，三号铝，99.999%高纯铟 代号：Cu-1, Al-3, In-05</p>
<p>(2) 纯金属加工产品</p> <p>①牌号表示方法与纯金属冶炼产品的牌号表示方法相同</p> <p>②代号：铜、镍、铝、镁的纯金属加工产品，用汉语拼音字母T、N、L、M加顺序号表示；其余纯金属加工产品用化学元素符号加顺序号表示</p> <p>③举例 牌号：一号铜(带)，二号铝(板)，一号锌(带) 代号：T1, L2, Zn1</p>



表 2-34

合金加工产品牌号及代号表示方法

牌 号 及 代 号 表 示 方 法

(1) 总 则

①牌号：以合金主要成分含量或含量的数字组加合金类别名称或组别名称表示

②代号：以合金的汉语拼音字母符号（铜、镍、铝、镁的合金及部分专用合金，如硬质合金、焊料合金、轴承合金、印刷合金）或合金主要成分的化学元素符号（其余合金）加合金主要成分含量或含量的数字组表示

③主要成分的含量，均以百分之几计

(2) 黄 铜

①牌号：普通黄铜以基元素铜的含量加“黄铜”两字表示；三元以上黄铜以主要成分含量的数字组（包括基元素铜的含量以及除锌以外的主添加元素的含量）加合金组别名称表示

②代号：普通黄铜以符号“H”加基元素铜的含量表示；三元以上黄铜以符号“H”及除锌以外的第二个主添加元素符号，加主要成分含量的数字组（包括基元素铜的含量以及除锌以外的主添加元素的含量）表示

③举例

牌号：62黄铜，59-1铅黄铜，57-3-1锰黄铜

代号：H62，HPb59-1，HMn57-3-1

(3) 青 铜

①牌号：以主要成分含量或含量数字组（基元素铜除外）加合金组别名称表示

②代号：以符号“Q”及第一个主添加元素符号加主要成分含量或含量数字组（基元素铜除外）表示

③举例

牌号：4-4-4锡青铜，9-4铝青铜，2铍青铜

代号：QSn4-4-4，QAl9-4，QBe2



(续)

牌 号 及 代 号 表 示 方 法

(4) 白 铜

①牌号：以镍含量或主要成分含量数字组（基元素铜除外）加合金组别名称表示

②代号：普通白铜以符号“B”加镍含量表示。三元以上白铜以符号“B”和第二个主添加元素符号加主要成分含量数字组（基元素铜除外）表示

③举例

牌号：16白铜，3-12锰白铜

代号：B16，BMn3-12

(5) 镍 合 金

①牌号：以主要成分含量或含量数字组（基元素镍除外）加合金组别名称表示

②代号：以符号“N”和第一个主添加元素符号加主要成分含量或含量数字组（基元素镍除外）表示

③举例

牌号：9镍铬合金，28-2.5-1.5镍铜合金

代号：NCr9，NCu28-2.5-1.5

(6) 铝、镁 合 金

①牌号：以顺序号加合金组别名称表示

②代号：以合金符号加顺序号表示

各种合金的符号如下：防锈铝——LF，锻铝——LD，硬铝——LY，超硬铝——LC，特殊铝——LT，镁合金（变形加工用）——MB

③举例

牌号：一号防锈铝，三号硬铝，一号镁合金

代号：LF1，LY3，MB1

(7) 锌、铅、锡、贵金属等及其合金

①牌号：以主要成分含量数字组（基元素除外）加合金组别名称表示

②代号：以基元素和第一个主添加元素的符号加主要成分含量数字组（基元素除外）

③举例

牌号：4-1锌铝合金，2铅锡合金，5金铂合金

代号：ZnAl4-1，PbSb2，AuPt5



(续)

牌 号 及 代 号 表 示 方 法

(8) 轴承合金、焊料合金及印刷合金

①牌号：以主要成分含量数字组（第一个基元素除外）加合金名称表示

②代号：以合金符号和二个基元素符号加主要成分含量数字组（第一个基元素除外）表示

各合金的符号如下：轴承合金——Ch，焊料合金——Hl，印刷合金——I

③举例

牌号：8-3锡铋轴承合金，10锡铅焊料合金，14-4铅铋印刷合金

代号：ChSnSb8-3，HlSnPb10，IPbSb14-4

(9) 硬 质 合 金

①牌号：以决定合金特性的主元素含量（铸造碳化钨以顺序号）加合金组别名称表示

②代号：以合金符号加决定合金的主元素含量（铸造碳化钨以顺序号）表示必要时，后面可加上表示产品性能、添加元素或加工方法的符号

各种合金的符号如下：钨钴硬质合金——YG，钨钛钴硬质合金——YT，铸造碳化钨——YZ

③举例

牌号：6钨钴硬质合金，14钨钛钴硬质合金，3号铸造碳化钨

代号：YG6，YT14，YZ3

(10) 铸 造 合 金

①牌号：按上述各种合金的牌号表示方法，并在合金名称前加注“铸”字

②代号：除按上述各种合金的代号表示方法外，并冠以符号“Z”

③举例

牌号：80-3铸硅黄铜，9-4铸铝青铜

代号：ZHSi80-3，ZQA19-4



2. 铸造青铜的机械性能及用途

表 2-35

代 号	抗拉强度 (公斤/毫米 ²) ≥		伸长率 δ ₅ (%) ≥		硬 度 HB ≥		用 途
	砂模金属模		砂模金属模		砂模金属模		
ZQSn3-12-5	18	22	8	10	60	60	工作压力为 8~15 大气压的管路附件, 在蒸汽、海水中工作的附件
ZQSn3-7-5-1	18	22	8	10	60	70	与 ZQSn3-12-5 同
ZQSn5-5-5	18	20	8	10	60	65	在蒸汽、海水、淡水条件下工作的管路附件、减摩零件
ZQSn6-6-3	18	20	8	10	60	65	减摩零件、衬套、轴承、轴瓦
ZQSn7-0.2	20	22	10	15	70	80	减摩零件、弹簧、电器工业零件
ZQSn10-1	22	25	3	5	80	90	轴承套、自动机床丝杆、螺母及摩擦齿轮
ZQSn10-2-1	—	25	—	5	—	75	减摩零件
ZQSn10-2	20	25	10	6	70	80	能承受 50~150 大气压的复杂形状零件、配件、齿轮、轴承、轴套、轴瓦
ZQSn10-5	20	25	10	10	70	70	汽车及其他载荷轴承
ZQPb10-10	15	20	3	5	65	70	汽车及其他重载荷零件、轴承
ZQPb12-8	15	20	6	3	60	65	在高压下工作的零件
ZQPb17-4-4	15	18	5	7	55	60	减摩零件、轴套等
ZQPb24-2	—	10	—	6	—	35	减摩零件、轴承、轴瓦
ZQPb25-5	14	15	4	6	45	55	较小载荷、高速工作的轴承、轴瓦、涨圈等
ZQPb30	—	—	—	—	—	25	高速轴承、轴瓦套筒等, 在压力为 250 公斤/厘米 ² 、速度为 10 米/秒的静载荷工作条件下的零件
ZQA19-2	40	20	20	20	85	95	工温 ≤ 250°C 的管路附件及汽车、拖拉机、电器等
ZQA19-4	40	10	10	12	100	110	零件轮毂、轴套、齿轮零件等
ZQA-10-3-1.5	45	10	10	20	110	120	轴套、轴承、齿轮等

3. 铸造铝合金的机械性能 (GB1173-74)

表 2-36

代 号	铸造方法	热 处 理 状 态	抗拉强度 (公斤/毫米 ²) ≥	伸长率 δ_5 (%) ≥	硬 度 HB
ZL101	S、J	—	18	2	50
	S、J	T2	14	2	45
	J	T4	19	4	50
	S	T4	18	4	50
	J	T5	21	2	60
	S	T5	20	2	60
	SB	T6	23	1	70
	SB	T7	20	2	60
	SB	T8	16	3	55
ZL102	SB、JB	—	15	4	50
	SB、JB	T2	14	4	50
	J	—	16	2	50
	J	T2	15	3	50
ZL103	S	—	14	0.5	65
	J	—	17	0.5	65
	S、J	T1	17	—	70
	S、J	T2	15	1	65
	S	T5	22	0.5	75
	J	T5	25	0.5	75
	S、J	T7	21	1	70
	S、J	T8	18	2	65



(续)

代 号	铸造方法	热 处 理 状 态	抗拉强度 (公斤/毫米 ²) ≥	伸长率 δ 5 (%) ≥	硬 度 HB
ZL104	S、J	—	15	2	50
	J	T1	20	1.5	70
	SB	T6	23	2	70
	J	T6	24	2	70
ZL105	S、J	T1	16	0.5	65
	S	T5	20	1	70
	J	T5	24	0.5	70
	S	T6	23	0.5	70
	J	T7	18	1	65
ZL106	SB	—	18	1	75
	SB	T6	25	1	90
ZL107	SB	—	17	2	65
	SB	T6	25	2.5	90
	J	—	20	2.5	70
	J	T6	28	3	100
ZL108	J	T1	20	—	85
	J	T6	26	—	90
ZL109	J	T1	20	0.5	90
	J	T6	25	—	100
ZL110	S	—	13	—	80
	J	—	16	—	80
	S	T1	15	—	80
	J	T1	17	—	90
ZL111	J	—	21	2	80
	J	T6	32	2	100



(续)

代 号	铸造方法	热 处 理 状 态	抗拉强度 (公斤/毫米 ²) ≥	伸长率 δ_5 (%) ≥	硬 度 HB
ZL201	S	T4	30	8	70
	S	T5	34	4	90
ZL202	S、J	—	11	—	50
	S、J	T6	17	—	100
ZL203	S	T4	20	6	60
	J	T4	21	6	60
	S	T5	22	3	70
	J	T5	23	3	70
ZL301	S	T4	28	9	60
ZL302	S、J	—	15	1	55
ZL401	S	T1	20	2	80
	J	T1	25	1.5	90
ZL402	J	T1	24	4	70
	S	T1	22	4	65

注：1. 铸造方法符号：S—砂型；J—金属型；B—变质处理。

2. 热处理状态符号：T1—人工时效；T2—退火；T4—淬火；T5—淬火和部分时效；T6—淬火和完全时效；T7—淬火和稳定回火；T8—淬火和软化回火。

3. ZL401、ZL402 的性能，是指经过自然时效20天或人工时效后的性能。



4. 硬质合金

表 2-37 硬质合金的化学成分及物理机械性能(YB849-75)

代 号	化学成分(%)				物理机械性能 \geq		
	碳化钨	碳化钛	碳化钽 (钨)	钴	抗弯强度 ($\frac{\text{公斤}}{\text{毫米}^2}$)	密 度 ($\frac{\text{克}}{\text{厘米}^3}$)	硬度 HRA
钨 钴 合 金 类							
YG3X	96.5	—	<0.5	3	110	15~15.3	91.5
YG6X	93.5	—	<0.5	6	140	14.6~15	91
YG6A	92	—	2	6	140	14.6~15	91.5
YG6	94	—	—	6	145	14.6~15	89.5
YG8N	91	—	1	8	150	14.5~14.9	89.5
YG8	92	—	—	8	150	14.5~14.9	89
YG4C	96	—	—	4	145	14.9~15.2	89.5
YG8C	92	—	—	8	175	14.5~14.9	88
YG11C	89	—	—	11	210	14~14.4	86.5
YG15	85	—	—	15	210	13.0~14.2	87
钨 钛 钽 (钨) 钴 合 金 类							
YW1	84~85	6	3~4	6	120	12.6~13.5	91.5
YW2	82~83	6	3~4	8	135	12.4~13.5	90.5
钨 钛 钴 合 金 类							
YT5	85	5	—	10	140	12.5~13.2	89.5
YT14	78	14	—	8	120	11.2~12.0	90.5
YT30	66	30	—	4	90	9.3~9.7	92.5
碳化 钛 镍 钼 合 金 类							
YN10	15	62	1	镍12 钼10	110	≥ 6.3	92



表 2-38

硬质合金的使用性能及用途

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
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
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、合金钢的半精加工及精加工，以及制造仪器仪表工业用的小型刀具和小模数滚齿刀具
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 YG3 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
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）
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



(续)

代号	使用性能及用途
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
YG11C	强度比YG15稍好，耐磨性优于YG15。适用于重型凿岩机的钻头
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
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
YW2	耐磨性稍低于YW1，但强度较高，能承受较大的负荷。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
YT14	强度、抗冲击和抗振性稍次于YT5，而耐磨性和允许用的切削速度较高。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）
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光洁度要求高的工件精加工效果尤为显著



六、常用磨料与磨具

1. 磨料的种类和规格

表 2-39 磨料的种类及用途

名 称	代号	色 泽	特 性 及 用 途
棕 刚 玉	GZ	棕褐色	韧性高，能承受较大的压力，适用于加工抗拉强度较高的金属，如粗磨碳钢、合金钢、可锻铸铁和硬青铜等
白 刚 玉	GB	白 色	韧性较低，切削性能优于棕刚玉，适用于精磨和半精磨各种合金钢、高碳钢、淬火钢，常用于磨螺纹、磨齿轮及刃磨、平面磨、内圆磨等
单晶刚玉	GD	浅黄色 或白色	具有良好的多角多棱切削刃，并有较高的硬度和韧性，可加工较硬的金属材料，如磨削淬火钢、合金钢、高钒高速钢、不锈钢、耐热钢等
微晶刚玉	GW	与 GZ 相 似	韧性较高，适用于重负荷磨削和高光洁度磨削，如不锈钢、碳钢、轴承钢和特种球墨铸铁等
铬 刚 玉	GG	紫红或 玫瑰红	韧性比白刚玉高，切削性能较好，适用于淬火钢、合金钢刀具的刃磨，如对螺纹工件、量具和仪表零件的磨削
锆 刚 玉	GA	褐 灰	具有磨削效率高、光洁度好、不烧伤工件和砂轮表面不易被堵塞等优点，适用于粗磨不锈钢、高钨钢



(续)

名称	代号	色泽	特性及用途
黑碳化硅	TH	黑色	硬度比刚玉系磨料高，性脆而锋利，适用于加工抗拉强度低的金属及非金属材料，如灰铸铁、黄铜、铝、岩石及皮革和硬橡胶等
绿碳化硅	TL	绿色	硬度和脆性略高于黑碳化硅，适用于加工硬而脆的材料，如磨削硬质合金、玻璃和玛瑙等
碳化硼	TP	灰黑色	硬度比碳化硅高，适用于硬质合金、宝石、陶瓷等材料做的刀具、模具、精密元件的钻孔、研磨和抛光
碳硅硼	TGP	黑色	硬度仅次于金刚石，适用于硬质合金、半导体、人造宝石和特种陶瓷等硬质材料的研磨
人造金刚石	JR	淡黄、黄绿、灰黑色	性能与天然金刚石相近，硬度很高，比天然金刚石略脆，表面粗糙，有很高的磨削性能，适宜加工较硬的工件，如硬质合金、玻璃、陶瓷等材料，还可用于各种地质勘探钻头和石油钻头等



表 2-40

磨 料 的 粒 度

种 类	粒 度 号 数
磨 粒	12, 14, 16, 20, 24, 30, 36, 46, 60, 70, 80, 100, 120, 150, 180, 240, 280
微 粉	W40, W28, W20, W14, W10, W7, W5, W3.5, W2.5, W1.5, W1, W0.5

表 2-41

硬 度

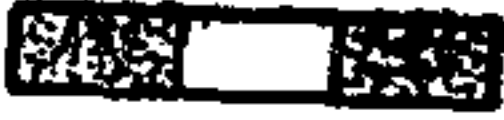
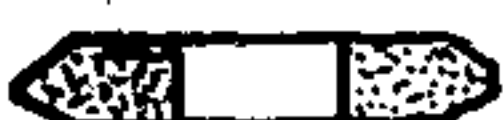
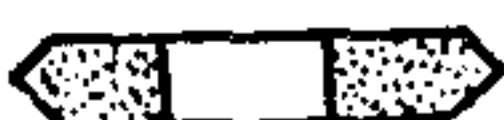



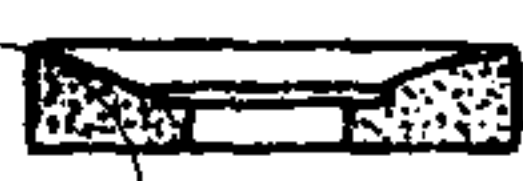
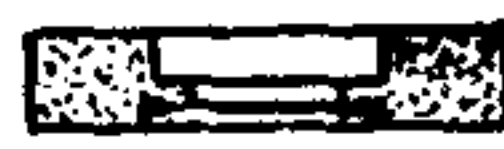


硬度等级	超软	软 ₁	软 ₂	软 ₃	中软 ₁	中软 ₂	中 ₁
代 号	CR	R ₁	R ₂	R ₃	ZR ₁	ZR ₂	Z ₁
硬度等级	中 ₂	中硬 ₁	中硬 ₂	中硬 ₃	硬 ₁	硬 ₂	超硬
代 号	Z ₂	ZY ₁	ZY ₂	ZY ₃	Y ₁	Y ₂	CY



2. 砂轮











表 2-42

砂轮的形状和用途

砂轮种类	断面形状	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



(续)

砂轮种类	断面形状	形状代号	用途举例
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
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



(续)






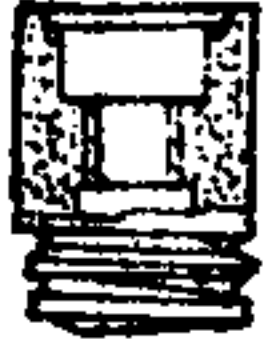
砂轮种类	断面形状	形状代号	用途举例
磨针砂轮		JZ	磨针专用
磨收割机刀片砂轮		JP	磨收割机刀片专用
切矿石砂轮		JK	切矿石专用
磨米一号砂轮		JM ₁	磨米专用
磨米二号砂轮		JM ₂	磨米专用
磨米三号砂轮		JM ₃	磨米专用



表 2-43

砂 轮 的 尺 寸

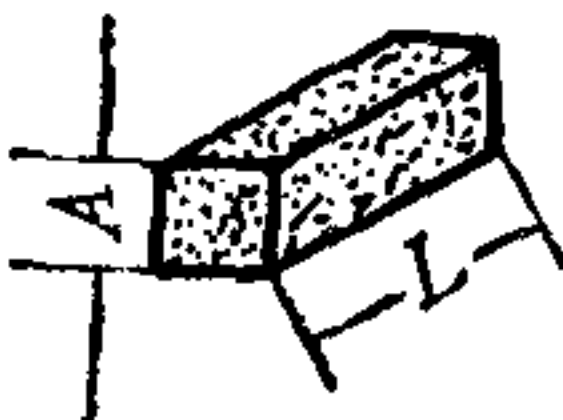
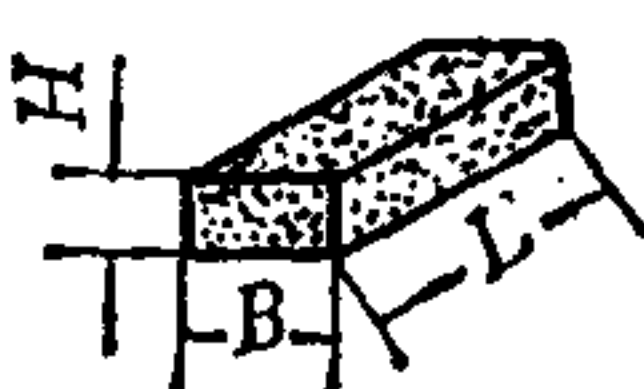

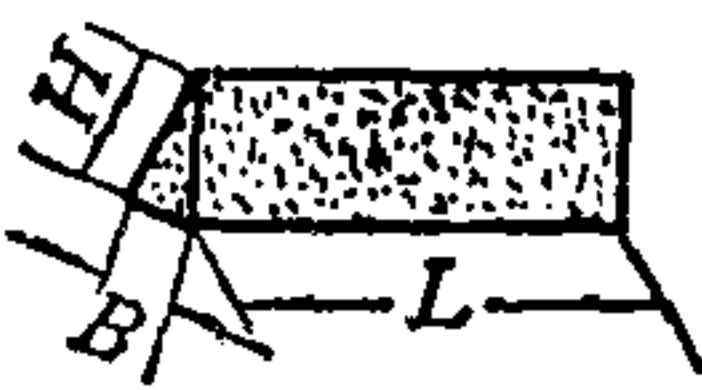
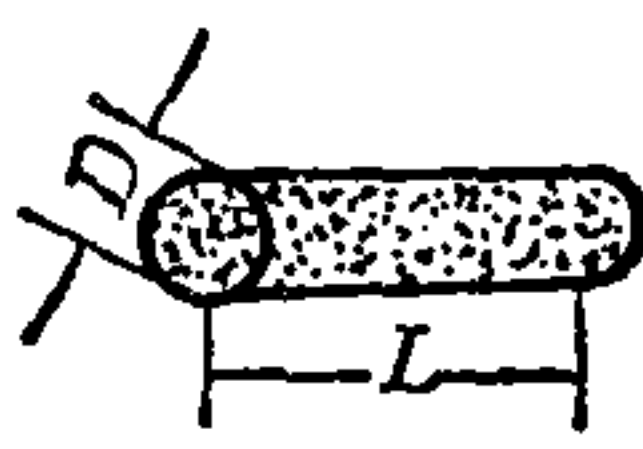

砂轮类型	主要尺寸范围(毫米)		
	外径 D	厚度 H	孔径 d
平形砂轮	3~1100	6~250	1~305
双斜边一号砂轮	125~500	8~25	20~305
双斜边二号砂轮	600	25~40	305
单斜边砂轮	175~300	8~16	32~127
小角度单斜边砂轮	75~300	6~16	13~127
单面凹砂轮	13~600	10~75	4~305
单面凹带锥砂轮	300~350	40~50	127
双面凹砂轮	200~900	50~250	75~305
双面凹带锥砂轮	600~900	75	305
孔槽砂轮	750~1340	16	203
螺丝紧固砂轮	750	40~63	50~350
薄片砂轮	50~400	0.3~5	6~116
筒形砂轮	90~600	75~150	70~480
筒形带槽砂轮	250~300	75	125~200
杯形砂轮	40~250	25~100	13~150
碗形砂轮	50~300	25~150	13~140
碟形一号砂轮	75~500	8~32	13~203
碟形二号砂轮	175	16~20	32
碟形三号砂轮	220~450	17~29	40~127
磨量规砂轮	150~250	10~25	32~75
磨针砂轮	400~450	150~200	100~150
磨收割机刀片砂轮	90	90	20
切矿石砂轮	350~450	7	280~320
磨米一号砂轮	200~330	175~205	100~215
磨米二号砂轮	412	170	225
磨米三号砂轮	140~215	258~280	60



3. 油石(JB1195-71)

表 2-44

油石的种类、规格及用途

油石种类	油石形状	形状 代号	主要尺寸范围 (毫米)	基本用途
正方油石		SF	$A \times L$ $6 \times 100 \sim 40 \times 250$	用于超精加工、 珩磨和各种钳工工作
长方油石		SC	$B \times H \times L$ $11 \times 9 \times 100 \sim$ $50 \times 25 \times 200$	用于珩磨、抛光、 去毛刺和各种钳工工 作
三角油石		SJ	$A \times L$ $6 \times 100 \sim 25 \times 300$	用于珩磨齿面、 修理曲轴和各种钳工 工作
刀形油石		SD	$B \times H \times L$ $10 \times 25 \times 150 \sim$ $20 \times 50 \times 150$	用于各种钳工工 作
圆柱油石		SY	$D \times L$ $6 \times 100 \sim 20 \times 150$	用于珩磨齿面、 研磨球面和各种钳工 工作
半圆油石		SB	$D \times L$ $6 \times 100 \sim 20 \times 200$	用于各种钳工工 作



4. 砂布

砂布又叫铁砂布或金刚砂布，主要用于打磨金属工件表面上的毛刺和微锈，或对表面进行磨光。

表 2-45 砂布的规格（上海产品）

代号 (习惯)	7/0	6/0	5/0	4/0	3/0	2/0	0	1	1½	2	2½	3	3½	4
磨料粒 度号数	W28	W40	280	240	180	150	120	100	80	60	46	36	30	24
尺寸 (毫米)	页状：228×280 卷状：228×50000，684×50000													

注：磨料为刚玉。

5. 砂纸

砂纸有木砂纸、水砂纸和金相砂纸。木砂纸用于磨光竹木器表面，在油漆工程中使用较多；水砂纸用于水中或油中的磨光工作；金相砂纸专供金相试样抛光用。

表 2-46 木砂纸的规格

代号(习惯)	2/0	0	1/2	1	1½	2	2½	3	4
磨料粒度号数	150	120	100	80	60	46	36	30	24
尺寸(毫米)	页状：228×280，卷状：228×50000								

注：磨料为玻璃砂。



表 2-47

水砂纸的规格

代号(习惯) ^m	80	100	120, 150	180	200, 220	240, 260, 300		
磨料粒度号数	70	80	100	120	150	180		
代号(习惯)	320, 360	400	500	600	700	800	900	1000
磨料粒度号数	240	280	W40	W28	W20	W14	W10	W7
尺寸(毫米)	页状: 228 × 280 卷状: 228 × 50000, 684 × 50000							

注: 磨料为刚玉和黑碳化硅。

表 2-48

金相砂纸的规格

代号(习惯)	1	0	01	02	03	04	05	06
磨料粒度号数	280	W40	W28	W20	W14	W10	W7	W5
尺寸(毫米)	228 × 280							

注: 磨料为刚玉和碳化硅。



七、润 滑 剂

1. 润滑油

表 2-49 常用润滑油的主要性能和用途

名 称	代 号	粘 度 (50℃) 厘 斯	闪 点 (开口) ℃ 不 低 于	凝 点 ℃ 不 高 于	用 途	备 注
10号机械油 20号机械油 30号机械油 40号机械油 50号机械油 70号机械油 90号机械油	HJ-10 HJ-20 HJ-30 HJ-40 HJ-50 HJ-70 HJ-90	7~13 17~23 27~33 37~43 47~53 67~73 87~93	165 170 180 190 200 210 220	-15 -15 -10 -10 -10 0 0	广泛地使 用于纺织工业 的纱锭、机械 工业的各种机 床以及其他各 种机械的润滑	GB 443-64
5号高速机械油 7号高速机械油	HJ-5 HJ-7	4.0~5.1 6.0~8.0	110 125	-10 -10	适于纺织 机械锭子及其 他高速低负荷 机械的润滑	GB 486-65
6号汽油机润滑油 10号汽油机润滑油 15号汽油机润滑油	HQ-6 HQ-10 HQ-15	在100℃时6~8 在100℃时10~12 在100℃时14~16	185 200 210	-20 -15 -5	适用于汽 车、拖拉机的 汽化器式发动 机，或用于其 他机械动力设 备的润滑	GB 485-72
仪表油	HY-8	6.3~8.5	120	-60	润滑（包 括低温操作 的）各种仪表 用	GB 487-65
合成锭子油		12~14	163	-45	机械润滑， 冶金工艺用 油	GB 442-64

2. 润滑脂



常用润滑脂的性能和用途

名称	代号	滴点 ≥ (°C)	针入度 25°C, 150克 (1/10毫米)	用途和润滑方法
钙基润滑脂 (GB491-65)	ZG-2 ZG-3 ZG-4 ZG-5	80 85 90 95	265~295 220~250 175~205 130~160	工作温度低于55~60°C的各种工农业、 交通运输机械设备轴承润滑，特别是有水或 潮湿处，有耐水性性能 油杯、手动油站、干油枪等送油设备
钠基润滑脂 (GB492-65)	ZN-2 ZN-3 ZN-4	140 140 150	265~295 220~250 175~205	工作温度在115~145°C的各种机械设备 轴承润滑，不耐水（或潮湿）。其分别适用 的工作温度：ZN-2，低于115°C；ZN-3， 低于135°C；ZN-4，低于145°C
钙钠基润滑脂 (SYB1403-59)	ZGN-2 ZGN-3	120 135	250~290 200~240	在80~100°C、有水或较潮湿环境中 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，不适用于低温工作
石墨钙基润滑脂 (SY1405-65)	ZG-S	80	—	人字齿轮、起重机械、挖掘机的底盘齿 轮、矿山机械、绞车钢丝绳等高压、高 力、低速度的粗糙机械润滑及一般开式齿 轮，能耐潮湿
滚珠轴承脂 (SY1514-65)	ZGN69-2	120	250~290， -40°C时为30	机车、汽车、电机及其他机械的滚动轴 承润滑
2号航空润滑脂 (SY1508-65)	ZL45-2	170	285~315	温度变化范围较大的滚动轴承润滑

表 2-51

膨润土润滑脂的主要性能和用途

代 号	滴点>(°C)	针 入 度 (1/10毫米)	用 途
J-#1	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	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	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	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

3. 二硫化钼润滑剂

表 2-52 二硫化钼油剂的主要性能和用途

代号	成 分		沉降率 25℃, 24小时 ≤(%)	用 途
	MoS ₂ 粉剂 (%)	润滑油 (其余%)		
40-25	25	#40机械油 (HJ-40)	5	用配制时所用的HJ-40机油将其稀释到含MoS ₂ 0.5~1.5%,供切削机床作冷却润滑液;或具有循环润滑系统的齿轮箱、油池、油杯等润滑点润滑
10-20	20	#10汽油机 润滑油 (HQ-10)	5	用配制时所用的HQ-10机油将其稀释到含MoS ₂ 0.5~1.5%,作为汽油发动机及其类似设备的润滑
52-30	30	#52汽缸油 (HG-52)	4	用HG-52汽缸油稀释到含MoS ₂ 3~4%之后,作大型塑料压延机、水泥窑托轮及其高温摩擦部分的润滑剂;也用于重型机械减速机、低速高负荷齿轮箱及过热蒸汽机的润滑
11-20	20	#11汽缸油 (HG-11)	5	用#11汽缸油稀释到含MoS ₂ 0.5~1.5%,作为高速柴油机润滑油
38-30	30	#38汽缸油 (HG-38)	5	用#38汽缸油稀释到含MoS ₂ 3~4%,作为重型机械减速器、中负荷齿轮箱及320℃以下的过热蒸汽机的润滑油
	20	#28轧钢机油 (HJ8-28)	4	用#28轧钢机油稀释到含MoS ₂ 2~3%,作为单机或集中润滑系统润滑油,适用于轧钢机设备润滑

注: 二硫化钼油剂由高粘度润滑油加 MoS₂粉剂调和而成, 经稀释后使用。

表 2-53

二硫化钼润滑脂的主要性能和用途

名称	代号	滴点 ≥ (°C)	针入度 25°C, 工作60次 (1/10毫米)	用途
MoS ₂ 润滑脂	#1	230	260~300	适用于圆周速度15米/秒、温度140°C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，20000转/分电动机等高速机床轴承用于金属和设备表面防护剂
	#2	240	180~220	有耐湿、耐热性能，用于工作温度低于180°C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°C的设备润滑
	#3	220	240~280	适用于40~140°C、15000转/分以下、负荷4000公斤/厘米 ² 以下的各类滚动轴承，如大型电动机、发电机，1250吨压力机飞轮轴，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°C、3000转/分、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0.5毫米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
MoS ₂ 复合钙 基润滑脂	ZFG-1E ZFG-2E ZFG-3E ZFG-4E	180 200 220 240	310~350 260~300 210~250 160~200	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
MoS ₂ 复合铝 基润滑脂	ZFU-1E ZFU-2E ZFU-3E ZFU-4E	180 200 220 240	310~350 260~300 210~250 160~200	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

注：MoS₂润滑脂 #1~#4 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。

第三章 热处理的一般知识

金属热处理是在一定的条件下，通过加热和冷却以及渗入一定量的化学元素，使金属获得较好的机械性能或化学性能的一种工艺方法。

金属零件进行热处理的目的主要是：

- 1) 提高硬度、强度，增加韧性；
- 2) 提高表面的耐磨性和抗腐蚀性；
- 3) 改善金属材料的加工工艺性；
- 4) 消除加工过程中所产生的内应力。

一、热处理名词解释

表 3-1

名 词	解 释	应 用
退 火	退火是将钢件（或钢坯）加热到临界温度 t_c 以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$ 保温一段时间，然后再缓慢地冷下来（一般用炉冷）	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，消除冷轧坯件的冷硬现象和内应力，降低硬度，以便切削
正 火	正火也是将钢件加热到临界温度以上，保温一段时间，然后用空气冷却，冷却速度比退火为快	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	淬火是将钢件加热到临界点以上温度，保温一段时间，然后在水、盐水或油中（个别材料在空气中）急冷下来，使其得到高硬度	用来提高钢的硬度和强度极限。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	回火是将淬硬的钢件加热到临界点以下的温度，保温一段时间，然后在空气中或油中冷却下来	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

(续)

名 词	解 释	应 用
调 质	淬火后高温回火，称为调质	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	是使零件表层有高的硬度和耐磨性而心部却保持原有强度和韧性的一种热处理方法	表面淬火常用来处理齿轮等
渗 碳	渗碳就是把含碳量0.08~0.25%的低碳钢及低合金钢工件放在含碳介质(渗碳剂)中，加热到930℃或更高的温度，保持一定时间，使工件表面含碳量增高到0.8~1.2%的一种化学热处理过程。渗碳层深度为0.4~6毫米，渗碳后经过适当的热处理，工件表层的硬度可达HRC56~65	增加钢件的耐磨性、表面硬度、抗拉强度和疲劳极限；适用于低碳、中碳(<0.40% C)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	向工件表面渗铬，形成一层结合牢固的铬-铁-碳合金层的过程。渗铬层厚度为0.02~0.3毫米	用来提高零件的耐蚀、耐磨、抗氧化和抗疲劳的性能，兼有渗碳和氮化的优点
氮 化 (渗氮)	氮化是把工件放在含氮原子的介质中加热到500~600℃，使工件表面增氮的一种化学热处理过程	用来提高结构钢制件的耐磨性、表面硬度和疲劳极限，提高抗蚀能力
氰 化 (碳氮共渗)	氰化处理是把碳和氮同时渗入工件表面的一种化学热处理过程	增加钢件的表面硬度、耐磨性能和疲劳极限，提高刀具的切削性能和使用寿命
氧化处理 (发黑)	将金属零件放入含苛性钠、硝酸钠溶液中进行处理，使零件表面生成一层很薄的黑色氧化膜的过程，叫氧化处理	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
磷化处理	把金属零件浸入磷酸盐溶液中，使金属表面获得一层磷酸盐薄膜的过程，叫磷化处理	磷化处理不改变金属的机械性能。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

(续)

名 词	解 释	应 用
时 效	人工时效是将工件加热到0~200℃，保温10~20小时或更多的时间，使工件定形； 自然时效是将工件放在空气（露天）或水中，经长时间存放，使其自然定形	用来消除铸件、焊接件及热处理件的內应力，减少变形

注：①不同的钢号临界温度是不相同的。一般为710~750℃，个别合金钢3800℃或900℃。

二、热处理方法的代号(GC423-62)

表 3-2

热处理方法	代号	标 注 举 例
退火	Th	—
正火	Z	—
调质	T	T235-调质至HB220~250
淬火	C	C48-淬火回火HRC45~50
油冷淬火	Y	Y35-油冷淬火回火HRC30~40
高频淬火	G	G52-高频淬火回火HRC50~55
调质高频淬火	T-G	T-G54-调质后高频淬火回火HRC53~58
火焰淬火	H	H54-火焰加热淬火回火HRC52~58
氰化	Q	Q59-氰化淬火回火HRC56~62
氮化	D	D0.3-900-氮化深度至0.3毫米，硬度大于HV850
渗碳淬火	S-C	S0.5-C59-渗碳层深度0.5毫米，淬火后回火HRC56~62
渗碳高频淬火	S-G	S0.8-G59-渗碳层深度0.8毫米，高频淬火回火HRC56~62

三、常用钢材的热处理规范

表 3-3

材料名称	牌号	代号	交货状态	热处理规范			机械性能			
				淬火温度℃	冷却剂	回火温度℃	冷却剂	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	淬火硬度 HRC	
优质碳素结构钢	35	35	≤187	850~830	水或油	600~680	炉或空气	54	38~45	
	40	40	≤217	830~850	水	580~640	炉或空气	58	45~50	
	45	45	≤241	820~850	水或油	600~640	炉或空气	61	48~55	
	50	50	≤241	820~850	水或油	按需要定	空气	64	—	
	55	55	≤255	790~850	水或油	400~650	空气	66	—	
	15Mn	15Mn	≤163	850~900	水或油	450~650	空气	42	—	
	30Mn	30Mn	≤217	850~900	水或油	按需要定	空气	55	—	
	40Mn	40Mn	≤229	820~860	水或油	500~700	—	60	—	
	50Mn	50Mn	≤255	780~840	水或油	300~700	空气	66	—	
	65Mn	65Mn	≤285	780~840	水或油	按需要定	空气	75	—	
	碳素工具钢	碳7高	T7	≤187	800~820	水	140~200	—	—	56~62
		碳7高	T7A	≤187	800~820	水	—	—	—	56~62
		碳8高	T8	≤187	780~800	水	—	—	—	56~62
碳8高		T8A	≤187	780~800	水	140~200	—	—	56~62	
碳10高		T10	≤197	760~780	水	140~250	—	—	56~64	
碳10高		T10A	≤197	760~780	水	140~250	—	—	56~64	
碳11高		T11	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64	
碳11高		T11A	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64	
碳12高		T12	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64	
碳12高		T12A	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64	

(续)

材料名称	牌号	代号	交货状态	热处理规范			机械性能			
				淬火温度℃	冷却剂	回火温度℃	冷却剂	抗拉强度(公斤/毫米 ²)	淬火硬度HRC	
合金结构钢	15铬	15Cr	≤179	880	水或油	200	空气或水	75	—	
	20铬	20Cr	≤179	880	水或油	200	空气或水	85	—	
	30铬	30Cr	≤187	860	油	500	水或油	90	—	
	40铬	40Cr	≤207	850	油	500	水或油	100	—	
	50铬	50Cr	≤229	830	油	520	水或油	110	—	
	30铬锰硅	30CrMnSi	≤229	830	油	520	水或油	110	—	
	15铬钼	15CrMo	≤179	900	空气	650	空气	45	—	
	20铬钼	20CrMo	≤197	880	水或油	500	水或油	90	—	
	30铬钼	30CrMo	≤229	880	水或油	540	水或油	95	—	
	35铬钼	35CrMo	≤229	850	油	550	水或油	100	—	
	20铬钒	20CrV	≤197	880	水或油	200	空气或水	85	—	
	40铬钒	40CrV	≤241	880	油	650	水或油	90	—	
	50铬钒	50CrV	≤255	860	油	500	水或油	130	—	
	弹簧钢	60硅2锰	60Si2Mn	≤302	870	油	460	—	130	—
		60硅2锰高	60Si2MnA	≤302	870	油	460	—	160	—
不锈钢耐酸钢	1铬13	1Cr13	127~187	1000~1050	水	700~790	油、水、空气	60	—	
	2铬13	2Cr13	126~197	1000~1050	油、水	760~770	油、水、空气	66	—	
	3铬13	3Cr13	131~207	1000~1050	油	200~300	—	—	≥48	
	4铬13	4Cr13	143~229	1050~1100	油	200~300	—	—	≥50	
	1铬18镍9钛	1Cr18Ni9Ti	—	1100~1150	水	—	—	55	—	
工具高速钢	钨18铬4钒	W18Cr4V	207~255	1270~1285	油	550~570	油	—	≥62	
	钨9铬4钒2	W9Cr4V2	207~255	1225~1240	油	550~570	油	—	≥62	

四、几类典型零件的热处理

1. 齿轮

齿轮是用来传递动力、改变运动速度或运动方向的重要零件，一般均经过适当的热处理，以提高承载能力和使用寿命。但是热处理进行不会使齿轮性能恶化或精度降低，造成早期损坏或增大噪音。因此，热处理是齿轮制造的重要组成部分。

表 3-4 为钳工经常遇到的机床齿轮的热处理方法。

表 3-4 常见机床齿轮的热处理

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(<1米/秒)、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	HB 200~250
3	中等速度(2~4米/ 秒)、中等载荷、不大 的冲击下工作的高速机 床走刀箱、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
4	中速、中载荷或大 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

(续)

序号	齿轮工作条件	钢种	热处理工艺	硬度要求
5	高速、中等负荷、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(如机床变速箱齿轮、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	33CrMoAl 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	HB<24
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)	HB 255~30

2. 轴

表 3-5

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 周 $<$ 2米/秒, 要求表面有较高的硬度的小轴、心轴, 如机床走刀箱、变速箱的小轴	45、50, 形状复杂的轴用40Cr、42MnVB; 调质, HB228~255, 轴颈处高频淬火, HRC45~50
2	V 周 \geq 3米/秒, 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, 轻或中等负荷, 低速, 精度要求不高, 稍有冲击, 疲劳负荷可忽略的主轴; 轻载, 次要的花键轴	45: 调质, HB225~255 (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、疲劳负荷较大	40Cr: 调质, HB228~255 或 HB248~286, 轴颈表面淬火 HRC \geq 64, 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	38CrAlMoA: 调质, 硬度 HB248~286; 轴颈渗氮, 硬度 HV \geq 900
6	高载荷的花键轴, 要求高强度和耐磨, 变形小	45: 高频加热, 水冷, 低温回火, HRC52~58
7	电动机轴, 主要受扭	35及45; 正火或正火并回火, HB187及HB217
8	水泵轴, 要求有足够的抗扭强度和防腐蚀性	3Cr13 和 4Cr13: 1000~1050 $^{\circ}$ C油淬, 硬度分别为HRC42和HRC48

3. 丝杠

丝杠广泛应用于机床和各种机械的传动机构中。丝杠传动能保证直线运动有较高的精确性和均匀性。为此, 丝杠要具有一定的强度以及较高的耐磨性和精度保持性。

丝杠的材料必须具有足够的机械性能和良好的切削加工性。经过热处理后，应具有较高的硬度和最小的变形。

为了避免弯曲变形，丝杠的热处理通常都在井式炉中进行。丝杠如果变形，必须进行校直（并且，最好是热校直）。但是，经过校直的丝杠，必须进行彻底的消除内应力处理。

经验证明，在丝杠加工和热处理过程中，多次而反复地消除应力，均匀地加热和冷却以及悬挂存放是减少变形的有效方法。

各种丝杠热处理的要点如下：

(1) 一般丝杠：正火（45号钢）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，然后再球化退火，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 2 小时，700~720℃等温 2~3 小时，炉冷到 ≤500℃ 出炉；

淬火：550~600℃ 预热，保温时间按 2 分/毫米计算，830~850℃ 加热，保温时间按 1 分/毫米计算，油淬，冷却到 200℃ 左右热校直；

回火：160~180℃ 保温 4 小时；

时效：120~140℃ 保温 12 小时。

4. 弹簧

弹簧是重要的机械零件，广泛应用于运输机械、动力设备、仪表及其他机器中，起承重、减震、缓冲、测量和控制等作用。

弹簧热处理，一般要求淬透，晶粒细，残余奥氏体少。脱碳层深度每边应符合：$\phi 6$毫米的钢丝或钢板，应 <math>< 1.5\%</math> 直径或厚度；>math>\phi 6</math> 毫米的钢丝或钢板，<math>< 1\%</math> 直径或厚度。

大型弹簧在热状态下加工成型随即淬火-回火；中型弹簧在冷态加工成型（原材料要求球化组织或大部分球化），再淬火-回火；小型弹簧用冷轧钢带、冷拉钢丝等冷态加工成型后，低温回火。

为了强化弹簧表面，热处理后可经喷丸处理。这样，弹簧的疲劳循环次数可提高8~13倍，寿命可提高2~2.5倍以上。

表3-6为几种类型弹簧的热处理。

表 3-6 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	65:785~815℃油淬; 300℃、400℃、500℃、600℃回火，相应的硬度为HB512、HB430、HB340、HB369。75:780~800℃油淬或水淬; 400~420℃回火，HRC42~48
2	在多次交变载荷下工作的直径8~10毫米的卷簧	50CrMnA:840~870℃油淬; 475℃回火，HB387~418
3	中等负荷的大型弹簧	60Si2MnA、65Mn:870℃油淬; 460℃回火，HRC40~45(农机座位弹簧65Mn:淬火，回火，HB280~370)
4	重负荷、高弹性、高疲劳极限的大形板簧和螺旋弹簧	50CrVA、60Si2MnA:860℃油淬，475℃回火，HRC40~45
5	调速阀、安全阀的高负荷弹簧(140~250℃)	65Mn:820℃油淬; 480℃回火油冷，HB302
6	截止阀、制动阀及缓冲器上的低温弹簧	85: ϕ6毫米，880℃以下热盘，250~300℃空冷，HRC36~40; ϕ 6~32毫米，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60分，HB160~200

五、常用钳工工具的热处理

1. 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。

镊子的热处理，主要是通过加热、淬火、回火和冷却等工艺操作，改变材料的内部组织，达到提高刃口硬度的目的。

镊切工作要求镊子刃部有较高的硬度（HRC53~56），而其余部分则需有一定的硬度（HRC30~40）和较好的韧性。在热处理过程中必须很好地掌握。

淬火时，把镊子头部约20毫米长的部分加热到暗樱红色（约760~780℃），然后将刃部浸入常温（30℃左右）的盐水中约4~6毫米，急冷淬火。当镊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刃部温度升高，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，把镊子全部放入水中冷却（俗称得黄火），得到的镊子比较脆；当刃口呈现蓝色时（约270~300℃），把镊子全部放入水中冷却（俗称得蓝火），可得到比较满意的硬度。

镊子出水后，由白色变为黄色，由黄色变为蓝色，时间很短，只有几秒钟，必须很好掌握。为了便于分辨颜色，镊子出水后可用砂布将刃口摩擦光洁。第二次把镊子全部浸入水中的时间对刃口硬度的影响极大：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。

淬火和回火时，根据颜色来判断温度的高低是一件极其重要而且较难控制的事，必须反复实践，才能很好掌握。表3-7和3-8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 3-7 淬火时加热的温度与颜色

焯 火 颜 色	温 度 (℃)
棕色	520~580
黑红	580~650
暗红	650~750
暗樱	750~780
樱	780~800
浅樱	800~830
浅红	830~880
浅黄	880~1050
暗黄	1050~1150
浅白	1150~1250
热	1250~1350

表 3-8

回火温度与颜色

回火颜色	温度(°C)	回火颜色	温度(°C)
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3-9）。

表 3-9

各种冷却剂的冷却性质

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

2. 冲子

冲子又叫穿孔器，用T7、T8号钢制造。

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°C，然后，放到水中冷却。

淬火后在250~320°C的温度下回火20~40分钟。回火后，冲子工作部分硬度应达到HRC52~57。

3. 锤子

锤子用T7、T8号钢制造。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，回火的时间为30~40分钟。回火后的硬度为HRC49~56。

4. 锉刀

锉刀是钳工最常用的一种手工具，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45~60分钟。

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，会因自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≤HRC35。

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。

5. 刮刀

刮刀是一种钳工刮研工具，常用碳素工具钢(T11A、T12A和T13A)

作。

淬火时，将工作端浸入盐浴炉内加热。浸入长度为15~20毫米。加热后在水中冷却。回火温度为120~140℃，回火时间1~2小时。刮刀在热处理后要求达到该种钢所能达到的最高硬度。

6. 螺丝刀

螺丝刀采用碳素工具钢（T7、T8）和优质碳素结构钢（50号和60号）造。工作部分（长约20毫米）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，水中进行冷却。

T7、T8 钢所作螺丝刀的淬火温度是770~800℃，回火温度为320~350℃；50和60号钢所作螺丝刀的淬火温度是820~850℃，回火温度是150~200℃。回火时间为20~30分钟。

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

7. 丝锥

丝锥又叫螺丝攻，是一种用来攻内螺纹的工具。丝锥的切削部分，要有较高的硬度和耐磨性，而心部却要保持韧软（未淬硬状态），以减少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和丝距的误差。

制造丝锥的材料有碳素工具钢（T12A、T10A）合金钢（GCr15、Cr12、9CrWMn）和高速钢。

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

高速钢制的丝锥要经过预热。最后加热在盐浴炉中进行。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，每次一小时。

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1~2小时。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 碳钢和合金钢丝锥 HRC61~63。

丝锥经淬火后，柄部因一起硬化，所以须经退柄处理，使其硬度降到30~45之间。

8. 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、T12）和合金钢（9SiCr、GCr15、9CrWMn）制造。

圆板牙热处理后，它的齿部要求有很高的硬度。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使切削部分无碳和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）——火——清洗——硬度检查——发黑——变形检查。

淬火时，圆板牙加热，最好是在盐浴炉内（淬火温度为855~870℃）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肥皂泡沫。

合金钢制的圆板牙在温度120~200℃的热油中冷却。直径小于6毫米的碳钢制的圆板牙，在油中冷却，而直径大于6毫米的圆板牙，则采用在水中冷却至150~200℃、随后移到油中冷却的办法。回火在油槽或电中进行。回火的温度：9SiCr钢制的圆板牙——200~240℃；其他牌号制的圆板牙——180~220℃。回火的时间为3~4小时。

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

9. 手锯条

手锯条一般为300毫米长的单面齿锯条，装在锯弓上可用来锯割毛坯或工件。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200毫米的半圆，不得折断，变形不得差）。手锯条通常用碳素工具钢（T10、T12）或20号渗碳钢制成。

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45

冲。

手锯条材料如果采用20号钢，可在液体渗碳后直接淬火。渗碳剂配方为：

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，可采用卡具，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<HRA74。变形允差：侧面弯曲<1.2毫米，平面弯曲<1.5毫米。

10. 扳手

扳手采用中碳钢（40、50、40Cr）和渗碳钢（2、3、10和15号钢）制作。

扳手淬火时只淬头部。40和50号钢制的扳手在盐浴炉或连续式加热炉中加热到820~840℃，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0.3~0.5毫米（厚2.5~4毫米的扳手）和0.6~1.0毫米（厚5~8毫米扳手）。

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。回火的时间为30~40分钟。

回火后，扳手工作部分的硬度为HRC 40~50；渗碳钢扳手的硬度为HRC48~54。

第四章 机械制图

一、一般规定 (GB126-74)

1. 图样幅面

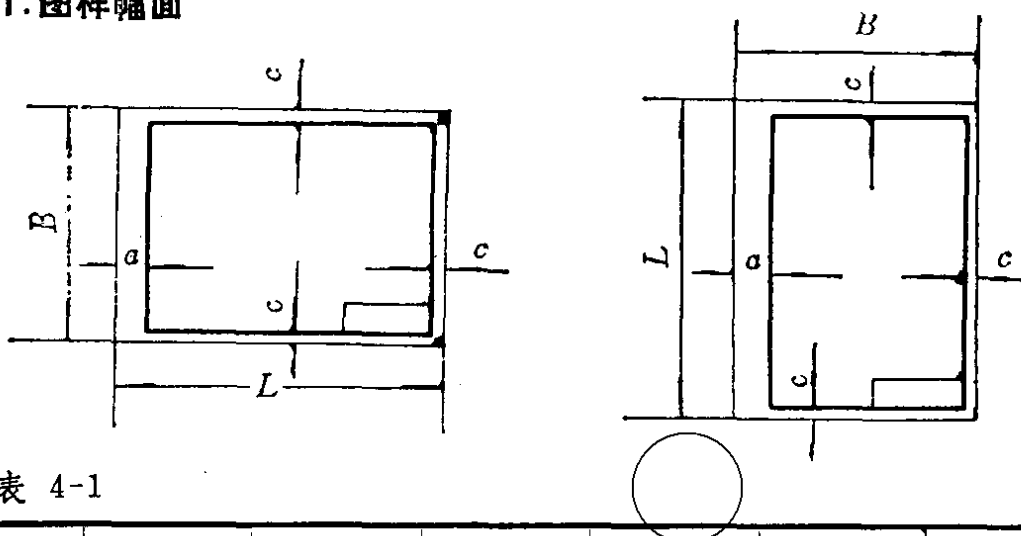


表 4-1

基本幅面代号	0	1	2	3	4	5
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210
c	10	10	10	5	5	5
a	25	25	25	25	25	25

2. 比例









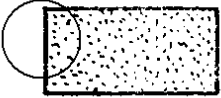

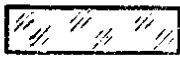




表 4-2

与实物相同	1:1					
缩小的比例	1:2 $1:10^n$	1:2.5 $1:2 \times 10^n$	1:3 $1:2.5 \times 10^n$	1:4 $1:5 \times 10^n$	1:5 $1:5 \times 10^n$	
放大的比例	2:1	2.5:1	4:1	5:1	10:1	$(10 \times n):1$

注：表中 n 为正整数。

3. 剖面符号

表 4-3

金属材料 (已有规定剖面 符号者除外)			胶合板(不分层数)	
线圈、绕组元件			基础周围泥土	
转子、电枢、变压器 和阻流器等的迭钢片			混凝土	
非金属材料 (已有专用剖 面符号者除外)			钢筋混凝土	
型砂、填砂、粉末冶 金、砂轮、陶瓷刀片 及硬质合金刀片等			砖	
玻璃及供观察用 的其他透明材料			格 网 (筛网、过滤网等)	
木 材	纵 剖 面		液 体	
	横 剖 面			

- 注：1. 迭钢片的剖面线方向，应与束装中迭钢片的方向一致；
 2. 由不同剖面符号的材料嵌入或附着在一起的成品，用其中主要材料的剖面符号表示。例如：夹丝玻璃的剖面符号，用玻璃的剖面符号表示；复合钢板的剖面符号，用钢板的剖面符号表示等；
 3. 在零件图中也可以用涂色代替剖面线；
 4. 剖面符号仅表示材料的类别，材料的名称和代号必须另行注明。

二、图样画法 (GB128-74)

1. 视图的配置

将机件向基本投影面投影时, 可得六个基本视图。这些视图在图纸上的配置关系如图 4-1 所示。

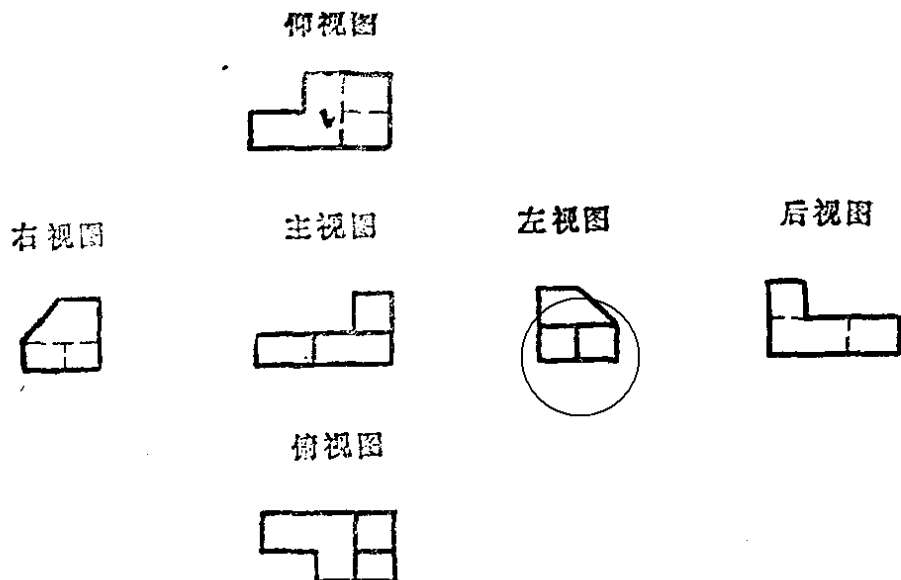


图 4-1

在同一张图纸上按上图规定配置基本视图时, 除在后视图上方需标注“后视”或“×向”外, 其余, 一律不标注视图的名称。

不按规定配置或各视图不画在同一张图纸上时, 则应在视图的上方标出视图的名称。

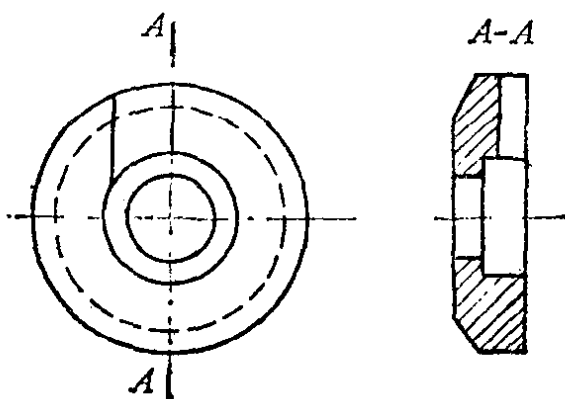


图 4-2

2. 剖视

剖视图 (简称剖视) 是假想用剖切平面剖开机件, 将处在观察者和剖切平面之间的部分移去, 而将其余部分向投影面投影所得的图形。

剖视分为全剖视、半剖视、局部剖视、斜剖视、旋转剖视、阶梯剖视和复合剖视几种。

图 4-2 为全剖视的一个例子。它是用一个剖切平面完全地剖开机件后所得到的视图。

3. 剖面

剖面图（简称剖面）是假想用剖切平面，将机件的某部分切断，仅画出被切表面的图形。

剖面分为移出剖面（图 4-3）和重合剖面（图 4-4）两种。

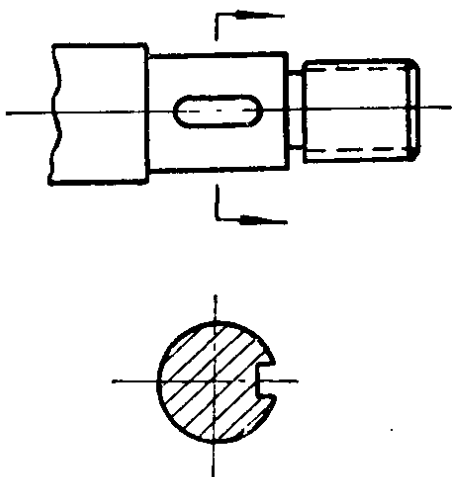


图 4-3

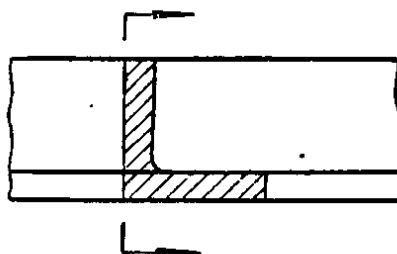


图 4-4

4. 装配图中各组成部分的编号方法

(1) 装配图中各组成部分（零件或组件）需进行编号，其常用形式见图 4-5。

(2) 装配图中相同的组成部分只应有一个序号或代号，一般只标注一次，必要时多处出现的相同组成部分可以重复标注。

(3) 指引线应自所指部分的可见轮廓内引出，并在末端画一圆点。如

在所指部分（很薄的零件或涂黑的剖面）内不宜画圆点时，可在指引线的末端画出箭头并指向该部分的轮廓。

指引线不能相交，当通过有断面线的区域时，指引线尽量不与剖面线平行。

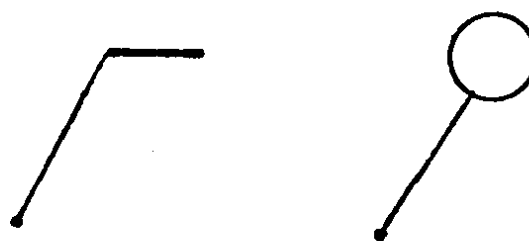


图 4-5

指引线可以画成折线，但只可以曲折一次。一组紧固件以及装配关系清楚的零件组，可以采用公共指引线（图4-6）。

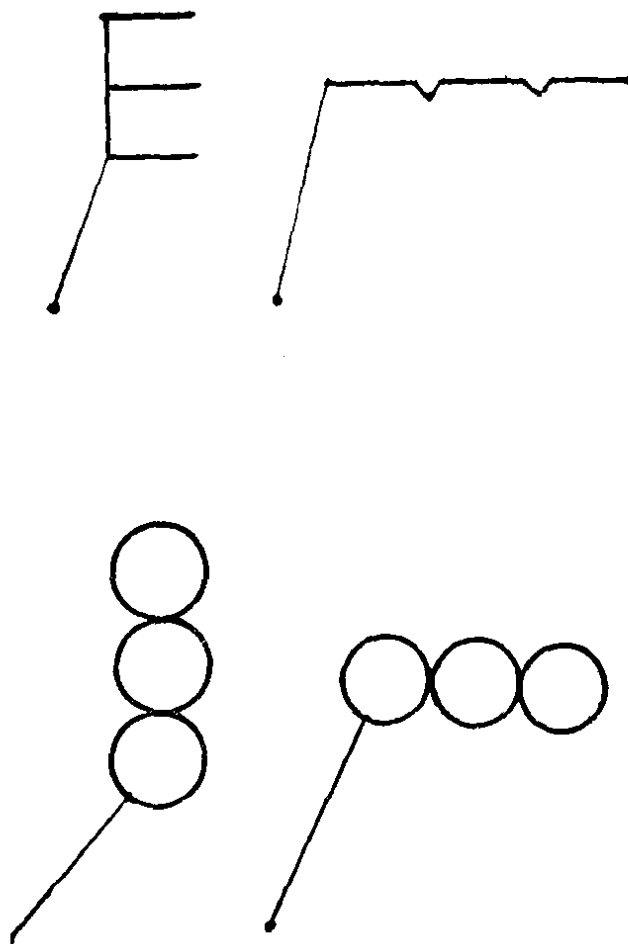


图 4-6

(4) 序号或代号在图样上应按水平或垂直方向排列整齐。


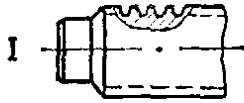
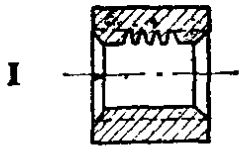


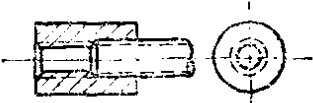
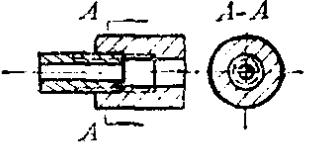
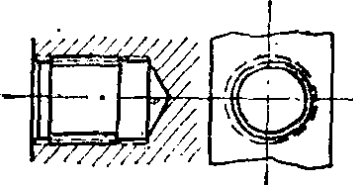
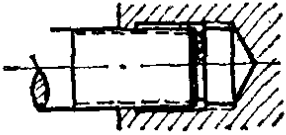
三、常见零件的规定画法(GB133-74)

1. 螺纹的画法

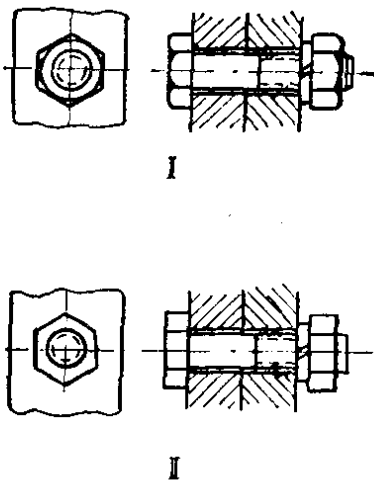
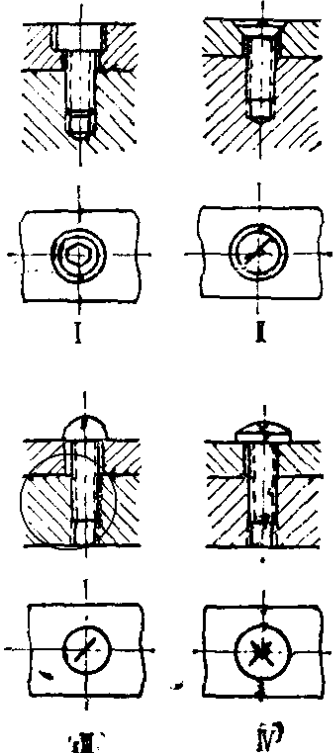
表 4-4

画 法 规 定	画 法 示 例
<p>螺纹界线为粗实线</p> <p>外螺纹内径、内螺纹外径为虚线</p> <p>剖视或剖视图中剖面线都必须画到粗实线</p> <p>绘制不穿通的螺纹孔时，一般应将钻孔深度与螺纹深度分别画出</p> <p>表示螺纹端部倒角的圆可省略不画</p>	
<p>未被剖切的外螺纹，表示内径的虚线在倒角、球面或锥台等部分不必画出</p>	

(续)

画 法 规 定	画 法 示 例
<p>当需要表示螺纹牙型时，可用局部剖视图（图Ⅰ），全部剖视图中画几个牙型（图Ⅱ）和局部放大牙型来表示（图Ⅲ）</p> 	  <p>M5:1</p>  
<p>用剖视图表示螺纹连接时，在内外螺纹结合部分按照外螺纹的画法绘制，其余部分仍按各自的画法表示</p> <p>螺纹孔在装配图中可不画出钻孔深度，仅按螺纹深度画出</p> <p>螺套的装配图如画法示例图所示</p>	   

(续)

画 法 规 定	画 法 示 例
<p>在装配图中，当剖切平面通过螺杆的轴线时，对于螺钉、螺栓、螺母及垫圈一般均按未剖切画出(图 I)，并允许采用简化画法(图 II)</p>	
<p>在装配图中，内六角螺钉(图 I)及螺钉头部的一字槽、十字槽的画法(图 II、III、IV)</p>	

2. 齿轮的画法

齿轮、蜗杆和蜗轮等零件的轮齿部分一般按下列规定绘制：

- (1) 齿顶圆和齿顶线用粗实线；
- (2) 节圆和节线用点划线；
- (3) 齿根圆和齿根线用虚线；
- (4) 如需表明齿形时，可画出几个齿的齿形，或用局部放大图表示；
- (5) 当需要表示轮齿的方向时，可用三条与齿向一致的细实线表示。

图 4-7 为圆柱斜齿轮和人字齿轮的画法。

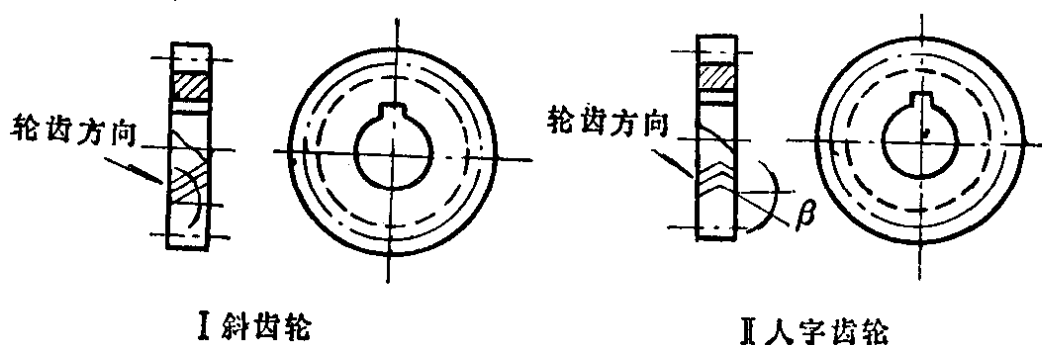


图 4-7

齿轮传动啮合区的画法如下：

下：

(1) 在端视图中，啮合区的齿顶圆均用粗实线绘制，齿根圆与齿根线可省略（如图 4-8）。

(2) 在剖视图中，当剖切平面通过两啮合轮的轴线时，轮齿部分一律按不剖处理，此时，齿根应画成粗实线，并在啮合区内，将其中一个齿轮的齿顶线画成虚线。

图 4-8 为外啮合圆柱齿轮传动的画法。

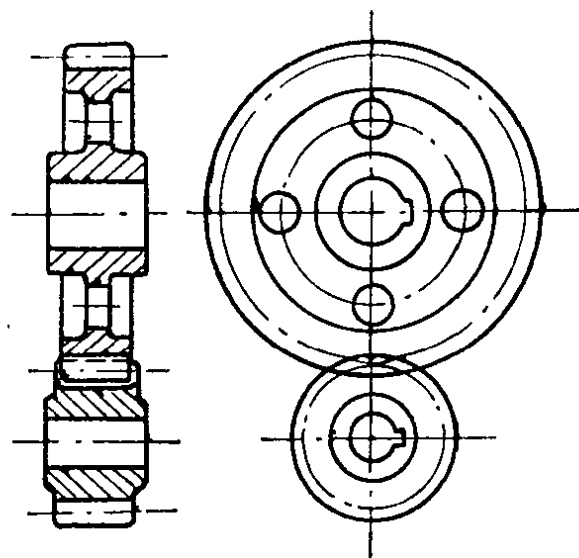
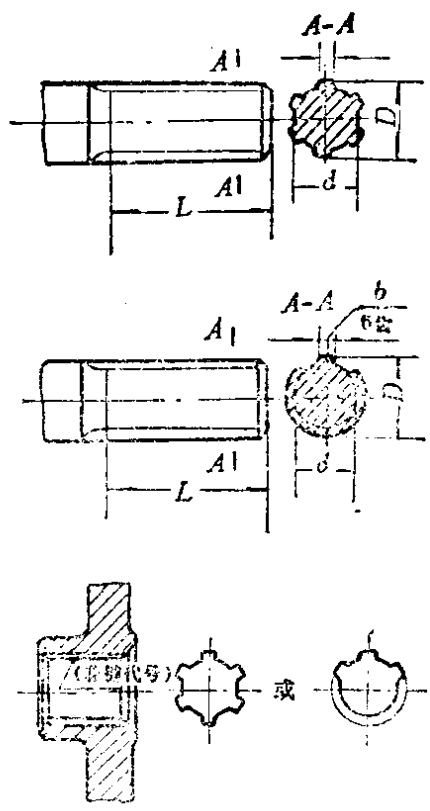
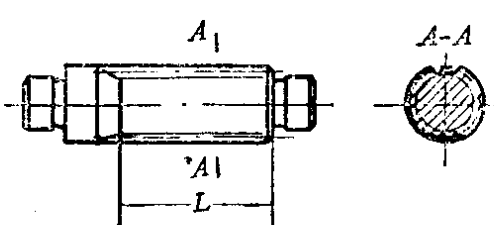


图 4-8

3. 花键及其联接的画法

表 4-5

类别	画法规定	画法示例
一般花键	<p>花键轴：外径用粗实线、内径用细实线绘制</p> <p>花键孔：外径用细实线、内径用粗实线绘制</p> <p>花键的终止线用细实线绘制</p> <p>花键的工作长度（不包括尾部）在图中必须标注；也可以同时注出工作长度及尾部或工作长度及全长</p>	
渐开线花键	<p>渐开线花键、三角花键的节圆用点划线绘制</p>	

(续)

类别	画法规定	画法示例
花键联接	用剖视表示花键联接时, 其联接部分按花键轴的画法	

4. 弹簧的画法

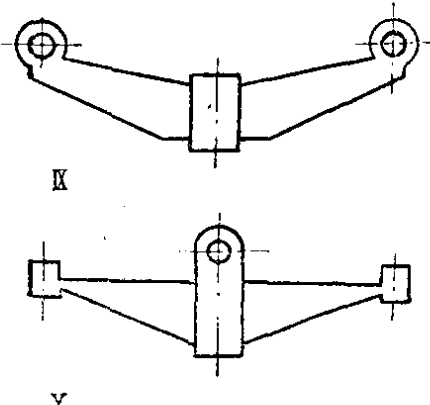
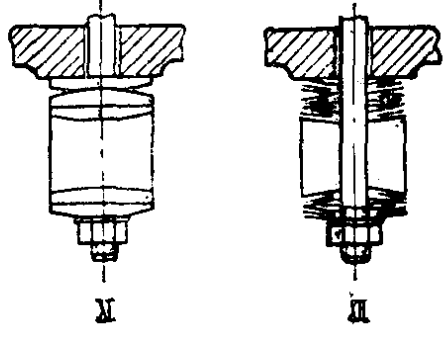
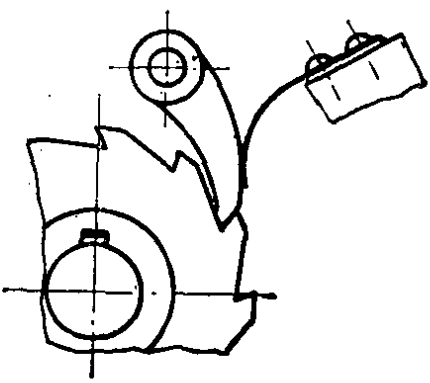
表4-6

	画法规定	画法示例
一般情况	螺旋弹簧在平行于轴线的投影面上的图形, 其各圈的轮廓应画成直线(图 I ~ IV)	

(续)

	画 法 规 定	画 法 示 例
<p>一 般 情 况</p>	<p>右旋螺旋弹簧画成右旋；左旋或旋向不作规定的螺旋弹簧不论画成左旋或右旋，一律要加注“左”字</p> <p>普通圆柱、圆锥螺旋压缩弹簧，如要求两端并紧并磨平时，按图 I、IV 的形式绘制</p> <p>四圈以上的螺旋弹簧，中间各圈可省略。圆柱形螺旋弹簧，当中间部分省略后，可适当地缩短图形长度</p> <p>涡卷弹簧在垂直于轴线的投影面的图形，其省略画法(图 V、VI)</p>	
<p>在 装 配 图 中</p>	<p>螺旋弹簧被剖切时，型材的直径或厚度在图形上小于 2 毫米的剖面可涂黑表示，小于 1 毫米时可采用示意画法</p>	

(续)

	画法规定	画法示例
在 装 配 图 中	板弹簧的外形轮廓的画法按图Ⅸ、Ⅹ	 <p>Ⅸ</p> <p>Ⅹ</p>
	盘形弹簧一般按其外形轮廓画出。四束以上的盘形弹簧，中间省略部分用细实线画出(图Ⅺ)。当扁盘在剖视图中的厚度小于2毫米时按图Ⅻ画出	 <p>Ⅺ</p> <p>Ⅻ</p>
	片弹簧厚度小于2毫米时，无论是否被剖切，均采用比粗实线略粗的线型画出	 <p>Ⅼ</p>

四、图样上尺寸的注法 (GB129-74)

1. 标注尺寸的基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘制的准确度无关。

(2) 图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米为单位时，不需标注其计量单位的代号或名称，如采用其他单位时，则必须注明。

(3) 机件的每一尺寸，一般只标注一次，并应标注在表示该结构最清晰的图形上。

(4) 图样中应避免封闭的尺寸链，必要时允许将次要尺寸加圆括弧作为参考尺寸。

图4-9为标注尺寸的综合示例。

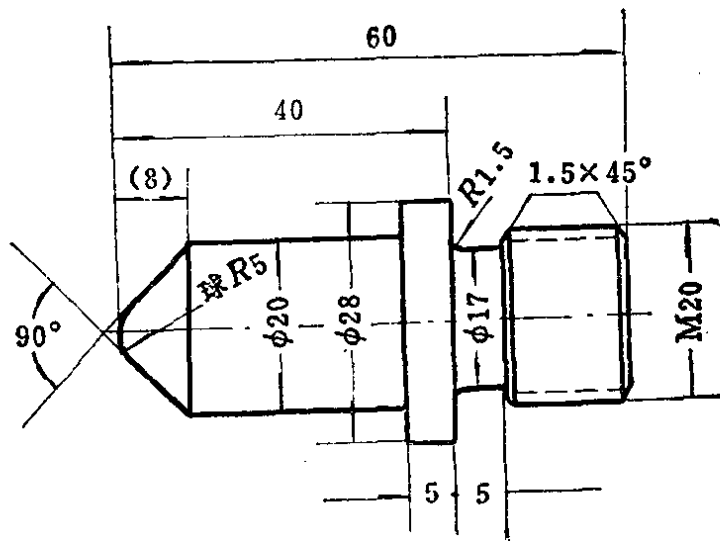


图 4-9

2. 标注尺寸数字的规定

(1) 尺寸数字一般注在尺寸线的上方或中(断处)。当位置不够时，也可引出标注（如图4-9和图4-12）。

(2) 线性尺寸的数字应按图4-10所示的方向填写，并尽量避免在图示 30° 范围内标注尺寸，当无法避免时可按图4-11标注。

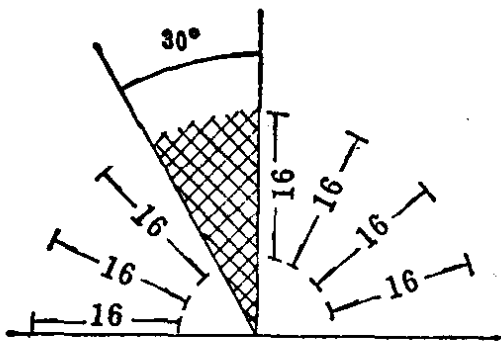


图 4-10

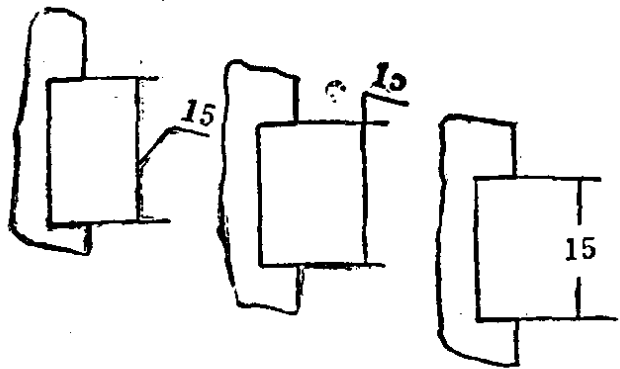


图 4-11

(3) 标注角度尺寸时，数字应水平填写在尺寸线的中断处，必要时允许标注在尺寸线的外面或引出标注（图4-12）。

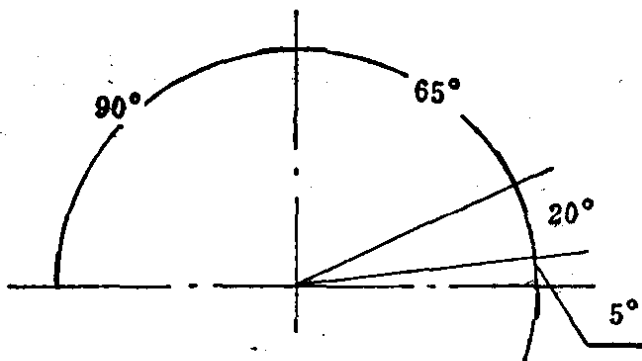


图 4-12

3. 尺寸线的画法

- (1) 尺寸线用细实线绘制，其两端箭头应指到尺寸界线。
- (2) 标注线性尺寸时，尺寸线必须与所标注的线段平行。
- (3) 尺寸线不能用其他图线代替，一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。
- (4) 标注角度时，尺寸线应画成圆弧形，其圆心是该角的顶点。

尺寸线的画法可参阅图4-9。

4. 尺寸界线的画法

- (1) 尺寸界线用细实线绘制，并应自图形的轮廓线、轴线或中心线处引出，也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线（如图4-9）。

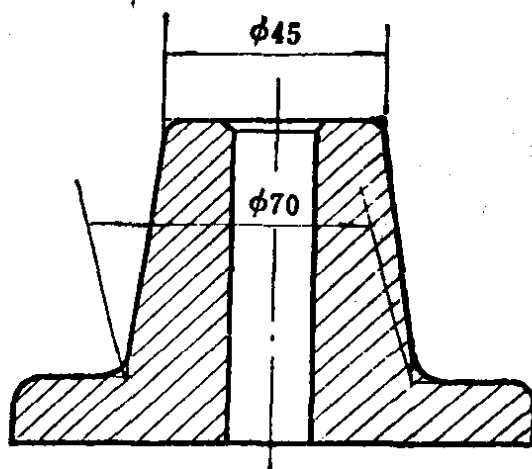


图 4-13

(2) 尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时才允许倾斜（图4-13）。

(3) 在光滑过渡处标注尺寸时，必须用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸界线（如图4-13）。

5. 标注尺寸的符号

(1) 标注半径尺寸时，应在尺寸数字前加注符号“R”；标注直径尺寸时，应在尺寸数字前加注符号“ ϕ ”；标注球面的直径或球面半径尺寸时，应在“R”或“ ϕ ”前再加注“球”字（如图4-9）。

(2) 标注剖面为正方形的结构尺寸时，可在正方形边长尺寸前加注符号“ \square ”或用“ $B \times B$ ”（此处 B 为正方形的边长）注出。如“ $\square 14$ ”和“ 14×14 ”均表示边长为14的正方形剖面。

(3) 标注薄板零件的厚度尺寸时，可采用符号“ δ ”或“厚”字，其标注方法如图4-14。

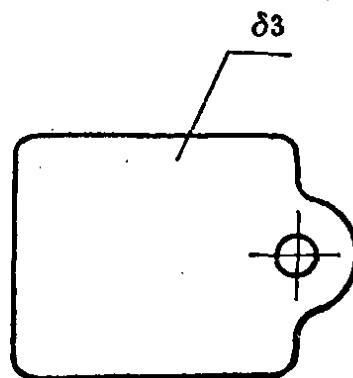
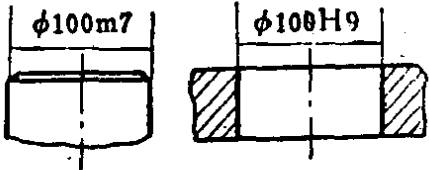
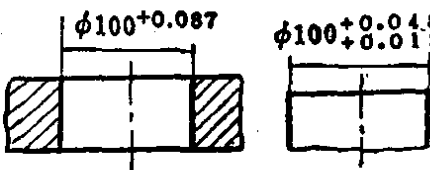
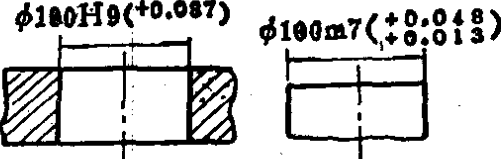
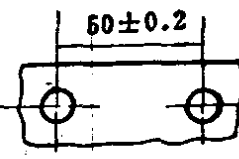
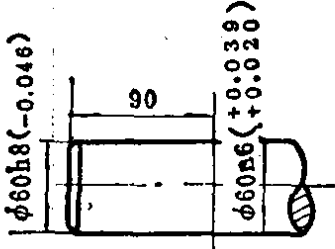
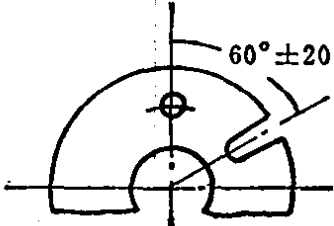
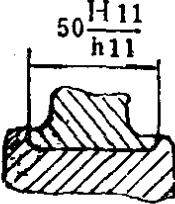
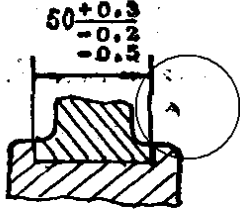


图4-14

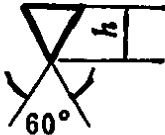
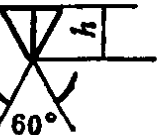
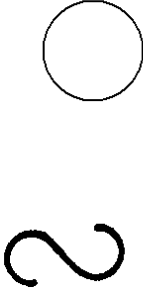
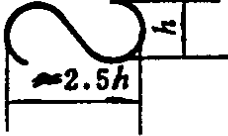

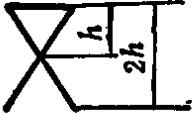
五、图样上尺寸偏差的注法

表 4-7

零件	<p>在基本尺寸后面标注公差带代号</p> 	<p>直接标注偏差数值（当上偏差或下偏差为0时，空其位置不标注）</p> 
件	<p>在基本尺寸后面同时标注公差带代号和数值时，数值注在代号后面并加括号</p> 	<p>当上、下偏差相等时，在基本尺寸后面注±号，写一个数值</p> 
图	<p>当同一表面偏差要求不同时，用细实线分开，并标注尺寸范围</p> 	<p>角度偏差直接注在角度值后面</p> 
装配图	<p>偏差为标准数值时，只标注公差带代号（分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号）</p> 	<p>偏差为非标准数值，须注出偏差数值</p> 

六、表面光洁状况和不镀涂的代号 (GB131-74)

表 4-8

代(符)号	代(符)号用途	符号尺寸
▽1~▽14	零件表面光洁度代号(除木材制品外)	
▽1~▽10	木材制品的表面光洁度代号	
	<p>零件表面不切削加工符号</p> <p>(1) 要求光洁度▽1以下的表面(例如:砂模铸件、自由锻件的表面,气割表面,一般冲剪切表面……)</p> <p>(2) 保持原供应状况及无屑加工的表面,其表面光洁度要求在▽1以上者(例如:型材表面,精铸、精锻表面……)</p> <p>对原供应状况的要求应在技术要求或标题栏的材料项目中写明。在不致引起误解时,符号○可以省略</p>	
	镀涂零件中的不镀涂符号	

注:表中的符号均用细实线绘制,符号及表示级别数字的高度应与尺寸数字高度一致,在图样右上角统一标注的代(符)号,其高度应比尺寸数字大一号。

第五章 公差配合与表面光洁度


我国1979年颁布的“公差与配合”国家标准（GB 1800~1804-79，简称新国标）采用了国际公差制（ISO极限与配合制度），用以代替1959年颁布的“公差与配合”国家标准（GB 159~174-59，简称旧国标）。

一种新公差制度的实施，需要一个过程；旧公差制度也不可能一下子被废除。在过渡时期内，新旧公差标准将同时并存。

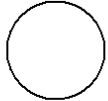
对于一个钳工来说，既要制造、装配新机器，又要修理旧设备，新旧公差标准都会遇到。因此，本章以新国标为主，适当编入了旧国标的常用资料，介绍了“公差与配合”的一些基本概念，并且还介绍了形位公差和表面光洁度的有关知识及常用资料。

一、有关“公差与配合”的名词解释

表 5-1

序号	名 词	解 释	举 例 与 说 明
1	尺 寸	用特定单位表示物体大小的数字	如某一根轴的直径为50毫米、长300毫米，“50和300（毫米）”就是这根轴的尺寸
2	基本尺寸 （名义尺寸、公称尺寸）	 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50毫米，“50毫米”就是设计规定的基本尺寸
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49.995毫米，这尺寸就是该轴的实际尺寸

(续)

序号	名词	解 释	举 例 与 说 明
4	偏 差 (尺寸 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 $=49.995 - 50 = -0.005$ (毫米)
5	最大极 限尺寸	允许尺寸变化的最大极限 值 	如图纸规定: 轴径为 50 ± 0.008 毫米, 相配合的孔径为 $50^{+0.027}$ 毫米。则可得: 轴的最大极限尺寸 $=50 + 0.008 = 50.008$ (毫米); 孔的最大极限尺寸 $=50 + 0.027 = 50.027$ (毫米)
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 $=50 - 0.008 = 49.992$ (毫米); 孔的最小极限尺寸 $=50 - 0.000 = 50.000$ (毫米)
7	极限尺寸	允许尺寸变化的极限值	上例中, 50.008 和 49.992 (毫米) 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 $=50.008 - 50 = 0.008$ (毫米); 孔的上偏差 $=50.027 - 50 = 0.027$ (毫米)
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 $=49.992 - 50 = -0.008$ (毫米); 孔的下偏差 $=50.000 - 50 = 0.000$ (毫米)

(续)

序号	名词	解 释	举 例 与 说 明
10	公差 (尺寸公差)	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 (毫米)； 孔的公差 = $50.027 - 50.000$ = 0.027 (毫米) 根据尺寸偏差也可算得： 轴的公差 = $0.008 - (-0.008)$ = 0.016 (毫米)； 孔的公差 = $0.027 - 0.000$ = 0.027 (毫米)
11	间隙 (公差、旷量)	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	轴在孔内转动，孔径需大于轴径，这时要有间隙
12	过盈 (公盈、涨量)	孔的尺寸减去相配合轴的尺寸所得的代数差。此差为负时是过盈	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
13	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 = $50 - 50.008 = -0.008$ (毫米)。所得差值为负，是过盈
14	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 (毫米)

(续)

序号	名词	解释	举例与说明
5	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 $= 50.027 - 49.992 = +0.035$ (毫米)。所得差值为正, 是间隙
6	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 $= 50 - 50.008 = -0.008$ (毫米)
7	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, 过渡配合
8	间隙配合	具有间隙的配合。即孔的实际尺寸大于轴的实际尺寸时的配合	如当孔的实际尺寸为50.002毫米、轴的实际尺寸为49.995毫米时, 二者的配合即为间隙配合
9	过盈配合	具有过盈的配合。即轴的实际尺寸大于孔的实际尺寸时的配合	如当孔的实际尺寸为50.002毫米、轴的实际尺寸为50.006毫米时, 二者的配合即为过盈配合
0	过渡配合	可能具有间隙, 或过盈的配合。这时, 孔的实际尺寸可能大于、也可能小于轴的实际尺寸	如18、19之例

(续)

序号	名词	解 释	举 例 与 说 明
21	配合公差	<p>允许间隙或过盈的变动量。</p> <p>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。</p> <p>配合公差也等于相互配合的孔公差与轴公差之和</p>	<p>以前面所举为例，根据孔和轴的公差，可得：</p> $\text{配合公差} = 0.027 + 0.016$ $= 0.043 \text{ (毫米)}$
22	基孔制	孔的极限尺寸不变，改变轴的极限尺寸来得到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
23	基轴制	轴的极限尺寸不变，改变孔的极限尺寸来得到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

二、“公差与配合”国家标准

1. 新的“公差与配合”国家标准(GB1800-79~GB1804-79)

“公差与配合”的新国标，采用了国际公差制，用以代替旧国标。

新国标规定的公差等级为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IT1、IT8分别表示公差等级为1级和8级的标准公差。

基本偏差代号用拉丁字母(一个或两个)表示，大写字母表示孔的，如A、B、C等；小写字母表示轴的，如a、b、c等。

公差带代号由基本偏差与公差等级的代号组成，如H8、h12等。注有公差的尺寸用基本尺寸与公差带代号表示，如50H8、50H12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45H8/g7。

(1) 标准公差 (GB1800-79)

表 5-2

基本尺寸 (毫米)		公 差								
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
大于	至	微 米								
—	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1毫米时，无IT14至IT18。

等				级						
IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
				毫 米						
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500毫米轴的极限偏差 (GB1801-79)

表 5-3

(微米)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		a					b				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13
—	3	-270	-370	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140
		-295	-310	-330	-370	-410	-165	-180	-200	-240	-280
3	6	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140
		-300	-318	-345	-390	-450	-170	-188	-215	-260	-320
6	10	-280	-280	-280	-280	-280	-150	-150	-150	-150	-150
		-316	-338	-370	-430	-500	-186	-208	-240	-300	-370
10	14	-290	-290	-290	-290	-290	-150	-150	-150	-150	-150
		-333	-360	-400	-470	-560	-193	-220	-260	-330	-420
14	18										
18	24	-300	-300	-300	-300	-300	-160	-160	-160	-160	-160
		-352	-384	-430	-510	-630	-212	-244	-290	-370	-490
24	30										
30	40	-310	-310	-310	-310	-310	-170	-170	-170	-170	-170
		-372	-410	-470	-560	-700	-232	-270	-330	-420	-560
40	50	-320	-320	-320	-320	-320	-180	-180	-180	-180	-180
		-382	-420	-480	-570	-710	-242	-280	-340	-430	-570
50	65	-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190
		-414	-460	-530	-640	-800	-264	-310	-380	-490	-650
65	80	-360	-360	-360	-360	-360	-200	-200	-200	-200	-200
		-434	-480	-550	-660	-820	-274	-320	-390	-500	-660
80	100	-380	-380	-380	-380	-380	-220	-220	-220	-220	-220
		-467	-520	-600	-730	-920	-307	-360	-440	-570	-760
100	120	-410	-410	-410	-410	-410	-240	-240	-240	-240	-240
		-497	-550	-630	-760	-950	-327	-380	-460	-590	-780

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		a					b				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13
120	140	-460 -560	-460 -620	-460 -710	-460 -860	-460 -1090	-260 -360	-260 -420	-260 -510	-260 -660	-260 -890
140	160	-520 -620	-520 -680	-520 -770	-520 -920	-520 -1150	-280 -380	-280 -440	-280 -530	-280 -680	-280 -910
160	180	-580 -680	-580 -740	-580 -830	-580 -980	-580 -1210	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -710	-310 -940
180	200	-660 -775	-660 -845	-660 -950	-660 -1120	-660 -1380	-340 -455	-340 -525	-340 -630	-340 -800	-340 -1060
200	225	-740 -855	-740 -925	-740 -1030	-740 -1200	-740 -1460	-380 -495	-380 -565	-380 -670	-380 -840	-380 -1100
225	250	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110	-820 -1280	-820 -1540	-420 -535	-420 -605	-420 -710	-420 -880	-420 -1140
250	280	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240	-920 -1440	-920 -1730	-480 -610	-480 -690	-480 -800	-480 -1000	-480 -1290
280	315	-1050 -1180	-1050 -1260	-1050 -1370	-1050 -1570	-1050 -1860	-540 -670	-540 -750	-540 -860	-540 -1060	-540 -1350
315	355	-1200 -1340	-1200 -1430	-1200 -1560	-1200 -1770	-1200 -2090	-600 -740	-600 -830	-600 -960	-600 -1170	-600 -1490
355	400	-1350 -1490	-1350 -1580	-1350 -1710	-1350 -1920	-1350 -2240	-680 -820	-680 -910	-680 -1040	-680 -1250	-680 -1570
400	450	-1500 -1655	-1500 -1750	-1500 -1900	-1500 -2130	-1500 -2470	-760 -915	-760 -1010	-760 -1160	-760 -1390	-760 -1730
450	500	-1650 -1805	-1650 -1900	-1650 -2050	-1650 -2280	-1650 -2620	-840 -995	-840 -1090	-840 -1240	-840 -1470	-840 -1810

注：基本尺寸<1毫米时，各级的a和b均不采用。

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带										
		c						d				
大于	至	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11
—	3	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-20	-20	-20	-20	-20
		-74	-85	-100	-120	-160	-200	-30	-34	-45	-60	-80
3	6	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-30	-30	-30	-30	-30
		-88	-100	-118	-145	-190	-250	-42	-48	-60	-78	-105
6	10	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-40	-40	-40	-40	-40
		-102	-116	-138	-170	-230	-300	-55	-62	-76	-98	-130
10	14	-95	-95	-95	-95	-95	-95	-50	-50	-50	-50	-50
		-122	-138	-165	-205	-275	-365	-68	-77	-93	-120	-160
14	18											
18	24	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-65	-65	-65	-65	-65
		-143	-162	-194	-240	-320	-440	-86	-98	-117	-149	-195
24	30											
30	40	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-80	-80	-80	-80	-80
		-159	-182	-220	-280	-370	-510	-105	-119	-142	-180	-240
40	50	-130	-130	-130	-130	-130	-130					
		-169	-192	-230	-290	-380	-520					
50	65	-140	-140	-140	-140	-140	-140	-100	-100	-100	-100	-100
		-186	-214	-260	-330	-440	-600	-130	-146	-174	-220	-290
65	80	-150	-150	-150	-150	-150	-150					
		-196	-224	-270	-340	-450	-610					
80	100	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-120	-120	-120	-120	-120
		-224	-257	-310	-390	-520	-710	-155	-174	-207	-260	-340
100	120	-180	-180	-180	-180	-180	-180					
		-234	-267	-320	-400	-530	-720					

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带										
		c						d				
大于	至	8	9	10	11	12	13	7	8	9	10	11
120	140	-200 -263	-200 -300	-200 -360	-200 -450	-200 -600	-200 -830					
140	160	-210 -270	-210 -310	-210 -370	-210 -460	-210 -610	-210 -840	-145 -185	-145 -280	-145 -245	-145 -305	-14 -39
160	180	-230 -293	-230 -330	-230 -390	-230 -480	-230 -630	-230 -860					
180	200	-240 -312	-240 -355	-240 -425	-240 -530	-240 -700	-240 -960					
200	225	-260 -332	-260 -375	-260 -445	-260 -550	-260 -720	-260 -980	-170 -216	-170 -242	-170 -285	-170 -355	-17 -46
225	250	-280 -352	-280 -395	-280 -465	-280 -570	-280 -740	-280 -1000					
250	280	-300 -381	-300 -430	-300 -510	-300 -620	-300 -820	-300 -1110	-190 -242	-190 -271	-190 -320	-190 -400	-19 -51
280	315	-330 -411	-330 -460	-330 -540	-330 -650	-330 -850	-330 -1140					
315	355	-360 -449	-360 -500	-360 -590	-360 -720	-360 -930	-360 -1250	-210 -267	-210 -299	-210 -350	-210 -440	-21 -57
355	400	-400 -489	-400 -540	-400 -630	-400 -760	-400 -970	-400 -1290					
400	450	-440 -537	-440 -595	-440 -690	-440 -840	-440 -1070	-440 -1410	-230 -293	-230 -327	-230 -385	-230 -480	-23 -63
450	500	-480 -577	-480 -635	-480 -730	-480 -880	-480 -1110	-480 -1450					

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		e					f				
大于	至	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9
—	3	-14	-14	-14	-14	-14	-6	-6	-6	-6	-6
		-20	-24	-28	-39	-54	-10	-12	-16	-20	-31
3	6	-20	-20	-20	-20	-20	-10	-10	-10	-10	-10
		-28	-32	-38	-50	-68	-15	-18	-22	-28	-40
6	10	-25	-25	-25	-25	-25	-13	-13	-13	-13	-13
		-34	-40	-47	-61	-83	-19	-22	-28	-35	-49
10	14	-32	-32	-32	-32	-32	-16	-16	-16	-16	-16
		-43	-50	-59	-75	-102	-24	-27	-34	-43	-59
14	18										
18	24	-40	-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-20	-20
		-53	-61	-73	-92	-124	-29	-33	-41	-53	-72
24	30										
30	40	-50	-50	-50	-50	-50	-25	-25	-25	-25	-25
		-66	-75	-89	-112	-150	-36	-41	-50	-64	-87
40	50										
50	65	-60	-60	-60	-60	-60	-30	-30	-30	-30	-30
		-79	-90	-106	-134	-180	-43	-49	-60	-76	-104
65	80										
80	100	-72	-72	-72	-72	-72	-36	-36	-36	-36	-36
		-94	-107	-126	-159	-212	-51	-58	-71	-90	-123
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		e					f				
大于	至	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9
120	140				-85	-85					
		-85	-85	-85	-85	-85	-43	-43	-43	-43	-43
140	160										
		-110	-125	-148	-185	-245	-61	-68	-83	-106	-145
160	180										
180	200										
		-100	-100	-100	-100	-100	-50	-50	-50	-50	-50
200	225										
		-129	-146	-172	-215	-285	-70	-79	-96	-122	-165
225	250										
250	280										
		-110	-110	-110	-110	-110	-56	-56	-56	-56	-56
280	315										
		-142	-162	-191	-240	-320	-79	-88	-108	-137	-186
315	355										
		-125	-125	-125	-125	-125	-62	-62	-62	-62	-62
355	400										
		-161	-182	-214	-265	-355	-87	-98	-119	-151	-202
400	450										
		-135	-135	-135	-135	-135	-68	-68	-68	-68	-68
450	500										
		-175	-198	-232	-290	-385	-95	-108	-131	-165	-222

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带										
		g					h					
大于	至	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
—	3	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0
		-5	-6	-8	-12	-16	-0.8	-1.2	-2	-3	-4	-6
3	6	-4	-4	-4	-4	-4	0	0	0	0	0	0
		-8	-9	-12	-16	-22	-1	-1.5	-2.5	-4	-5	-8
6	10	-5	-5	-5	-5	-5	0	0	0	0	0	0
		-9	-11	-14	-20	-27	-1	-1.5	-2.5	-4	-6	-9
10	14	-6	-6	-6	-6	-6	0	0	0	0	0	0
		-11	-14	-17	-24	-33	-1.2	-2	-3	-5	-8	-11
14	18	-7	-7	-7	-7	-7	0	0	0	0	0	0
		-13	-16	-20	-28	-40	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	-13
18	24	-7	-7	-7	-7	-7	0	0	0	0	0	0
		-13	-16	-20	-28	-40	-1.5	-2.5	-4	-6	-9	-13
24	30	-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0
		-16	-20	-25	-34	-48	-1.5	-2.5	-4	-7	-11	-16
30	40	-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0
		-16	-20	-25	-34	-48	-1.5	-2.5	-4	-7	-11	-16
40	50	-9	-9	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0
		-16	-20	-25	-34	-48	-1.5	-2.5	-4	-7	-11	-16
50	65	-10	-10	-10	-10	-10	0	0	0	0	0	0
		-18	-23	-29	-40	-56	-2	-3	-5	-8	-13	-19
65	80	-10	-10	-10	-10	-10	0	0	0	0	0	0
		-18	-23	-29	-40	-56	-2	-3	-5	-8	-13	-19
80	100	-12	-12	-12	-12	-12	0	0	0	0	0	0
		-22	-27	-34	-47	-66	-2.5	-4	-6	-10	-15	-22
100	120	-12	-12	-12	-12	-12	0	0	0	0	0	0
		-22	-27	-34	-47	-66	-2.5	-4	-6	-10	-15	-22

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带										
		g					h					
大于	至	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
120	140											
		14	-14	-14	-14	-14	0	0	0	0	0	0
140	160	-26	-32	-39	-54	-77	-3.5	-5	-8	-12	-18	-25
160	180											
180	200											
		-15	-15	-15	-15	-15	0	0	0	0	0	0
200	225	-29	-35	-44	-61	-87	-4.5	-7	-10	-14	-20	-29
225	250											
250	280											
		-17	-17	-17	-17	-17	0	0	0	0	0	0
		-33	-40	-49	-69	-98	-6	-8	-12	-16	-23	-32
280	315											
315	355											
		-18	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	0
		-36	-43	-54	-75	-107	-7	-9	-13	-18	-25	-36
355	400											
400	450											
		-20	-20	-20	-20	-20	0	0	0	0	0	0
		-40	-47	-60	-83	-117	-8	-10	-15	-20	-27	-40
450	500											

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带						
		h						
大于	至	7	8	9	10	11	12	13
—	3	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140
3	6	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180
6	10	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220
10	14	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270
14	18							
18	24	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330
24	30							
30	40	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390
40	50							
50	65	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0 -450
65	80							
80	100	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	0 -540
100	120							

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带						
		h						
大于	至	7	8	9	10	11	12	13
120	140	0	0	0	0	0	0	0
140	160	-40	-63	-100	-160	-250	-400	-630
160	180							
180	200	0	0	0	0	0	0	0
200	225	-46	-72	-115	-185	-290	-460	-720
225	250							
250	280	0	0	0	0	0	0	0
280	315	-52	-81	-130	-210	-320	-520	-810
315	355	0	0	0	0	0	0	0
355	400	-57	-89	-140	-230	-360	-570	-890
400	450	0	0	0	0	0	0	0
450	500	-63	-97	-155	-250	-400	-630	-970

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带					
		j			js		
大于	至	5	6	7	1	2	3
—	3	—	+4 -2	+6 -4	±0.4	±0.6	±1
3	6	+3 -2	+6 -2	+8 -4	±0.5	±0.75	±1.25
6	10	+4 -2	+7 -2	+10 -5	±0.5	±0.75	±1.25
10	14	+5 -3	+8 -3	+12 -6	±0.6	±1	±1.5
14	18						
18	24	+5 -4	+9 -4	+13 -8	±0.75	±1.25	±2
24	30						
30	40	+6 -5	+11 -5	+15 -10	±0.75	±1.25	±2
40	50						
50	65	+6 -7	+12 -7	+18 -12	±1	±1.5	±2.5
65	80						
80	100	+6 -9	+13 -9	+20 -15	±1.25	±2	±3
100	120						

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带					
		j			js		
大于	至	5	6	7	1	2	3
120	140						
		+7	+14	+22			
140	180	-11	-11	-18	±1.75	±2.5	±4
160	180						
180	200						
		+7	+16	+25			
200	225	-13	-13	-21	±2.25	±3.5	±5
225	250						
250	280	+7	—	—	±3	±4	±6
		-16					
280	315						
		+7	—	+29			
315	355	-18		-28	±3.5	±4.5	±6.5
355	400						
400	450	+7	—	+31			
		-20		-32	±4	±5	±7.5
450	500						

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		js									
大于	至	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
—	3	±1.5	±2	±3	±5	±7	±12	±20	±30	±50	±70
3	6	±2	±2.5	±4	±6	±9	±15	±24	±37	±60	±90
6	10	±2	±3	±4.5	±7	±11	±18	±29	±45	±75	±110
10	14	±2.5	±4	±5.5	±9	±13	±21	±35	±55	±90	±135
14	18										
18	24	±3	±4.5	±6.5	±10	±16	±26	±42	±65	±105	±165
24	30										
30	40	±3.5	±5.5	±8	±12	±19	±31	±50	±80	±125	±195
40	50										
50	65	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230
65	80										
80	100	±5	±7.5	±11	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		js									
大于	至	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
120	140										
140	160	±6	±9	+12.5	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315
160	180										
180	200										
200	225	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360
225	250										
250	280	±8	±11.5	±16	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405
280	315										
315	355	±9	±12.5	±18	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445
355	400										
400	450	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±485
450	500										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		k					m				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2
3	6	+5 +1	+6 +1	+9 +1	+13 +1	+18 0	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4
6	10	+5 +1	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+22 0	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6
10	14	+6 +1	+9 +1	+12 +1	+19 +1	+27 0	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7
14	18										
18	24	+8 +2	+11 +2	+15 +2	+23 +2	+33 0	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8
24	30										
30	40	+9 +2	+13 +2	+18 +2	+27 +2	+39 0	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9
40	50										
50	65	+10 +2	+15 +2	+21 +2	+32 +2	+46 0	+19 +11	+24 +11	+30 +11	+41 +11	+57 +11
65	80										
80	100	+13 +3	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+54 0	+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13	+67 +13
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		k					m				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
120	140	+15	+21	+28	+43	+63	+27	+33	+40	+55	+78
140	160	+3	+3	+3	+3	+0	+15	+15	+15	+15	+15
160	180										
180	200	+18	+24	+33	+50	+72	+31	+37	+46	+63	+89
200	225	+4	+4	+4	+4	0	+17	+17	+17	+17	+17
225	250										
250	280	+20	+27	+36	+56	+81	+36	+43	+52	+72	+101
280	315	+4	+4	+4	+4	0	+20	+20	+20	+20	+20
315	355	+22	+29	+40	+61	+89	+39	+46	+57	+78	+110
355	400	+4	+4	+4	+4	0	+21	+21	+21	+21	+21
400	450	+25	+32	+45	+68	+97	+43	+50	+63	+86	+120
450	500	+5	+5	+5	+5	0	+23	+23	+23	+23	+23

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		n					p				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+9 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6
3	6	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8	+16 +12	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+30 +12
6	10	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+37 +15
10	14	+17	+20	+23	+30	+39	+23	+26	+29	+36	+45
14	18	+12	+12	+12	+12	+12	+18	+18	+18	+18	+18
18	24	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15	+28 +22	+31 +22	+35 +22	+43 +22	+55 +22
24	30										
30	40	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17	+33 +26	+37 +26	+42 +26	+51 +26	+65 +26
40	50										
50	65	+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20	+66 +20	+40 +32	+45 +32	+51 +32	+62 +32	+78 +32
65	80										
80	100	+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23	+77 +23	+47 +37	+52 +37	+59 +37	+72 +37	+91 +37
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		n					p				
大于 至		4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
120	140										
140	160	+39	+45	+52	+67	+90	+55	+61	+68	+83	+103
160	180	+27	+27	+27	+27	+27	+43	+43	+43	+43	+43
180	200										
200	225	+45	+51	+60	+77	+103	+64	+70	+79	+96	+122
225	250	+31	+31	+31	+31	+31	+50	+50	+50	+50	+50
250	280										
280	315	+50	+57	+66	+86	+115	+72	+79	+88	+108	+137
315	355	+34	+34	+34	+34	+34	+56	+56	+56	+56	+56
355	400										
400	450	+55	+62	+73	+94	+126	+80	+87	+98	+119	+151
450	500	+37	+37	+37	+34	+37	+62	+62	+62	+62	+62
400	450	+60	+67	+80	+103	+137	+88	+95	+108	+131	+165
450	500	+40	+40	+40	+40	+40	+68	+68	+68	+68	+68

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		r					s				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	+13	+14	+16	+20	+24	+17	+18	+20	+24	+28
		+10	+10	+10	+10	+10	+14	+14	+14	+14	+14
3	6	+19	+20	+23	+27	+33	+23	+24	+27	+31	+37
		+15	+15	+15	+15	+15	+19	+19	+19	+19	+19
6	10	+23	+25	+28	+34	+41	+27	+29	+32	+38	+45
		+19	+19	+19	+19	+19	+23	+23	+23	+23	+23
10	14	+28	+31	+31	+41	+50	+33	+36	+39	+46	+55
		+23	+23	+23	+23	+23	+28	+28	+28	+28	+28
14	18										
18	24	+34	+37	+41	+49	+61	+41	+44	+48	+56	+68
		+28	+28	+28	+28	+28	+35	+35	+35	+35	+35
24	30										
30	40	+41	+45	+50	+59	+73	+50	+54	+59	+68	+82
		+34	+34	+34	+34	+34	+43	+43	+43	+43	+43
40	50										
50	65	+49	+54	+60	+71	+87	+61	+66	+72	+83	+99
		+41	+41	+41	+41	+41	+53	+53	+53	+53	+53
65	80	+51	+56	+62	+73	+89	+67	+72	+78	+89	+105
		+43	+43	+43	+43	+43	+59	+59	+59	+59	+59
80	100	+61	+66	+73	+86	+105	+81	+86	+93	+106	+125
		+51	+51	+51	+51	+51	+71	+71	+71	+71	+71
100	120	+64	+69	+76	+89	+108	+89	+94	+101	+114	+133
		+54	+54	+54	+54	+54	+79	+79	+79	+79	+79

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		r					s				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
120	140	+75 +63	+81 +63	+88 +63	+103 +63	+123 +63	+104 +92	+110 +92	+117 +92	+132 +92	+153 +92
140	160	+77 +65	+83 +65	+90 +65	+105 +65	+123 +65	+112 +100	+118 +100	+125 +100	+140 +100	+163 +100
160	180	+80 +68	+83 +68	+93 +68	+103 +68	+131 +68	+120 +103	+126 +103	+133 +103	+148 +108	+171 +108
180	200	+91 +77	+97 +77	+106 +77	+123 +77	+149 +77	+136 +122	+142 +122	+151 +122	+168 +122	+194 +122
200	225	+94 +80	+100 +80	+109 +80	+126 +80	+152 +80	+144 +130	+150 +130	+159 +130	+176 +130	+202 +130
225	250	+98 +84	+104 +84	+113 +84	+130 +84	+156 +84	+154 +140	+160 +140	+169 +140	+186 +140	+212 +140
250	280	+110 +94	+117 +94	+126 +94	+146 +94	+175 +94	+174 +158	+181 +158	+190 +158	+210 +158	+239 +158
280	315	+114 +98	+121 +98	+130 +98	+150 +98	+179 +98	+186 +170	+193 +170	+202 +170	+222 +170	+251 +170
315	355	+126 +108	+133 +108	+144 +108	+165 +108	+197 +108	+203 +190	+215 +190	+226 +190	+247 +190	+279 +190
355	400	+132 +114	+139 +114	+150 +114	+171 +114	+203 +114	+226 +208	+233 +208	+244 +208	+265 +208	+297 +208
400	450	+146 +126	+153 +126	+166 +126	+189 +126	+223 +126	+252 +232	+259 +232	+272 +232	+295 +232	+329 +232
450	500	+152 +132	+159 +132	+172 +132	+195 +132	+229 +132	+272 +252	+279 +252	+292 +252	+315 +252	+349 +252

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		t				u			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
—	3	—	—	—	—	+22 +18	+24 +18	+28 +18	+32 +18
3	6	—	—	—	—	+28 +23	+31 +23	+35 +23	+41 +23
6	10	—	—	—	—	+34 +28	+37 +28	+43 +28	+50 +28
10	14	—	—	—	—	+41 +33	+44 +33	+51 +33	+60 +33
14	18	—	—	—	—				
18	24	—	—	—	—	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41
24	30	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+57 +48	+61 +48	+69 +48	+81 +48
30	40	+59 +48	+64 +48	+73 +48	+87 +48	+71 +60	+76 +60	+85 +60	+99 +60
40	50	+65 +54	+70 +54	+79 +54	+93 +54	+81 +70	+86 +70	+95 +70	+109 +70
50	65	+79 +66	+85 +66	+96 +66	+112 +66	+100 +87	+106 +87	+117 +87	+133 +87
65	80	+88 +75	+94 +75	+105 +75	+121 +75	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102
80	100	+106 +91	+113 +91	+126 +91	+145 +91	+139 +124	+146 +124	+159 +124	+178 +124
100	120	+119 +104	+126 +104	+139 +104	+158 +104	+159 +144	+166 +144	+179 +144	+198 +144

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		t				u			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
120	140	+140 +122	+147 +122	+162 +122	+185 +122	+188 +170	+195 +170	+210 +170	+230 +170
140	160	+152 +134	+159 +134	+174 +134	+197 +134	+208 +190	+215 +190	+230 +190	+250 +190
160	180	+164 +146	+171 +146	+185 +146	+209 +146	+228 +210	+235 +210	+250 +210	+270 +210
180	200	+186 +166	+195 +166	+212 +166	+238 +166	+256 +236	+265 +236	+282 +236	+300 +236
200	225	+200 +180	+209 +180	+226 +180	+252 +180	+278 +258	+287 +258	+304 +258	+330 +258
225	250	+216 +196	+225 +196	+242 +196	+268 +196	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284
250	280	+241 +218	+250 +218	+270 +218	+299 +218	+338 +315	+347 +315	+367 +315	+396 +315
280	315	+263 +240	+272 +240	+292 +240	+321 +240	+373 +350	+382 +350	+402 +350	+431 +350
315	355	+293 +268	+304 +268	+325 +268	+357 +268	+415 +390	+426 +390	+447 +390	+479 +390
355	400	+319 +294	+330 +294	+351 +294	+383 +294	+460 +435	+471 +435	+492 +435	+524 +435
400	450	+357 +330	+370 +330	+393 +330	+427 +330	+517 +490	+530 +490	+553 +490	+587 +490
450	500	+387 +360	+400 +360	+423 +360	+457 +360	+567 +540	+580 +540	+603 +540	+637 +540

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		v				x			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
—	3	—	—	—	—	+24 +20	+23 +20	+30 +20	+34 +20
3	6	—	—	—	—	+33 +28	+36 +28	+40 +28	+46 +28
6	10	—	—	—	—	+40 +34	+43 +34	+49 +34	+53 +34
10	14	—	—	—	—	+48 +40	+51 +40	+58 +40	+67 +40
14	18	+47 +39	+50 +39	+57 +39	+66 +39	+53 +45	+56 +45	+63 +45	+72 +45
18	24	+56 +47	+60 +47	+68 +47	+80 +47	+63 +54	+67 +54	+75 +54	+87 +54
24	30	+64 +55	+63 +55	+76 +55	+83 +55	+73 +64	+77 +64	+85 +64	+97 +64
30	40	+79 +63	+81 +63	+93 +63	+107 +63	+91 +80	+96 +80	+105 +80	+119 +80
40	50	+92 +81	+97 +81	+106 +81	+120 +81	+108 +97	+113 +97	+122 +97	+136 +97
50	65	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+135 +122	+141 +122	+152 +122	+168 +122
65	80	+133 +120	+139 +120	+150 +120	+166 +120	+159 +146	+165 +146	+176 +146	+192 +146
80	100	+161 +146	+163 +146	+181 +146	+200 +146	+193 +178	+200 +178	+213 +178	+232 +178
100	120	+187 +172	+194 +172	+207 +172	+226 +172	+225 +210	+232 +210	+245 +210	+264 +210

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		v				x			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
120	140	+220 +202	+227 +202	+242 +202	+265 +202	+266 +248	+273 +248	+288 +248	+311 +248
140	160	+246 +228	+253 +228	+268 +228	+291 +228	+298 +280	+305 +280	+320 +280	+343 +280
160	180	+270 +252	+277 +252	+292 +252	+315 +252	+328 +310	+335 +310	+350 +310	+373 +310
180	200	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+370 +350	+379 +350	+396 +350	+422 +350
200	225	+330 +310	+339 +310	+356 +310	+382 +310	+405 +385	+414 +385	+431 +385	+457 +385
225	250	+360 +340	+369 +340	+386 +340	+412 +340	+445 +425	+454 +425	+471 +425	+497 +425
250	280	+408 +385	+417 +385	+437 +385	+466 +385	+493 +475	+507 +475	+527 +475	+556 +475
280	315	+448 +425	+457 +425	+477 +425	+506 +425	+548 +525	+557 +525	+577 +525	+606 +525
315	355	+500 +475	+511 +475	+532 +475	+564 +475	+615 +590	+626 +590	+647 +590	+679 +590
355	400	+555 +530	+566 +530	+587 +530	+619 +530	+685 +660	+696 +660	+717 +660	+749 +660
400	450	+622 +595	+635 +595	+658 +595	+692 +595	+767 +740	+780 +740	+803 +740	+827 +740
450	500	+687 +660	+700 +660	+723 +660	+757 +660	+847 +820	+860 +820	+883 +820	+917 +820

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		y				z			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
—	3	—	—	—	—	+30 +26	+32 +25	+36 +26	+40 +26
3	6	—	—	—	—	+40 +35	+43 +35	+47 +35	+53 +35
6	10	—	—	—	—	+48 +42	+51 +42	+57 +42	+64 +42
10	14	—	—	—	—	+58 +50	+61 +50	+68 +50	+77 +50
14	18	—	—	—	—	+68 +60	+71 +60	+78 +60	+87 +60
18	24	+72 +63	+76 +63	+84 +63	+96 +63	+82 +73	+86 +73	+94 +73	+106 +73
24	30	+84 +75	+88 +75	+96 +75	+108 +75	+97 +88	+101 +88	+109 +88	+121 +88
30	40	+105 +94	+110 +94	+119 +94	+133 +94	+123 +112	+128 +112	+137 +112	+151 +112
40	50	+125 +114	+130 +114	+139 +114	+153 +114	+147 +133	+152 +136	+161 +136	+175 +136
50	65	+157 +144	+163 +144	+174 +144	+190 +144	+185 +172	+191 +172	+202 +172	+218 +172
65	80	+187 +174	+193 +174	+204 +174	+220 +174	+223 +210	+229 +210	+240 +210	+256 +210
80	100	+229 +214	+236 +214	+249 +214	+263 +214	+273 +258	+280 +258	+293 +258	+312 +258
100	120	+269 +254	+276 +254	+289 +254	+308 +254	+325 +310	+332 +310	+345 +310	+364 +310

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		y				z			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
120	140	+318 +300	+325 +300	+340 +300	+363 +300	+383 +365	+390 +365	+405 +365	+428 +365
140	160	+358 +349	+365 +310	+330 +340	+403 +340	+433 +415	+440 +415	+455 +415	+478 +415
160	180	+398 +380	+405 +380	+420 +380	+443 +380	+483 +465	+490 +465	+505 +465	+528 +465
180	200	+445 +425	+454 +425	+471 +425	+497 +425	+540 +520	+549 +520	+566 +520	+597 +520
200	225	+490 +470	+499 +470	+516 +470	+542 +470	+595 +575	+604 +575	+621 +575	+647 +575
225	250	+540 +520	+549 +520	+566 +520	+592 +520	+660 +640	+669 +640	+686 +640	+717 +640
250	280	+603 +580	+612 +580	+632 +580	+661 +580	+733 +710	+742 +710	+762 +710	+797 +710
280	315	+673 +650	+682 +650	+702 +650	+731 +650	+813 +790	+822 +790	+842 +790	+877 +790
315	355	+755 +730	+766 +730	+787 +730	+819 +730	+925 +900	+936 +900	+957 +900	+997 +900
355	400	+845 +820	+856 +820	+877 +820	+909 +820	+1025 +1000	+1036 +1000	+1057 +1000	+1097 +1000
400	450	+947 +920	+960 +920	+983 +920	+1017 +920	+1127 +1100	+1140 +1100	+1163 +1100	+1197 +1100
450	500	+1027 +1000	+1040 +1000	+1063 +1000	+1097 +1000	+1277 +1250	+1290 +1250	+1313 +1250	+1347 +1250

(3) 尺寸至500毫米孔的极限偏差(GB1801-79)

表 5-4

(微米)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		A				B			
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12
—	3	+295 +270	+310 +270	+330 +270	+370 +270	+165 +140	+180 +140	+200 +140	+240 +140
3	6	+300 +270	+318 +270	+345 +270	+390 +270	+170 +140	+188 +140	+215 +140	+260 +140
6	10	+316 +280	+338 +230	+370 +280	+430 +230	+186 +150	+208 +150	+240 +150	+300 +150
10	11	+333 +290	+360 +290	+400 +290	+470 +290	+193 +150	+220 +150	+260 +150	+330 +150
14	18								
18	24	+352 +300	+334 +300	+430 +300	+510 +300	+212 +160	+244 +160	+290 +160	+370 +160
24	30								
30	40	+372 +310	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+232 +170	+270 +170	+330 +170	+420 +170
40	50	+332 +320	+420 +320	+430 +320	+570 +320	+242 +180	+280 +180	+340 +180	+430 +180
50	65	+414 +340	+460 +340	+530 +340	+640 +340	+264 +190	+310 +190	+380 +190	+490 +190
65	80	+434 +360	+430 +350	+550 +360	+660 +360	+274 +200	+320 +200	+390 +200	+500 +200
80	100	+467 +380	+520 +380	+600 +380	+730 +380	+307 +220	+360 +220	+440 +220	+570 +220
100	120	+497 +410	+550 +410	+630 +410	+760 +410	+327 +240	+380 +240	+460 +240	+590 +240

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		A				B			
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12
120	140	+560 +460	+620 +460	+710 +460	+830 +460	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+6 +2
140	160	+620 +520	+680 +520	+770 +520	+920 +520	+380 +280	+440 +280	+530 +280	+6 +2
160	180	+680 +580	+740 +580	+830 +580	+980 +580	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+7 +3
180	200	+775 +660	+845 +660	+950 +660	+1120 +660	+455 +340	+525 +340	+630 +340	+8 +3
200	225	+855 +740	+925 +740	+1030 +740	+1200 +740	+495 +380	+565 +380	+670 +380	+8 +3
225	250	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820	+1280 +820	+535 +420	+605 +420	+710 +420	+8 +4
250	280	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920	+1440 +920	+610 +480	+690 +480	+800 +480	+10 +4
280	315	+1180 +1050	+1260 +1050	+1370 +1050	+1570 +1050	+670 +540	+750 +540	+860 +540	+10 +5
315	355	+1340 +1200	+1430 +1200	+1560 +1200	+1770 +1200	+740 +600	+830 +600	+960 +600	+11 +6
355	400	+1490 +1350	+1580 +1350	+1710 +1350	+1920 +1350	+820 +680	+910 +680	+1040 +680	+12 +6
400	450	+1655 +1500	+1750 +1500	+1900 +1500	+2130 +1500	+915 +760	+1010 +760	+1160 +760	+13 +7
495	500	+1805 +1650	+1900 +1650	+2050 +1650	+2280 +1650	+995 +840	+1090 +840	+1240 +840	+14 +8

注：基本尺寸<1毫米时，各级的A和B均不采用。

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		C					D				
大于至		8	9	10	11	12	7	8	9	10	11
—	3	+74	+85	+100	+120	+150	+30	+34	+45	+50	+80
		+60	+60	+60	+60	+60	+20	+20	+20	+20	+20
3	6	+88	+100	+118	+145	+190	+42	+48	+60	+78	+105
		+70	+70	+70	+70	+70	+30	+30	+30	+30	+30
6	10	+102	+116	+138	+170	+230	+55	+62	+76	+92	+130
		+80	+80	+80	+80	+80	+40	+40	+40	+40	+40
10	14	+122	+138	+165	+205	+275	+68	+77	+93	+120	+160
		+95	+95	+95	+95	+95	+50	+50	+50	+50	+50
14	18										
18	24	+143	+162	+194	+240	+320	+86	+98	+117	+149	+195
		+110	+110	+110	+110	+110	+65	+65	+65	+65	+65
24	30										
30	40	+159	+182	+220	+280	+370	+105	+119	+142	+180	+240
		+120	+120	+120	+120	+120	+80	+80	+80	+80	+80
40	50	+169	+192	+230	+290	+380					
		+130	+130	+130	+130	+130					
50	65	+186	+214	+260	+330	+440	+130	+140	+174	+220	+290
		+140	+140	+140	+140	+140	+100	+100	+100	+100	+100
65	80	+196	+224	+270	+340	+450					
		+150	+150	+150	+150	+150					
80	100	+224	+257	+310	+390	+520	+155	+174	+207	+260	+340
		+170	+170	+170	+170	+170	+120	+120	+120	+120	+120
100	120	+234	+267	+320	+400	+530					
		+180	+180	+180	+180	+180					

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		C					D				
大于: 至		8	9	10	11	12	7	8	9	10	11
120	140	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200					
140	160	+273 +210	+310 +210	+370 +210	+460 +210	+610 +210	+185	+208	+245	+305	+395
160	180	+293 +230	+330 +230	+390 +230	+480 +230	+630 +230	+145	+145	+145	+145	+145
180	200	+312 +240	+355 +240	+425 +240	+530 +240	+700 +240					
200	225	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+550 +260	+720 +260	+216	+242	+285	+355	+460
225	250	+352 +280	+395 +280	+465 +230	+570 +280	+740 +280	+170	+170	+170	+170	+170
250	280	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+620 +300	+820 +300	+242	+271	+320	+400	+510
280	315	+411 +330	+460 +330	+540 +330	+650 +330	+850 +330	+190	+190	+190	+190	+190
315	355	+449 +360	+500 +360	+590 +360	+720 +360	+930 +360	+267 +210	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+570 +210
355	400	+489 +400	+540 +400	+630 +400	+760 +400	+970 +400					
400	450	+537 +440	+595 +440	+690 +440	+840 +440	+1070 +440	+293 +230	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230
450	500	+577 +480	+635 +480	+730 +480	+880 +480	+1110 +480					

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		E				F			
大于	至	7	8	9	10	6	7	8	9
—	3	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6
3	6	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10
6	10	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13
10	14	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16
14	18								
18	24	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+72 +20
24	30								
30	40	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+150 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25
40	50								
50	65	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30
65	80								
80	100	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+212 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36
100	120								

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		E				F			
大于	至	7	8	9	10	6	7	8	9
120	140								
		+125	+148	+185	+245	+68	+83	+106	+143
140	160	+85	+85	+85	+85	+43	+43	+43	+43
160	180								
180	200								
		+146	+172	+215	+285	+79	+96	+122	+165
200	225	+100	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+50
225	250								
250	280								
		+162	+191	+240	+320	+88	+108	+137	+186
280	315	+110	+110	+110	+110	+56	+56	+56	+56
315	355								
		+182	+214	+265	+355	+98	+119	+151	+202
355	400	+125	+125	+125	+125	+62	+62	+62	+62
400	450								
		+198	+232	+290	+385	+108	+131	+165	+223
450	500	+135	+135	+135	+135	+68	+68	+68	+68

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		G				H					
下	至	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
—	3	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+0.8 0	+1.2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0
3	6	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+5 0	+8 0
6	10	+11 +5	+14 +5	+20 +5	+27 +5	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0
10	14	+14 +6	+17 +6	+24 +6	+33 +6	+1.2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0
14	18										
18	24	+16 +7	+20 +7	+28 +7	+40 +7	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0
24	30										
30	40	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0
40	50										
50	65	+23 +10	+29 +10	+40 +10	+56 +10	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0
65	80										
80	100	+27 +12	+34 +12	+47 +12	+66 +12	+2.5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		G				H					
大于 至		5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
120	140										
		+32	+39	+54	+77	+3.5	+5	+8	+12	+18	+25
140	160	+14	+14	+14	+14	0	0	0	0	0	0
160	180										
180	200										
		+35	+44	+61	+87	+4.5	+7	+10	+14	+20	+29
200	225	+15	+15	+15	+15	0	0	0	0	0	0
225	250										
250	280	+40	+49	+69	+98	+6	+8	+12	+16	+23	+32
		+17	+17	+17	+17	0	0	0	0	0	0
280	315										
315	355	+43	+54	+75	+107	+7	+9	+13	+18	+25	+36
		+18	+18	+18	+18	0	0	0	0	0	0
355	400										
400	450	+47	+60	+83	+117	+8	+10	+15	+20	+27	+40
		+20	+20	+20	+20	0	0	0	0	0	0
450	500										

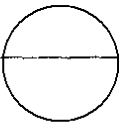
(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		H							J		
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	6	7	8
—	3	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+2 -4	+4 -6	+6 -8
3	6	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+5 -3	—	+10 -8
6	10	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	150 0	+220 0	+5 -4	+8 -7	+12 -10
10	14	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0	+6	+10 -8	+15 -12
14	18										
18	24	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0	+8 -5	+12 -9	+20 -13
24	30										
30	40	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0	+10 -6	+14 -11	+24 -15
40	50										
50	65	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0	+13 -6	+18 -12	+28 -18
65	80										
80	100	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	+540 0	+16 -6	+22 -13	+34 -20
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		H						J			
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	6	7	8
120	140										
140	160	+40	+63	+100	+160	+250	+400	+630	+18	+26	+
		0	0	0	0	0	0	0	-7	-14	-
160	180										
180	200										
200	225	+46	+72	+115	+185	+290	+460	+720	+22	+30	+4
		0	0	0	0	0	0	0	-7	-16	-2
225	250										
250	280										
280	315	+52	+81	+130	+210	+320	+520	+810	+25	+36	+5
		0	0	0	0	0	0	0	-7	-16	-2
315	355										
355	400	+57	+89	+140	+230	+360	+570	+890	+20	+30	+6
		0	0	0	0	0	0	0	-7	-18	-2
400	450										
450	500	+63	+97	+155	+250	+400	+630	+970	+33	+43	+6
		0	0	0	0	0	0	0	-7	-20	-31

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带					
		Js					
大于	至	1	2	3	4	5	6
—	3	± 0.4	± 0.6	± 1	± 1.5	± 2	± 3
3	6	± 0.5	± 0.75	± 1.25	± 2	± 2.5	± 4
6	10	± 0.5	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3	± 4.5
10	14	± 0.6	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 5.5
14	18						
18	24	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3	± 4.5	± 6.5
24	30						
20	40		± 1.25	± 2	± 3.5	± 5.5	± 8
40	50						
50	65	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 6.5	± 9.5
65	80						
80	100	± 1.25	± 2	± 3	± 5	± 7.5	± 11
00	120						

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带					
		Js					
大于	至	1	2	3	4	5	6
120	140						
140	160	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5
160	180						
180	200						
200	225	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5
225	250						
250	280						
280	315	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16
315	355						
355	400	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18
400	450	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20
450	500						

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带						
		Js						
大于	至	7	8	9	10	11	12	13
—	3	±5	±7	±12	±20	±30	±50	±70
3	6	±6	±9	±15	±24	±37	±60	±90
6	10	±7	±11	±18	±29	±45	±75	±110
10	14	±9	±13	±21	±35	±55	±90	±135
14	18							
18	24	±10	±16	±25	±42	±65	±105	±165
24	30							
30	40	±12	±19	±31	±50	±80	±125	±195
40	50							
50	65	±15	±23	±37	±60	±95	±150	±230
65	80							
80	100	±17	±27	±43	±70	±110	±175	±270
100	120							

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带						
		Js						
大于	至	7	8	9	10	11	12	13
120	140	±20	±31	±50	±80	±125	±200	±315
140	160							
160	180							
180	200	±23	±36	±57	±92	±145	±230	±360
200	225							
225	250							
250	280	±26	±40	±65	±105	±160	±260	±405
280	315							
315	355	±28	±44	±70	±115	±180	±285	±445
355	400							
400	450	±31	±48	±77	±125	±200	±315	±485
450	500							

(续)

本尺寸 毫米)		公差带									
		K					M				
于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
—	3	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2
		-3	-4	-6	-10	-14	-5	-6	-8	-12	-16
3	6	+0.5	0	+2	+3	+5	-2.5	-3	-1	0	+2
		-3.5	-5	-6	-9	-13	-6.5	-8	-9	-12	-16
6	10	+0.5	+1	+2	+5	+6	-4.5	-4	-3	0	+1
		-3.5	-5	-7	-10	-16	-8.5	-10	-12	-15	-21
10	14	+1	+2	+2	+6	+8	-5	-4	-4	0	+2
		-4	-6	-9	-12	-19	-10	-12	-15	-18	-25
14	18										
18	24	0	+1	+2	+6	+10	-6	-5	-4	0	+4
		-6	-8	-11	-15	-23	-12	-14	-17	-21	-29
24	30										
30	40	+1	+2	+3	+7	+12	-6	-5	-4	0	+5
		-6	-9	-13	-18	-27	-13	-16	-20	-25	-34
40	50										
50	65	+1	+3	+4	+9	+14	-8	-6	-5	0	+5
		-7	-10	-15	-21	-32	-16	-19	-24	-30	-41
65	80										
80	100	+1	+2	+4	+10	+16	-9	-8	-6	0	+6
		-9	-13	-18	-25	-38	-19	-23	-28	-35	-48
100	120										

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		K					M				
大于	至	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
120	140										
		+1	+3	+4	+12	+20	-11	-9	-8	0	+8
140	160	-11	-15	-21	-28	-43	-23	-27	-33	-40	-55
160	180										
180	200										
		0	+2	+5	+13	+22	-13	-11	-8	0	+9
200	225	-14	-18	-24	-33	-50	-27	-31	-37	-46	-63
225	250										
250	280										
		0	+3	+5	+16	+25	-16	-13	-9	0	+9
280	315	-16	-20	-27	-36	-56	-32	-36	-41	-52	-72
315	355										
		+1	+3	+7	+17	+28	-16	-14	-10	0	+11
355	400	-17	-22	-29	-40	-61	-34	-39	-46	-57	-78
400	450										
		0	+2	+8	+18	+29	-18	-16	-10	0	+11
450	500	-20	-25	-32	-45	-68	-38	-43	-50	-63	-86

注：①当基本尺寸>250至315毫米时，M6的ES=-9（不等于-11）。

②基本尺寸<1毫米时，>8级的N不采用。

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		N					P				
大于	至	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
—	3	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6	-6
		-8	-10	-14	-18	-29	-10	-12	-16	-20	-31
3	6	-7	-5	-4	-2	-0	-11	-9	-8	-12	-12
		-12	-13	-16	-20	-30	-16	-17	-20	-30	-42
6	10	-8	-7	-4	-3	-0	-13	-12	-9	-15	-15
		-14	-16	-19	-25	-36	-19	-21	-24	-37	-51
10	14	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18	-18
		-17	-20	-23	-30	-43	-23	-26	-29	-45	-61
14	18	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18	-18
		-17	-20	-23	-30	-43	-23	-26	-29	-45	-61
18	24	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22	-22
		-21	-24	-28	-36	-52	-23	-31	-35	-55	-74
24	30	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22	-22
		-21	-24	-28	-36	-52	-23	-31	-35	-55	-74
30	40	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26	-26
		-24	-28	-33	-42	-62	-33	-37	-42	-65	-88
40	50	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26	-26
		-24	-28	-33	-42	-62	-33	-37	-42	-65	-88
50	65	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32	-32
		-28	-33	-39	-50	-74	-40	-45	-51	-78	-103
65	80	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32	-32
		-28	-33	-39	-50	-74	-40	-45	-51	-78	-103
80	100	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37	-37
		-33	-38	-45	-58	-87	-47	-52	-59	-91	-124
100	120	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37	-37
		-33	-38	-45	-58	-87	-47	-52	-59	-91	-124

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带									
		N					P				
大于	至	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
120	140										
		-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	-40
140	160										
		-29	-45	-52	-67	-100	-55	-61	-68	-106	-149
160	180										
180	200										
		-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	-50
200	225										
		-45	-51	-60	-77	-115	-64	-70	-79	-122	-165
225	250										
250	280										
		-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56	-56
280	315										
		-50	-57	-66	-86	-130	-72	-79	-88	-137	-186
315	355										
		-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-62	-62
355	400										
		-55	-62	-73	-94	-140	-80	-87	-98	-151	-202
400	450										
		-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68	-68
450	500										
		-60	-67	-80	-103	-155	-88	-95	-108	-165	-223

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		R				S			
大于 至		5	6	7	8	5	6	7	8
—	3	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14
		-14	-16	-20	-24	-18	-20	-24	-28
3	6	-14	-12	-11	-15	-18	-16	-15	-19
		-19	-20	-23	-33	-23	-24	-27	-37
6	10	-17	-16	-13	-19	-21	-20	-17	-23
		-23	-25	-28	-41	-27	-29	-32	-45
10	14	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28
		-23	-31	-34	-50	-33	-36	-39	-55
14	18								
18	24	-25	-24	-20	-23	-32	-31	-27	-35
		-34	-37	-41	-61	-41	-44	-48	-68
24	30								
30	40	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43
		-41	-45	-50	-73	-50	-54	-59	-82
40	50								
50	65	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53
		-49	-54	-60	-87	-61	-66	-72	-99
65	80	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59
		-51	-56	-62	-89	-67	-72	-78	-105
80	100	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-53	-71
		-61	-66	-73	-105	-81	-86	-93	-125
100	120	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79
		-64	-69	-76	-108	-89	-94	-101	-133

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带							
		R				S			
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
120	140	-57 -75	-56 -81	-48 -88	-63 -126	-86 -104	-85 -110	-77 -117	-92 -155
140	160	-59 -77	-58 -83	-50 -90	-65 -128	-94 -112	-93 -118	-85 -125	-100 -163
160	180	-62 -80	-61 -86	-53 -93	-68 -131	-102 -120	-101 -126	-93 -133	-108 -171
180	200	-71 -91	-68 -97	-60 -106	-77 -149	-116 -133	-113 -142	-105 -151	-122 -194
200	225	-74 -94	-71 -100	-63 -109	-80 -152	-124 -144	-121 -150	-113 -159	-130 -202
225	250	-78 -98	-75 -104	-67 -113	-84 -153	-134 -154	-131 -160	-123 -169	-140 -212
250	280	-87 -110	-85 -117	-74 -126	-94 -175	-151 -174	-149 -181	-138 -190	-153 -239
280	315	-91 -114	-89 -121	-73 -130	-98 -179	-163 -186	-161 -193	-150 -202	-170 -251
315	355	-101 -126	-97 -133	-87 -144	-103 -197	-183 -203	-179 -215	-169 -226	-190 -279
355	400	-107 -132	-103 -139	-93 -150	-114 -203	-201 -226	-197 -233	-187 -244	-208 -297
400	450	-119 -143	-113 -153	-103 -166	-126 -223	-225 -252	-219 -259	-209 -272	-232 -329
450	500	-125 -152	-119 -159	-109 -172	-132 -229	-245 -272	-239 -279	-229 -292	-252 -349

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带								
		T			U			V		
大于	至	6	7	8	6	7	8	6	7	8
—	3	—	—	—	-18 -24	-18 -28	-18 -32	—	—	—
3	6	—	—	—	-20 -28	-19 -31	-23 -41	—	—	—
6	10	—	—	—	-25 -34	-22 -37	-28 -50	—	—	—
10	14	—	—	—	-30 -41	-28 -44	-33 -60	—	—	—
14	18	—	—	—	-37 -50	-33 -54	-41 -74	-36 -47	-32 -50	-39 -66
18	24	—	—	—	-37 -50	-33 -54	-41 -74	-43 -56	-39 -60	-47 -80
24	30	-37 -50	-33 -54	-41 -74	-44 -57	-40 -61	-48 -81	-51 -64	-47 -68	-55 -88
30	40	-43 -59	-39 -64	-48 -87	-55 -71	-51 -76	-60 -99	-63 -79	-59 -84	-68 -107
40	50	-49 -65	-45 -70	-54 -93	-65 -81	-61 -86	-70 -109	-76 -92	-72 -97	-81 -120
50	65	-60 -79	-55 -85	-66 -112	-81 -100	-76 -106	-87 -133	-96 -115	-91 -121	-102 -148
65	80	-69 -88	-64 -94	-75 -121	-96 -115	-91 -121	-102 -148	-114 -133	-109 -139	-120 -166
80	100	-84 -106	-78 -113	-91 -145	-117 -139	-111 -146	-124 -173	-139 -161	-133 -168	-146 -200
100	120	-97 -119	-91 -126	-104 -158	-137 -159	-131 -166	-144 -198	-165 -187	-159 -194	-172 -226

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带								
		T			U			V		
大于	至	6	7	8	6	7	8	6	7	8
120	140	-115	-107	-122	-163	-155	-170	-195	-187	-202
		-140	-147	-185	-188	-195	-233	-220	-227	-265
140	160	-127	-119	-134	-183	-175	-190	-221	-213	-228
		-152	-159	-197	-203	-215	-253	-246	-253	-291
160	180	-139	-131	-146	-203	-195	-210	-245	-237	-252
		-164	-171	-200	-228	-235	-273	-270	-277	-315
180	200	-157	-149	-166	-227	-219	-236	-275	-267	-284
		-186	-195	-238	-256	-265	-308	-304	-313	-350
200	225	-171	-163	-180	-249	-241	-258	-301	-293	-310
		-200	-209	-252	-278	-287	-330	-330	-339	-382
225	250	-187	-179	-196	-275	-267	-284	-331	-323	-340
		-216	-225	-268	-304	-313	-356	-360	-369	-412
250	280	-209	-199	-218	-306	-295	-315	-376	-365	-385
		-241	-250	-299	-338	-347	-396	-408	-417	-466
280	315	-231	-220	-240	-341	-330	-350	-416	-405	-425
		-263	-272	-321	-373	-382	-431	-448	-457	-500
315	355	-257	-247	-268	-379	-369	-390	-464	-454	-475
		-293	-304	-357	-415	-426	-479	-500	-511	-564
355	400	-283	-273	-294	-424	-414	-435	-519	-509	-530
		-319	-330	-383	-460	-471	-524	-555	-566	-619
400	450	-317	-307	-330	-477	-467	-490	-582	-572	-595
		-357	-370	-427	-517	-530	-587	-622	-635	-692
450	500	-347	-337	-360	-527	-517	-540	-647	-637	-660
		-387	-400	-457	-567	-580	-637	-687	-700	-757

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带								
		X			Y			Z		
大于	至	6	7	8	6	7	8	6	7	8
—	3	-20 -26	-20 -30	-20 -34	—	—	—	-26 -32	-26 -36	-26 -40
3	6	-25 -33	-24 -36	-28 -40	—	—	—	-32 -40	-31 -43	-36 -53
6	10	-31 -40	-28 -43	-34 -56	—	—	—	-39 -48	-36 -51	-42 -64
10	14	-37 -48	-33 -51	-40 -67	—	—	—	-47 -58	-43 -61	-50 -77
14	18	-42 -53	-33 -53	-45 -72	—	—	—	-57 -68	-53 -71	-60 -87
18	24	-50 -63	-45 -67	-54 -87	-59 -72	-55 -76	-63 -96	-69 -82	-65 -86	-73 -106
24	30	-60 -73	-56 -77	-64 -97	-71 -84	-67 -88	-75 -108	-84 -97	-80 -101	-88 -121
30	40	-75 -91	-71 -93	-90 -119	-89 -105	-85 -110	-94 -133	-107 -123	-103 -128	-112 -151
40	50	-92 -103	-88 -113	-97 -133	-109 -125	-105 -130	-114 -153	-131 -147	-127 -152	-136 -175
50	65	-113 -135	-111 -141	-122 -168	-133 -157	-133 -163	-144 -190	-166 -185	-161 -191	-172 -218
65	80	-140 -159	-135 -165	-146 -192	-163 -187	-163 -193	-174 -220	-204 -223	-199 -229	-210 -256
80	100	-171 -193	-165 -200	-178 -232	-207 -229	-201 -236	-214 -268	-251 -273	-245 -280	-258 -312
100	120	-203 -225	-197 -232	-210 -264	-247 -269	-241 -276	-254 -308	-303 -325	-297 -332	-310 -364

(续)

基本尺寸 (毫米)		公差带								
		X			Y			Z		
大于	至	6	7	8	6	7	8	6	7	8
120	140	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365
		-266	-273	-311	-318	-325	-363	-383	-390	-428
140	160	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415
		-298	-305	-343	-358	-365	-403	-433	-440	-478
160	180	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465
		-328	-335	-373	-398	-405	-443	-483	-490	-528
180	200	-341	-333	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520
		-370	-379	-422	-445	-454	-497	-540	-549	-592
200	225	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575
		-405	-414	-457	-490	-499	-542	-595	-604	-647
225	250	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640
		-445	-454	-497	-540	-549	-592	-660	-669	-712
250	280	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710
		-498	-507	-556	-603	-612	-661	-733	-742	-791
280	315	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790
		-548	-557	-606	-673	-682	-731	-813	-822	-871
315	355	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-889	-879	-900
		-615	-626	-679	-755	-766	-819	-925	-936	-989
355	400	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000
		-685	-696	-749	-845	-856	-909	-1025	-1036	-1089
400	450	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100
		-767	-780	-837	-947	-960	-1017	-1127	-1140	-1197
450	500	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250
		-847	-860	-917	-1027	-1040	-1097	-1277	-1290	-1347

(4) 尺寸 >500~3150 毫米轴的极限偏差(GB1802-79)

表 5-5

(微米)

基本尺寸 (毫米)	d				e		f		
	8	9	10	11	8	9	7	8	9
>500~560	-260	-260	-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	-830	-310	-400	-176	-226	-316
>1000~1120	-350	-350	-350	-350	-195	-195	-98	-98	-98
>1120~1250	-515	-610	-770	-1010	-330	-455	-203	-263	-358
>1250~1400	-390	-390	-390	-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	-430
>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 (毫米)	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 (毫米)	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 (毫米)	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 (毫米)	r		s		t		u	
	6	7	6	7	6	7	6	7
>500~560	+194 +150	+220 +150	+324 +280	+350 +280	+444 +400	+470 +400	+644 +600	+670 +600
>560~630	+199 +155	+225 +155	+354 +310	+380 +310	+494 +450	+520 +450	+704 +660	+730 +660
>630~710	+225 +175	+255 +175	+390 +340	+420 +340	+550 +500	+580 +500	+790 +740	+320 +740
>710~800	+235 +185	+265 +185	+430 +380	+460 +380	+610 +560	+640 +560	+890 +840	+920 +840
>800~900	+266 +210	+300 +210	+486 +430	+520 +430	+676 +620	+710 +620	+996 +940	+1030 +940
>900~1000	+276 +220	+310 +220	+526 +470	+560 +470	+736 +680	+770 +680	+1106 +1050	+1140 +1050
>1000~1120	+316 +250	+355 +250	+586 +520	+625 +520	+846 +780	+885 +780	+1216 +1150	+1255 +1150
>1120~1250	+326 +260	+365 +260	+646 +580	+685 +580	+906 +840	+945 +840	+1366 +1300	+1405 +1300
>1250~1400	+378 +300	+425 +300	+718 +640	+765 +640	+1038 +960	+1085 +960	+1528 +1450	+1575 +1450
>1400~1600	+408 +330	+455 +330	+798 +720	+845 +720	+1128 +1050	+1175 +1050	+1678 +1600	+1725 +1600
>1600~1800	+462 +370	+520 +370	+912 +820	+970 +820	+1292 +1200	+1350 +1200	+1942 +1850	+2000 +1850
>1800~2000	+492 +400	+550 +400	+1012 +920	+1070 +920	+1442 +1350	+1500 +1350	+2092 +2000	+2150 +2000
>2000~2240	+550 +440	+615 +440	+1110 +1000	+1175 +1000	+1610 +1500	+1675 +1500	+2410 +2300	+2475 +2300
>2240~2500	+570 +460	+635 +460	+1210 +1100	+1275 +1100	+1760 +1650	+1825 +1650	+2610 +2500	+2675 +2500
>2500~2800	+685 +550	+760 +550	+1385 +1250	+1460 +1250	+2035 +1900	+2110 +1900	+3035 +2900	+3110 +2900
>2800~3150	+715 +580	+790 +580	+1535 +1400	+1610 +1400	+2235 +2100	+2310 +2100	+3335 +3200	+3410 +3200

〈5〉尺寸>500~3150毫米孔的极限偏差(GB1802-79)

表 5-6

(微米)

基本尺寸 (毫米)	D				E		F	
	8	9	10	11	8	9	7	8
>500~630	+370 +230	+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 (毫米)	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 (毫米)	H		Js					
	11	12	6	7	8	9	10	11
>500~630	+440 +	+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 (毫米)	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 -345	

(6) 未注公差尺寸的极限偏差(GB1804-79)

(毫米)

表 5-7

基本尺寸	等 级						
	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
>500~630	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
>630~800	0.8	1.25	2.0	3.2	5.0	8.0	12.5
>800~1000	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9.0	14.0
>1000~1250	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
>1250~1600	1.25	1.95	3.1*	5.0	7.8	12.5	19.5
>1600~2000	1.5	2.3	3.7	6.0	9.2	15.0	23.0
>2000~2500	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0	17.5	28.0
>2500~3150	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21.0	33.0

注：1. 未注公差尺寸的极限偏差规定为 IT12~IT18。一般采用 $\pm \frac{1}{2}IT$ (即Js 或js)；

2. 基本尺寸小于500毫米的IT12~IT18参见表5-2。

2. 新旧国标对照

表 5-8

基孔制轴公差新旧国标对照

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	ps①	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	h5		gd1	js, js5	(2)	je	ra, s5	②
db	g5		ga	n6	p6①	jf	r6	
dc	f7		gb	m6	n6①	jb3	u8	
dd	e8		gc	k6		jc3	s7	
de	d3		gd	js5		ja4		④
df	c3		ga3	n7	p7①	jb4		④
d3	h7		gb3	m7		jc4		④
dc3	f8		gc3	k7		je6		④
d4	h8, h9	③	gd3	js7, js7	②			
dc4	f3							
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						

注：①仅1~3毫米尺寸分段使用。
 ②不同尺寸分段分别与不同的新国标符号相近似。
 ③介于两者之间。
 ④没有适当的相近的符号。

表 5-9

基轴制孔公差新旧国标对照

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							
D6	H11							
Dc6	D11							
Dd3	B11, C11	②						
De6	A11, B11	②						
D7	H12, H13	③						
Dc7		④						

注：①仅1~3毫米尺寸分段使用。

②不同尺寸分段分别与不同的新国标符号相似。

③介于两者之间。

④没有适当的相近的符号。

3. 旧的“公差与配合”国家标准

(1) 基准件公差(GB159-59)

表 5-10

(微米)

公称尺寸 (毫米)	精 度 等 级																								
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
	孔	轴	孔	轴	孔	轴	孔 或 轴																		
自1~3	6	4	10	6	14	9	20	40	60	120	250	400	600												
>3~6	8	5	13	8	18	12	25	48	80	160	300	480	750												
>6~10	9	6	16	10	22	15	30	58	100	200	360	580	900												
>10~18	11	8	19	12	27	18	35	70	120	240	430	700	1100												
>18~30	13	9	23	14	33	21	45	84	140	280	520	840	1300												
>30~50	15	11	27	17	39	25	50	100	170	340	620	1000	1600												
>50~80	18	13	30	20	46	30	60	120	200	400	740	1200	1900												
>80~120	21	15	35	23	54	35	70	140	230	460	870	1400	2200												
>120~180	24	18	40	27	63	40	80	160	260	530	1000	1600	2500												
>180~260	27	20	45	30	73	47	90	185	300	600	1150	1900	2900												
>260~360	30	22	50	35	84	54	100	215	340	680	1350	2200	3300												
>360~500	35	25	60	40	95	62	120	250	380	760	1550	2500	3800												
>500~630	45	30	70	45	110	70	140	280	450	900	1800	2800	4500	7000	11000										
>630~800	50	35	80	50	120	80	150	300	500	1000	2000	3000	5000	8000	12000										
>800~1000	55	40	90	55	130	90	170	350	550	1100	2200	3500	5500	9000	13000										
>1000~1250	60	45	100	60	150	100	200	400	600	1200	2400	4000	6000	10000	15000										
>1250~1600	65	50	110	65	170	110	220	450	650	1300	2600	4500	6500	11000	17000										
>1600~2000	75	55	120	75	190	120	250	500	750	1500	3000	5000	7000	12000	19000										
>2000~2500	85	60	130	85	210	130	280	550	900	1800	3500	5500	8000	13000	21000										

注：1. 表中公差数值用于基准孔取正(+)号，用于基准轴取负(-)号。

2. 表中公差数值用于非配合孔取正(+)号，用于非配合轴取负(-)号；用于非配合的长度取表中数值之半冠以正负(±)号。

(2) 尺寸1~500毫米基孔制配合偏差(GB164~166-59)

(微米)

表 5-11

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)													
				自 1 到 3	大于 3 到 6	大于 6 到 10	大于 10 到 18	大于 18 到 30	大于 30 到 50	大于 50 到 65	大于 65 到 80	大于 80 到 100	大于 100 到 120	大于 120 到 140	大于 140 到 160	大于 160 到 180	大于 180 到 260
1 级 精 度	孔	D1	上+	6	8	9	11	13	15	18	21	24	27	30	35	0	0
			下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		jb1	上+	20	24	29	36	44	54	66	72	86	94	110	118	126	—
	下+		15	19	23	28	35	43	53	59	71	79	92	100	108		
	jc1	上+	17	20	25	31	37	45	54	56	66	69	81	83	86	—	—
		下+	12	15	19	23	28	34	41	43	51	54	63	65	68		
	ga1	上+	10	13	16	20	24	28	33	38	38	45	52	58	65	—	—
		下+	6	8	9	11	13	16	19	23	23	26	30	35	40		
	gb1	上+	8	10	12	15	17	20	24	28	28	32	32	40	45	—	—
		下+	4	5	6	7	8	9	10	12	12	14	16	18	20		
	gc1	上+	5	6	8	10	12	14	16	19	19	22	25	28	32	—	—
		下+	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5		
gd1	上+	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	13	15	—	—	
	下-	2	2	3	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10			
d1	上-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	
	下-	4	5	6	8	9	11	13	15	15	18	20	22	25			
db1	上-	3	4	5	6	7	9	10	12	12	14	16	18	20	—	—	
	下-	8	9	11	14	16	20	23	27	27	32	36	40	45			
dc1	上-	6	10	13	16	20	25	30	36	36	43	50	56	68	—	—	
	下-	12	18	22	27	33	41	49	53	53	68	79	88	108			

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公称尺寸 (毫米)																		
				大于1到3	大于3到6	大于6到10	大于10到18	大于18到30	大于30到40	大于40到50	大于50到65	大于65到80	大于80到100	大于100到120	大于120到150	大于150到180	大于180到220	大于220到260	大于260到310	大于310到350	大于360到440	大于440到500
2	孔	D	上	10	13	16	19	23	27	30	35	40	45	50	60							
			下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		jd	上	27	33	39	48	62	77	87	105	120	140	160	190	220	230	300	350	400	475	545
			下	17	20	23	29	39	50	60	75	90	105	125	150	180	215	255	300	350	415	485
		je	上	18	23	28	34	42	52	65	85	95	110	125	145	165	195	220	260	300	300	300
			下	12	15	18	22	28	35	45	60	70	80	95	115	135	160	185	220	260	260	260
		jf	上	13	21	26	32	39	47	55	70	85	105	135	170	210	260	300	350	400	475	545
			下	10	13	16	20	25	30	35	45	58	75	95	120	150	185	220	260	300	350	415
	ga	上	13	16	20	24	30	35	40	45	52	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
		下	6	8	10	12	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	
	gb	上	10	13	16	19	23	27	30	35	40	45	52	60	70	80	90	100	110	120	130	
		下	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	17	19	21	23	25	28	30	33	35	
	gc	上	7	9	12	14	17	20	23	26	30	35	40	45	52	60	70	80	90	100	110	
		下	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	gd	上	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	23	26	30	35	40	45	50	
		下	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	23	26	30	35	40	45	50	

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)																			
				自1到3	大于3到6	大于6到10	大于10到18	大于18到30	大于30到40	大于40到50	大于50到65	大于65到80	大于80到100	大于100到120	大于120到140	大于140到160	大于160到180	大于180到220	大于220到260	大于260到310	大于310到360	大于360到440	大于440到500
2级精度	孔	D	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} +$	10 0	13 0	16 0	19 0	23 0	27 0	30 0	33 0	35 0	40 0	45 0	50 0	60 0							
	轴	d	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} -$	0 6	0 8	0 10	0 12	0 14	0 17	0 20	0 23	0 27	0 30	0 35	0 40	0 45	0 50	0 60	0 70	0 80	0 90	0 100	
		db	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} -$	3 9	4 12	5 15	6 18	8 22	10 27	12 32	15 33	18 45	22 52	26 60	30 70								
		dc	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} -$	8 18	10 22	13 27	16 33	20 40	25 50	30 60	40 75	50 90	60 105	70 125	80 140								
		dd	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} -$	12 25	17 35	23 45	30 55	40 70	50 85	65 105	80 125	100 155	120 180	140 210	170 245								
		de	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} -$	18 35	25 45	35 60	45 75	60 95	75 115	95 145	120 175	150 210	180 250	210 290	250 340								
		df	$\begin{matrix} \text{上} \\ \text{下} \end{matrix} -$	60 74	70 83	80 102	95 122	110 143	130 169	140 186	150 196	170 224	180 234	200 263	210 273	230 299	260 332	290 362	330 411	360 441	410 507	480 577	

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)																										
				大于3到	大于6到	大于10到	大于18到	大于24到	大于30到	大于40到	大于50到	大于65到	大于80到	大于100到	大于120到	大于140到	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到								
3级精度	孔	D3	上+	14	18	22	27	33	39	45	54	63	73	84	95	大于140到	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到								
			下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到								
		jb3	上+	32	41	50	60	74	81	99	109	133	148	178	193	233	253	273	308	356	431	471	557	637	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到
			下-	18	23	28	33	41	48	60	70	87	102	124	144	170	190	210	236	284	350	390	460	540	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到	大于500到
		jc3	上+	24	31	38	46	55	68	83	89	106	114	132	140	148	155	166	222	242	233	315	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到		
			下-	15	19	23	28	35	43	53	59	71	79	92	100	108	122	140	170	190	220	252	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到	大于500到		
	轴	ga3	上+	15	20	25	30	35	42	50	58	67	78	90	102	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到									
			下-	6	8	10	12	15	17	20	23	27	31	36	40	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到										
		gb3	上+	—	16	21	25	29	34	41	48	55	64	74	85	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到									
			下-	—	4	6	7	8	9	11	13	15	17	20	23	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到										
		gc3	上+	10	13	16	19	23	27	32	38	43	51	58	67	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到									
			下-	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到										
gd3	上+	7	9	10	12	13	15	18	20	22	24	27	31	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到											
	下-	2	3	5	6	8	10	12	15	18	23	27	31	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到												
d3	上+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到											
	下-	9	12	15	18	21	25	30	35	40	47	54	62	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到												
dc3	上+	6	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	68	大于160到	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到											
	下-	20	28	35	43	53	64	76	90	103	122	137	165	大于180到	大于200到	大于250到	大于315到	大于400到												

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公称尺寸 (毫米)																			
				自1到3	大于3到6	大于6到10	大于10到18	大于18到30	大于30到40	大于40到50	大于50到65	大于65到80	大于80到100	大于100到150	大于120到150	大于150到180	大于180到220	大于220到260	大于260到310	大于310到360	大于360到440	大于440到500	
4级精度	孔	D4	上+ 下-	20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100	120	150	180	220	260	310	360	440	500
	轴	ja4	上+	—	100	115	145	165	175	210	225	260	280	325	355	410	450	515	565	670	740		
			下+	—	70	80	100	115	125	150	165	190	210	245	275	320	360	415	465	550	620		
		jb4	上+	—	70	80	100	115	125	150	165	195	210	245	275	325	365	420	470	550	620		
			下+	—	40	45	55	65	75	90	105	125	140	165	195	235	275	320	370	430	500		
		jc4	上+	—	55	65	75	85	110	135	160	185	200	230	250	285	305	360	395				
			下+	—	30	35	40	50	60	75	90	105	120	140	160	185	205	240	275				
	5级精度	孔	D5	上+	40	43	58	70	84	100	120	140	160	185	215	250							
				下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		轴	d5	上+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				下-	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	215	250							
			d5	上+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下-				40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	215	250								

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)											
				自 1 到 3	大于 3 到 6	大于 6 到 10	大于 10 到 18	大于 18 到 30	大于 30 到 50	大于 50 到 80	大于 80 到 120	大于 120 到 180	大于 180 到 260	大于 260 到 300	大于 300 到 340
6 级精度	孔	D6	上+	60	80	100	120	140	170	200	230	260	300	340	380
			下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		je6	上+	--	--	230	270	320	380	430	490	--	--	--	--
			下+	--	--	195	225	270	320	390	--	--	--	--	--
		d6	上+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			下-	60	80	100	120	140	170	200	230	260	300	340	380
		dc6	上-	30	40	50	60	70	80	100	120	130	150	170	190
			下-	90	120	150	180	210	250	300	350	400	450	500	570
		dd3	上-	30	80	100	120	140	170	200	230	260	300	340	380
			下-	120	150	200	240	280	340	400	450	530	600	680	760
	de6	上-	120	150	200	240	280	340	400	450	530	600	680	760	
		下-	180	240	300	360	420	500	600	700	800	900	1000	1100	
7 级精度	孔	D7	上+	120	160	200	240	280	340	400	450	530	600	680	760
			下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		d7	上-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			下-	120	160	200	240	280	340	400	460	530	600	680	760
		dc7	上-	60	80	100	120	140	170	200	230	260	300	340	380
			下-	180	240	300	360	420	500	600	700	800	900	1000	1100

(3) 尺寸1~500毫米基轴制配合偏差(GB167~169-59)

(微米)

表 5-12

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)														
				自1到3	大于3到6	大于6到10	大于10到18	大于18到30	大于30到50	大于50到80	大于80到120	大于120到180	大于180到260	大于260到360	大于360到500			
1级精度	轴	d1	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			下	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	22	25	27	30	32
1级精度	孔	Ga1	上	4	5	6	8	10	12	14	17	20	23	27	30	33	38	45
			下	10	13	16	20	24	28	33	39	45	52	58	65	72	80	90
1级精度	孔	Gb1	上	2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10
			下	8	10	12	15	17	20	24	28	32	36	40	45	50	55	60
1级精度	孔	Gc1	上	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			下	5	7	8	10	12	14	16	19	22	25	28	32	36	40	45
1级精度	孔	Gd1	上	4	5	6	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
			下	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1级精度	孔	D1	上	6	8	9	11	13	15	18	21	24	27	30	35	40	45	50
			下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1级精度	孔	Db1	上	10	12	14	17	20	25	29	34	39	43	48	55	60	65	70
			下	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28
1级精度	孔	Dc1	上	16	22	28	34	41	50	60	71	83	93	103	115	131	145	160
			下	6	10	13	16	20	25	30	35	43	50	56	63	70	78	85

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)																			
				自 1 到 3	大于 3 到 6	大于 6 到 10	大于 10 到 18	大于 18 到 30	大于 30 到 40	大于 40 到 50	大于 50 到 65	大于 65 到 80	大于 80 到 100	大于 100 到 120	大于 120 到 150	大于 150 到 180	大于 180 到 220	大于 220 到 260	大于 260 到 310	大于 310 到 360	大于 360 到 440	大于 440 到 500	
2 级 精 度	轴	d	上- 下-	0 6	0 8	0 10	0 12	0 14	0 17	0 20	0 23	0 27	0 30	0 35	0 40								
	孔	Jd	上- 下-	13	15	17	22	30	40	50	65	80	93	113	137	167	200	240	285	335	395	465	
				27	33	39	48	62	77	87	105	120	140	160	190	220	260	300	350	400	475	545	
	孔	Je	上- 下-	8	10	12	15	19	25	35	50	69	70	85	100	120	145	170	200	260	300		
				18	23	28	34	42	52	65	85	95	110	125	145	165	195	220	260	300			
	孔	Ga	上- 下-	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20	24	30	35	45	52	70	80	
				13	16	20	24	30	35	40	45	52	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
	孔	Gb	上- 下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				10	13	16	19	23	27	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
	孔	Gc	上+ 下-	3	4	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20	24	30	35	45	50	60	70	80
				7	9	12	14	17	20	23	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
孔	Gd	上+ 下-	7	9	11	13	16	18	20	23	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
			3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	23	26	30	35	40	45	50	55	60

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)															
				自 1 到 3	大于 3 到 6	大于 6 到 10	大于 10 到 18	大于 18 到 30	大于 30 到 50	大于 50 到 80	大于 80 到 120	大于 120 到 180	大于 180 到 250	大于 250 到 360	大于 360 到 500				
2 级 精 度	轴	d	上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
			下	6	8	10	12	14	17	20	23	27	30	35	40	45	50	60	
	孔	D	上	10	13	16	19	23	27	30	35	42	50	60	70	80	90	90	
			下	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	孔	Db	上	13	17	21	25	30	35	42	50	60	70	80	90	100	110	120	130
			下	3	4	5	6	8	10	12	15	18	22	26	30	35	40	45	50
	孔	Dc	上	22	27	33	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
			下	8	10	13	16	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	孔	Dd	上	30	40	50	60	80	95	115	140	170	200	230	270	310	365	420	480
			下	12	17	23	30	40	50	65	80	100	120	140	170	210	250	300	360
孔	De	上	38	50	65	80	105	125	155	190	230	270	310	365	420	480	540	600	
		下	18	25	35	45	60	75	95	120	150	180	210	250	300	360	420	480	

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)																					
				自1到3	大于3到6	大于6到10	大于10到18	大于18到24	大于24到30	大于30到40	大于40到50	大于50到65	大于65到80	大于80到100	大于100到120	大于120到140	大于140到160	大于160到180	大于180到220	大于220到260	大于260到310	大于310到360	大于360到440	大于440到500	
3 级 精 度	轴	d3	上- 下-	0 9	0 12	0 15	0 18	0 21	0 25	0 30	0 35	0 40	0 47	0 54	0 62										
	孔	Jb3	上- 下-	18 32	23 41	27 50	33 60	41 74	48 81	60 99	70 109	87 133	102 148	124 178	144 198	170 233	190 253	210 273	236 308	284 356	350 431	390 471	460 557	540 637	
			上- 下-	1 15	2 20	3 25	3 30	3 36	3 42	4 50	4 58	4 67	4 78	5 90	6 102										
	孔	Gb3	上+ 下-	- -	- -	1 21	2 25	4 23	5 34	5 41	6 43	8 55	9 64	10 74	10 85										
			上+ 下-	- -	- -	6 16	8 19	10 23	14 32	14 32	16 38	20 43	22 51	26 58	28 67										
	孔	Gd3	上+ 下-	7 7	9 9	12 10	15 12	20 13	24 15	28 18	34 20	41 22	49 24	57 27	64 31										
			上+ 下-	14 0	18 0	22 0	27 0	33 0	39 0	46 0	54 0	63 0	73 0	84 0	95 0										

(续)

精度等级	孔或轴	配合代号	偏差名称	公差尺寸 (毫米)													
				自 1 到 3	大于 3 到 6	大于 6 到 10	大于 10 到 18	大于 18 到 30	大于 30 到 50	大于 50 到 80	大于 80 到 120	大于 120 到 180	大于 180 到 260	大于 260 到 360	大于 360 到 500		
4 级精度	轴	d4	上 下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100	120		
	孔	D4	上+ 下	20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100	120	120	0
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Dc4	上+ 下+	32	44	55	70	85	100	120	140	165	195	225	255	255	105
				7	11	15	20	25	32	40	50	60	75	90	105	105	105
5 级精度	轴	d5	上 下-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
				40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	215	250		
	孔	D5	上+ 下	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	215	250	250	0
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		公 称 尺 寸 (毫 米)														
精度等级	孔 或 轴	配合代号	偏差名称	自 1 到 3	大于 3 到 6	大于 6 到 10	大于 10 到 18	大于 18 到 30	大于 30 到 50	大于 50 到 80	大于 80 到 120	大于 120 到 180	大于 180 到 260	大于 260 到 360	大于 360 到 500	
6 级 精 度	轴	d6	上- 下-	0 60	0 80	0 100	0 120	0 140	0 170	0 200	0 230	0 260	0 300	0 340	0 380	
		D6	上+ 下+	60 0	80 0	100 0	120 0	140 0	170 0	200 0	230 0	260 0	300 0	340 0	380 0	
	孔	Dc6	上+ 下+	90 30	120 40	150 50	180 60	210 70	250 80	300 100	350 120	400 130	450 150	500 170	570 190	
		Dd6	上+ 下+	120 60	160 80	200 100	240 120	280 140	340 170	400 200	460 230	530 260	600 300	680 340	760 380	
	7 级 精 度	轴	d7	上- 下-	0 120	0 160	0 200	0 240	0 280	0 340	0 400	0 460	0 530	0 600	0 680	0 760
			D7	上+ 下+	120 0	160 0	200 0	240 0	280 0	340 0	400 0	460 0	530 0	600 0	680 0	760 9
7 级 精 度	孔	Dc7	上+ 下+	180 60	240 80	300 100	360 120	420 140	500 170	600 200	700 230	800 260	900 300	1000 340	1100 380	
		Dd7	上+ 下+	180 120	240 160	300 200	360 240	420 280	500 340	600 400	700 460	800 530	900 600	1000 680	1100 760	

三、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5-13);
- 2) 形位公差的框格和指引线;
- 3) 形位公差的数值(见表5-16~5-21)和其他有关符号(见表5-14);
- 4) 基准符号。

表 5-13 形位公差各项目的符号



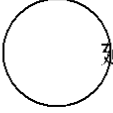



分类	项目	符号	分类	项目	符号	
形 状 公 差	直线度	—	位 置 公 差	定 向	平行度	//
	平面度				垂直度	
	圆度				倾斜度	
	圆柱度			定 位	同轴度	
	线轮廓度				对称度	
	面轮廓度				位置度	
			跳 动	圆跳动		
				全跳动		

(2) 形位公差的注法

1) 形位公差的标注采用带箭头的指引线和框格表示。

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:

表 5-14 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

(图5-1):

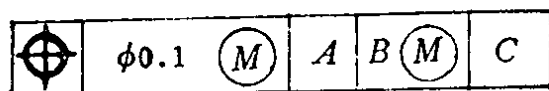


图 5-1

有关符号;

第一格——形位公差的符号;

第二格——形位公差的数值和

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, 并垂直于被测表面的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5-2)。



图 5-2

5) 当同一被测要素上有多项形位公差要求, 其标注方法又是一致时, 可以将这些框格绘制在一起, 并引用一根指引线 (图5-3)

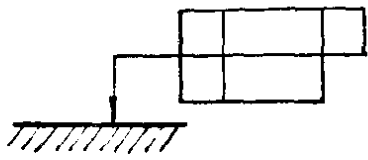


图 5-3

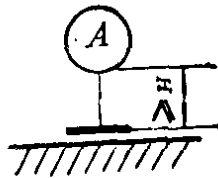
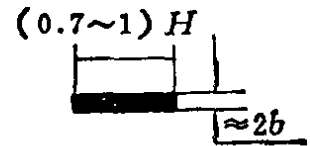


图 5-4



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5-4: 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, 短划上的指引线与框格的另一端相连 (图5-5)。

7) 基准目标的代号如图 5-6 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 (直径或边长 \times 边长), 如图中的 I 和 II; 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。

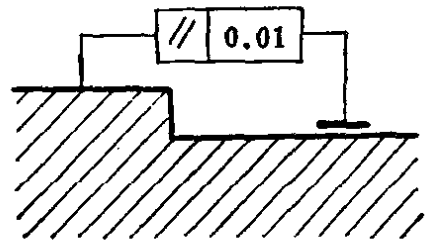


图 5-5

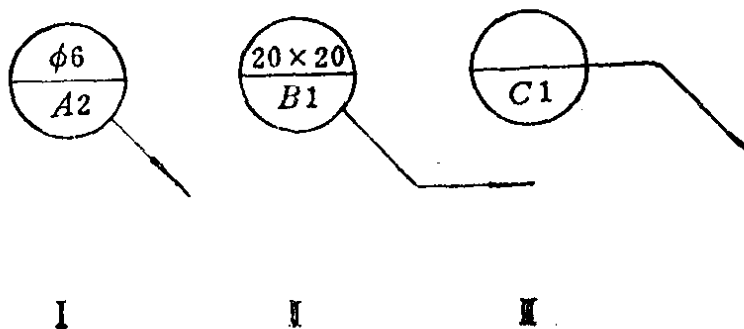


图 5-6

8) 图样上所注形位公差的数量适用于箭头所指的被测要素的整个表面或全长。如果被测范围(或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 5-7)。

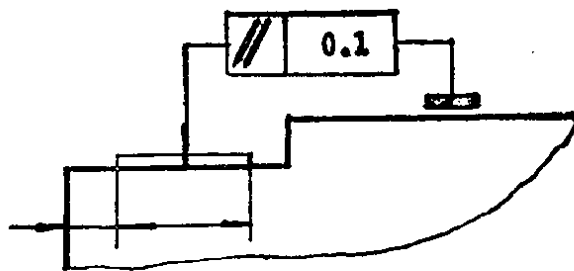


图 5-7

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 5-8 所示。



注: □表示每边为500的正方形

图 5-8

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 5-9)。

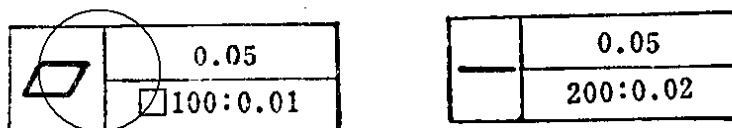


图 5-9

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或圆柱时, 应在公差数值前加注符号“ ϕ ”; 当给定的公差带为圆球时, 应在公差数值前加注“球 ϕ ”(图 5-10)。



图 5-10

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5-15。

表 5-15

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	
(∇)	若被测要素有误差,则只许按符号的(小端)方向逐渐减小	

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M(图5-11):

- ①与被测要素相关时,在公差值之后加注M;
- ②与基准要素相关时,在基准字母之后加注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M。



图 5-11

2. 形位公差表

表 5-16. 直线度、平面度公差

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

表 5-17

圆度、圆柱度公差

公称尺寸 (毫米)	公差等级												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 (微米)												
≤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	39	62
>50~80	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	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	150

表 5-18 平行度、垂直度、倾斜度公差

公称尺寸 (毫米)	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差值 (微米)											
≤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
>16~25	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
>1000~1500	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 5-19

同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差

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

3. 未注形位公差的规定 (GB 1184-80)

当图纸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5-20选用;
- (2) 同轴度和对称度的未注公差值按表5-21选用;
- (3) 圆度公差值为尺寸公差值的一半;
- (4) 对于标有符号E的圆柱表面, 其圆柱度公差值为尺寸公差值的一半;
- (5) 对于标有符号E的平行要素, 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) 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。

表 5-20

公称尺寸 (毫米)	公差等级			
	A	B	C	D
	公差值(微米)			
≤10	12	20	30	60
>10~16	15	25	40	80
>16~25	20	30	50	100
>25~40	25	40	60	120
>40~63	30	50	80	150
>63~100	40	60	100	200
>100~160	50	80	120	250
>160~250	60	100	150	300
>250~400	80	120	200	400
>400~630	100	150	250	500
>630~1000	120	200	300	600
>1000~1600	150	250	400	800
>1600~2500	200	300	500	1000
>2500~4000	250	400	600	1200
>4000~6300	300	500	800	1500
>6300~10000	400	600	1000	2000

表 5-21

公 称 尺 寸 (毫 米)	公 差 等 级			
	A	B	C	D
	公 差 值 (微 米)			
≤ 1	15	25	40	60
$> 1 \sim 3$	20	40	60	120
$> 3 \sim 6$	25	50	80	150
$> 6 \sim 10$	30	60	100	200
$> 10 \sim 18$	40	80	120	250
$> 18 \sim 30$	50	100	150	300
$> 30 \sim 50$	60	120	200	400
$> 50 \sim 120$	80	150	250	500
$> 120 \sim 250$	100	200	300	600
$> 250 \sim 500$	120	250	400	800
$> 500 \sim 800$	150	300	500	1000
$> 800 \sim 1250$	200	400	600	1200
$> 1250 \sim 2000$	250	500	800	1500
$> 2000 \sim 3150$	300	600	1000	2000
$> 3150 \sim 5000$	400	800	1200	2500
$> 5000 \sim 8000$	500	1000	1500	3000
$> 8000 \sim 10000$	600	1200	2000	4000

四、表面光洁度

所谓表面光洁度就是表面光亮平滑的程度。机器零件不但要求达到一定的精度，而且要求达到一定的表面光洁度。精度要求高的，表面光洁度要求也高；但表面光洁度要求高的，尺寸精度要求不一定高。

1. 表面光洁度的分级(GB1031-68)

国家标准规定，表面光洁度用轮廓的平均算术偏差 R_a 或用不平度平均高度 R_z 来评定，按照这个标准，表面光洁度分为14级，见表5-22。需要细分级时，见表5-23。

表 5-22 表面光洁度分级

表面光洁度级别	轮廓的平均算术偏差值 R_a (微米)	不平度平均高度值 R_z (微米)	基本长度 l (毫米)
▽1 ▽2 ▽3	>40~80 >20~40 >10~20	>160~320 >80~160 >40~80	8
▽4 ▽5	>5~10 >2.5~5	>20~40 >10~20	2.5
▽6 ▽7 ▽8	>1.25~2.5 >0.63~1.25 >0.32~0.63	>6.3~10 >3.2~6.3 >1.6~3.2	0.8
▽9 ▽10 ▽11 ▽12	>0.16~0.32 >0.08~0.16 >0.04~0.08 >0.02~0.04	>0.8~1.6 >0.4~0.8 >0.2~0.4 >0.1~0.2	0.25
▽13 ▽14	>0.01~0.02 ≥0.01	>0.05~0.1 ≥0.05	0.08

表 5-23

表面光洁度细分级

表面光洁度 细分级别	轮廓的平均算术偏差值 R_a (微米)	不平度平均高度值 R_z (微米)
▽9a	>0.25~0.32	>1.25~1.6
▽9b	>0.20~0.25	>1.0~1.25
▽9c	>0.16~0.20	>0.8~1.0
▽10a	>0.125~0.16	>0.63~0.8
▽10b	>0.1~0.125	>0.5~0.63
▽10c	>0.08~0.1	>0.4~0.5
▽11a	>0.063~0.08	>0.32~0.4
▽11b	>0.05~0.063	>0.25~0.32
▽11c	>0.04~0.05	>0.2~0.25
▽12a	>0.032~0.04	>0.16~0.2
▽12b	>0.025~0.032	>0.125~0.16
▽12c	>0.02~0.025	>0.1~0.125
▽13a	>0.016~0.02	>0.08~0.1
▽13b	>0.0125~0.016	>0.063~0.08
▽13c	>0.01~0.0125	>0.05~0.063
▽14a	>0.008~0.01	>0.04~0.05
▽14b	>0.0063~0.008	>0.032~0.04
▽14c	≥0.0063	≥0.032

实际上,在检查工件的表面光洁度时,并不用上述的方法来评定,而是用光洁度标准块与工件的表面光洁度相比较,来确定表面光洁度的等级。光洁度标准块按车、铣、刨、磨、钳等分为很多种,检查时,应根据工件表面的加工方法,选用相应的标准块。

2. 表面光洁度的应用举例

表 5-24

光洁度等级	符 号	应 用 举 例
5	▽5	齿轮的不工作面； 活塞裙部的内表面
6	▽6	齿轮毅的端面； 齿圈的外表面
7	▽7	气缸盖的支持平面； 直尺（检测工具）的支持平面
8	▽8	光杠的工作表面； 曲轴的轴承座
9	▽9	活塞销孔； 顶针的工作面
10	▽10	高速发动机凸轮轴的轴颈； 气门的工作面
11	▽11	活塞销外径； 气缸的内表面； 滚动轴承的滚珠
12	▽12	供 4 级和 5 级精度用的界限量规的测量面
13	▽13	高精度仪器和量规的测量面
14	▽14	块规的测量面

3. 各种表面光洁度所用的钳工方法

表 5-25

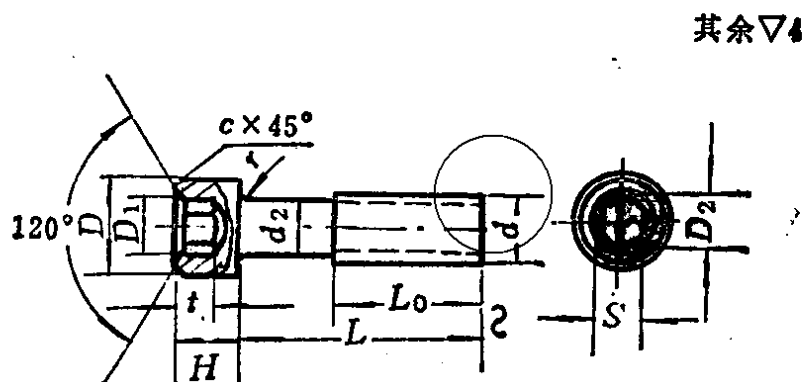
序号	表面的名称和 光洁度代号	表面的特征	所采用的钳工方法
1	不加工表面 S	不经过加工，但 表面平坦	—
2	极粗面 ~	加工痕迹极粗糙	尖錾和扁錾錾削
3	粗糙面 ▽1~3	加工痕迹粗糙	粗锉锉削； 麻花钻钻孔
4	半光面 ▽4~6	加工痕迹不明显	细锉锉削； 麻花钻钻孔和铰孔
5	光面 ▽7~9	表面光洁，用肉 眼看不出加工痕迹	最细锉锉削； 研磨；刮削； 麻花钻钻孔，并用两把铰刀铰 孔——粗铰和精铰
6	极光面 ▽10级以上	高度光洁，用显 微镜方可看见细纹	用最细锉加滑油进行锉削； 用砂纸加滑油打磨；刮削； 用研磨膏进行研磨

第六章 机械零件和传动机构

一、联接零件

1. 螺钉

(1) 圆柱头内六角螺钉(GB70-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长40毫米，材料为35钢，热处理硬度HRC28~38，表面氧化的圆柱头内六角螺钉：

螺钉 M10×40 GB70-76

细牙普通螺纹，直径10毫米，螺距1毫米，长40毫米的圆柱头内六角螺钉：

螺钉 M10××40 GB70-76

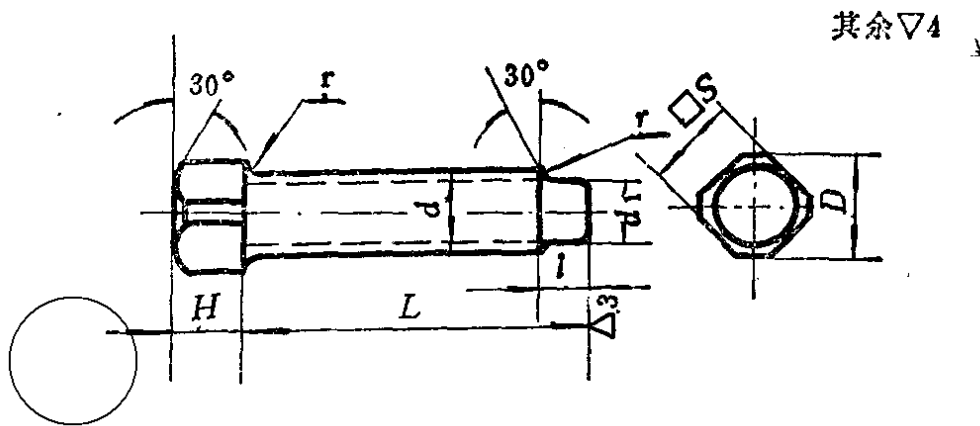
表 6-1

(毫米)

d	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	
D	7	8.5	10	12.5	15	18	24	30	36	42	
H	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	
S	3	4	5	6	8	10	12	14	17	19	
t	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	
d	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	
$r \leq$	0.4			0.5		0.6		0.8		1	
D_2	3.5	4.6	5.8	6.9	9.2	11.5	13.8	16.2	19.6	22	
D_1	4	5	6.3	7.5	9.8	12	14.5	17	20.5	24	
c	0.3			0.5		0.5		1			
L 范围	最小	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
	最大	40	50	60	80	100	120	160	200	200	200

注: L 尺寸: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200。

(2) 方头圆柱端紧定螺钉(GB85-76)



标记示例: 粗牙普通螺纹, 直径10毫米, 长30毫米, 材料为35钢, 热处理硬度HRC28~38, 表面氧化的方头圆柱端紧定螺钉;

螺钉 M10×30 GB85-76

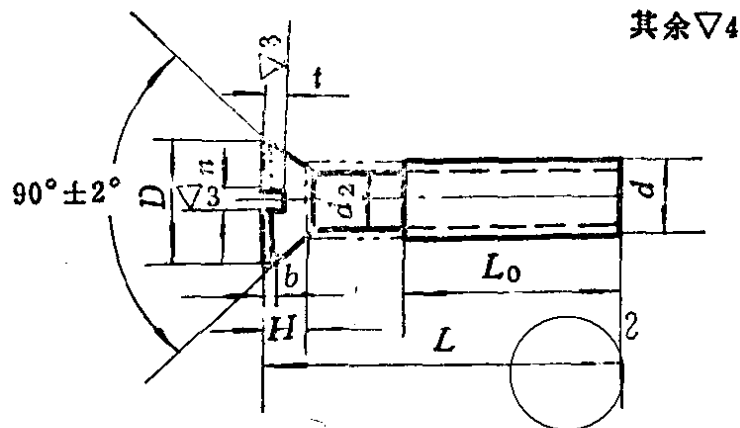
表 6-2

(毫米)

d	6	8	10	12	16	20	
S	6	8	10	12	17	22	
H	6	7	8	10	14	18	
d_1	4.5	6	7	9	12	15	
$r \leq$	0.4		0.5	0.6		0.8	
$D \geq$	7.6	9.6	12.6	15.6	21.5	27.5	
l	4	5	6	7	8	10	
L 范围	最小	12	16	20	25	30	40
	最大	30	40	50	60	80	100

注： L 尺寸：12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100。

(3) 沉头螺钉(GB68-76)



其余∇4

标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长30毫米，材料为A3，不经热处理及表面处理的沉头螺钉：

螺钉 M10×30 GB 68-76

直径10毫米，长80毫米，钉杆上全部制出螺纹时，应加标记Q：

螺钉 M10×80-Q GB 68-76

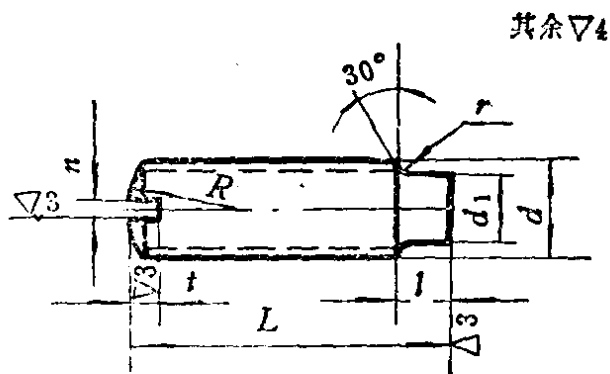
表 6-3

(毫米)

d	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
D	3.2	4	5	6	7.5	9	11	15	18	22
n	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3
t	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2	1.5	2	2.5	2.5
$b \leq$	0.2			0.25		0.5			0.8	
H	1	1.2	1.4	1.7	2	2.5	3	4	4.8	5.8
L 范围	最小	4	5	6	6	8	10	12	16	—
	最大	12	20	30	40	50	50	50	60	—

注: L 尺寸: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60。

(4) 圆柱端紧定螺钉(GB75-76)



标记示例: 粗牙普通螺纹, 直径10毫米, 长30毫米, 材料为35钢, 热处理硬度HRC28~38, 表面氧化的圆柱端紧定螺钉:

螺钉 M10×30 GB75-76

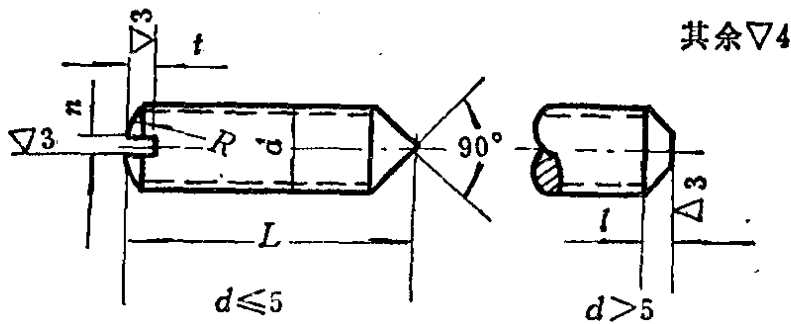
表 6-4

(毫米)

d	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	
d_1	1.4	1.7	2	2.5	3	4.5	6	7	9	
n	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	1.2	1.5	2	
t	0.9	1.1	1.2	1.4	1.8	2	2.5	3	3.5	
$r \leq$	0.2		0.3			0.4		0.5	0.6	
R	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	
l	1.5	2	2.5	3		4	5	6	7	
L 范围	最小	4	—	5	6	8	10	12	16	20
	最大	6	—	12	16	16	20	25	30	40

注： L 尺寸：4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40。

(5) 锥端紧定螺钉(GB71-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长30毫米，材料为35钢，热处理HRC28~38，表面氧化的锥端紧定螺钉：

螺钉 M10×30 GB71-76

表 6-5

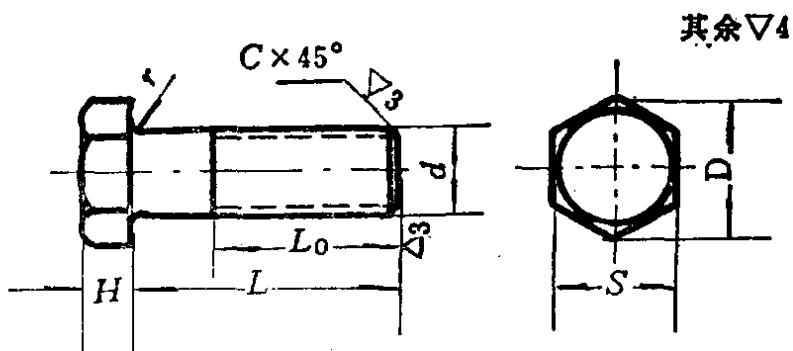
(毫米)

d	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	
n	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	1.2	1.5	2	2	
t	0.9	1.1	1.2	1.4	1.8	2	2.5	3	3.5	4.5	
R	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	
l	—					2.5	3	3.5	4	5	
L 范围	最小	4	—	5	6	8	10	12	16	20	—
	最大	8	—	12	16	20	20	25	30	40	—

注： L 尺寸：4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40。

2. 螺栓

(1) 六角头螺栓(GB30-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长100毫米，机械性能按5.9级，不经表面处理的六角头螺栓：

螺栓 M10×100 GB30-76

直径6毫米，长60毫米，螺杆上全部制出螺纹时，应加标记Q：

螺栓 M6×60-Q GB30-76

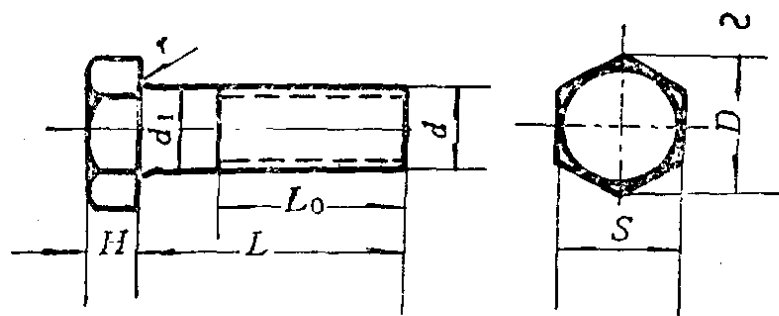
表 6-6

(毫米)

d	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30
S	7	8	10	14	17	19	24	30	36	46
H	2.8	3.5	4	5.5	7	8	10	13	15	19
$r \leq$	0.3		0.4			0.6		1		
D	8.1	9.2	11.5	16.2	19.6	21.9	27.7	34.6	41.6	53.1
L 范围	最小	9.2	—	—	16	20	25	30	40	50
	最大	—	—	—	80	100	120	160	180	200

注： L 尺寸：16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200。

(2) 六角头螺栓(粗制)(GB5-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长100毫米，机械性能按5.9级，不经表面处理的六角头螺栓：

螺栓 M10×100 GB5-76

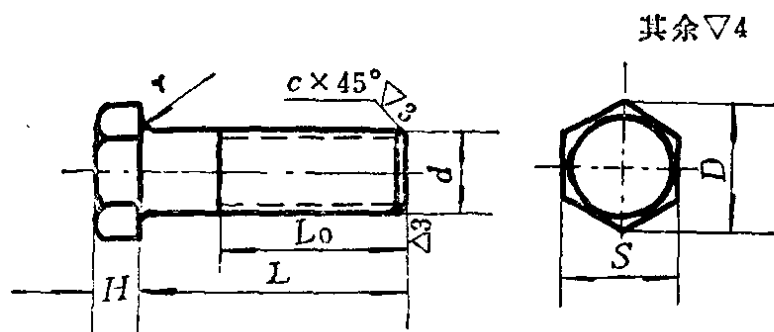
表 6-7

(毫米)

d	10	12	16	20	24	30
S	17	19	24	30	36	46
H	7	8	10	13	15	19
d_1	10	12	16	20	24	30
$r \leq$	0.5	0.8	1	1.5		
D	19.6	21.9	27.7	34.6	41.6	53.1
L 范围	最小	—	—	—	60	60
	最大	—	—	—	200	200

注： L 尺寸：60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 240, 300。

(3) 小六角头螺栓(GB21-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长100毫米，机械性能按5.9级，不经表面处理的小六角螺栓：

螺栓 M10×100 GB21-76

螺杆上全部制出螺纹时，应加标记Q：

螺栓 M10×100-Q GB21-76

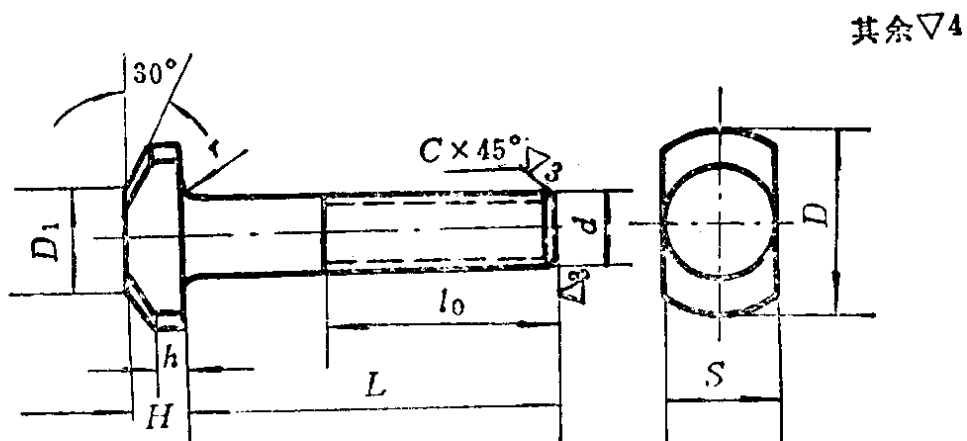
表 6-8

(毫米)

d	8	10	12	16	20	24	30
S	12	14	17	22	27	32	41
H	5	6	7	9	11	13	17
$r \leq$	0.4	0.4	0.6	0.6	1	1	1
D	13.8	16.2	19.6	25.4	31.2	36.9	47.3
L 范围	最小	12	16	20	25	30	40
	最大	80	80	100	120	160	200

注：L 尺寸：12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200。

(4) T形槽螺栓(GB37-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，长100毫米，材料为35钢，热处理硬度HRC33~40，表面氧化的T形槽用螺栓：

螺栓 M10×100 GB37-76

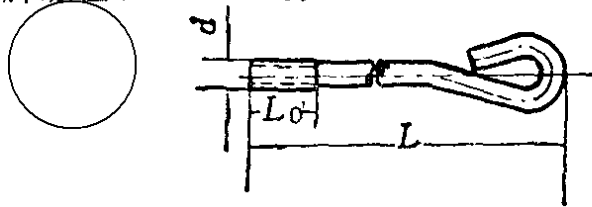
表 6-9

(毫米)

d	5	6	8	10	12	16	20	24	30
T形槽宽	6	8	10	12	14	18	22	28	36
S	9	12	14	18	22	28	34	44	57
H	4	5	6	7	9	12	14	16	20
$r \leq$	0.4			0.6			1		
D	12	16	20	25	30	38	46	58	75
h	2.8	3.4	4.1	4.8	6.5	9	10.4	11.8	14.5
L_0	14	16	20	25	30	40	50	60	70
L范围	最大	—	30	30	40	50	70	120	—
	最小	—	80	80	100	120	160	200	—

注: L 尺寸: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200。

(5) 地脚螺栓(GB799-76)



标记示例: 粗牙普通螺纹、直径20毫米、长400毫米、材料为A₃、不经热处理及表面处理的地脚螺栓:

螺栓 M20×400 GB799-76

表 6-10

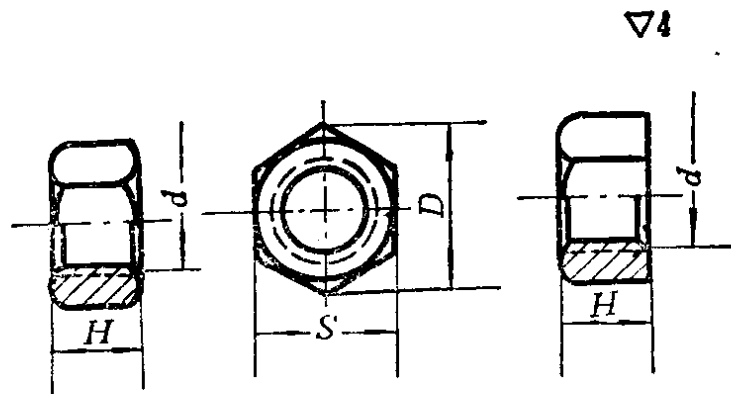
(毫米)

公称直径 d (毫米)	螺栓全长 L (毫米)	螺纹长度 L_0 (毫米)	公称直径 d (毫米)	螺栓全长 L (毫米)	螺纹长度 L_0 (毫米)
6	80~160	24	24	300~800	70
8	120~220	28	30	400~1000	80
10	160~300	32	36	500~1000	100
12	160~400	36	42	630~1250	120
16	220~500	57	48	630~1500	140
20	300~630	65			

注: L 尺寸: 80, 120, 160, 220, 300, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1500。

3. 螺母

(1) 六角螺母(GB52-76)



允许制成这种形式

标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，机械性能按5级，不经表面处理的六角螺母：

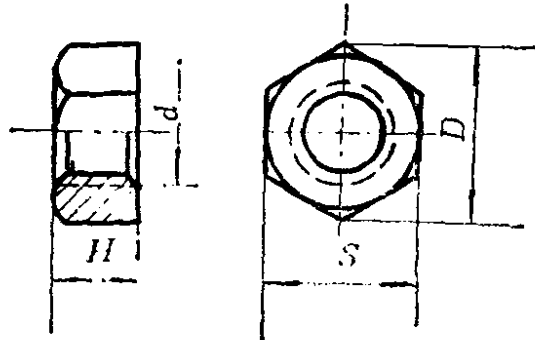
螺母 M10 GB52-76

表 6-11

(毫米)

d	S	H	D
4	7	3.2	8.1
5	8	4	9.2
6	10	5	11.5
8	14	6	16.2
10	17	8	19.6
12	19	10	21.9
16	24	13	27.7
20	30	16	34.6
24	36	19	41.6
30	46	24	53.1

(2) 六角螺母 (粗制) (GB41-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，机械性能按5级，不经表面处理的六角螺母：

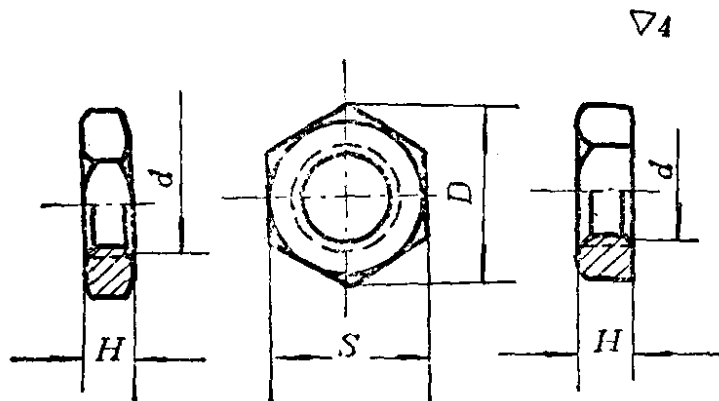
螺母 M10 GB41-76

表 6-12

(毫米)

d	S	H		D
6	10	5	○	11.5
8	14	6		16.2
10	17	8		19.6
12	19	10		21.9
16	24	13		27.7
20	30	16		34.6
24	36	19		41.6
30	46	24		53.1

(3) 六角扁螺母 (GB54-76)



允许制成这种型式

标记示例：粗牙普通螺纹，直径 10 毫米，材料为 A3，不经热处理及表面处理的六角扁螺母：

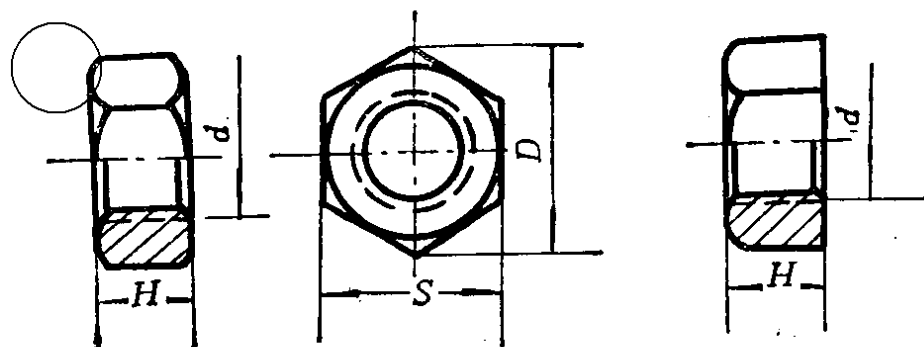
螺母 M10 GB54-76

表 6-13

(毫米)

d	S	H	D
2	4	1.2	4.6
2.5	5	1.5	5.8
3	5.5	2	6.3
4	7	2.5	8.1
5	8	3	9.2
6	10	4	11.5
8	14	5	16.2
10	17	6	19.6
12	19	7	21.9
16	24	8	27.7
20	30	9	34.6
24	36	10	41.6
30	46	12	53.1

(4) 小六角螺母(GB51-76)



允许制成这种型式

标记示例：粗牙普通径纹，直径10毫米，机械性能按5级，不经表面
处理的小六角螺母：

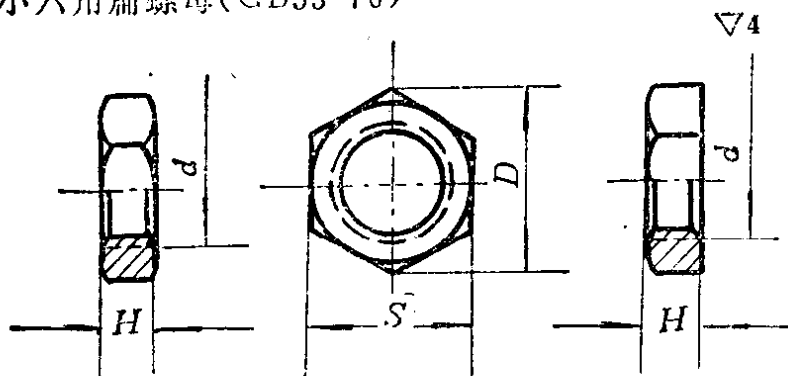
螺母 M10 GB51-76

表 6-14

(毫米)

d	S	H	D
8	12	6	13.8
10	14	8	16.2
12	17	10	19.6
16	22	13	25.4
20	27	16	31.2
24	32	19	36.9
30	41	24	47.3

(5) 小六角扁螺母(GB53-76)



允许制成这种型式

标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，材料为A3，不经热处理及
表面处理的小六角扁螺母：

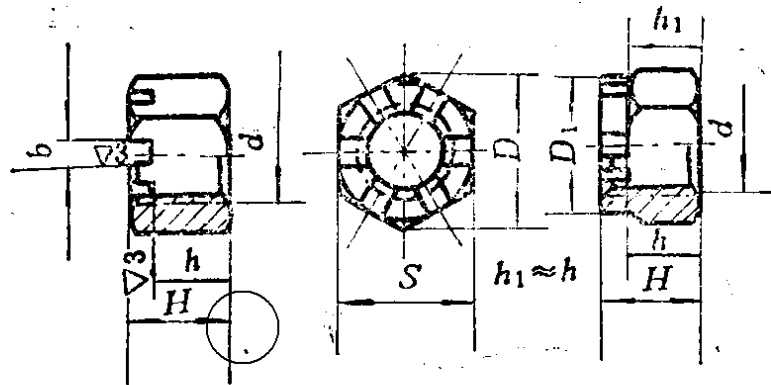
螺母 M10 GB53-76

表 6-15

(毫米)

d	S	H	D
8	12	5	13.8
10	14	6	16.2
12	17	7	19.6
16	22	8	25.4
20	27	9	31.2
24	32	10	36.9
30	41	12	47.3

(6) 六角槽形螺母(GB58-76)

其余 $\nabla 4$ 

允许制成这种型式

标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，机械性能按5级，不经表处理的六角槽形螺母：

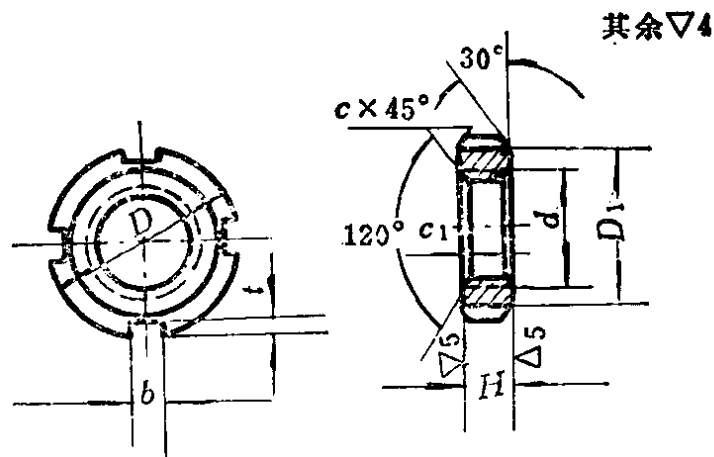
螺母 M10 GB58-76

表 6-16

(毫米)

d	S	H	b	h	D_1	D	开口销 GB91-76 (推荐)
6	10	7.5	2	5	—	11.5	1.5×15
8	14	9	2.5	5.5	—	16.2	2×20
10	17	11	3	7	—	19.6	2.5×25
12	19	14	3.5	10	18	21.9	3×30
16	24	18	5	12	22	27.7	4×35
20	30	22	5	16	28	34.6	4×40
24	36	26	7	18	34	41.6	5×45
30	46	32	8	21	42	53.1	6×60

(7) 圆螺母(GB812-76)



标记示例：细牙普通螺纹，直径16毫米、螺距1.5毫米，材料为45钢，应全部热处理，硬度HRC35~45，表面氧化的圆螺母；

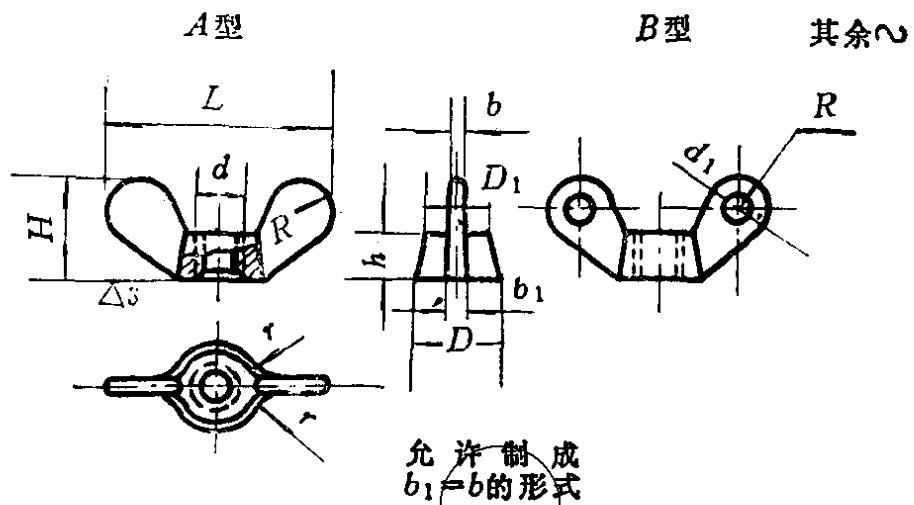
螺母 M16×1.5 GB812-76

表 6-17

(毫米)

d	D	D_1	H	b	t	c	c_1
M10×1	22	16	8	4	2	0.5	0.5
M12×1.25	25	19					
M14×1.5	28	20					
M16×1.5	30	22		5	2.5		
M18×1.5	32	24					
M20×1.5	35	27					
M22×1.5	38	30	10				

(8) 蝶形螺母(GB62-76)



标记示例：粗牙普通螺纹，直径10毫米，材料为A3，不经热处理及表面处理，按A型制造的蝶形螺母：

螺母 M10 GB62-76

按B型制造时应加标记B：

螺母 BM10 GB62-76

表 6-18

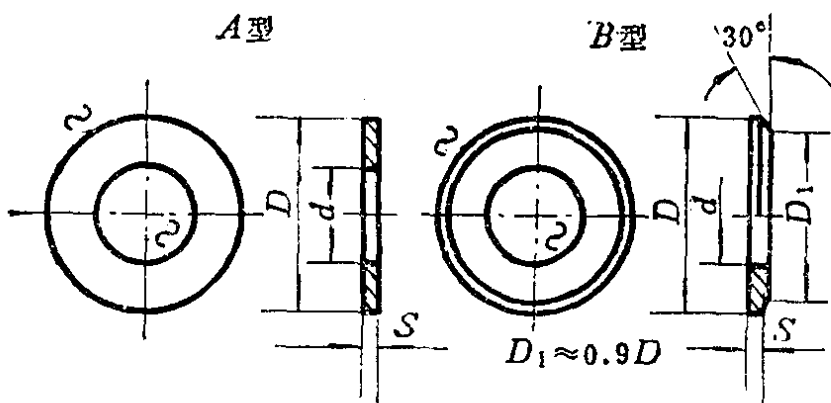
(毫米)

d	D	D_1	L	H	h	b	b_1	d_1	R	r
M3	7	6	20	8	3.5	1.25	1.5	3	3	2
M4	8	7	24	10	4	1.5	2	4	3.5	2.5
M5	10	8	23	12	5	2	2.5		4.5	3
M6	12	10	32	14	6	2.5	3	5	5	3.5
M8	15	13	40	18	8	3	3.5	6	6	4
M10	18	15	48	22	10	3.5	4	7	7	5
M12	22	19	58	27	12	4	5	8	8.5	6
M16	30	26	72	32	14	6	7	10	10	8

4. 垫圈

(1) 垫圈 (精制) (GB97-76)

其余▽4



标记示例：公称直径 10 毫米，材料为 A3，不经表面处理，按 A 型制造的垫圈：

垫圈 10 GB97-76

按 B 型制造时应加标记 B：

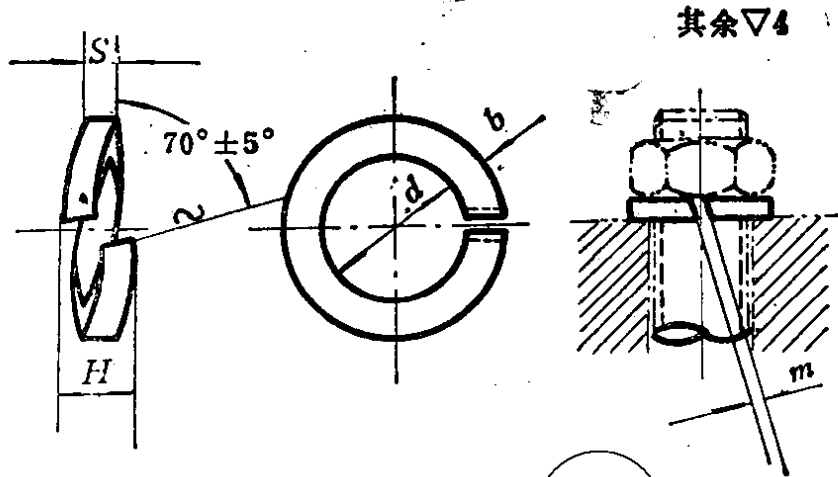
垫圈 B10 GB97-76

表 6-19

(毫米)

公称直径 (螺纹直径)	d	D	S
2	2.2	5	0.3
2.5	2.7	6.5	0.5
3	3.2	7	
4	4.3	9	0.8
5	5.3	10	
6	6.4	12.5	1.5
8	8.4	17	
10	10.5	21	2
12	13	24	
16	17	30	3
20	21	37	
24	25	44	4
30	31	56	

(2) 弹簧垫圈(GB93-76)



标记示例:公称直径16毫米,材料为65Mn,热处理硬度HRC44~52,表面氧化的弹簧垫圈:

垫圈 16 GB93-76

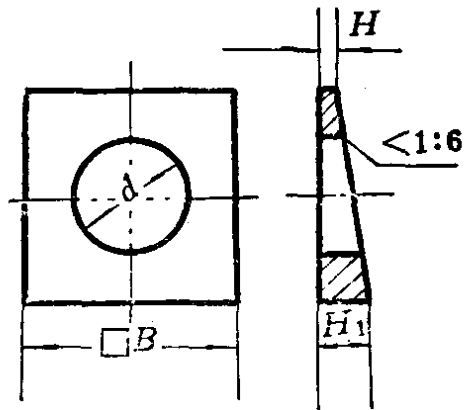
表 6-20

(毫米)

公称直径 (螺纹直径)	d	$S(b)$	H	$m \leq$
2	2.1	0.6	1.2	0.4
2.5	2.6	0.8	1.6	
3	3.1	1	2	0.5
4	4.1	1.2	2.4	0.6
5	5.1	1.6	3.2	0.8
6	6.2	2	4	1
8	8.2	2.5	5	1.2
10	10.2	3	6	1.5
12	12.3	3.5	7	1.7
16	16.3	4	8	2
20	20.5	5	10	2.5
24	24.5	6	12	3
30	30.5	6.5	13	3.2

注:表内 m 数值应为 >0 的正值。

(3) 工字钢用方斜垫圈(粗制)(GB852-76)



标记示例：公称直径为 16 毫米，材料为 A3，不经热处理的工字钢用方斜垫圈：

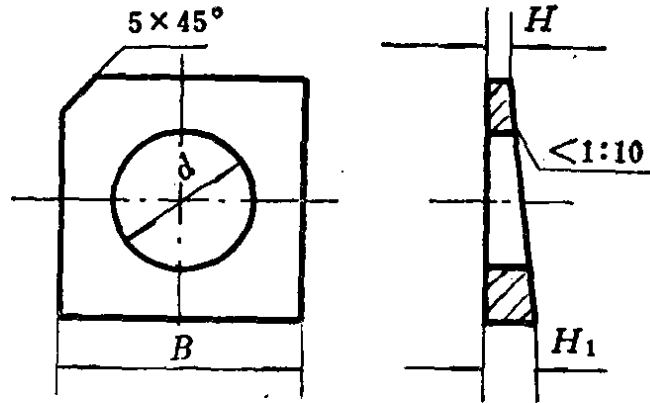
垫圈 16 GB852-76

表 6-21

(毫米)

公称直径 (螺纹直径)	d	B	H	H_1
6	6.6	16	2	4.7
8	9	18		5
10	11	22		5.7
12	14	23		6.7
16	18	35		7.7
20	22	40	3	9.7
24	26	50		11.3
30	33	60		13
36	39	70		14.7

(4) 槽钢用方斜垫圈(粗制)(GB853-76)



标记示例：公称直径为 16 毫米，材料为 A3，不经表面处理的槽钢用方斜垫圈

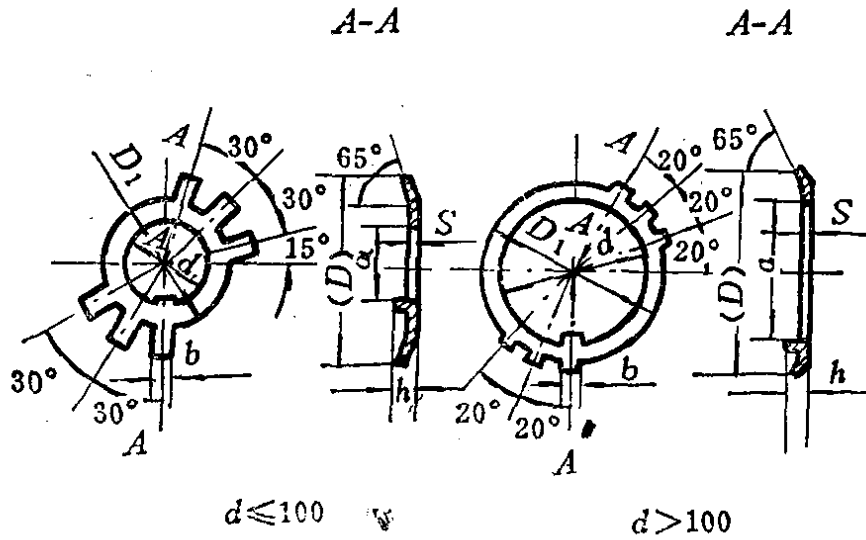
垫圈 16 GB853-76

表 6-22

(毫米)

公称直径 (螺纹直径)	d	B	H	H_1
6	6.6	16	2	3.6
8	9	13		3.8
10	11	22		4.2
12	14	28		4.8
16	18	35		5.4
20	22	40		3
24	26	50	8	
30	33	60	9	
36	39	70	10	

(5) 圆螺母用止动垫圈(GB858-76)



标记示例：公称直径M16×1.5，材料为A3，经退火，表面氧化的圆螺母用止动垫圈：

垫圈 16 GB858-76

表 6-23

(毫米)

公称直径 (螺纹直径)	d	(D)	D_1	S	h	b	a
10	10.5	25	16	1	3	3.8	8
12	13	28	19				9
14	15	32	20				11
16	17	34	22		4	4.8	13
18	19	35	24				15
20	21	38	27				17
22	23	42	30				19
24	25	45	34				21
25	26						22
27	28	48	37				5
30	31	52	40	27			

(续)

公称直螺 (螺纹直径)	d	(D)	D_1	S	h	b	a		
33	34	56	43	1.5	5	5.7	30		
35*	36						32		
36	37	60	46				33		
39	40	62	49				36		
40*	41						37		
42	43	66	53				39		
45	46	72	59				42		
48	50	76	61				45		
50*	52	76	61				47		
52	54	82	67				6	7.7	49
55*	57				52				
56	58	90	74		53				
60	62	94	79		57				
64	66	100	84		61				
65*	67				62				
68	70	105	88		65				
72	74	110	93		7	9.6			69
75*	77								71
76	78	115	98						72
80	82	120	103				76		
85	87	125	108	81					
90	93	130	112	86					
95	98	135	117	11.6			91		
100	104	140	122				96		

注：* 仅用于滚动轴承锁紧装置。

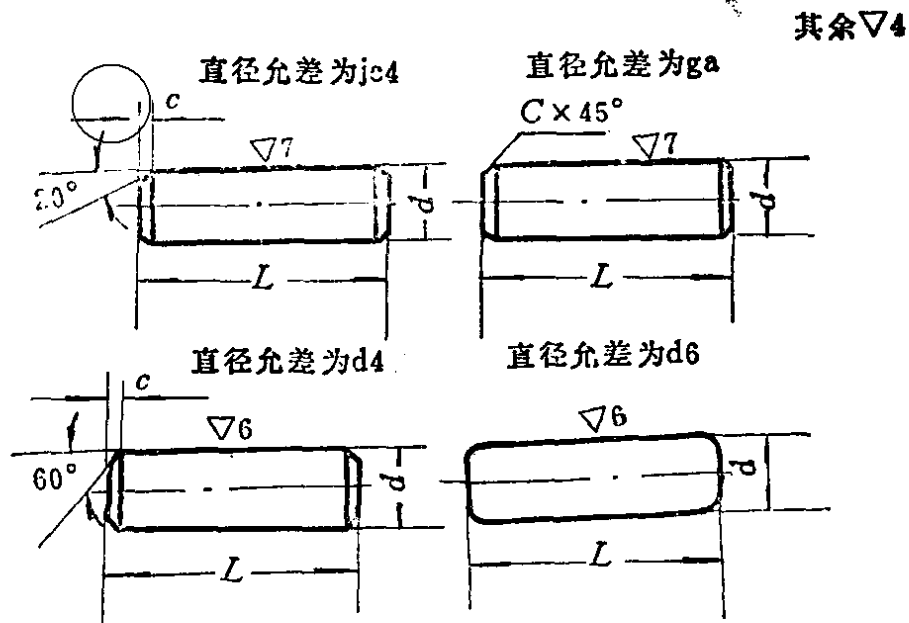
1. 材料：A2、A3、B2、B3 (GB700-65)，同种材料可以通用。

2. 热处理和表面处理：回火、发蓝（发黑）。



5. 销

(1) 圆柱销(GB119-76)



标记示例：直径10毫米，长100毫米，直径允差为d4，材料为35钢，热处理硬度HRC28~38，不经表面处理的圆柱销：

销 10×100 GB119-76

表 6-24

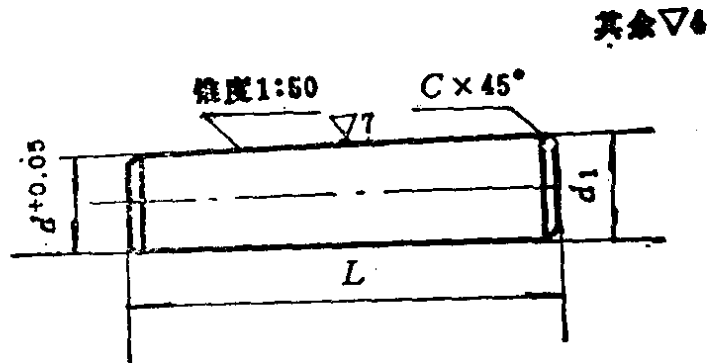
(毫米)

d		11.5	22.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
c		0.3	0.5			1		1.5		3				
L 范围	最小	5	8	10	12	12	16	16	18	20	25	30	35	60
	最大	16	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	200

注：1. L 尺寸：5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200。

2. d 按 jc4 或 ga 或 d6 制造时，应加标记 jc4 或 ga 或 d6。例如：销 10jc4×100 GB119-76。

(2) 圆锥销(GB117-76)



$$d_1 = d + \frac{L - 2c}{50}$$

标记示例：直径 10 毫米，长 100 毫米，材料为 35 钢，热处理硬度 HRC28~38，不经表面处理的圆锥销：

销 10×100 GB117-76

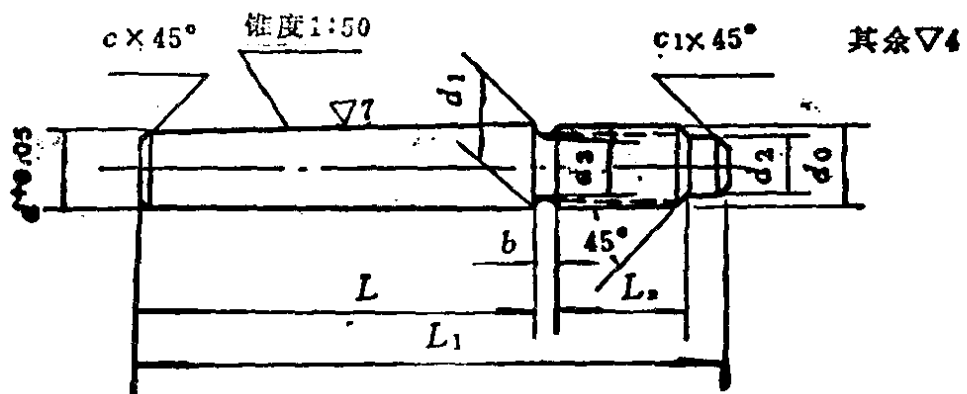
表 6-25

(毫米)

d	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	
c	0.3		0.5			1			1.5			3				
L 范围	最小	5	—	8	—	12	16	20	25	30	35	35	40	50	60	60
	最大	16	—	30	—	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	200

注： L 尺寸：5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200。

(3) 螺尾锥销(GB881-76)



$$d_1 = d + \frac{L - c}{50}$$

标记示例：直径10毫米，锥端长50毫米，总长 (L_1)68 毫米，材料为15钢，热处理硬度HRC28~38，不经表面处理的螺尾锥销：

销 10×50 GB881-76

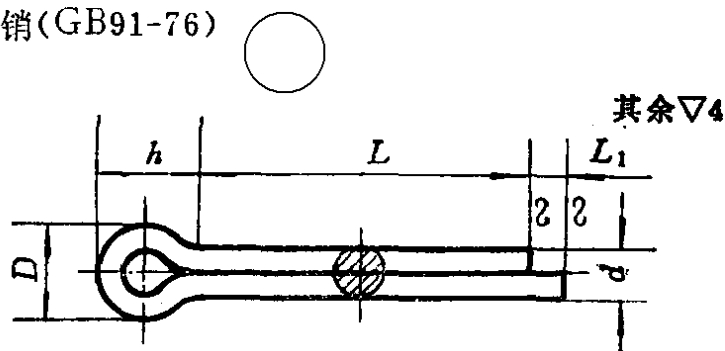
表 6-26

(毫米)

d	d ₀	d ₂ 或d ₃	L ₀	L ₁	b	c	c ₁	L 范围	
								最小	最大
3	M3	2.2	5	L+8	1	0.5	0.5	—	—
4	M4	2.8	6	L+10	1.5				
5	M5	3.5	8	L+12					
6	M6	4.5	10	L+15	2	1	20	50	
8	M3	5.5	12	L+18		3	1.5	1	25
10					25				70
12	M10	7.5	16	L+24	4	35			80
16	M12	9	20	L+30	5	3	1.5	40	100
20	M16	12	26	L+38				50	120
25	M20	16	32	L+45	6			60	160
30	M24	20	38	L+52		80	200		

注：L尺寸：12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 150, 160, 180, 200。

(4) 开口销(GB91-76)



标记示例：公称直径3毫米，长度20毫米，材料为低碳钢，不经表面处理的开口销：

开口销 3×20 GB91-76

表 6-27

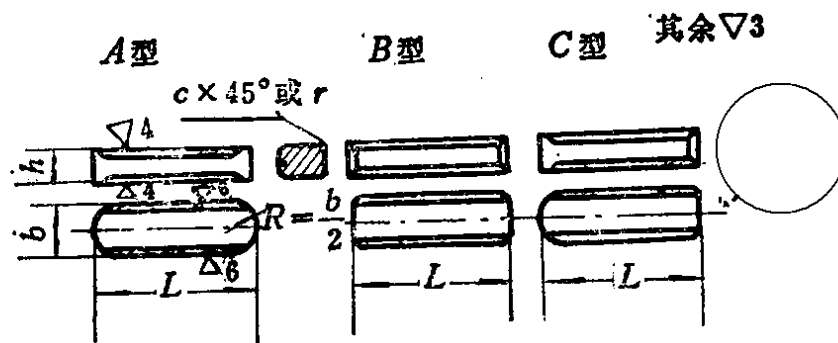
r (毫米)

公称直径(d_0) (销孔直径)	0.6	0.8	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	
d	0.5	0.7	0.9	1.3	1.8	2.2	2.7	3.6	4.6	5.6	7.5	9.5	11.5	
L_1		1	1.5	2	2	3	3	5	5	5	6	6	6	
D	1.1	1.5	1.9	2.8	3.8	4.7	5.7	7.1	9.1	11.1	13.5	17.5	21.5	
h	1.5	2	2.5	3.5	5	6	7.5	9	11.5	14	16	21	25	
L 范围	最小	4	—	6	—	8	—	12	16	20	30	45	60	80
	最大	8	—	25	—	40	—	50	60	70	80	100	120	160

注: L 尺寸: 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160。

6. 键

(1) 普通平键(GB1096-72)



标记示例: 圆头普通平键(A型), $b=18$ 毫米, $h=11$ 毫米, $L=100$ 毫米:

键 18×100 GB1096-72

方头普通平键(B型), $b=18$ 毫米, $h=11$ 毫米, $L=100$ 毫米:

键 B18×100 GB1096-72

单圆头普通平键(C型), $b=18$ 毫米, $h=11$ 毫米, $L=100$ 毫米:

键 C18×100 GB1096-72

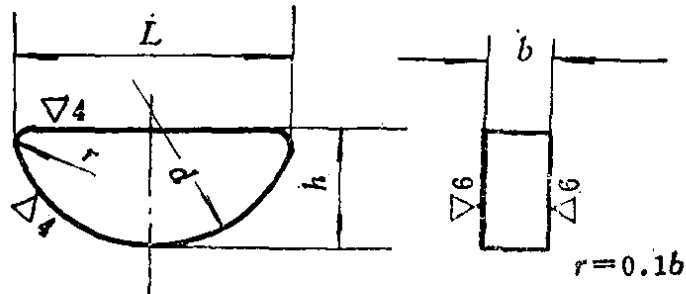
表 6-28

b	h	c 或 r	L
2	2	0.25	6~20
3	3		6~28
4	4		8~35
5	5		10~45
6	6	0.4	14~55
8	7		18~70
10	8		22~90
12	8		28~110
14	9		35~140
16	10	0.6	45~180
18	11		50~200
20	12		55~220
24	14		60~250
28	16	1.0	70~280
32	18		80~315
36	20		90~355
40	22		100~400
45	25		110~450
50	28	1.6	125~500
55	30		140~500
60	32		160~500
70	36		180~500
80	40	2.5	200~500
90	45		220~500
100	50		250~500
110	55		280~500
120	60		315~500

注：键的材料按GB1101-72的规定，或采用抗拉强度不小于60公斤力/毫米²的钢件。

(2) 半圆键(GB1099-72)

其余▽3



标记示例：半圆键 $b=6$ 毫米， $h=10$ 毫米， $d=25$ 毫米， $L=24.5$ 毫米；
键 6×25 GB1099-72

表 6-29

(毫米)

b	h	d	L ≈
1.0	1.4	4	3.8
1.5	2.6	7	6.8
2.0	2.6	7	6.8
	3.7	10	9.7
2.5	3.7	10	9.7
3.0	3.7	10	9.7
	5.0	13	12.6
	6.5	16	15.7
4.0	5.0	13	12.6
	6.5	16	15.7
	7.5	19	18.6
5.0	9.0	22	21.6
	6.5	16	15.7
	7.5	19	18.6
	9.0	22	21.6
	10	25	24.5
6.0	11	28	27.3
	9.0	22	21.6
	10	25	24.5
	11	28	27.3
	13	32	31.4
	15	38	37.1

(续)

b	h	d	L ≈
8.0	10	25	24.5
	11	28	27.3
	13	32	31.4
	15	33	37.1
	16	45	43.1
	17	55	50.8
10	13	32	31.4
	15	38	37.1
	16	45	43.1
	17	55	50.3
	19	65	59.1
	24	80	73.3
12	19	65	59.1
	24	80	73.3

注：键的材料采用抗拉强度不小于60公斤力/毫米²的钢件。

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 6-1 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。

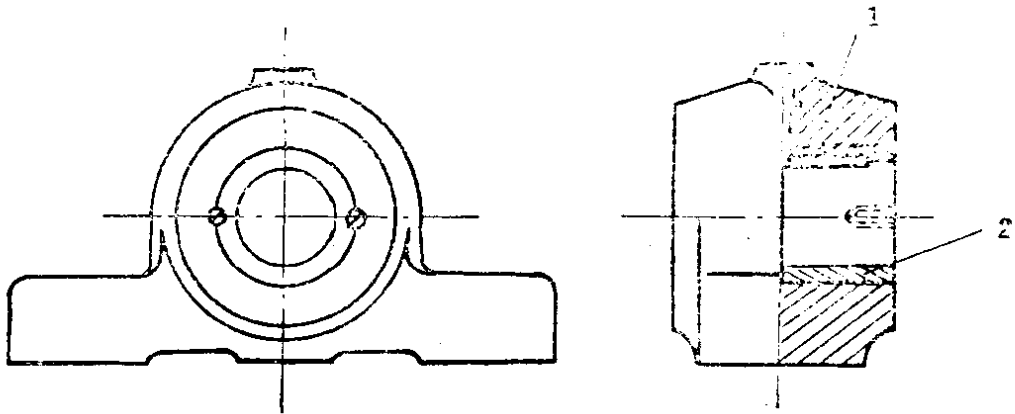


图 6-1 整体式轴承

2) 对开式: 如图 6-2 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

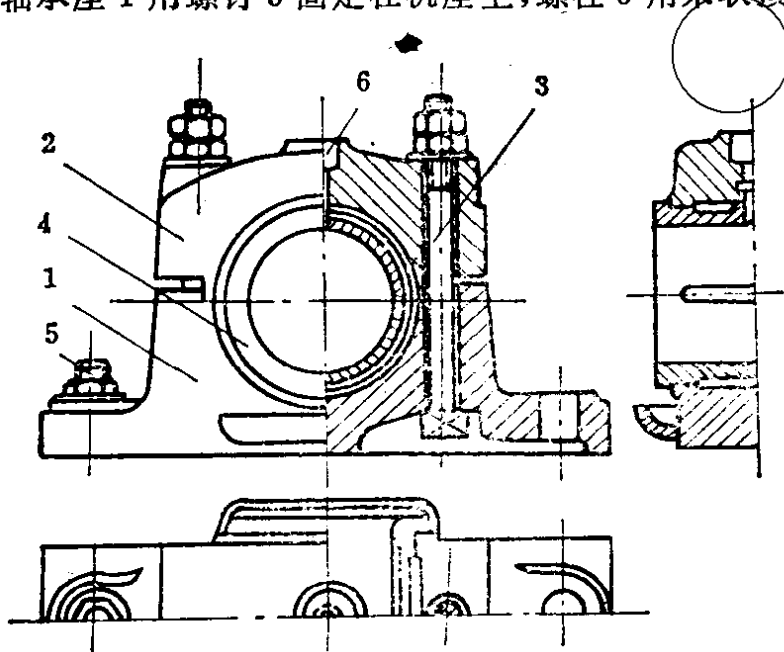


图 6-2 对开式轴承

轴承座。轴承盖上的孔 6 是按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。

3) 可调节式：如图 6-3 所示。该种轴承的轴承衬 1 的内表面是圆柱形，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。

此种轴承常用于磨损较快而需要便于调节间隙的场合，如金属切削机床的主轴轴承等。

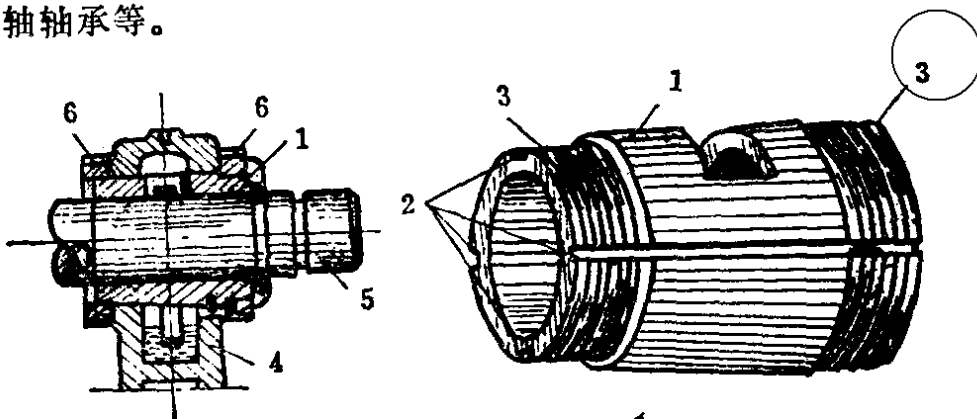


图 6-3 可调节式轴承

(2) 滑动轴承的料材：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、铋、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 $4\sim 5$ 米/秒处；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，功率损耗小；
- 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，大大减化了装配过程，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。

(1) 滚动轴承的分类：滚动轴承按承受载荷的方向可分为：

- 1) 向心轴承——主要承受径向载荷；
- 2) 推力轴承——只承受轴向载荷；
- 3) 向心推力轴承——可同时承受径向和轴向载荷。

按照滚动体的形状可分为：球轴承、滚子轴承和滚针轴承等。

按轴承内滚动体的列数可分为：单列、双列、三列和四列等。

(2) 滚动轴承的代号(GB272-64)

1) 滚动轴承代号的组成：滚动轴承的代号通常由一个汉语拼音字母和七位数字组成，它们表示的意义见表6-30。

表 6-30 滚动轴承代号的组成及表示意义

代号组成	汉语拼音字母	第七位数字	第六位数字	第五位数字	第四位数字	第三位数字	第二位数字	第一位数字
表示意义	精度等级	宽度系列	结构特点		轴承类型	直径系列	轴承内径或衬套内径	

注：代号中数字最左边的0不写。例如：代号0000205，应写成205。

2) 代号中各位数字的表示法：滚动轴承的结构特点用一个数字在第五位上表示，或用两个数字在第五和第六位上表示。

其他各位数字的表示方法见表6-31~6-33。

表 6-31 轴承(或衬套)内径的表示法

第一、二两位数字	00	01	02	03	04~99
内径尺寸(毫米)	10	12	15	17	数字×5=内径尺寸

- 注：1. 装在紧定套上的滚动轴承，其代号中第一、二两位数字表示衬套内径。
 2. 内径小于10毫米的轴承，其内径以第一位数字代表，直径系列则以第二位数字代表，同时在第三位上标记“0”。
 3. 内径 ≥ 500 毫米的，以内径尺寸表示内径代号，标在“/”后。

表 6-32 轴承类型的表示法

第四位数字	轴承类型	第四位数字	轴承类型
0	向心球轴承	5	螺旋滚子轴承
1	向心球面球轴承	6	向心推力球轴承
2	同心短圆柱滚子轴承	7	圆锥滚子轴承
3	向心球面滚子轴承	8	推力球轴承或推力向心球轴承
4	长圆柱滚子轴承或滚针轴承	9	推力滚子轴承或推力向心滚子轴承

表 6-33 轴承尺寸系列(直径系列和宽度系列)的表示法

直径系列(第三位数字)		宽度系列(第七位数字)		尺寸系列
名称	代号	名称	代号	代号举例
超	8	窄	7	7000800
		正常	1	1000800
		宽	2	—
		特宽	3, 4, 5, 6	3007800
轻	9	窄	7	7000900
		正常	1	1000900
		宽	2	2007900
		特宽	3, 4, 5, 6	4074900
特	1	窄	7	7000100
		正常	0	100
		宽	2	2007100
		特宽	3, 4, 5, 6	4074100
轻	7	窄	7	7002700
		正常	1	1007700
		宽	2	2097700
		特宽	3, 4	3003700
轻	2(5)*	特窄	8	—
		窄	0	200
		正常	1	—
		宽	(0)*	3500
中	3(6)*	特宽	3, 4	3056000
		特窄	8	—
		窄	0	300
		正常	1	—
重	4	宽	(0)*	3600
		特宽	3	3056300
		窄	0	400
		宽	2	2086400
不定	7	不定	0	700
	5		0	800
内径非标准	9	—	0	900

注：本表不适用于推力轴承及推力向心轴承，也不适用于内径小于10毫米的轴承。
* 第三位数字用5或6，第七位数字用0，分别表示轻宽或中宽系列。

3) 轴承精度等级的表示法：滚动轴承的精度共分五级：C、D、E、F)、G，标注在七位数字的前面。精度按字母顺序排列，C级最高，G级最低。其中(F)级在新设计中不允许选用，通常G级精度在代号中不标已。

如：E级精度的205轴承标记为E205；

G级精度的205轴承标记为205。

4) 轴承代号的举例：

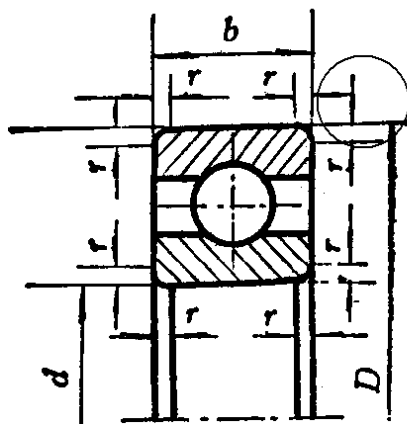
E210——表示单列向心球轴承，轻窄系列，内径为50毫米，E级精度。

7307——表示圆锥滚子轴承，中系列，内径为35毫米。

60210——表示单列向心球轴承，轻窄系列，内径为50毫米，带防尘盖，G级精度。

(3) 常用滚动轴承的基本尺寸

1) 单列向心球轴承(GB276-64)



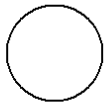
标记示例：滚动轴承 210 GB 276-64

表 6-34

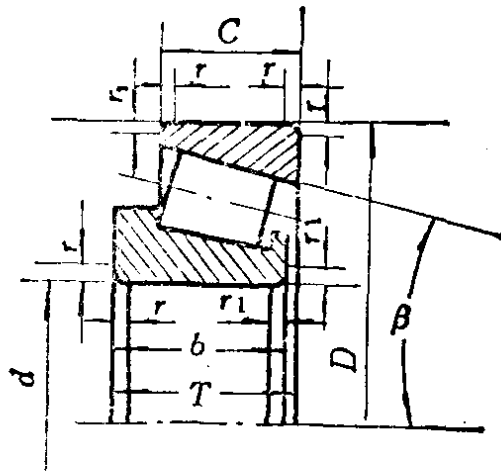
轴承型号	尺 寸 (毫米)				每分钟 极限转数	允许静负荷 (公斤)
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		
轻 (2) 窄 系 列						
200	10	30	9	1	20000	250
201	12	32	10	1	20000	260
202	15	35	11	1	16000	340
203	17	40	12	1	16000	420
204	20	47	14	1.5	13000	600
205	25	52	15	1.5	13000	700
206	30	62	16	1.5	10000	950
207	35	72	17	2	10000	1300
208	40	80	18	2	10000	1700
209	45	85	19	2	8000	1700
210	50	90	20	2	8000	1900
211	55	100	21	2.5	8000	2400
212	60	110	22	2.5	6300	3000
213	65	120	23	2.5	6300	3300
214	70	125	24	2.5	5000	3600
215	75	130	25	2.5	5000	4000
216	80	140	26	3	5000	4200
217	85	150	28	3	4000	5000
218	90	160	30	3	4000	5900
219	95	170	32	3.5	4000	6700
220	100	180	34	3.5	3200	7700
221	105	190	36	3.5	3200	8700
222	110	200	38	3.5	3200	9700
224	120	215	40	3.5	3200	11000

(续)

轴承型号	尺寸 (毫米)				每分钟 极限转数	允许静负荷 (公斤)
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>b</i>	<i>r</i>		
中 (3) 窄 系 列						
300	10	35	11	1	16000	370
301	12	37	12	1.5	16000	450
302	15	42	13	1.5	16000	520
303	17	47	14	1.5	13000	650
304	20	52	15	2	13000	750
305	25	62	17	2	10000	1100
306	30	72	19	2	10000	1400
307	35	80	21	2.5	8000	1700
308	40	90	23	2.5	8000	2100
309	45	100	25	2.5	6300	2500
310	50	110	27	3	6300	3500
311	55	120	29	3	6300	4100
312	60	130	31	3.5	5000	4600
313	65	140	33	3.5	5000	5400
314	70	150	35	3.5	5000	6200
315	75	160	37	3.5	4000	6900
316	80	170	39	3.5	4000	7600
317	85	180	41	4	4000	8700
318	90	190	43	4	3200	9600
319	95	200	45	4	3200	10500
320	100	215	47	4	3200	12500
321	105	225	49	4	2500	14000
322	110	240	50	4	2500	16500
324	120	260	55	4	2500	17500



2)单列圆锥滚子轴承(GB297-64)



标记示例：滚动轴承 7316 GB 297-64

表 6-35

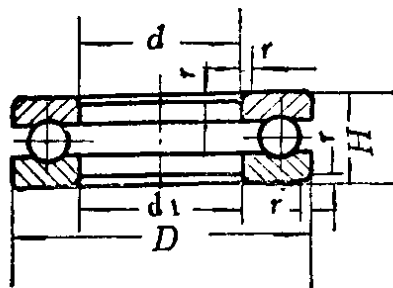
轴承 型号	尺 寸 (毫米)							每分钟 极 限 转 数	允许静 负 荷 (公斤)	
	d	D	b	C	T		r			r ₁
					最大	最小				
轻(2)窄系列 $\beta=12^{\circ}\sim 16^{\circ}$										
7202	15	35	11	10	12	11.5	1	0.3	6300	700
7203	17	40	12	11	13.5	13	1	0.5	6300	1000
7204	20	47	14	12	15.5	15	1.5	0.5	5000	1300
7205	25	52	15	13	16.5	16	1.5	0.5	5000	1600
7206	30	62	16	14	17.5	17	1.5	0.5	5000	2100
7207	35	72	17	15	18.5	18	2	0.8	5000	2500
7208	40	80	18	16	20	19.5	2	0.8	5000	3300
7209	45	85	19	16	21	20.5	2	0.8	5000	3500
7210	50	90	20	17	22	21.5	2	0.8	5000	4000
7211	55	100	21	18	23	22.5	2.5	0.8	4000	4500
7212	60	110	22	19	24	23.5	2.5	0.8	4000	5600
7213	65	120	23	20	25	24.5	2.5	0.8	3200	6300
7214	70	125	24	21	26.5	26	2.5	0.8	3200	7800
7215	75	130	25	22	27.5	27	2.5	0.8	3200	8200
7216	80	140	26	22	28.5	28	3	1	3200	9100
7217	85	150	28	24	31	30	3	1	2500	10500
7218	90	160	30	26	33	32	3	1	2500	12000
7219	95	170	32	27	35	34	3.5	1.2	2000	14000

(续)

轴承 型号	尺寸 (毫米)								每分钟 极限 转数	允许静 负荷 (公斤)
	d	D	b	C	T		r	r ₁		
					最大	最小				
7220	100	180	34	29	37.5	36.5	3.5	1.2	2000	15000
7221	105	190	36	30	39.5	38.5	3.5	1.2	1600	16500
7222	110	200	38	32	41.5	40.5	3.5	1.2	1600	17000
7224	120	215	40	34	44	43	3.5	1.2	1300	22000
中 (3) 窄 系 列										
7302	15	42	13	11	14.5	14	1.5	0.5	5000	1100
7303	17	47	14	12	15.5	15	1.5	0.5	5000	1300
7304	20	52	15	13	16.5	16	2	0.8	5000	1600
7305	25	62	17	15	18.5	18	2	0.8	5000	2100
7306	30	72	19	16	21	20.5	2	0.8	5000	2800
7307	35	80	21	18	23	22.5	2.5	0.8	5000	3400
7308	40	90	23	20	25.5	25	2.5	0.8	4000	4300
7309	45	100	25	22	27.5	27	2.5	0.8	4000	5800
7310	50	110	27	23	29.5	29	3	1	4000	7100
7311	55	120	29	25	32	31	3	1	3200	7500
7312	60	130	31	26	34	33	3.5	1.2	3200	9200
7313	65	140	33	28	36.5	35.5	3.5	1.2	3200	11000
7314	70	150	35	30	38.5	37.5	3.5	1.2	3200	12500
7315	75	160	37	31	40.5	39.5	3.5	1.2	2500	13000
7316	80	170	39	33	43	42	3.5	1.2	2500	15000
7317	85	180	41	34	45	44	4	1.5	2000	17500
7318	90	190	43	36	47	46	4	1.5	2000	17500
7319	95	200	45	38	50	49	4	1.5	1600	21500
7320	100	215	47	39	52	51	4	1.5	1600	24000
7321	105	225	49	41	54	53	4	1.5	1600	25500
7322	110	240	50	42	55	54	4	1.5	1300	26500
7324	120	260	55	46	60	59	4	1.5	1300	32000
7326	130	280	58	49	64.5	63	5	2	1000	35000
7328	140	300	62	53	68.5	67	5	2	1000	40000
7330	150	320	65	55	73	71	5	2	800	44000
7332	160	340	68	58	76	74	5	2	800	49000
7334	170	360	72	62	81	79	5	2	800	55000
7336	180	380	75	64	84	82	5	2	800	60000
7338	190	400	78	65	87	85	6	2.5	800	66000
7340	200	420	80	67	90	88	6	2.5	630	71000

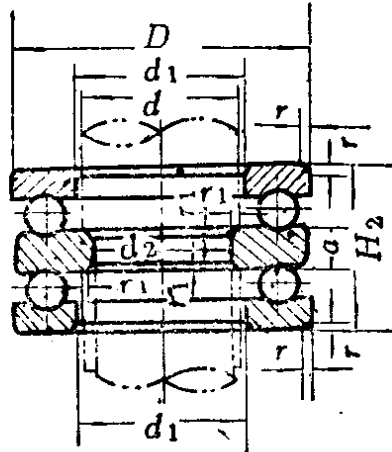
3) 单向推力球轴承(GB301-64)及双向推力球轴承(GB302-64)

单向推力球轴承



8000型

双向推力球轴承



38000型

标记示例：滚动轴承 8224 GB 301-64
滚动滚承 38204 GB 302-64

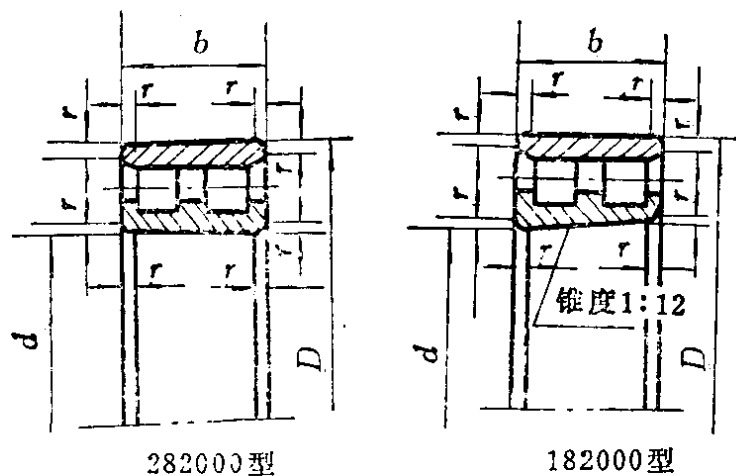
表 6-36

轴承型号		尺寸 (毫米)								每 分 钟 极 限 数	允许静 负 荷 Q_j (公斤)
8000型	38000 型	d	d_1 最小	d_2	D	H	H_2	a	r		
轻 (2) 系 列											
8200	—	10	10.2	—	26	11	—	—	1	8000	1300
8201	—	12	12.2	—	28	11	—	—	1	8000	1400
8202	38202	15	15.2	10	32	12	22	5	1	8000	1700
8203	—	17	17.2	—	35	12	—	—	1	6300	2100
8204	38204	20	20.2	15	40	14	26	6	1	6300	2800
8205	38205	25	25.2	20	47	15	28	7	1	6000	3800
8206	38206	30	30.2	25	52	16	29	7	1	5000	4400
8207	38207	35	35.2	30	62	18	34	8	1.5	5000	6400
8208	38208	40	40.2	30	68	19	36	9	1.5	5000	7500
8209	38209	45	45.2	35	73	20	37	9	1.5	4000	8500
8210	38210	50	50.2	40	78	22	39	9	1.5	4000	9900
8211	28211	55	55.2	45	90	25	45	10	1.5	3200	12000
8212	38212	60	60.2	50	95	26	46	10	1.5	3200	13500
3213	38213	65	65.2	55	100	27	47	10	1.5	2500	14000
8214	38214	70	70.2	55	105	27	47	10	1.5	2500	15000

(续)

轴承型号		尺寸 (毫米)								每分钟 极限转 数	允许静 负荷 Q_s (公斤)
8000型	38000 型	d	d_1 最小	d_2	D	H	H_2	a	r		
8215	38215	75	75.2	60	110	27	47	10	1.5	2500	15500
8216	38216	80	80.2	65	115	28	48	10	1.5	2000	18000
8217	38217	85	85.2	70	125	31	55	12	1.5	2000	22500
8218	38218	90	90.2	75	135	35	62	14	2	1600	24200
8220	38220	100	100.2	85	150	38	67	15	2	1600	33400
中 (3) 系 列											
8305	38305	25	25.2	20	52	18	34	8	1.5	5000	4700
8306	38306	30	30.2	25	60	21	38	9	1.5	4000	6400
8307	38307	35	35.2	30	68	24	44	10	1.5	3200	8000
8308	38308	40	40.2	30	78	26	49	12	1.5	3200	10000
8309	38309	45	45.2	35	85	28	52	12	1.5	3200	12500
8310	38310	50	50.2	40	95	31	58	14	2	2500	15500
8311	38311	55	55.2	45	105	35	64	15	2	2500	20000
8312	38312	60	60.2	50	110	35	64	15	2	2000	22000
8313	38313	65	65.2	55	115	36	65	15	2	2000	24000
8314	38314	70	70.2	55	125	40	72	16	2	2000	28500
8315	38315	75	75.2	60	135	44	79	18	2.5	1600	32500
8316	38316	80	80.2	65	140	44	79	18	2.5	1600	32500
8317	38317	85	85.2	70	150	49	87	19	2.5	1300	37500
8318	38318	90	90.2	75	155	50	88	19	2.5	1300	42500
8320	38320	100	100.2	85	170	55	97	21	2.5	1000	43500

4) 双列向心短圆柱滚子轴承(GB285-64)

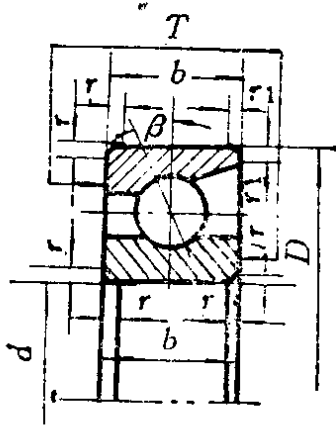


标记示例: 滚动轴承 3182120 GB285-64

表 6-37

轴承型号		尺寸(毫米)				每分钟	允许静负荷
282000型	182000型	d	D	b	r	极限转数	(公斤)
特轻(1)特宽系列							
3282108	3182108	40	68	21	1.5	8000	2500
3282109	3182109	45	75	23	1.5	6300	3000
3282110	3182110	50	80	23	1.5	6300	3400
3282111	3182111	55	90	26	2	6300	4500
3282112	3182112	60	95	26	2	6300	4800
3282113	3182113	65	100	26	2	6300	5300
3282114	3182114	70	110	30	2	5000	6400
3282115	3182115	75	115	30	2	5000	6800
3282116	3182116	80	125	34	2	4000	8300
3282117	3182117	85	130	34	2	4000	8700
3282118	3182118	90	140	37	2.5	4000	10000
3282119	3182119	95	145	37	2.5	4000	11000
3282120	3182120	100	150	37	2.5	4000	12000
3282121	3182121	105	160	41	3	3200	15000
3282122	3182122	110	170	45	3	3200	17000
3282124	3182124	120	180	46	3	3200	18000
3282126	3182126	130	200	52	3	2500	21000
3282128	3182128	140	210	53	3	2500	23000
3282130	3182130	150	225	56	3.5	2500	25000
3282132	3182132	160	240	60	3.5	2500	27000
3282134	3182134	170	260	67	3.5	2500	36000
3282136	3182136	180	280	74	3.5	2000	45000
3282138	3182138	190	290	75	3.5	2000	46000
3282140	3182140	200	310	82	3.5	2000	56000
3282144	3182144	220	340	90	4	1600	65000

5) 单列向心推力轴承(GB292-64)

36000型: $\beta=12^\circ$ 46000型: $\beta=26^\circ$

标记示例: 滚动轴承

46216 GB292-64

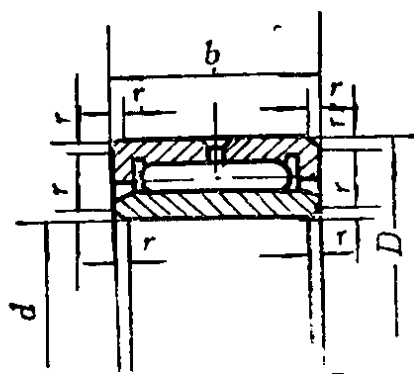
表 6-38

轴承型号		尺寸 (毫米)							每分钟 极限 转数	允许静负荷 (公斤)	
		d	D	b	T		r	r ₁		类型	类型
36000 型	46000 型				最大	最小			36000	46000	
轻 (2) 窄 系 列											
36200	46200	10	30	9	9	8.7	1	0.3	20000	300	270
36201	46201	12	32	10	10	9.7	1	0.3	20000	340	310
36202	46202	15	35	11	11	10.7	1	0.3	16000	410	380
36203	46203	17	40	12	12	11.7	1	0.5	16000	600	500
36204	46204	20	47	14	14	13.7	1.5	0.5	16000	800	750
36205	46205	25	52	15	15	14.7	1.5	0.5	13000	900	800
36206	46206	30	62	16	16	15.7	1.5	0.5	13000	1300	1200
36207	46207	35	72	17	17	16.7	2	1	10000	1900	1700
36208	46208	40	80	18	18	17.7	2	1	10000	2200	2100
36209	46209	45	85	19	19	18.7	2	1	8000	2400	2200
36210	46210	50	90	20	20	19.7	2	1	8000	2600	2400
36211	46211	55	100	21	21	20.6	2.5	1.2	8000	3400	3100
36212	46212	60	110	22	22	21.6	2.5	1.2	6300	4100	3800
36213	46213	65	120	23	23	22.6	2.5	1.2	6300	4800	4500
36214	46214	70	125	24	24	23.6	2.5	1.2	5000	5200	4900
36215	46215	75	130	25	25	24.6	2.5	1.2	5000	5600	5200
36216	46216	80	140	26	26	25.6	3	1.5	5000	6400	5900
36217	46217	85	150	28	28	27.4	3	1.5	4000	7300	6800
36218	46218	90	160	30	30	29.4	3	1.5	4000	8700	7900
36219	46219	95	170	32	32	31.4	3.5	2	4000	10000	9200
36220	46220	100	180	34	34	33.4	3.5	2	3200	11500	10500

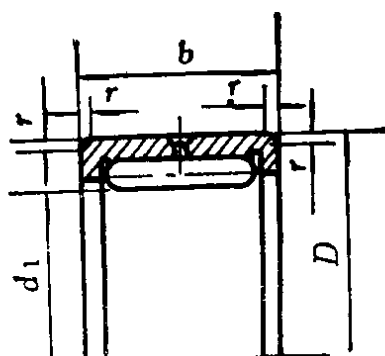
(续)

轴承型号		尺寸 (毫米)							每分钟 极限 转数	允许静负荷 (公斤)	
		d	D	b	T		r	r ₁		类型 36000	类型 46000
36000 型	46000 型				最大	最小					
中 (3) 窄 系 列											
36303	46303	17	47	14	14	13.6	1.5	0.5	13000	850	770
36304	46304	20	52	15	15	14.6	2	1	13000	940	900
36305	46305	25	62	17	17	16.6	2	1	11000	1500	1400
36306	46306	30	72	19	19	18.6	2	1	10000	1900	1700
36307	46307	35	80	21	21	20.6	2.5	1.2	8000	2600	2400
36308	46308	40	90	23	23	22.6	2.5	1.2	8000	3200	2800
36309	46309	45	100	25	25	24.6	2.5	1.2	6300	3900	3600
36310	46310	50	110	27	27	26.6	3	1.5	6300	4700	4300
36311	46311	55	120	29	29	28.5	3	1.5	6300	5900	5500
36312	46312	60	130	31	31	30.5	3.5	2	5000	7000	6400
36313	46313	65	140	33	33	32.5	3.5	2	5000	7900	7300
36314	46314	70	150	35	35	34.5	3.5	2	5000	9000	8400
36315	46315	75	160	37	37	36.5	3.5	2	4000	10200	9300
36316	46316	80	170	39	39	38.5	3.5	2	4000	11400	10500
36317	46317	85	180	41	41	40.2	4	2	4000	13000	11500
36318	46318	90	190	43	43	42.2	4	2	3200	14000	13000
36319	46319	95	200	45	45	44.2	4	2	3200	16000	14000
36320	46320	100	215	47	47	46.2	4	2	3200	18000	17000
重 (4) 窄 系 列											
—	46405	25	80	21	21	20.6	2.5	1.2	8000	—	2400
—	46406	30	90	23	23	22.6	2.5	1.2	8000	—	3000
—	46407	35	100	25	25	24.6	2.5	1.2	6300	—	3500
—	46408	40	110	27	27	26.6	3	1.5	6300	—	4500
—	46409	45	120	29	29	28.6	3	1.5	6300	—	5600
—	46410	50	130	31	31	30.6	3.5	2	5000	—	6500
—	46411	55	140	33	33	32.4	3.5	2	5000	—	7800
—	46412	60	150	35	35	34.4	3.5	2	5000	—	8800
—	46413	65	160	37	37	36.4	3.5	2	4000	—	9800
—	46414	70	180	42	42	41.4	4	2	4000	—	14000
—	46415	75	190	45	45	44.4	4	2	4000	—	14000
—	46416	80	200	48	48	47.4	4	2	3200	—	15600
—	46417	85	210	52	52	51.4	5	2.5	3200	—	17000
—	46418	90	225	54	54	53.4	5	2.5	2500	—	19800

6) 滚针轴承(GB289-64)



74000型滚针轴承



84000型无内圈滚针轴承

标记示例：滚动轴承

4074108

GB289-64

表 6-39

轴承型号		尺 寸 (毫米)					d ₁ 允 差	
74000型	84000型	d	D	b	r	d ₁	上 差	下 差
超 轻 (9) 特 宽 系 列								
4074918	4084918	90	125	35	2	105	+0.095	+0.065
4074919	4084919	95	130	35	2	110.3	+0.095	+0.065
4074920	4084920	100	140	40	2	117.7	+0.100	+0.070
4074922	4084922	110	150	40	2	127	+0.115	+0.080
4074924	4084924	120	165	45	2	139.4	+0.115	+0.080
4074926	4084926	120	180	50	2.5	151.5	+0.130	+0.090
4074928	4084928	140	190	50	2.5	161.7	+0.130	+0.090
4074950	4084950	150	210	60	3	177.1	+0.140	+0.100
特 轻 (1) 特 宽 系 列								
4074103	4084103	17	35	18	0.5	24.3	+0.045	+0.025
4074104	4084104	20	42	22	1	28.7	+0.045	+0.025
4074105	4084105	25	47	22	1	33.5	+0.050	+0.030
4074106	4084106	30	55	25	1.5	40.1	+0.050	+0.030
4074107	4084107	35	62	27	1.5	45.9	+0.055	+0.035
4074108	4084108	40	68	28	1.5	51.6	+0.055	+0.035
4074109	4084109	45	75	30	1.5	57.4	+0.060	+0.040
4074110	4084110	50	80	30	1.5	62.1	+0.060	+0.040
4074111	4084111	55	90	35	2	69.8	+0.070	+0.045
4074112	4084112	60	95	35	2	74.6	+0.070	+0.045
4074113	4084113	65	100	35	2	80.3	+0.070	+0.045
4074114	4084114	70	110	40	2	88	+0.085	+0.055
4074115	4084115	75	115	40	2	92.7	+0.085	+0.055
4074116	4084116	80	125	45	2	100.3	+0.095	+0.065
4074117	4084117	85	130	45	2	104.8	+0.095	+0.065

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及变速箱的轴），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6-4）：其主要部分是套筒2，它通过销钉1（即键）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。

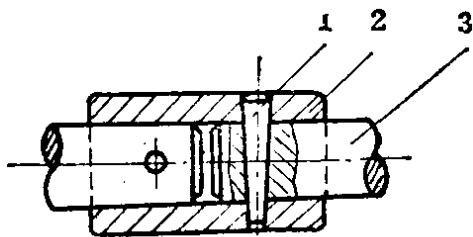


图 6-4 套筒式联轴节

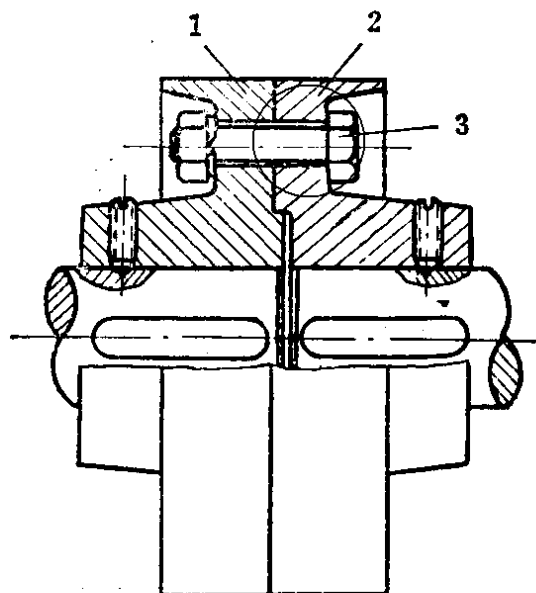


图 6-5 凸缘式联轴节

2) 凸缘式联轴节（图6-5）：它由两个圆盘1和2与联接螺栓3组成。

2. 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。

(2) 可移式联轴节

1) 十字沟槽联轴节 (图 6-6)：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。

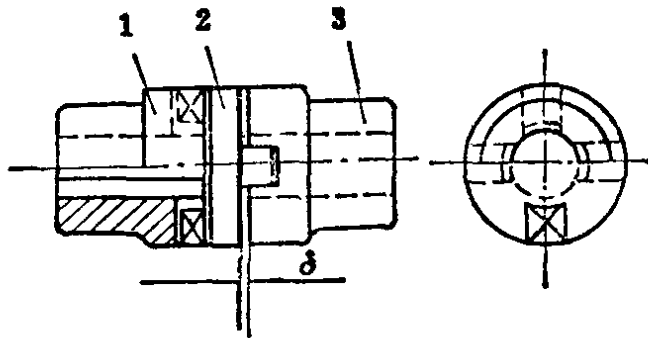


图 6-6 十字沟槽联轴节

2) 弹性柱销联轴节 (图 6-7)：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

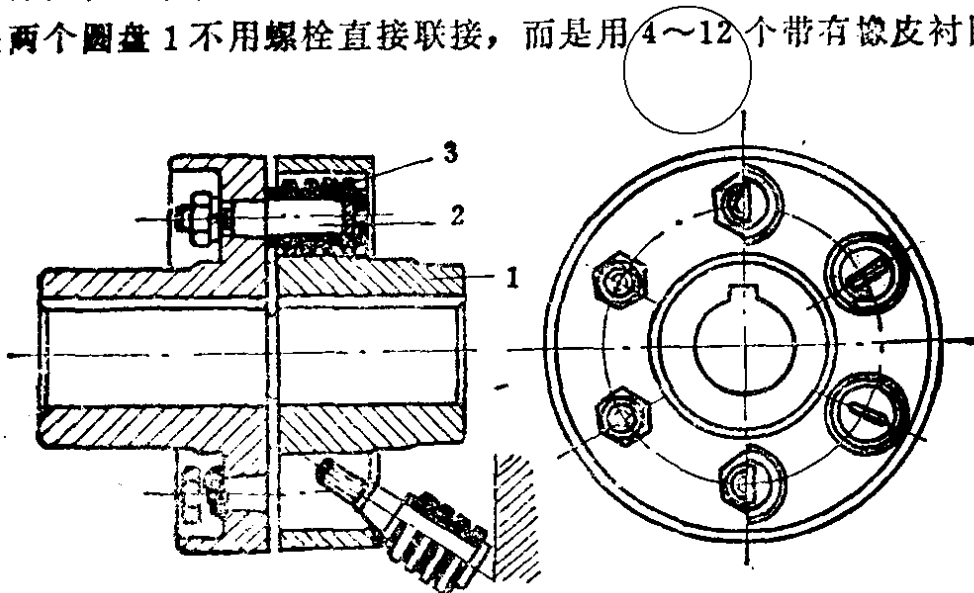


图 6-7 弹性柱销联轴节

草衬圈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，并能在传动时吸收震动和冲击。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。

3. 离合器

(1) 齿式离合器：齿式离合器（图6-8）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。

此种离合器常用于机床的换向机构中。

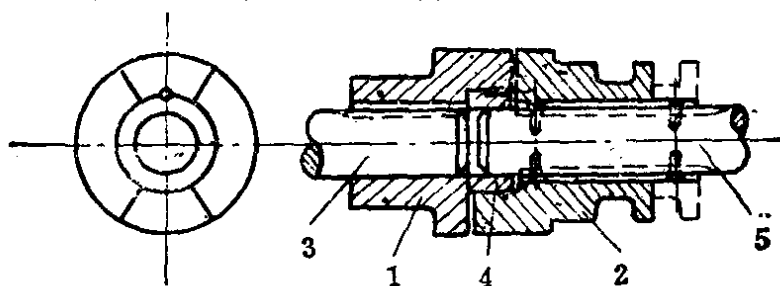


图 6-8 齿式离合器

(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、皮带传动

皮带传动应用于两传动轴中心距离较远和转数较低的情况下。

皮带传动的优点是：

- 1) 结构简单，成本低廉；
- 2) 皮带具有弹性，可缓和冲击和振动，因而传动平稳，噪音小；
- 3) 磨损后容易拆换，维修方便；
- 4) 当过载时，皮带在皮带轮上打滑，可防止其他零件损坏。

皮带传动的缺点是：

- 1) 皮带传动结构的外廓尺寸较大，传动效率较低；
- 2) 由于皮带在工作中有滑动，故不能保证精确的传动比；
- 3) 皮带的寿命较短。

皮带传动可分为：

1) 平皮带传动——皮带的断面是矩形的。常用的平皮带有皮革带和橡胶布带：皮革带由牛皮制作；橡胶布带则由若干层帆布用硫化橡胶粘制而成。

2) 三角皮带传动——皮带断面是梯形的，一般作成整圈的(无接头)。

1. 平皮带传动

(1) 平皮带的种类和应用

表 6-40

类别	名称	抗拉强度 极限 σ_b (公斤/ 厘米 ²)	抗拉许用 应力 $[\sigma_b]$ (公斤/ 厘米 ²)	应用范围
I	皮革带	250	25	宜在普通温度和湿度条件下工作，不宜用在高温、高湿度及有酸碱侵蚀的地方。最大速度不大于 $v=40$ 米/秒
II	缝合棉布带	350	28	因弹性很小，适宜于传递稳定的无较大振动的载荷。带速 $v \leq 25$ 米/秒
III	编织棉布带	380	28	易受潮湿，故不宜在潮湿的地方使用。比缝合带有较大挠性，故可用于变动不大的载荷
IV	毛织带	380	25	有较大弹性和挠性，可用于小直径皮带轮，能承受不均匀的及有冲击的载荷。容许的最大速度 $v=30$ 米/秒
V	橡胶布带			由于强度大、较富于弹性，同时对于温度和湿度变化的敏感性小，所以在许多情况下都可使用 有橡胶覆层的用于空气中带有水蒸气和酸气的潮湿场所 无橡胶覆层的适用于温度不超过 60°C 的干燥多尘的地方
	1. 有橡胶覆层	440	40	
	2. 无橡胶覆层	370	33	
VI	塑料夹筋传动带(如卡普隆带)			由于耐油耐酸的性能较好，故可用于油、碱、酸侵蚀较多的场所

(2) 常用平皮带的尺寸

表 6-41 皮革带的尺寸 (毫米)

宽 度	厚 度	
	单 层	双 层
20, 25, 30	3	
(35), 40, (45), 50	3.5	
50, 70, (75), 80	4	
(85), 90, (95)	4.5	
100, 115	4.5	7.5
125, 150	5	8.5
175, 200, 225, 250, (275), 300	5.5	9.5

注：括号中尺寸尽量不采用。

表 6-42 缝合棉布带的尺寸 (毫米)

宽 度 b	厚度 δ	层 数
50; 60; 75; 90; 100; 115; 125; 150	5.6	4
150; 175; 200; 225; 250; 300; 350	8.0	6
200; 225; 250; 300; 350; 400; 450; 500	11.0	8

表 6-43 编织棉布带的尺寸 (毫米)

宽 度 b	厚度 δ	层 数
30; 40; 50; 60; 75; 90; 100	4.5	4
30; 40; 50; 60; 75; 90; 100; 115; 125; 150; 175	6.5	6
50; 75; 90; 100; 115; 125; 150; 175; 200; 225; 250	8.5	8

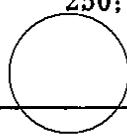
表 6-44 毛织带的尺寸 (毫米)

宽 度 b	厚度 δ	层 数
50; 60; 75; 90	6	3
100; 115; 125; 150; 175	9	4
200; 225; 250; 300; 350; 400; 450; 500	11	5

表 6-45

橡胶布带的尺寸

(毫米)

宽 度 b	推荐层数	公 称 厚 度 δ	
		无橡胶层的包卷式 (及切开式)皮带	有橡胶层的 切开式皮带
20; 25; 30; (35); 40	2	2.5	—
	3	3.75	—
50; 60; 70	3	3.75	4.5
	4	5.0	6.0
	5	6.25	7.5
80; 100; (115)	3	3.75	4.5
	4	5.0	6.0
	5	6.25	7.5
	6	7.5	9.0
125; 150; 175; 200; 225	4	5.0	6.0
	5	6.25	7.5
	6	7.5	9.0
250; 300 	4	5.0	6.0
	5	6.25	7.5
	6	7.5	9.0
	7	8.75	10.5
350; 400; 450	5	6.75	8.0
	6	8.1	9.6
	7	9.45	11.2
	8	10.8	12.8
500	5	6.75	8.0
	6	8.1	9.6
	7	9.45	11.2
	8	10.8	12.8
	9	12.15	14.4

2. 三角皮带传动

(1) 三角皮带型号的选择

表 6-46

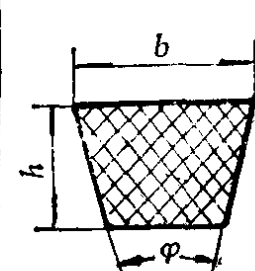
传递功率 (千瓦)	皮 带 速 度 (米/秒)		
	至 5	大于 5 至 10	大于 10
0.4~0.75	O	O	O
大于0.75~2.2	O, A, (B)	O, A	O, (A)
大于2.2~3.7	O, A, B	O, A, B	O, A
大于3.7~7.5	B, C, (D)	A, B, (C)	A, B
大于7.5~20	C, D	B, C	B, C
大于20~40	—	C, D	C, D
大于40~75	—	D, E	C, D
大于75~150	—	E, F	D, E
大于150	—	—	E, F

注: 应由已知功率所许用的截面中选择较小的型号, 以利于延长传动皮带寿命。

(2) 三角皮带的断面尺寸(GB1171-74): 我国生产的普通三角皮带按断面尺寸共有如下表所示的O、A、B、C、D、E、F七种型号。

表 6-47

型号 尺寸	O	A	B	C	D	E	F
b (毫米)	10	13	17	22	32	38	50
h (毫米)	6	8	10.5	13.5	19	23.5	30
φ (度)	40	40	40	40	40	40	40



(3) 三角皮带的长度(GB1171-74)

表 6-48

三角皮带 内周长度 (毫米)	各型三角皮带的计算长度(毫米)						
	O	A	B	C	D	E	F
450	469						
500	519						
560	579	585					
630	649	655	663				
710	729	735	743				
800	819	825	833				
900	919	925	933				
1000	1019	1025	1033				
1120	1139	1145	1153				
1250	1269	1275	1283	1294			
1400	1419	1425	1433	1444			
1600	1619	1625	1633	1644			
1800	1819	1825	1833	1844			
2000	2019	2025	2033	2044			
2240	2259	2265	2273	2284			
2500	2519	2525	2533	2544			
2800	2819	2825	2833	2844			
3150	3169	3175	3183	3194	3210		
3550	3569	3575	3583	3594	3610		
4000	4019	4025	4033	4044	4060		
4500	4519		4533	4544	4560	4574	
5000	5019		5033	5044	5060	5074	
5600	5619		5633	5644	5660	5674	
6300	6319			6344	6360	6374	6395
7100	7119			7144	7160	7174	7195
8000	8019			8044	8060	8074	8095
9000	9019			9044	9060	9074	9095
10000	10019				10060	10074	10095
11200	11219				11260	11274	11295
12500	12519					12574	12595
14000	14019					14074	14095
16000	16019					16074	16095

注：计算长度 = 内周长度 + k 。 k 的数值见下表：

型 号	O	A	B	C	D	E	F
k (毫米)	19	25	33	44	60	74	95

(4) 三角皮带传动的计算

1) 大皮带轮的计算直径 D_2

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

式中 D_1 ——小皮带轮的直径 (毫米) (见表6-52);

n_1 ——小皮带轮转速 (转/分);

n_2 ——大皮带轮转速 (转/分)。

2) 大皮带轮的实际转速 n_2

$$n_2 = (1 - \varepsilon) \frac{D_1 n_1}{D_2} \text{ (转/分)}$$

式中 ε ——相对滑动系数。棉布心皮带 $\varepsilon = 0.02$, 棉线心皮带 $\varepsilon = 0.005 \sim 0.008$ 。

3) 皮带轮线速度 v

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000} \text{ (米/秒)}$$

O、A、B、C型三角带的 $v \leq 25$ 米/秒; D、E、F型三角带的 $v \leq 30$ 米/秒。

4) 小皮带轮包角 α

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

式中 A ——两轮中心距 (毫米)。

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

5) 皮带长度

三角皮带具有一定的厚度, 外周长度和内周长度是不同的。通常是用皮带轮的计算直径进行计算, 得到的长度是重心线的闭合长度, 叫做计算长度。其计算公式是:

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

式中 D_1 ——小轮计算直径;

D_2 ——大轮计算直径;

A ——两轮的中心距。

3. 皮带轮

(1) 平皮带轮

表 6-49 平皮带轮的尺寸(GC90-60) (毫米)

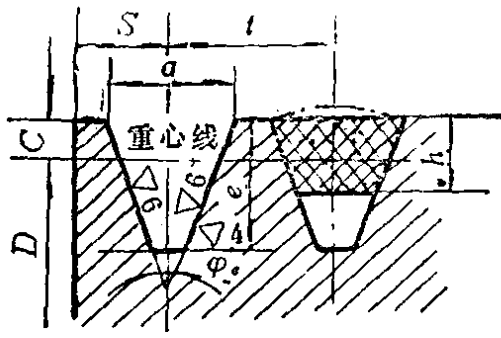
D	公称尺寸	50	(56)	63	(71)	80	90	100	112	125	140	160	180
	允 差	±0.6		±0.8			±1			±1.2			
D	公称尺寸	200	240	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710
	允 差	±1.5			±2			±2.5			±3		
D	公称尺寸	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500	
	允 差	±4			±5				±6				

(2) 三角皮带轮

表 6-50 三角皮带轮计算直径 D 的系列(GC91-60) (毫米)

50	(53)	56	(60)	63	(67)	71	75	80	85	90	95	100	(106)	112
(118)	125	(132)	140	(150)	160	(170)	180	(190)	200	(212)	224			
(236)	250	(265)	280	(300)	315	(335)	355	(375)	400	(425)				
(450)	(475)	500	(530)	560	(600)	630	(670)	710	(750)	800				
(850)	900	(950)	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500			

注：括号内尺寸尽可能不用。



D —三角皮带重心线所在的皮带轮直径，也叫做皮带轮的计算直径。

表 6-51 三角皮带轮的轮槽尺寸

尺 寸 (毫米)	皮 带 型 号						
	O	A	B	C	D	E	F
a	10	13	17	22	32	38	50
e	10	13	17	22	30	36	48
C	3	4	5	7	9	12	16
t	12	16	21	27	38	44	58
S	9	12	15	18	23	26	32

皮带轮外径 $D_{外} = D + 2C$
 皮带轮内径 $D_{内} = D_{外} - 2e$
 皮带轮轮缘宽度 $B = (z - 1)t + 2S$
 z —— 槽数

表 6-52 小皮带轮的最小直径

小皮带轮直径 型 号	角 度			
	相应轮槽角度 φ_0			
	34°	36°	38°	说 明
O	70	90	≥ 112	34° 的小轮直径为各型号的最小直径，不得小于此直径尺寸
A	100	125	≥ 160	
B	148	180	≥ 225	
C	200	250	≥ 315	
D	315	400	≥ 500	
E	500	710	≥ 800	
F	800	1000	≥ 1250	

五、齿轮传动

齿轮是传动用的机械零件中最重要的一种。在各种机器中，常常可以看到它。

齿轮传动由分别安装在主动轴和从动轴上的两个齿轮相互啮合而组成。它是一种应用最广的传动形式。

齿轮传动具有以下优点：

- 1) 传递动力大；
- 2) 工作可靠，传动比稳定不变；
- 3) 结构紧凑；
- 4) 传动效率高。

其缺点是：

- 1) 对制造和安装的精度要求较高；
- 2) 当两轴间的距离较大时，采用齿轮传动较笨重。

齿轮的齿形轮廓曲线有渐开线、摆线和圆弧线（分别称为渐开线齿轮、摆线齿轮和圆弧齿轮）等。由于渐开线齿形容易制造，便于安装，所以应用最广泛。本章所讲的齿轮均指渐开线齿轮。

1. 基本资料

(1) 基准齿形及齿形参数(GB1356-78)

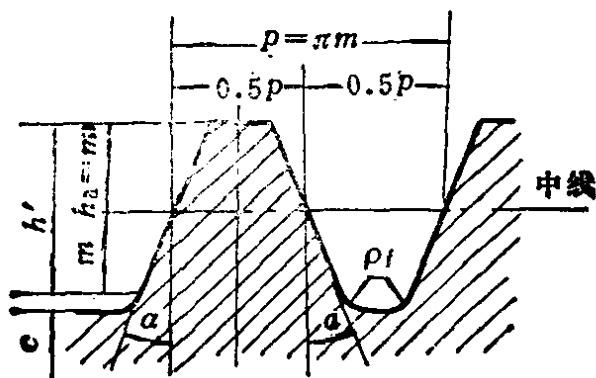


表 6-53

齿形参数名称	代 号	数 值	说 明
齿 形 角	α	20°	
齿 顶 高	h_a	m	齿顶高系数 $h_a=1$
工作齿高	h'	$2m$	在工作齿高部分的齿形是直线
齿 距	p	πm	中线上的齿厚和齿槽宽度相等
径向间隙	c	$0.25m$	径向间隙系数 $c=0.25$
齿根圆角半径	P_f	$0.38m$	

注：1.考虑到某些工艺要求，径向间隙 c 允许增大至 $0.35m$ ；齿根圆角半径 P_f 允许减小至 $0.25m$ 。

2.需采用短齿时，相应的参数为： $h_a=0.8m$ ， $h'=1.6m$ ， $c=0.3m$ ， $P_f=0.46m$ 。

3.为提高综合强度需增大齿形角时，推荐 $\alpha=25^\circ$ ， $h_a=m$ ， $h'=2m$ ， $c=0.2m$ ， $P_f=0.35m$ ，齿根圆角为单圆弧。

(2) 齿轮模数系列(GB1357-78)

表 6-54

(毫米)

第一系列	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	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	(30)	36 45

注：1.对斜齿圆柱齿轮是指法向模数 m_n 。

2.优先选用第一系列，括号内的数值尽可能不用。

(3) 径节、周节和模数的对照

表 6-55

径 节	周 节 (英寸)	模 数 (毫米)	周 节 (英寸)	径 节	模 数 (毫米)
1	3.142	25.40	2	1.57	16.13
1 $\frac{1}{4}$	2.513	20.32	1 $\frac{7}{8}$	1.67	15.17
1 $\frac{1}{2}$	2.094	16.93	1 $\frac{3}{4}$	1.79	14.15
1 $\frac{3}{4}$	1.795	14.51	1 $\frac{5}{8}$	1.93	13.14
2	1.571	12.70	1 $\frac{1}{2}$	2.09	12.13
2 $\frac{1}{4}$	1.396	11.29	1 $\frac{1}{4}$	2.18	11.62
2 $\frac{1}{2}$	1.257	10.16	1 $\frac{3}{8}$	2.28	11.12
2 $\frac{3}{4}$	1.142	9.23	1 $\frac{5}{8}$	2.39	10.62
3	1.047	8.47	1 $\frac{1}{4}$	2.51	10.11
3 $\frac{1}{2}$	0.898	7.26	1 $\frac{3}{8}$	2.65	9.60
4	0.785	6.35	1 $\frac{1}{8}$	2.79	9.10
5	0.628	5.08	1 $\frac{1}{16}$	2.96	8.59
6	0.524	4.23	1	3.14	8.09
7	0.449	3.63	15/16	3.35	7.58
8	0.393	3.17	7/8	3.59	7.08
9	0.349	2.82	13/16	3.87	6.57
10	0.314	2.54	3/4	4.19	6.06
11	0.285	2.31	11/16	4.57	5.56
12	0.262	2.12	5/8	5.03	5.05
14	0.224	1.81	9/16	5.58	4.54
16	0.196	1.59	1/2	6.28	4.04
18	0.174	1.41	7/16	7.18	3.53
20	0.157	1.27	3/8	8.38	3.03
22	0.143	1.15	5/16	10.05	2.52
24	0.131	1.06	1/4	12.57	2.02
26	0.121	0.98	3/16	16.75	1.51
28	0.112	0.91	6/8	25.13	1.01
30	0.105	0.85	1/16	50.26	0.51

(续)

模数 (毫米)	径节	周节 (英寸)	模数 (毫米)	径节	周节 (英寸)
1	25.40	0.124	11	2.31	1.361
1.25	20.32	0.155	12	2.12	1.434
1.5	16.96	0.185	13	1.95	1.603
1.75	14.51	0.216	14	1.81	1.732
2	12.70	0.247	15	1.69	1.856
2.25	11.29	0.287	16	1.59	1.979
2.5	10.16	0.310	17	1.49	2.103
2.75	9.23	0.340	18	1.41	2.228
3	8.47	0.371	20	1.27	2.474
3.5	7.26	0.433	21	1.21	2.698
4	6.35	0.495	22	1.15	2.721
4.5	5.64	0.557	23	1.10	2.845
5	5.08	0.618	24	1.06	2.959
5.5	4.62	0.680	25	1.02	3.093
6	4.23	0.742	26	0.98	3.216
7	3.63	0.836	27	0.91	3.340
8	3.17	0.989	28	0.91	3.464
9	2.82	1.113	29	0.88	3.587
10	2.54	1.237	30	0.85	3.711

注：径节 (DP) = $\frac{25.4}{\text{模数}(m)}$ 。

(4) 齿轮新旧精度等级对照

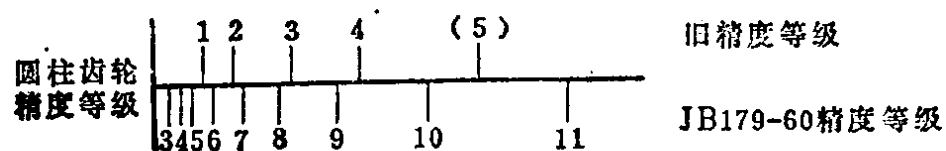


图 6-9

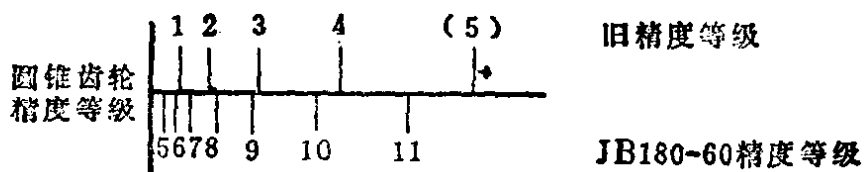


图 6-10

2. 圆柱齿轮传动

(1) 直齿圆柱齿轮的几何计算

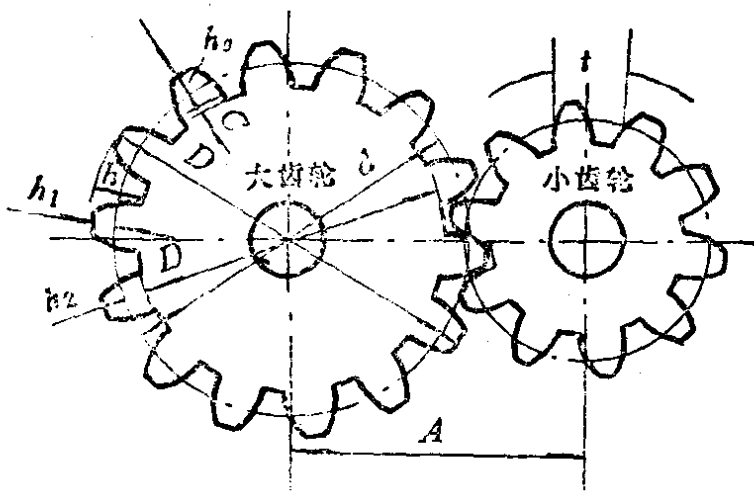


表 6-56

模数齿轮计算公式

(毫米)

名称	代号	计算公式
模数	m	$m = \frac{t}{\pi} = \frac{d}{z} = \frac{D_o}{z+2}$
周节	t	$t = \pi m = \frac{\pi d}{z}$
齿数	z	$z = \frac{d}{m} = \frac{\pi d}{t}$
节径	d	$d = mz = D_o - 2m$

(续)

名称	代号	计算公式
外径	D_e	$D_e = m(z+2) = d + 2m = \frac{t}{\pi}(z+2)$
根径	D_i	$D_i = d - 2.5m = m(z - 2.5) = D_e - 2h = D_e - 4.5m$
齿顶高	h_1	$h_1 = m = \frac{t}{\pi}$
齿根高	h_2	$h_2 = 1.25m$
齿全高	h	$h = 2.25m$
弧齿厚	S	$S = \frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2}$
中心距	A	$A = \frac{z_1 + z_2}{2} m = \frac{d_1 + d_2}{2}$

〔例〕有一直齿圆柱齿轮，模数 $m=3$ ，齿数 $z=24$ ，求各部分尺寸。

解： $t = \pi m = 3.14 \times 3 = 9.42$ (毫米)

$$d = mz = 3 \times 24 = 72 \text{ (毫米)}$$

$$D_e = m(z+2) = 3 \times (24+2) = 78 \text{ (毫米)}$$

$$D_i = d - 2.5m = 72 - 2.5 \times 3 = 64.5 \text{ (毫米)}$$

$$h_1 = m = 3 \text{ (毫米)}$$

$$h_2 = 1.25m = 1.25 \times 3 = 3.75 \text{ (毫米)}$$

$$h = 2.25m = 2.25 \times 3 = 6.75 \text{ (毫米)}$$

$$S = \frac{t}{2} = \frac{9.42}{2} = 4.71 \text{ (毫米)}$$

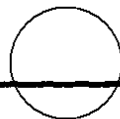


表 6-57

径节齿轮的计算公式

(英寸)

名称	代号	计算公式
径节	DP	$DP = \frac{\pi}{t} = \frac{z}{d} = \frac{z+2}{D_e}$
周长	t	$t = \frac{\pi}{DP} = \frac{\pi d}{z}$
齿数	z	$z = dDP = D_e DP - 2 = \frac{d\pi}{t}$
节径	d	$d = D_e - 2h_1 = \frac{z}{DP} = \frac{zD_e}{z+2}$
外径	D_e	$\frac{z+2}{DP} = (z+2)h_1$
根径	D_f	$D_f = D_e - 2h = D_e - \frac{4.314}{DP}$
齿顶高	h_1	$h_1 = \frac{1}{DP} = 0.3183t$
齿根高	h_2	$h_2 = \frac{1.157}{DP} = 0.3683t$
齿全高	h	$h = \frac{2.157}{DP} = 0.6866t$
弧齿厚	S	$S = \frac{1.5708}{DP} = \frac{t}{2}$
中心距	A	$A = \frac{z_1 + z_2}{2DP}$



(2) 斜齿圆柱齿轮的几何计算

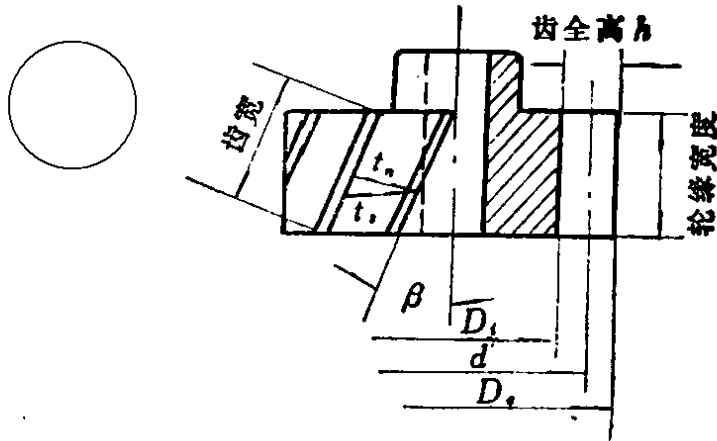


表 6-58

模数齿轮计算公式

(毫米)

名称	代号	计算公式
法向模数	m_n	$m_n = \frac{t_n}{\pi} = m_s \cos \beta$
端面模数	m_s	$m_s = \frac{d}{z} = \frac{m_n}{\cos \beta}$
法向周节	t_n	$t_n = \pi m_n$
端面周节	t_s	$t_s = \pi m_s$
齿数	z	$z = \frac{d}{m_s} = \frac{\pi d}{t_s} = \frac{d \cos \beta}{m_n}$
齿全高	h	$h = 2.25 m_n$
齿顶高	h_1	$h_1 = m_n$
齿根高	h_2	$h_2 = 1.25 m_n$
节径	d	$d = z m_s = D_e - 2 m_n$
外径	D_e	$D_e = d + 2 m_n$

(续)

名称	代号	计算公式
根 径	D_f	$D_f = d - 2.5m_n$
法向齿厚	S	$S = \frac{t_n}{2}$
中心距	A	$A = \frac{(z_1 + z_2)m_n}{2\cos\beta}$
螺旋角	β	$\cos\beta = \frac{zm_n}{d}$; $\operatorname{tg}\beta = \frac{\pi d}{L}$
导 程	L	$L = \pi d \operatorname{ctg}\beta$

〔例〕 有一斜齿圆柱齿轮，齿数 $z=20$ ，节径 $d=103$ 毫米，螺旋角 $\beta=15^\circ$ ，求齿轮各部尺寸。

$$\text{解 } m_n = \frac{d}{z} \cos\beta = \frac{103}{20} \times \cos 15^\circ$$

$$= 5.15 \times 0.966 = 5$$

$$m_s = \frac{d}{z} = \frac{103}{20} = 5.15$$

$$D_e = d + 2m_n = 103 + 2 \times 5 = 113 \text{ (毫米)}$$

$$t_s = \pi m_s = 3.1416 \times 5.15 = 16.18 \text{ (毫米)}$$

$$t_n = \pi m_n = 3.14 \times 5 = 15.7 \text{ (毫米)}$$

$$S = \frac{t_n}{2} = 7.85 \text{ (毫米)}$$

$$h_1 = m_n = 5 \text{ (毫米)}$$

$$h_2 = 1.25m_n = 1.25 \times 5 = 6.25 \text{ (毫米)}$$

$$h = 2.25m_n = 2.25 \times 5 = 11.25 \text{ (毫米)}$$

$$L = \pi d \operatorname{ctg}\beta = 3.1416 \times 103 \times \operatorname{ctg} 15^\circ$$

$$= 1207.6 \text{ (毫米)}$$

表 6-59

径节齿轮的计算公式

(英寸)

名 称	代 号	计 算 公 式
垂直径节	DP_n	$DP_n = \frac{DP_s}{\cos\beta} = \frac{\pi}{t_n} = \frac{z}{d \cos\beta}$
端面径节	DP_s	$DP_s = \frac{z}{d} = DP_n \cos\beta$
法向周节	t_n	$t_n = t_s \cos\beta = \frac{\pi d}{z} \cos\beta$
端面周节	t_s	$t_s = \frac{\pi}{DP_s}$
齿 数	z	$z = DP_s d = d DP_n \cos\beta$
齿 全 高	h	$h = \frac{2.157}{DP_n}$
齿 顶 高	h_1	$h_1 = \frac{1}{DP_n}$
齿 根 高	h_2	$h_2 = \frac{1.157}{DP_n}$
节 径	d	$d = \frac{z}{DP_n \cos\beta} = \frac{z}{DP_s}$
外 径	D_o	$D_o = d + \frac{2}{DP_n}$
根 径	D_i	$D_i = d - \frac{2.314}{DP_n}$
弧 齿 厚	S	$S = \frac{1.5708}{DP_s}$
中 心 距	A	$A = \frac{z_1 + z_2}{2 DP_n \cos\beta}$
螺 旋 角	β	$\cos\beta = \frac{z}{DP_n d}$
导 程	L	$L = \pi d \tan\beta$

(3) 圆柱齿轮的传动公差

表 6-60

齿轮传动精度等级的选择

精度等级	圆周速度 (米/秒)		表面光洁度	应用范围
	直齿	斜齿		
6	<15	<25	▽8	要求噪音小、寿命长的高速传动齿轮, 如航空和汽车的高速齿轮及一般分度机构上的齿轮
7	<10	<18	▽7~▽8	在一般机械中重要的齿轮, 如标准系列减速器齿轮, 航空和汽车制造上的重要齿轮
8	<6	<10	▽6	在一般机械中次要的齿轮, 如航空和汽车拖拉机械中不重要的齿轮。农业机械中重要的齿轮
9	<3	<5	▽5	重载低速工作机械上用的传力齿轮
10	<1	<2	▽4	露天应用的粗糙工作机械上的传力齿轮
11	<0.5	<1	▽3	

表 6-61

圆柱齿轮的传动公差(JB179-60)

(微米)

精度等级	规范性质的名称	代号	法向模数 m_n (毫米)	齿轮分度圆直径(毫米)							
				≤ 50	>50 ~ 80	>80 ~ 120	>120 ~ 200	>200 ~ 320	>320 ~ 500	>500 ~ 800	
7	运动精度规范	周节积累误差的公差	δt_Σ	$>1\sim 30$	40	50	60	75	90	110	140
		齿圈径向跳动的公差	δe_1	$>1\sim 30$	32	42	50	58	70	80	95
		公法线长度变动的公差	δL_g	$>1\sim 30$	17	24	30	36	48	60	80
	工作平稳性规范	周节差的公差	δ_f	$>1\sim 2.5$	14	15	16	17	19	22	26
				$>2.5\sim 6$	17	18	19	20	22	24	30
	$>6\sim 10$				21	22	24	25	28	32	
	$>10\sim 16$					26	28	30	34	38	
	$>16\sim 30$						38	40	45	48	
	接触精度规范	基节的极限偏差	Δt_j	$>1\sim 2.5$					± 16		
				$>2.5\sim 6$					± 18		
接触精度规范	轴心线不平 行度公差	δ_x δ_y	$>1\sim 30$	齿轮宽度或接触线长度(毫米)							
				≤ 55	>55 ~ 110	>110 ~ 160	>160 ~ 220	>220 ~ 320	>320 ~ 450	>450 ~ 630	
				17	19	21	24	28	54	40	
8	运动精度规范	周节积累误差的公差	δt_Σ	$>1\sim 50$	60	80	100	115	140	180	220
		齿圈径向跳动的公差	δe_1	$>1\sim 50$	50	65	80	95	110	120	150
		公法线长度变动的公差	δL_g	$>1\sim 50$	26	38	48	55	75	110	120
	工作平稳性规范	周节差的公差	δ_f	$>1\sim 2.5$	22	24	25	26	30	36	42
				$>2.5\sim 6$	26	28	30	32	36	38	48
				$>6\sim 10$		34	36	38	40	45	50
$>10\sim 16$					42	45	48	52	58		
$>16\sim 30$						58	60	70	75		
接触斑点		沿齿高不少于45%，沿齿长不少于60%									

(续)

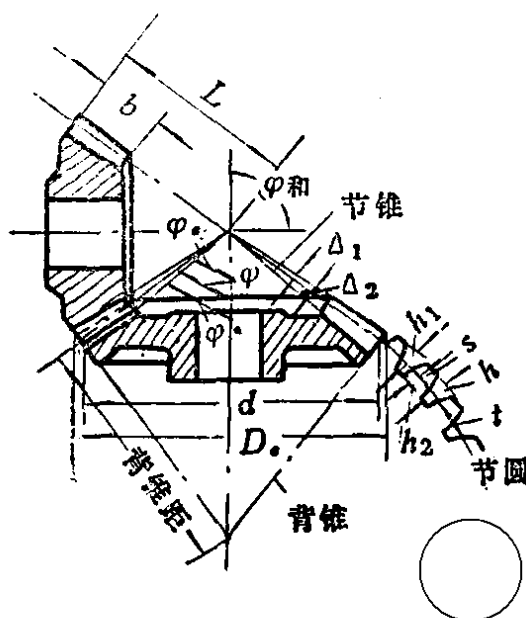
精度等级	规范性质	名称	代号	法向模数 m_n (毫米)	齿轮分度圆直径(毫米)							
					≤ 50	> 50 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 320	> 320 ~ 500	> 500 ~ 800	
8	工作平稳性规范	基节的极限偏差	Δt_j	$> 1 \sim 2.5$ $> 2.5 \sim 6$ $> 6 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 10 \sim 30$						± 25 ± 28 ± 36 ± 48 ± 70		
	接触精度规范				齿轮宽度或接触线长度(毫米)							
					≤ 55	> 55 ~ 110	> 110 ~ 160	> 160 ~ 220	> 220 ~ 320	> 320 ~ 450	> 450 ~ 630	
		轴心线不平 行度公差	δx δy	$> 1 \sim 50$	21	24	26	30	36	42	50	
	接触斑点			沿齿高不少于40%，沿齿长不少于50%								
9	运动精度规范	齿圈径向跳动的公差	δe_f	$> 2.5 \sim 50$	80	105	120	150	180	200	240	
		公法线长度变动的公差	δL_g	$> 2.5 \sim 50$	42	58	75	90	115	160	190	
	工作平稳性规范	周节差的公差	δt	$> 2.5 \sim 6$ $> 6 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 16 \sim 30$	42	45 52	48 55 65	50 58 70 95	55 60 75 100	58 70 85 110	75 80 95 115	
		基节的极限偏差	Δt_j	$> 2.5 \sim 6$ $> 6 \sim 10$ $> 10 \sim 16$ $> 10 \sim 30$						± 45 ± 55 ± 75 ± 110		
	接触精度规范					齿轮宽度或接触线长度(毫米)						
					≤ 55	> 55 ~ 110	> 110 ~ 160	> 160 ~ 220	> 220 ~ 320	> 320 ~ 450	> 450 ~ 630	
轴心线不平 行度公差		δx δy	$> 2.5 \sim 50$	26	30	34	38	45	52	60		
	接触斑点			沿齿高不少于30%，沿齿长不少于40%								

表 6-62 侧隙和中心距的偏差 (JB179-60)

名称	代号	结合形式	中心距 (毫米)						
			≤ 50	> 50 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 200	> 200 ~ 320	> 320 ~ 500	> 500 ~ 800
侧 隙	C_n	D_c	85	105	130	170	210	260	340
		D_e	170	210	260	340	420	530	670
中心距极限偏差	上偏差 Δ_{sA}	D_c	± 60	± 80	± 90	± 105	± 120	± 160	± 180
	下偏差 Δ_{rA}	D_e	± 100	± 120	± 140	± 170	± 200	± 250	± 280

3. 圆锥齿轮传动

圆锥齿轮（又叫伞齿轮）用于相交轴之间的传动。两轴夹角可以小于 90° ，也可以大于 90° ，但最常用的是 90° 。




(1) 两轴夹角等于 90° 的直齿圆锥齿轮的几何计算

表 6-63

模数齿轮的计算公式

(毫米)

名 称	代 号	计 算 公 式
模 数	m	$m = \frac{t}{\pi} = \frac{d}{z}$
周 节	t	$t = \pi m$
节 锥 角	φ	$\operatorname{tg} \varphi_{\text{大}} = \frac{z_{\text{大}}}{z_{\text{小}}} = \frac{d_{\text{大}}}{d_{\text{小}}}; \operatorname{tg} \varphi_{\text{小}} = \frac{z_{\text{小}}}{z_{\text{大}}} = \frac{d_{\text{小}}}{d_{\text{大}}}$
中 心 角	$\varphi_{\text{和}}$	$\varphi_{\text{和}} = \varphi_{\text{大}} + \varphi_{\text{小}} = 90^\circ$ 
弧 齿 厚	S	$S = 1.5708m$
齿 顶 角	Δ_1	$\operatorname{tg} \Delta_1 = \frac{h_1}{L} = \frac{2 \sin \varphi}{z}$
齿 根 角	Δ_2	$\operatorname{tg} \Delta_2 = \frac{h_2}{L} = \frac{2.4 \sin \varphi}{z}$
齿 面 角	φ_e	$\varphi_e = \varphi + \Delta_1$
切 削 角	φ_i	$\varphi_i = \varphi - \Delta_2$
齿 面 宽	b	$d \leq 0.35L$
齿 数	z	$z = \frac{d}{m}$
节 径	d	$d = mz$
节 锥 长	L	$L = \frac{d}{2 \sin \varphi}$
外 径	D_e	$D_e = m(z + 2 \cos \varphi)$
齿 顶 高	h_1	$h_1 = m$
齿 根 高	h_2	$h_2 = 1.2m$
齿 全 高	h	$h = 2.2m$

【例】 一对直齿圆锥齿轮，两轴夹角为 90° ，模数 $m=4$ ，大齿轮齿数 $z_{大}=40$ ，小齿轮齿数 $z_{小}=32$ ，齿面宽 $b=28$ 毫米，求小齿轮各部尺寸。

解： $d_{小}=mz_{小}=4 \times 32=128$ (毫米)

$$\operatorname{tg} \varphi_{小} = \frac{z_{小}}{z_{大}} = \frac{32}{40} = 0.8$$

$$\varphi_{小} = 38^\circ 40'$$

$$h_1 = m = 4 \text{ (毫米)}$$

$$h_2 = 1.2m = 4.8 \text{ (毫米)}$$

$$D_{e,小} = d_{小} + 2h_1 \cos \varphi_{小} = 128 + 2 \times 4 \times 0.781 = 134.25 \text{ (毫米)}$$

$$\operatorname{tg} \Delta_1 = \frac{2 \sin \varphi_{小}}{z_{小}} = \frac{2 \times 0.6248}{32} = 0.03905$$

$$\Delta_1 = 2^\circ 14'$$

$$\operatorname{tg} \Delta_2 = \frac{2.4 \times \sin \varphi_{小}}{z_{小}} = \frac{2.4 \times 0.6248}{32} = 0.04686$$

$$\Delta_2 = 2^\circ 41'$$

$$\varphi_{e,小} = \varphi_{小} + \Delta_1 = 38^\circ 40' + 2^\circ 14' = 40^\circ 54'$$

$$\varphi_{t,小} = \varphi_{小} - \Delta_2 = 38^\circ 40' - 2^\circ 41' = 35^\circ 59'$$

表 6-64

径节齿轮的计算公式 (英寸)

名称	代号	计算公式
径节	DP	$DP = \frac{z}{d} = \frac{\pi}{t} = \frac{25.4}{m}$
周节	t	$t = \frac{\pi d}{z}$
齿数	z	$z = dDP = \frac{d\pi}{t}$
节径	d	$d = \frac{z}{DP} = \frac{zt}{\pi}$
外径	D_e	$D_e = d + 2h_1 \cos \varphi$

(续)

名称	代号	计算公式
齿顶高	h_1	$h_1 = \frac{1}{DP}$
齿根高	h_2	$h_2 = \frac{1.157}{DP}$
齿全高	h	$h = \frac{2.157}{DP}$
弧齿厚	S	$S = \frac{1.5708}{DP}$

注：节锥角、大小齿轮节锥角之和、节锥半径、齿顶角、齿根角、齿面角、切削角、齿面宽的计算公式与模数齿轮计算公式相同。

(2) 两轴夹角小于 90° 的直齿圆锥齿轮的几何计算

表 6-65

名称	代号	计算公式
小齿轮节锥角	$\varphi_{小}$	$\operatorname{tg}\varphi_{小} = \frac{\sin\varphi_{和}}{\frac{z_{大}}{z_{小}} + \cos\varphi_{和}}$
大齿轮节锥角	$\varphi_{大}$	$\operatorname{tg}\varphi_{大} = \frac{\sin\varphi_{和}}{\frac{z_{小}}{z_{大}} + \cos\varphi_{和}}; \varphi_{大} = \varphi_{和} - \varphi_{小}$

注：其余计算公式与两轴夹角等于 90° 的直齿圆锥齿轮相同。

〔例〕 一对直齿圆锥齿轮，中心角 $= 75^\circ$ ，大齿轮齿数 $z_{大} = 60$ ，小齿轮齿数 $z_{小} = 15$ ，求节锥角。

$$\text{解： } \operatorname{tg}\varphi_{小} = \frac{\sin 75^\circ}{\frac{60}{15} + \cos 75^\circ} = \frac{0.9659}{4 + 0.2588} = 0.2268$$

$$\varphi_{小} = 12^\circ 47'$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{大}} = \frac{\sin 75^\circ}{\frac{15}{60} + \cos 75^\circ} = \frac{0.9659}{0.25 + 0.2588} = 1.8984$$

$$\varphi_{\text{大}} = 62^\circ 13'$$

或 $\varphi_{\text{大}} = \varphi_{\text{和}} - \varphi_{\text{小}} = 75^\circ - 12^\circ 47' = 62^\circ 13'$

(3) 两轴夹角大于 90° 的直齿圆锥齿轮的几何计算

表 6-66

名称	代号	计算公式
小齿轮节锥角	$\varphi_{\text{小}}$	$\operatorname{tg}\varphi_{\text{小}} = \frac{\sin(180^\circ - \varphi_{\text{和}})}{\frac{z_{\text{大}}}{z_{\text{小}}} - \cos(180^\circ - \varphi_{\text{和}})}$
大齿轮节锥角	$\varphi_{\text{大}}$	$\operatorname{tg}\varphi_{\text{大}} = \frac{\sin(180^\circ - \varphi_{\text{和}})}{\frac{z_{\text{小}}}{z_{\text{大}}} - \cos(180^\circ - \varphi_{\text{和}})}$ $\varphi_{\text{大}} = \varphi_{\text{和}} - \varphi_{\text{小}}$

注：其余计算公式与两轴夹角等于 90° 的直齿圆锥齿轮相同。

〔例〕 两直齿圆锥齿轮中心角 $= 100^\circ$ ，大齿轮齿数 $z_{\text{大}} = 60$ ，小齿轮齿数 $z_{\text{小}} = 15$ ，求节锥角。

解：
$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{小}} = \frac{\sin(180^\circ - 100^\circ)}{\frac{60}{15} - \cos(180^\circ - 100^\circ)}$$

$$= \frac{\sin 80^\circ}{4 - \cos 80^\circ} = \frac{0.9848}{4 - 0.1737} = 0.2573$$

$$\varphi_{\text{小}} = 14^\circ 26'$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{大}} = \frac{\sin(180^\circ - 100^\circ)}{\frac{15}{60} - \cos(180^\circ - 100^\circ)}$$

$$= \frac{\sin 80^\circ}{0.25 - \cos 80^\circ} = \frac{0.9848}{0.25 - 0.1737} = 12.9069$$

$$\varphi_{\text{大}} = 85^\circ 34'$$

或 $\varphi_{\text{大}} = \varphi_{\text{和}} - \varphi_{\text{小}} = 100^\circ - 14^\circ 26' = 85^\circ 34'$

六、蜗 杆 传 动

蜗杆传动由蜗杆和蜗轮组成，主要用于传递空间两交叉轴的旋转运动。通常，蜗杆轴和蜗轮轴在空间的交角为 90° 。

蜗杆是梯形螺纹；蜗轮是具有特殊形式的斜齿轮，它的齿顶和齿根作成凹弧形以包住蜗杆。

在蜗杆传动中，通常是以蜗杆作为主动件，由蜗杆来带动蜗轮运动的。

蜗杆传动由于可以得到很大的传动比（一般为 $7\sim 80$ ）、传动平稳而且噪音小，并且具有自锁性，所以，在现代工业中得到了广泛的应用。特别是在机床和夹具中以及在起重机、汽车等的传动机构上，采用蜗杆传动的特别多。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. 蜗杆和蜗轮的专用名词解释

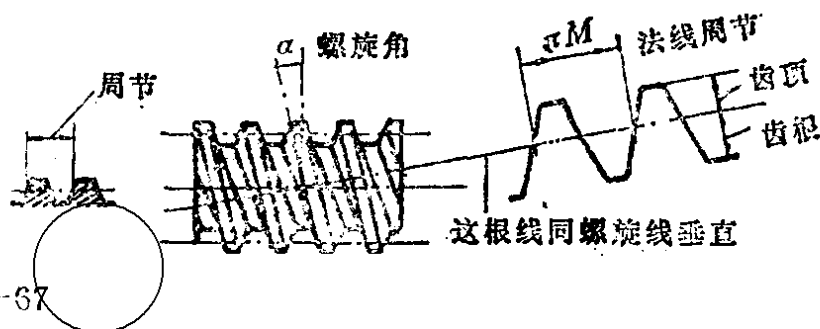


表 6-67

项 目	名 词	解 释
1	导 程	蜗杆回转一周的时候，蜗杆前进的距离
2	节 距	分为三种： 1) 周节，一般采用的有 $1/4, 5/16, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4, 1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 1\frac{3}{4}, 2$ (英寸) 2) 法节； 3) 模数
3	模 数	蜗轮节径上，每牙所占的距离
4	周 节	轴向的节距，也就是在轴的方向上，两牙间的距离
5	法 节	螺纹间的垂直距离
6	导 程 角 (螺旋角)	蜗杆节圆上的切线与中心线所成的角度

2. 蜗杆传动的计算

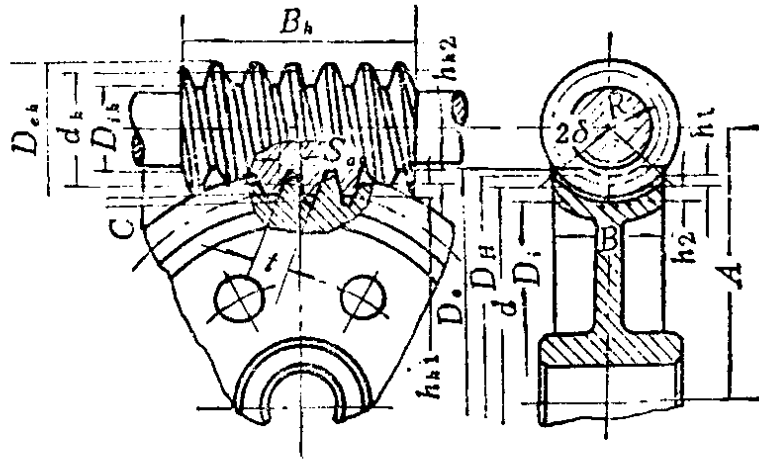


表 6-68

蜗杆和蜗轮的几何计算

(毫米)

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	$h_{k2}; h_2$	$h_{k2} = h_2 = 1.2m_s$
齿全高	$h_k; h$	$h_k = h = 2.2m_s$
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	$D_H = d + 2m_s$

(续)

名 称	代 号	计 算 公 式
蜗杆外径	D_{ek}	$D_{ek} = d_k + 2m_s$
蜗杆根径	D_{ik}	$D_{ik} = d_k - 2.4m_s$
蜗轮根径	D_i	$D_i = d - 2.4m_s$
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: $B \leq 0.75D_{ek}$; 当 $K = 4$ 时: $B \leq 0.67D_{ek}$
蜗轮外径	D_e	$K = 1$ 时: $D_e \leq D_H + 2m_s$; $K = 2 \sim 3$ 时: $D_e \leq D_H + 1.5m_s$; $K = 4$ 时: $D_e \leq D_H + m_s$
轮面半径	R	$R = \frac{d_k}{2} - m_s$
蜗杆导程	L	$L = \pi m_s K = d_k \pi \operatorname{tg}\beta_k$

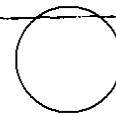


表 6-69 蜗杆节径 d_h 和外径 D_{eh} 的数值 (毫米)

m_s	1	1.5	2	2.5	3(3.5)	4(4.5)	5	6	(7)		
q	14	14	13	12	12	11	11	10(12)	9(11)	9(11)	
$d_h = qm_s$	14	21	26	30	36	42	44	49.5	50(60)	54(66)	63(77)
D_{eh}	16	24	30	35	41	49	52	58.5	60(70)	66(78)	77(90)
m_s	3	(9)	10	12	14	16	18	20	25(30)		
q	8(11)	8(11)	8(11)	8(11)	9	9	8	8	8		
$d_h = qm_s$	6(33)	72(99)	80(110)	96(132)	126	144	144	160	200	250	
D_{eh}	80(104)	90(117)	100(130)	120(156)	154	176	180	200	250	315	

注：括号中的数值，尽可能不采用。

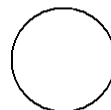


表 6-70 蜗杆的导程角度

q	14	13	12	11	10	9	8
K							
1	4°05'08"	4°23'55"	4°45'49"	5°11'40"	5°42'38"	6°20'25"	7°07'30"
2	8°07'48"	8°44'16"	9°27'44"	10°18'17"	11°18'36"	12°31'44"	14°02'10"
3	12°05'41"	12°59'41"	14°02'10"	15°15'18"	16°41'57"	18°26'06"	20°33'22"
4	15°56'43"	17°06'10"	18°26'06"	19°58'59"	21°48'05"	23°57'45"	26°33'54"

3. 蜗轮和蜗杆的材料及热处理

表 6-71

蜗轮的材料及热处理

滑动速度	材料牌号	浇铸方法	热处理方法
$v \geq 3$ 米/秒	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，一般要求HRB = 180~220，标记为T215； (4) 在调质处理后即进 行时效处理
	QSn10	离心浇铸	
$v \leq 4 \sim 5$ 米/秒	QA19-4	砂模浇铸 硬模浇铸	
	QA10.2-3.3	砂模铸造	
	QSn6-6-3	砂模浇铸 硬模浇铸 离心浇铸	
$v \leq 2$ 米/秒	HT28-48	砂模浇铸	
	HT32-52		
	HT24-44	硬模浇铸	
	HT21-40		

表 6-72

蜗杆的材料及热处理

材料牌号	应用情况	热处理标记符号
15	用于受不大载荷心部要求具有一定强度且表面要求耐磨的蜗杆	S-C59或S-G59
45	用于切面实体厚度在50毫米以内具有高强度和耐磨性在工作中不受冲击的蜗杆	C48
	用于模数小于4毫米受恒定重载和中速下工作的蜗杆	G54或T-G54
50	用于具有高表面硬度和淬火变形小的蜗杆	G57或T-G57
20Cr	用于工作表面要求较高硬度而心部要求具有一定强度的蜗杆	S-G59或S-Y59
18CrMnTi	用于受负荷不大而传动运动精度要求很高的分度蜗杆	S-G59或S-Y59
20CrMnMoVBA	用于承受冲击、重载及高速工作的蜗杆	S-Y59
40Cr	用于心部具有较高强度而工作表面要求耐磨和相当硬度的蜗杆	G52或T-G52
45MnB 42SiMn 35SiMn	用于承受高负荷和中速度工作并有冲击的蜗杆	T235
45MnB	用于承受高负荷和低冲击工作表面具有相当耐磨性切面实体厚度为30毫米的蜗杆	Y52
35CrMo	用于精密传动装置中的蜗杆	T280
38CrAlA 38CrMoAlA	用于具有高硬度表面，耐磨性良好和心部强度不大及热处理变形很小的蜗杆	D900 氮化深度范围0.4 ~0.6毫米

表 6-73 蜗杆螺纹渗碳层的深度 (毫米)

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

七、链传动

链传动由链轮和链条组成。工作时，链轮的齿与链条的环节相咬合。

链传动的优点是：

- 1) 工作平稳、效率高（可达98%）；
- 2) 和皮带传动比较，它能保证准确的传动比；
- 3) 和齿轮传动比较，它能在两轴中心距较远的情况下传递动力。

其缺点是：

- 1) 只能用于平行轴间的传动；
- 2) 链条与链轮的造价高；
- 3) 链条磨损快，并且磨损后，链节变长，影响工作，甚至产生脱链现象。

链传动主要用于传动比要求准确，而两轴相距较远，且不宜采用齿轮的地方。它在机床、起重运输机械、农业机械、摩托车和自行车中，都得到了广泛的应用。

1. 套筒滚子传动链参数的选择与计算

(1) 传动比、传动速度和齿数

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

$$2) \text{ 传动速度 } v = \frac{znt}{60 \times 1000} \text{ (米/秒),}$$

一般 $v \leq 15$ 米/秒。

式中 z ——链轮齿数；
 z_1 ——小链轮的齿数；
 z_2 ——大链轮的齿数；
 n ——链轮的转数（转/分）；
 t ——链轮的节距（毫米）。

3) 齿数

链轮的最小齿数 $z_{\text{最小}}=11$ ；

链轮的最大齿数 $z_{\text{最大}}=120$ 。

(2) 链轮的中心距

链轮的正常中心距 $A=(30\sim 50)t$ ；

链轮的最大中心距 $A_{\text{最大}}\leq 80t$ ；

链轮的最小中心距 $A_{\text{最小}}$ 见表6-74。

表 6-74

传动比 i	$A_{\text{最小}}$ (毫米)
<3	$=\frac{D_{e1}+D_{e2}}{2}+(30\sim 50)$
$3\sim 4$	$=1.2\frac{D_{e1}+D_{e2}}{2}$
$4\sim 5$	$=1.3\frac{D_{e1}+D_{e2}}{2}$
$5\sim 6$	$=1.4\frac{D_{e1}+D_{e2}}{2}$
$6\sim 7$	$=1.5\frac{D_{e1}+D_{e2}}{2}$

注：表中 D_{e1} 为小链轮齿顶圆直径； D_{e2} 为大链轮齿顶圆直径。

(3) 小链轮的最大许用转速 $n_{1\text{最大}}$

表 6-75

链轮齿数 z	节 距 t (毫米)								
	9.525	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75	38.1	44.45	50.8
	$n_{1\text{最大}}$ (转/分)								
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_i 的计算公式:

$$L_i = \frac{2A}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{\left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 \times t}{A}$$

2) 链条周长 L 的计算公式:

$$L = t \times L_i = 2A + \frac{(z_1 + z_2) \times t}{2} + \frac{\left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 \times t^2}{A}$$

(5) 链节的最大许可冲击次数 $U_{\text{最大}}$

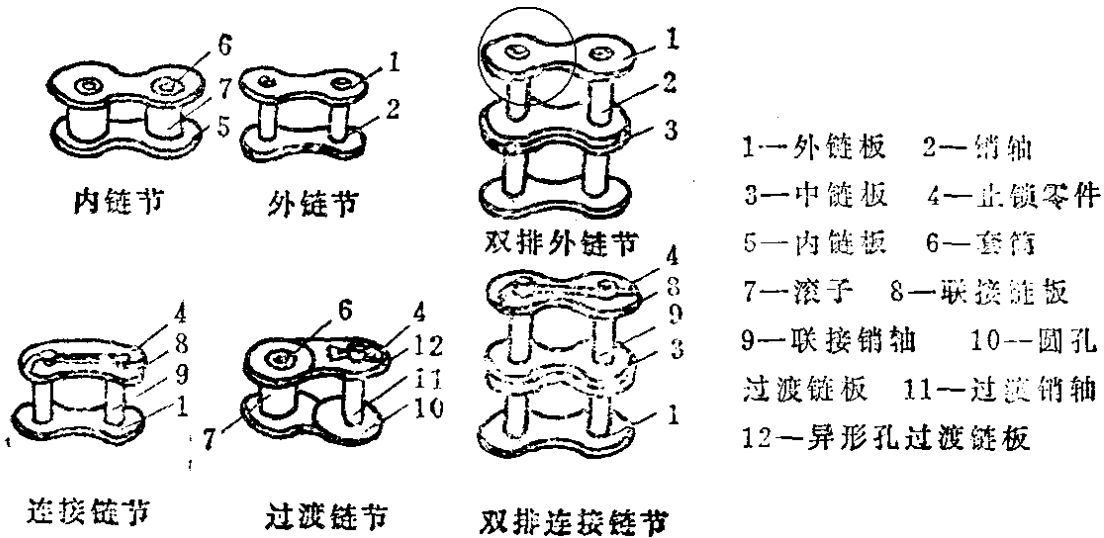
表 6-76

节距 t (毫米)	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75	38.1	44.45	50.8
$U_{\text{最大}}$ (次/秒)	60	45	35	30	25	20	15	12

链节的实际冲击次数 $U_{\text{实际}} = \frac{zn}{15L_i}$, 式中 z 和 n 须用同一轮的齿数和

转数。如 $U_{\text{实际}}$ 超过 $U_{\text{最大}}$ 时, 可增加链条节数, 以减少其冲击次数。

2. 套筒滚子链链节的基本尺寸



(毫米)

表 6-77

链号	节距 t	滚子 直径 d 最大	内链节 内宽 b_1 最小	多排 链排 距 P_1	销轴 直径 d_z 最大	内链板 高度 h	外链节 外宽 b_2	连接销轴		过渡销 轴 L_3 不大于	最低折断载荷 Q (公斤)	
								L_1	L_2		A级	B级
TG095	9.525	6.35	5.72	10.24	3.30	直板3.5 55形板3.8	10.75 11.23	6.20 6.40	7.40 7.60		900	900
TG127	12.70	8.51	7.75	13.93	4.55	12	14.01	8.10	9.70	20.53	1800	1800
TG158	15.875	10.16	9.53	18.11	5.08	15	17.94	10.10	11.90	24.74	2200	2200
TG190	19.05	11.91	12.70	22.78	5.95	18	22.66	12.70	14.80	29.95	3200	3200
TG254	25.40	15.88	15.88	29.29	7.94	23.5	28.95	16.40	19.10	38.30	5800	5000
TG317	31.75	19.05	19.05	35.76	9.52	30	35.36	19.79	23.27	46.54	9000	8000
TG381	38.10	22.23	25.40	45.44	11.10	35.8	44.99	24.93	28.50	57.01	13500	12000
TG444	44.45	25.40	25.40	48.87	12.70	41.5	48.23	26.85	31.52	63.05	18000	16000
TG508	50.80	28.58	31.75	58.55	14.30	48	57.94	32.15	36.82	73.65	22700	18500
TG635	63.50	39.68	33.10	71.55	19.34	60	70.66	39.61	44.71	89.43	38000	32000

注: 1. 表列 Q 为单排链值, 多排链 Q 为表列数值乘以排数。2. 表列 L_1 、 L_2 、 L_3 均为单排链值; 多排链时 L_1 、 L_2 为表列数值加 $(n-1) \times \frac{P_1}{2}$, L_3 为表列数值加 $(n-1)P_1$ 。

3. 链轮(GB1244-76)

(1) 链轮基本尺寸的计算公式

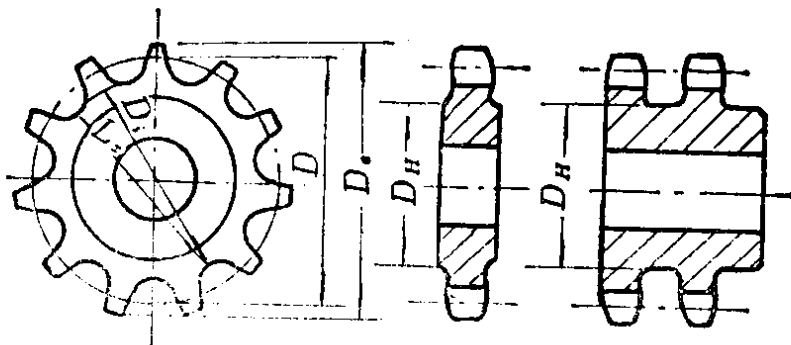


表 6-78

(毫米)

名称	代号	计算公式
链轮节距	t	
齿数	z	
配用链滚子直径	d	
节圆直径	D	$D = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$
齿顶圆直径	D_e	$D_e = t \left(0.54 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right)$
齿根圆直径	D_i	$D_i = D - d$
最大齿根距离	L_z	$L_z = D_i$ (偶数齿) $L_z = D \cos \frac{90^\circ}{z} - d$ (奇数齿)
最大齿侧凸缘直径 或最大排间槽直径 ϕ	D_H	$D_{H\max} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} - 1 \right) - 0.8$

注：对齿顶圆直径 D_e ，最大齿侧凸缘直径或最大排间槽直径 D_H 的值取整数，其他尺寸精确到0.01毫米。

(2) 链轮的端面齿形及计算公式

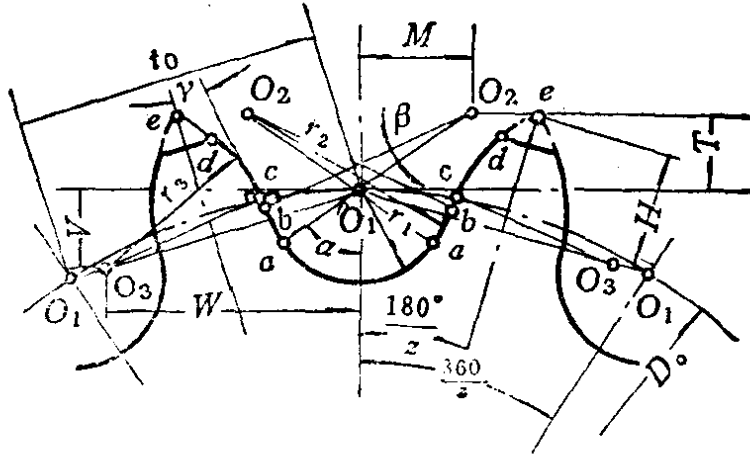


表 6-79

(毫米)

名称	代号	计算公式
分度圆节距	t_0	$t_0 = t \left(1 + \frac{d_1 - d}{D} \right)$
分度圆直径	D_0	$D_0 = \frac{t_0}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$
齿沟圆弧半径	r_1	$r_1 = 0.5025d + 0.05$
齿沟圆弧直径	d_1	$d_1 = 2r_1 = 1.05d + 0.1$
齿沟半角	α	$\alpha = 55^\circ - \frac{60^\circ}{z}$
齿沟圆心到工作段圆心的距离	O_1O_2	$O_1O_2 = 0.8d$
工作段圆弧中心 O_2 的坐标	M	$M = 0.8d \sin \alpha$
	T	$T = 0.8d \cos \alpha$
工作段圆弧半径	r_2	$r_2 = 0.8d + r_1 = 1.3025d + 0.05$
工作段圆弧中心角	β	$\beta = 18^\circ - \frac{56^\circ}{z}$

(续)

名称	代号	计算公式	
工作段圆弧的弦长	\bar{ab}	$\bar{ab} = (2.005d + 0.1) \sin \frac{\beta}{2}$	
齿沟圆心到齿顶圆弧中心的距离	O_1O_3	$O_1O_3 = 1.3d$	
齿顶圆弧中心 O_3 的坐标	W	$W = 1.3d \cos \frac{180^\circ}{z}$	
	V	$V = 1.3d \sin \frac{180^\circ}{z}$	
齿形半角	γ	$\gamma = 17^\circ - \frac{64^\circ}{z}$	
齿顶圆弧半径	r_3	$r_3 = d(1.3 \cos \gamma + 0.8 \cos \beta - 1.3025) - 0.05$	
工作段直线部分长度	\bar{bc}	$\bar{bc} = d(1.3 \sin \gamma - 0.8 \sin \beta)$	
e 点至齿沟圆弧中心连线的距离	H	$H = \sqrt{r_3^2 - \left(1.3d - \frac{t_n}{2}\right)^2}$	
齿顶变尖时的齿顶圆直径	D_{\max}	$D_{\max} = t_0 \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} + 2H$	
齿形	最大值	θ_{\max}	$\theta_{\max} = \angle aO_1O_3 = 35^\circ - \frac{120^\circ}{z}$
	最小值	θ_{\min}	$\theta_{\min} = \angle aO_1O_3 - \angle \beta = 17^\circ - \frac{64^\circ}{z}$
压力角	平均值	$\bar{\theta}$	$\bar{\theta} = 26^\circ - \frac{92^\circ}{z}$

注：1. 线性值精确到0.01毫米，角度值精确到1'。

2. O_2 在 aO_1 的延长线上； O_3 在相邻两齿沟圆心连线 O_1O_3 上。

3. 齿沟圆弧直径 d_1 ，允许比上式计算的大 $0.003d + 0.12$ （毫米）。

4. 凡按本标准设计链轮时，其端面齿形在工作图上可不画出，注明“齿形按GB1244-76规定制造”字样。

(3) 链轮轴面齿形及基本尺寸

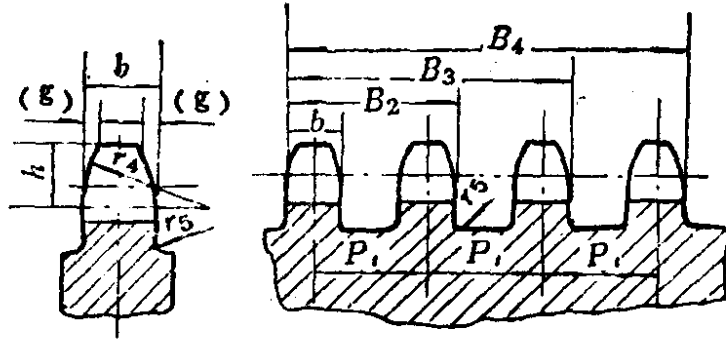


表 6-80

(毫米)

节距 t	链 条		轴 面 齿 形							排距 P_1
	滚子 直径 d	内链节 内 宽 b_1	倒角 宽 g	倒角 深 h	倒角 半径 r_4	圆角 半径 r_{5max}	齿 宽 b			
							单排	2、3排	4排 以上	
9.525	6.35	5.72	1.2	4.8	10.1	0.5	5.2	5	4.6	10.24
12.70	8.51	7.75	1.6	6.4	13.5	0.5	7.1	6.8	6.4	13.92
15.875	10.16	9.53	2.0	7.9	16.9	0.5	8.7	8.4	7.9	18.11
19.05	11.91	12.70	2.4	9.5	20.3	0.5	11.7	11.3	10.6	22.78
25.40	15.88	15.88	3.2	12.7	27.0	1.0	14.6	14.1	13.3	29.29
31.75	19.05	19.05	4.0	15.9	33.8	1.0	17.6	17.0	16.1	35.76
38.10	22.23	25.40	4.8	19.0	40.5	1.0	23.5	22.7	21.5	45.44
44.45	25.40	25.40	5.6	22.2	47.3	2.0	23.5	22.7	21.5	48.87
50.80	28.58	31.75	6.4	25.4	54.0	2.0	29.4	28.4	27.0	58.55
63.50	39.68	38.10	7.9	31.8	67.5	2.0	35.3	34.1	32.5	71.55

注：链轮齿总宽 $B_n = (n-1)P_1 + b$, n ——排数。

第七章 常用量具

一、量具的分类

为了确保产品质量，要求在制造零件与装配过程中，严格地按照图纸上所规定的形状、尺寸和技术条件进行生产，因此，就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有量具。

按照用途，量具可分为三种类型：

1) 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有万能量具。这种量具，一般都带有刻度，测量结果能得到具体的数值，如钢尺、卡钳、游标卡尺、百分尺、百分表等。

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有专用量具，如极限量规、螺纹塞规、螺纹环规等。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) 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有标准量具，如块规、角度块、标准环等。

二、常用量具

1. 钢尺

钢尺是用来测量工件直线尺寸（长、宽、高）和距离的一种量具。

钢尺用薄钢板制成。其规格按长度有150、300、500、1000毫米几种。

钢尺上的刻度有公制和英制两种。有的公制和英制同刻在一个尺面上（图7-1）。公制的刻度以毫米为单位（有的钢尺精确到0.5毫米），英制的单位是英寸。1英寸=25.4毫米，1毫米=0.0394英寸……

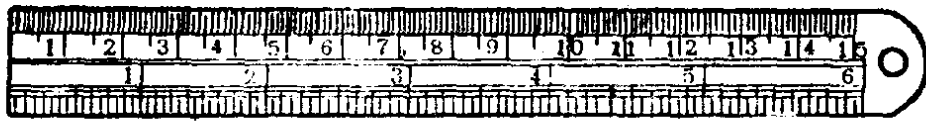


图 7-1 钢尺

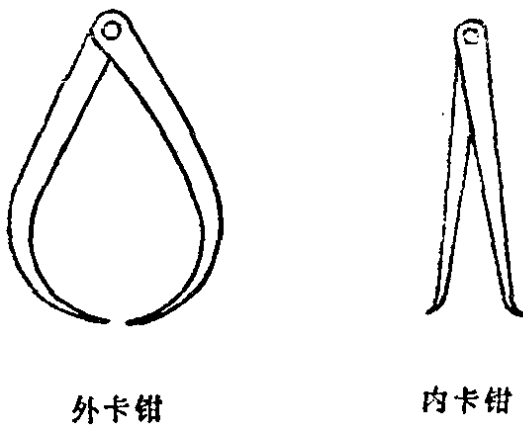
在使用钢尺测量时，必须注意钢尺的零线要和工件的边缘相重合。如果零线模糊不清或有损伤时，可以改用10毫米刻度线作为起点。在读数时，视线必须和钢尺的尺面相垂直，否则将因视线歪斜而造成读数误差。

2. 卡钳

卡钳是一种间接量具。它不能直接测量出工件的尺寸。它所测量的尺寸，必须在其他带有刻度的量具（如钢尺等）上度量后，才能读出数字；或在其他量具（如卡尺、百分尺等）上测量出必要的尺寸后，再去度量工件。

卡钳的规格有100、125、200、250、300、350、400、450、500、600毫米多种。

卡钳有外卡钳和内卡钳两种（图7-2）。外卡钳用来测量工件的外部尺寸（如外径、厚度等），而内卡钳则用来测量工件的内径和凹槽等。



外卡钳

内卡钳

图 7-2 卡钳

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，先将卡钳掰得与工件尺寸相近似，然后轻敲卡钳的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。

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，直至卡脚贴合松紧合适为止，这时手指有轻微摩擦的感觉（图7-3）。

测量时，要注意卡钳应与孔端面和槽的基准面相垂直。

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

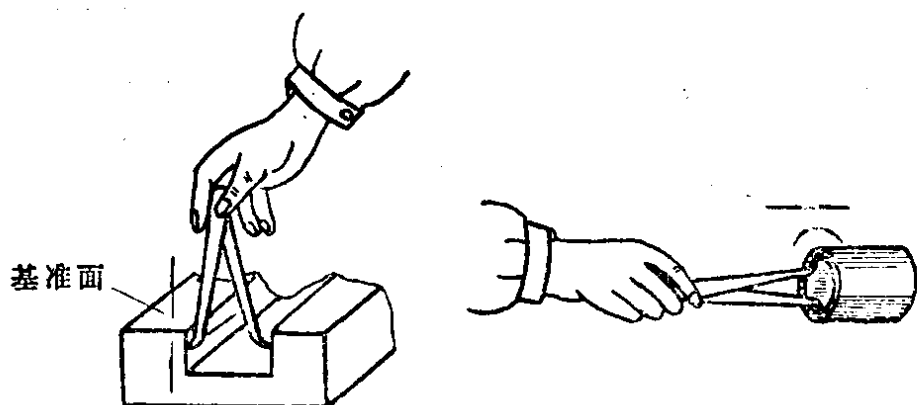


图 7-3 内卡钳测量法

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，一手托住一只卡脚，使之靠紧测量表面，另一手握住铰链处，使另一只卡脚在工件上轻轻滑过（图7-4）。测量时，必须使卡钳与工件的轴线或基准面相垂直。

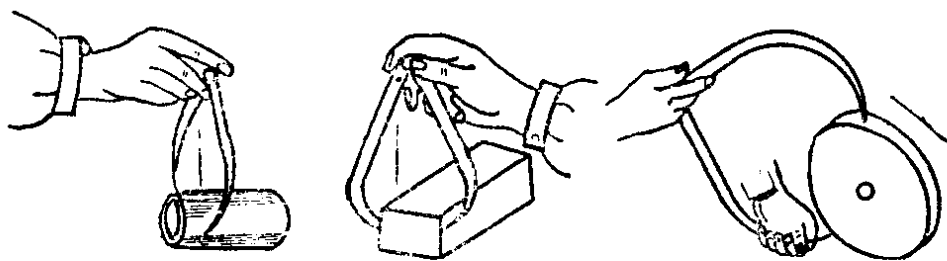


图 7-4 外卡钳测量法

卡钳测量虽然简单方便，但是要想测量得准确，并不容易，初学者只有经过反复实践，才能很好掌握。

3. 游标卡尺

(1) 概述：游标卡尺是一种比较精密的量具。它可以直接测量出工件的内径、外径、长度、宽度和深度等。

游标卡尺的构造如图 7-5 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。

测量时，将工件放在两卡脚中间，通过副尺刻度与主尺刻度的相对位置，便可读出工件的尺寸。当需要使副尺作微动调节时，先拧紧螺钉，然后旋转螺母，就可推动副尺微动。有的游标卡尺还带有测量深度的装置

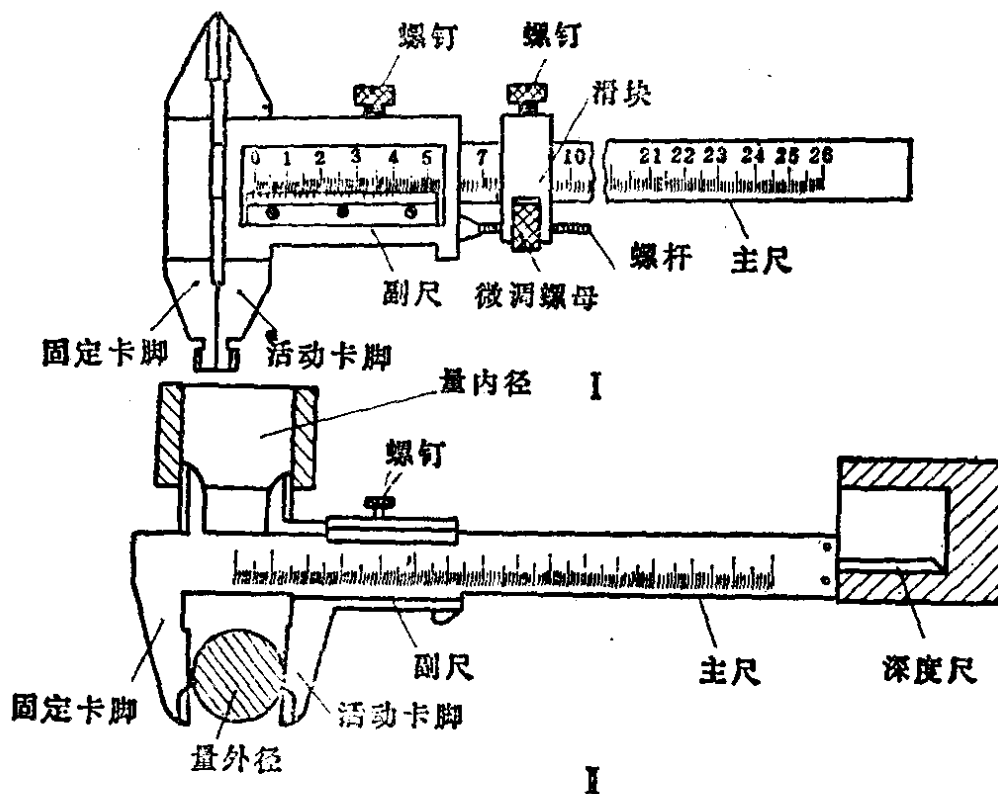


图 7-5 游标卡尺的构造

(图7-5- II)。

游标卡尺的测量范围有 0~125、0~200、0~300、0~500 毫米等多种。

游标卡尺用膨胀系数较小的钢材制成。测量内径和外径的两个卡脚，要经过淬火和充分的时效处理。

(2) 读数原理：被测工件的尺寸是根据副尺与主尺刻度的相对位置读得的。与副尺零线相对应的主尺上的位置，可决定被测工件尺寸的整数部分；小数部分则由副尺上的刻度来决定。

以分度值 $i=0.1$ 毫米、放大系数 $r=1$ 的游标卡尺为例(图7-6- I)，主尺刻度为 1 毫米一格，副尺刻度为 0.9 毫米一格，主尺与副尺每格的差为 1 毫米 - 0.9 毫米，即 0.1 毫米(此差值代表卡尺的精度，也就是卡尺的分度值 i)。当副尺的零线和主尺的零线对齐时，卡脚开度就是 0.1 毫米；当副尺第二刻度线与主尺的 2 毫米刻度线对齐时，卡脚开度就是 0.2 毫米，依此类推。当副尺零线与主尺上的 1 毫米刻度线对齐时，测量卡脚间的距

离就是1毫米。由此可见，只要找出副尺上的某一刻度线与主尺上某一刻度线相对齐，就可读出所测量尺寸的小数部分。

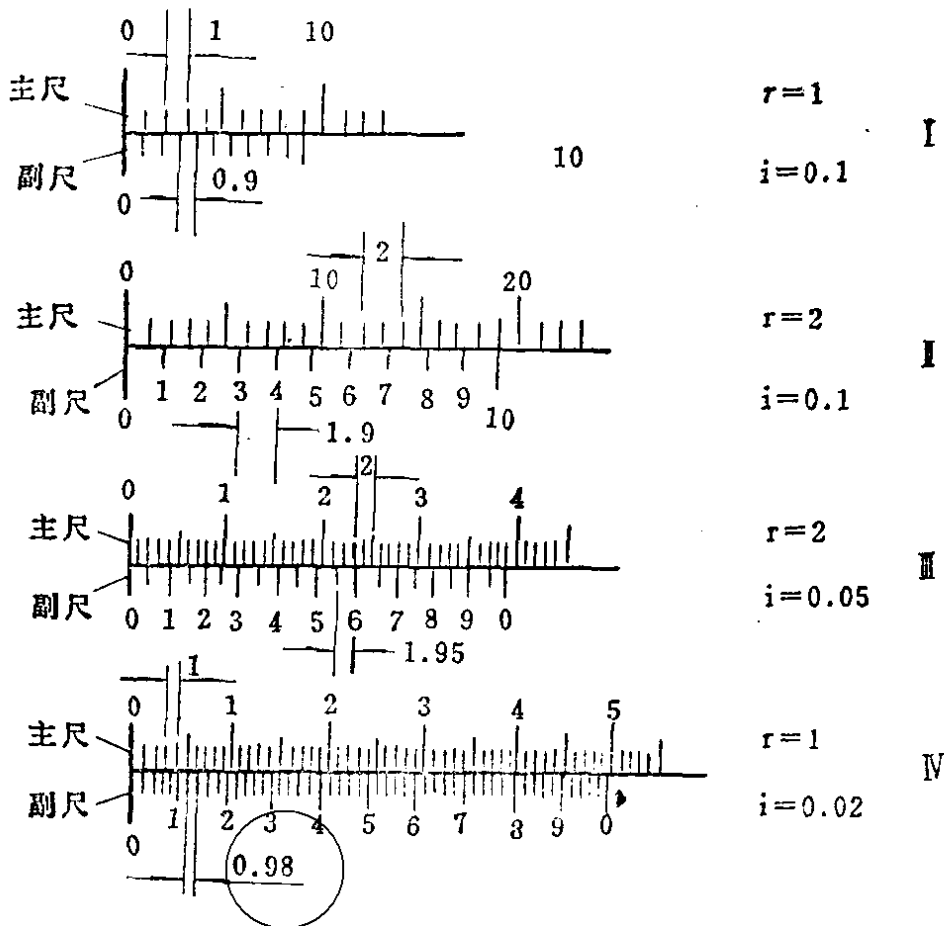


图 7-6 游标卡尺的读数原理

游标卡尺的读数方法如下：

第一步：查出副尺零线在主尺上错过几小格，读出整数；

第二步：查出副尺上哪一格刻度线与主尺上的某一刻度线相对齐，读出小数；

第三步：将主尺上的整数和副尺上的小数相加即可读出被测量的工件尺寸。

工件尺寸 = 主尺格数 + 副尺格数 × 卡尺精度。

图 7-7 是游标卡尺读数的几个例子。

如果把卡尺的刻度距离放大，使之每格等于 1.9 毫米，即放大系数 $r=2$ ，刻度线数目不变，读数原理和分度值也不变，但增大了副尺刻线的

距离，使读数更加方便（图7-6-II）。为了适应测量较精密的配合零件，目前所用的卡尺，分度值为0.05毫米和0.02毫米（图7-6-III、IV）。

(3) 使用方法：游标卡尺在使用前，首先要检查一下主尺与副尺的零线是否对齐，并用透光法检查内外卡钳的测量面是否贴合。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7-5-II。

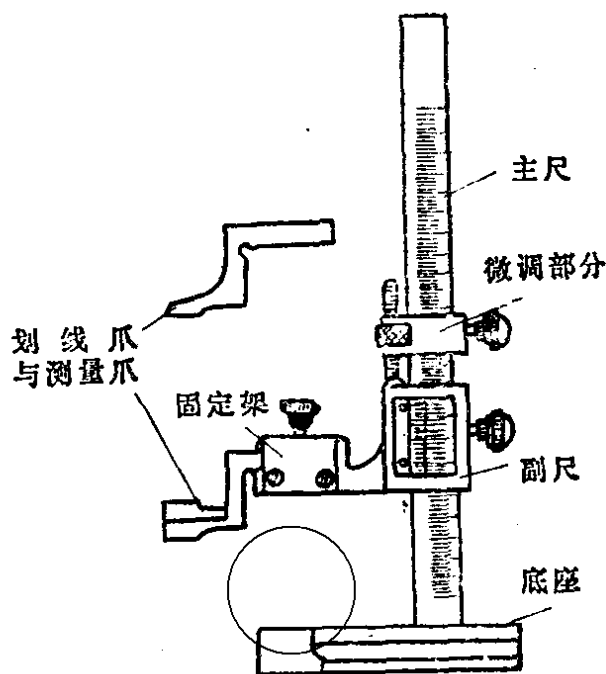


图 7-8 高度游标尺

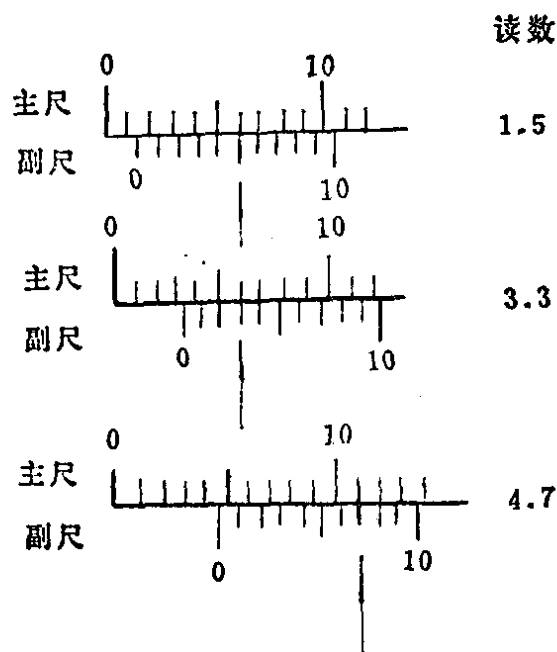


图 7-7 读数实例

切记不可在工件转动时进行测量，并且不准在毛坯和粗糙表面上用卡尺测量。卡尺用完后，应拭擦干净，长时间不用时，应涂上一层薄油脂，以防生锈。

4. 高度游标尺

高度游标尺（图7-8）常用来在平台上测量工件的高度和进行划线。它由主尺、副尺、测量爪、划线爪、固定螺钉和底座等组成，其读数原理与游标卡尺相同。

高度游标尺的测量范围有0~200、0~300、0~500和0~

1000毫米几种，其游标分度值有0.1、0.05、0.02毫米三种。

测量时，一定要将平台和高度游标尺底座的下平面清理干净，使底座与平台完全贴合，这样才能得到准确的尺寸。

5. 深度游标尺

深度游标尺（图7-9）又叫深度卡尺，其主要用途是测量孔的深度、槽的深度和台阶的高度等。它由主尺、副尺与底座（二者为一体）、固定螺钉组成。

深度游标尺的测量范围有0~200、0~300、0~500毫米几种，其游标分度值有0.02、0.05、0.1毫米三种，刻线原理与读数方法和游标卡尺相同。

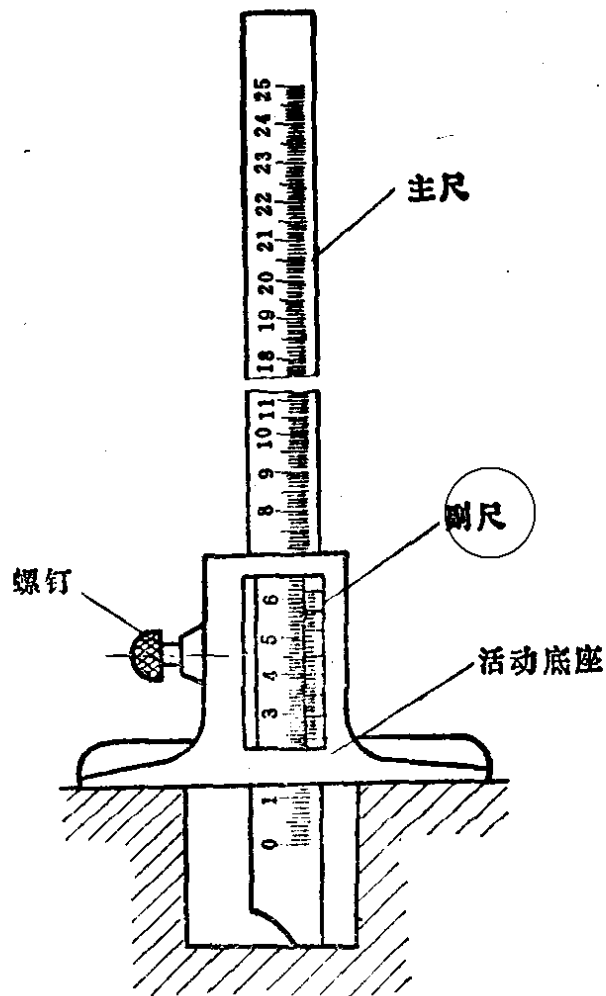


图 7-9 深度游标尺

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

6. 外径百分尺

(1) 概述：外径百分尺（又叫外径千分尺）是生产中常用的一种测量工具，主要用来测量工件的外径及长、宽、厚等。通过它能准确地读出0.01毫米，并可估计出0.005毫米，因此，习惯上又称为外径千分尺（事实上也有精确到0.001毫米的千分尺）。

外径百分尺的构造如图7-10所示。它由弓架1、固定砧2、固定套筒3（带刻度）、螺杆测轴4、活动刻度套筒5、棘轮机构6和定位环7组成。活动套筒与活动测轴紧固在一起。

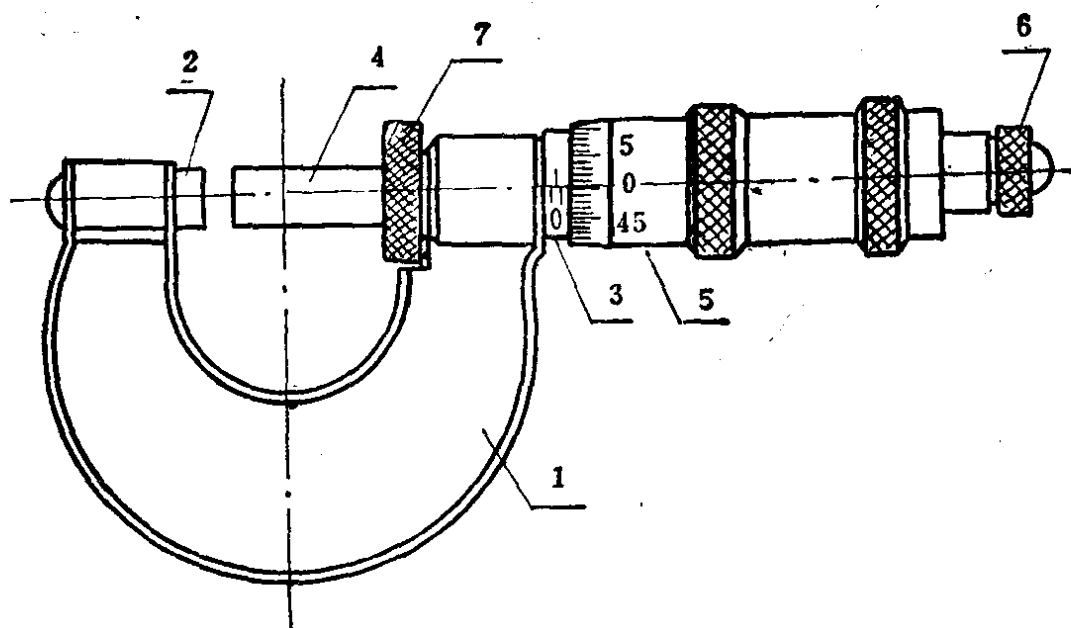
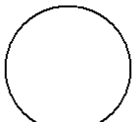


图 7-10 外径百分尺

外径百分尺的规格见表7-1。

表 7-1

 测量范围 (毫米)	0~25, 25~50, 50~75, 75~100, 100~125, 125~150, 150~175, 175~200, 200~225, 225~250, 250~275, 275~300, 300~400, 400~500, 500~600, 600~700, 700~800, 800~900, 900~1000, 1000~1200, 1200~1400, 1400~1600, 1600~1800, 1800~2000, 1000~1500, 1500~2000
读数值 (毫米)	0.01

(2) 分格原理：外径百分尺是利用螺旋副将角度的位移变为直线的位移，如图7-11所示，固定套筒上有25毫米50个小格，即一格等于0.5毫米，正好等于螺杆测轴上的螺距。螺杆测轴每转一周所移动的距离正好等于固定套筒上的一小格，顺时针转一周，就能使测距缩短0.5毫米；逆时针转一

司，就能使测量距离延长 0.5 毫米。如果转 $\frac{1}{2}$ 周，则移动 0.25 毫米。如果把活动套筒沿圆周分成 50 小格，转 $\frac{1}{50}$ 周（即一小格），则移动距离为 $0.5 \times \frac{1}{50} = 0.01$ 毫米；活动套筒转 10 个小格，则移动为 0.10 毫米。因此，我们可以从固定套筒上读出整数，从活动套筒上读出小数，读法是：

$$\text{固定套筒格数} \times \frac{1}{2} + \text{活动套筒格数} \times 0.01 = \text{工件尺寸}$$

读数示例见图 7-11。

(3) 外径百分尺的使用：使用前，应先将标准检验杆置于固定砧和螺杆测轴之间，检查它的固定套筒中心线与活动套筒的零线是否重合，如不重合，应进行调整。

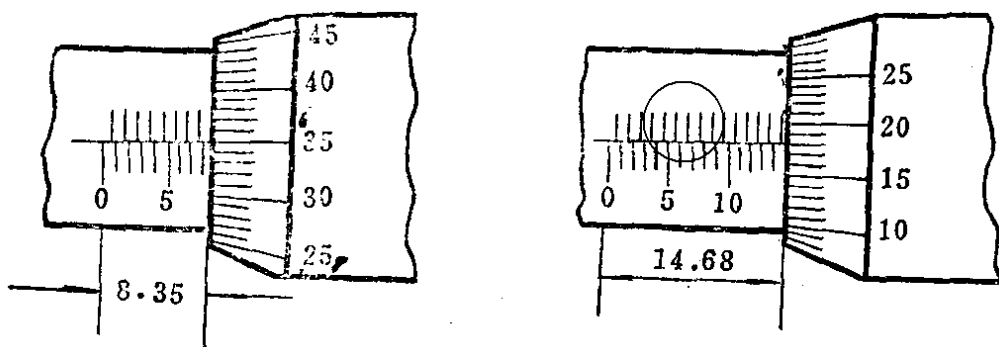


图 7-11 外径百分尺读数示例

测量时，当两测量面接触工件后，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，可以旋紧止动不，然后取下百分尺读出尺寸。

在使用时，不得强行转动活动套筒，要尽量使用棘轮；切忌把百分尺先固定好再用力向工件上卡，这样会损伤测量表面，或弄弯螺杆测轴。用完后，要擦净放入盒内，并应定期检查校验，以保证精度。

7. 内径百分尺

内径百分尺（也称内径千分尺）是用来测量内径尺寸的，它分为普通式（图 7-12）和杠杆式（图 7-13）两种。

普通内径百分尺用于测量小孔。它的刻线方向与外径百分尺和杠杆式

内径百分尺相反，当活动套筒顺时针旋转时，活动套筒连同左面的卡脚一起向左移动，测距越来越大。

杠杆式内径百分尺用于测量较大的孔径。它由两部分组成，一是尺头部分，二是加长杆。其分格原理和螺杆螺距与外径百分尺相同。螺杆的最大行程是13毫米。为了增加测量范围，可在尺头上旋入加长杆。成套的内径百分尺，加长杆可测量1500毫米以内的尺寸。

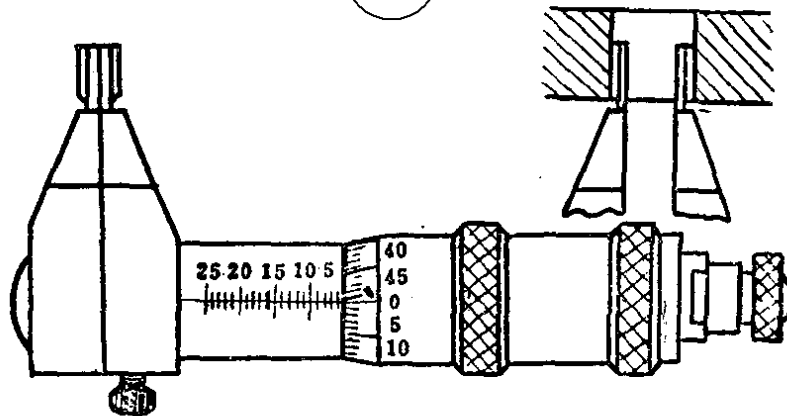


图 7-12 普通内径百分尺

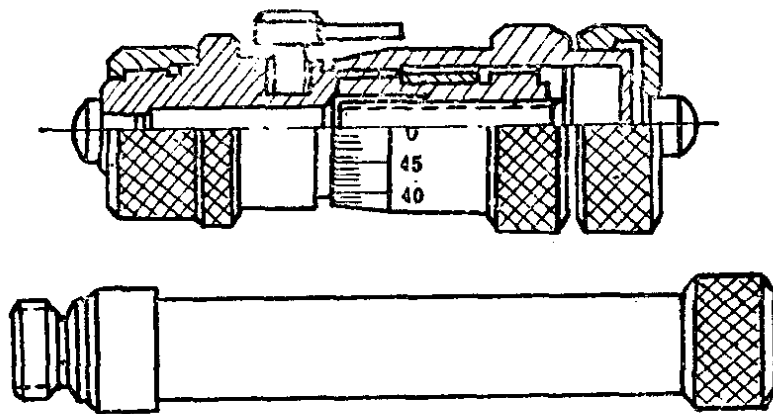


图 7-13 杠杆式内径百分尺

在使用内径百分尺时，首先要进行检验。其方法可用外径百分尺测量，看其测得的数字是否与内径百分尺的标准尺寸相符合。如不符合，应松开紧固螺母，进行调整。成套的内径百分尺都配有一个标准卡规，用以调整和校验尺头。用加长杆时，接头必须旋紧，否则将影响测量的准确度。测量时，一只手扶住固定端，另一只手旋转套筒，并作上下左右摆动，这样，才能得到比较准确的尺寸。

8. 深度百分尺

深度百分尺（又称深度千分尺）主要用来测量工件上精度要求较高的孔深、槽深以及两平面之间的距离。其分格原理和刻线方向与普通内径百分尺相同。

深度百分尺的外观如图7-14所示。其测量范围有0~50、0~100毫米等多种。使用前，将底座放在精确的平面上进行校验，调整方法与外径百分尺相同。使用方法是使底座贴紧工件，旋转棘轮，使测轴接触工件的测量表面，即可得到准确的尺寸。

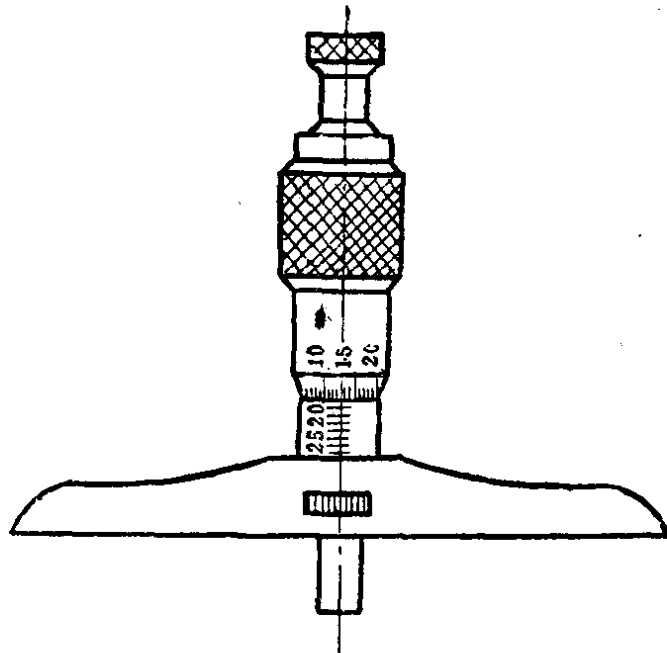


图 7-14 深度百分尺

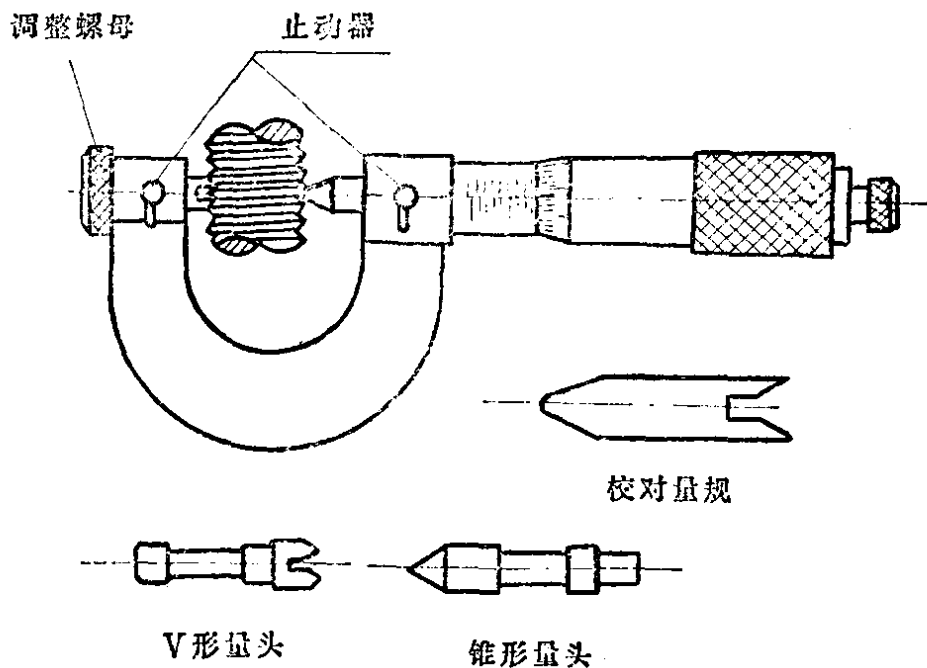


图 7-15 螺纹百分尺

9. 螺纹百分尺

螺纹百分尺（也称螺纹千分尺）是测量螺纹的常用量具，可用来测量2~3级公制或英制外螺纹的中径尺寸。它的结构与外径百分尺相似，所不同的只是螺纹百分尺的测砧是可调节的，同时在测砧和测微螺杆的端部各有一个小孔。

螺纹百分尺（图7-15）附有各种不同的可换量头。每一对量头适用于一定的螺距范围。

螺纹百分尺的规格见表7-2。

表 7-2

测量范围 (毫米)	量头 数目 (对)	适用螺 距范 围 (毫米)	测量范围 (毫米)	量头 数目 (对)	适用螺 距范 围 (毫米)
0~25	5	{ 0.4~0.5 0.6~0.8 1~1.5 1.75~2.5 3~4.5	75~100	4	{ 1~1.5 1.75~2.5 3~4.5 5~6
			100~125		
			125~150		
			150~175		
		200~225			
25~50	5	{ 0.6~0.8 1~1.5 1.75~2.5 3~4.5 5~6	225~250	2	{ 3~4.5 5~6
50~75			250~275		
			275~300		
			300~325		
			325~350		

测量时，使V形量头与被测螺纹的齿峰部分接触，锥形量头与该齿对应的齿谷接触，从百分尺的刻度上便可读出螺纹中径的尺寸。

检查英制螺纹时，须采用英制量头进行测量。

10. 百分表

百分表（图7-16）是钳工常用的一种精密量具，在零件加工和机器装配中，常被用来检查零件的几何形状及其相互位置的微量偏差，如圆形零

件的椭圆度、偏心度和零件表面的平直度以及两平行面间的平行度等，借助于块规也可对零件的尺寸进行比较测量。它的优点是准确、可靠、方便、迅速。百分表的测量范围有0~3、0~5、0~10毫米三种，分度值为0.01毫米。

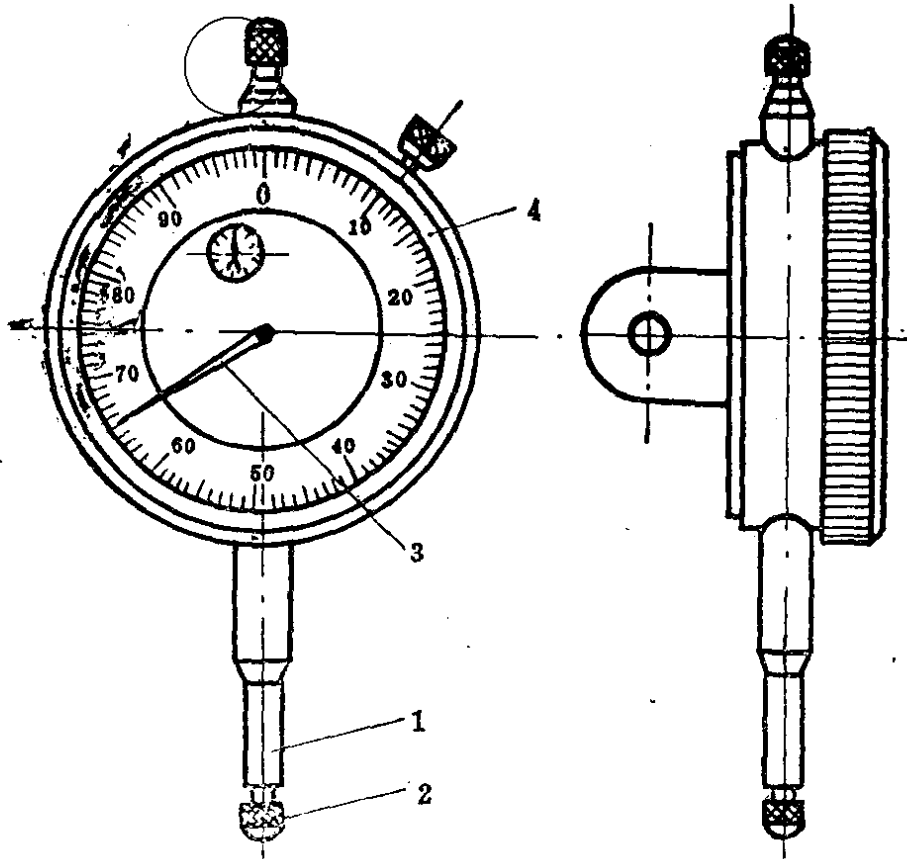


图 7-16 百分表

1—测轴； 2—测头； 3—指针； 4—表盘

(1) 百分表的读数原理：百分表的构造有各种各样，常见的如图7-16所示。测轴1的下端有测头2。测量时，当测头触及零件或测表面后，测轴能上下移动。测轴每移动1毫米，指针3即转1整周，在表盘4上是把全圆周分成100等分，因此，每等分为.01毫米，即指针摆动一格时，测轴移动.01毫米。所以百分表的测量精度为0.01毫米。

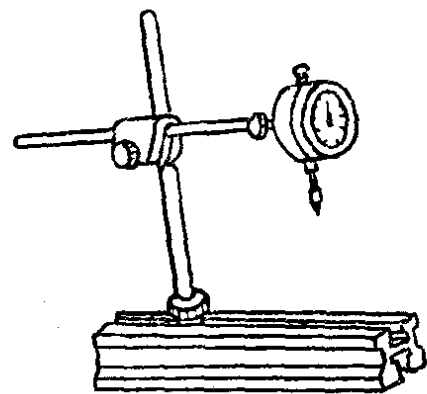


图 7-17 百分表的使用

(2)百分表的使用方法：百分表在使用时可装在表架上(图7-17)。

测量时，把零件放在平板上，使百分表的测头压到被测零件的表面上，再转动刻度盘，使指针对准零位，然后移动百分表，就可测出零件的平直度或平行度。

将需要检验的轴装在V形铁上，使百分表的测头压到轴的表面上，用手转动轴，就可测出轴的偏心度。

对零件的尺寸进行比较测量时，首先按照测量的尺寸组成块规组放在百分表测头下面，使测头触及块规并转动刻度盘，使指针对准零位，然后移去块规，放上零件，再使百分表的测头与零件表面接触。如果读数还是

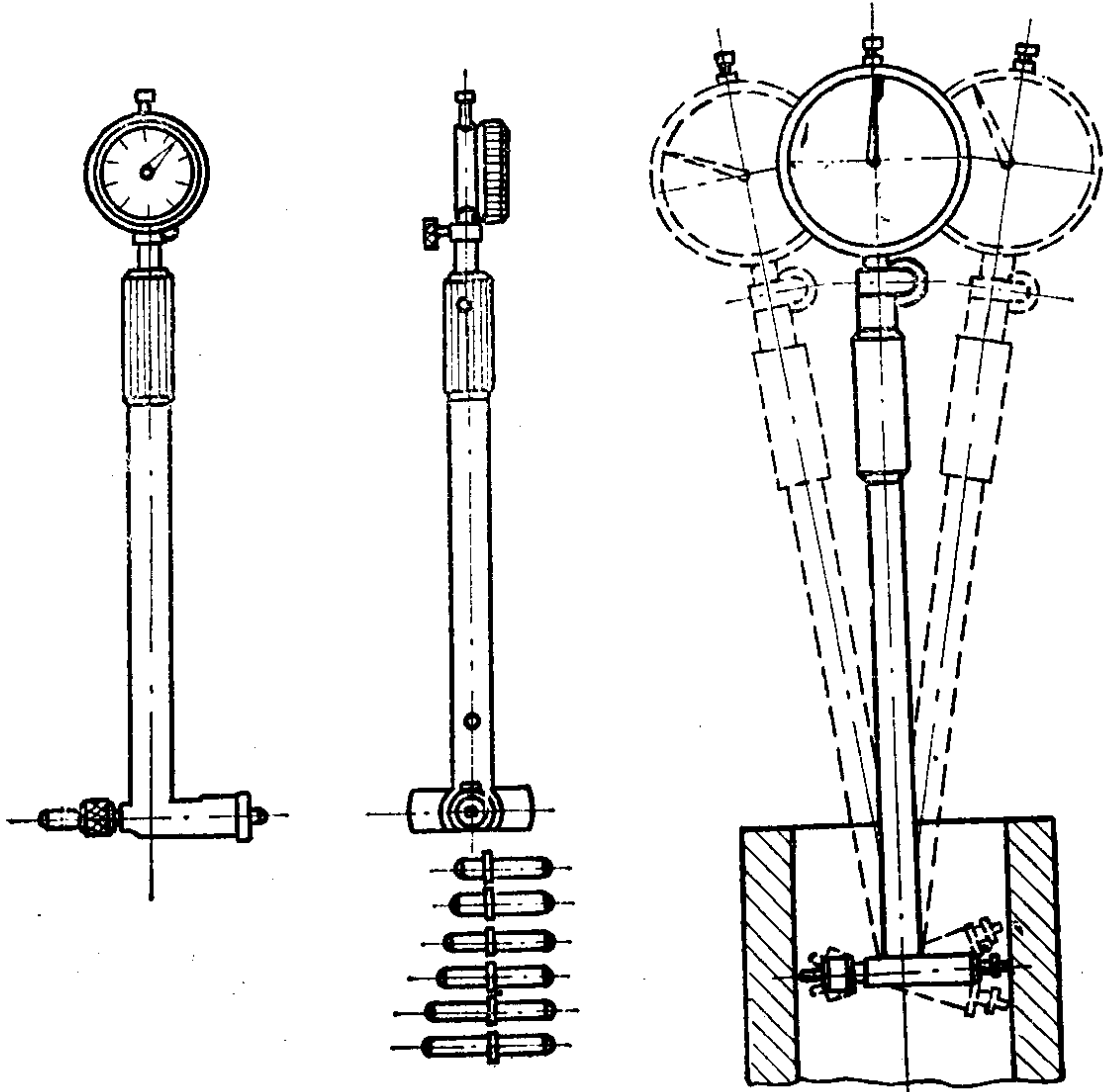


图 7-18 内径百分表

图 7-19 内径百分表的测量方法

差，就说明零件的尺寸与块规组的尺寸相同，如果不相同，则零件的尺寸就是块规组的尺寸与百分表读数值代数之和。

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，应用最广的是两点接触式内径百分表。

图7-18为常用内径百分表的外观及可换插头。

测量前，根据被测量尺寸选取相应尺寸的插头，装在表架上，然后利用标准环或外径百分尺来调整内径百分表的零位。

调整内径百分表零位时，先按几次活动量杆，试一下表，再将表稍作摆动，找出最小值（即表针上的拐点），如图7-19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，从标准环内取出内径百分表。

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处，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。

使用内径百分表时，应注意不要让量杆突然触及工件，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. 块规

块规又叫量块，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及其他设备。

块规是长度计量的基准。它由特种合金钢制成，经过淬火硬化和精密机械加工，两个平面的精度达到0.0001~0.0005毫米。

块规一般成套制作，装在特制的木盒内（图7-20）。为了减

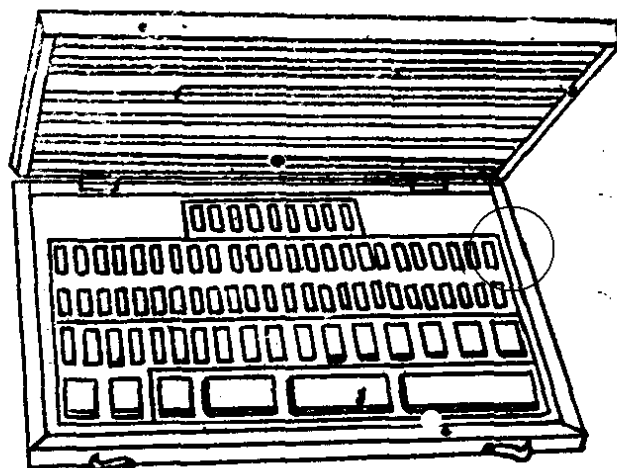


图 7-20 块规

少常用块规的磨损，每套块规中都备有保护块规的护块，使用时放在块规组的两端，起保护作用。

成套块规的尺寸范围和精度等级见表7-3。

表 7-3 成套块规的规格

套别	块数	公称尺寸范围 (毫米)	精度等级
1	83	0.5~100	0, 1, 2, 3
2	46	1~100	0, 1
3	38	1~100	1, 2, 3
4	10	1~1.009	0, 1
5	10	0.991~1	0, 1
6	10	1~1.09	0, 1, 2
7	20	5.12~100	0, 1, 2
8	8	125~500	0, 1, 2, 3
9	5	600~1000	0, 1, 2, 3
10	4	1.5, 1.5, 2, 2或1, 1, 1.5, 1.5	1, 2, 3

注：第10套是护块。

测量时，为了适应不同尺寸的需要，常将块规叠接使用，但是叠接的块数越多，误差越大，因此，需要叠接使用时，块规的块数越少越好，最好不超过4块。

为了保证块规的叠接使用，扩大应用范围，可利用各种夹持器，如利用平面平行夹块，可代替卡规来校对量具或作为标准环规来校正内尺寸；利用划线夹块可用来进行量具划线或其他精密轮廓的划线等。

叠接块规时，要特别小心，否则，不仅块规贴合不牢，而且会很快磨损。

测量完毕后，应立即拆开块规，洗擦干净，涂上防护油，放在盒中格子内。

13. 极限量规

极限量规又叫光滑量规，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、大小，制成具有两个控制尺寸的端部，一端叫通端（通过端），另一端叫止端（不通过端）。通端和止端分别作成被测部位的最大和最小极限尺寸。极限量规正是利用这两个极限尺寸来检验零件的尺寸的。极限量规根据用途的不同，分为塞规和卡规两种。

(1) 塞规：塞规是用来测量零件的孔、槽等内部尺寸的一种工具。它最常用的形式如图7-21所示。

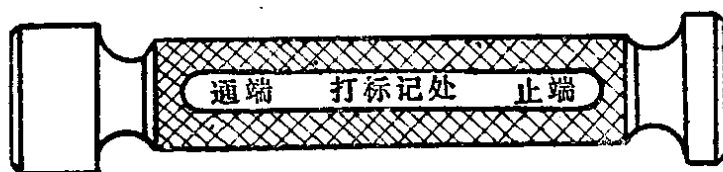


图 7-21 塞规

塞规的两端作成两个圆柱体：长圆柱体的一端为通端，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，其直径等于被检验孔的最大极限尺寸。检验时，合格的零件应当能通过通端而不能通过止端。

(2) 卡规：卡规是检验圆柱形、长方形、多边形等零件外部尺寸的一种工具，应用最多的形式如图7-22所示。卡规的最大极限尺寸为通端，最小极限尺寸为止端。

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；如果卡规的通端能通过零件，而止端也能通过零件，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。

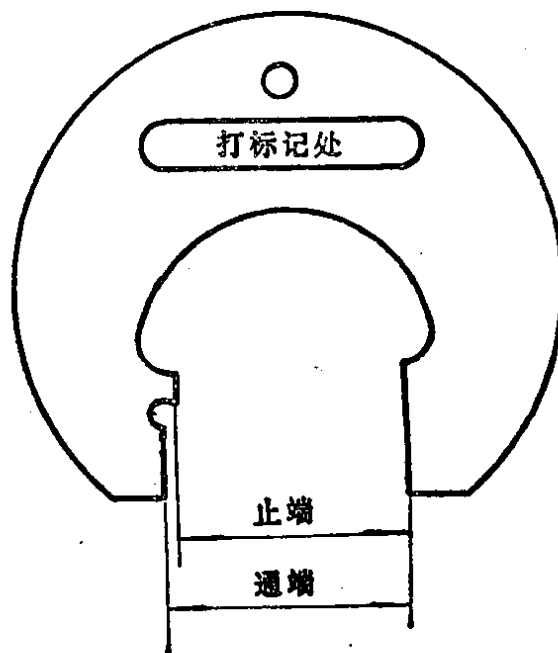


图 7-22 卡规

14. 塞尺

塞尺又叫厚薄规或间隙规，是由一些不同厚度的薄钢片组成的测量工具，如图7-23所示。每一片上都标有厚度。在设备的安装和检修中，塞尺常用来检验结合面之间的间隙。

塞尺的规格见表7-4。

表 7-4

组别	塞尺片的厚度系列(毫米)	每组片数	公称长度(毫米)
1	0.02*, 0.03*, 0.04*, 0.05*, 0.05, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10	13	100, 150, 200, 300
2	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, 0.50	17	100, 150, 200, 300
3	0.03, 0.04, 0.05, 0.05, 0.07, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50	11	100, 150, 200, 300
4	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, 1.00	14	100, 150, 200, 300
5	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, 1.00	20	500, 1000
6	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, 0.50	14	100, 150, 200, 300
7	0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40	12	100, 150, 200, 300
8	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, 0.40, 0.50, 0.75, 1.00	17	100, 150, 200, 300

注：带*者塞尺片每组有两片。

使用时，根据零件间隙的大小，可选一片或数片（一般不超过三片）适当厚度的塞尺，重叠在一起塞入间隙内，以塞尺在间隙内既能活动，又使塞尺两面稍有轻微的摩擦为宜。例如，用0.04毫米厚的塞尺能入，而用0.05毫米厚的塞尺不能塞入，这说明所测量的间隙在0.04与0.05毫米之间。

使用塞尺时应注意以下几点：

- 1) 先清除塞尺上的灰尘和油污；
- 2) 测量时，不能用塞尺在过小的间隙中强行插进或抽出，以免弯曲和折断；

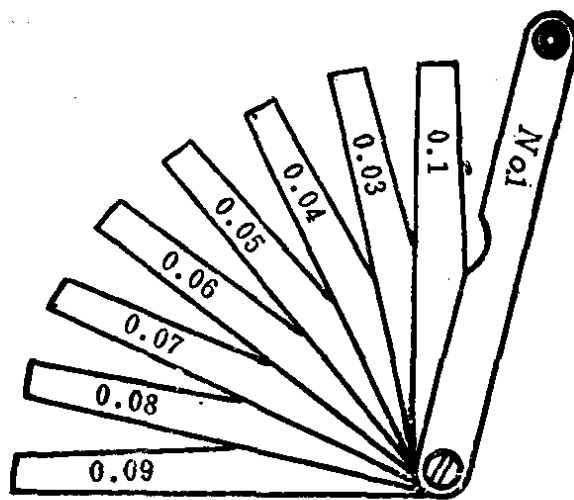


图 7-23 塞尺

3)不能测量发热的工件。

15. 直角尺

直角尺又叫弯尺或靠尺，

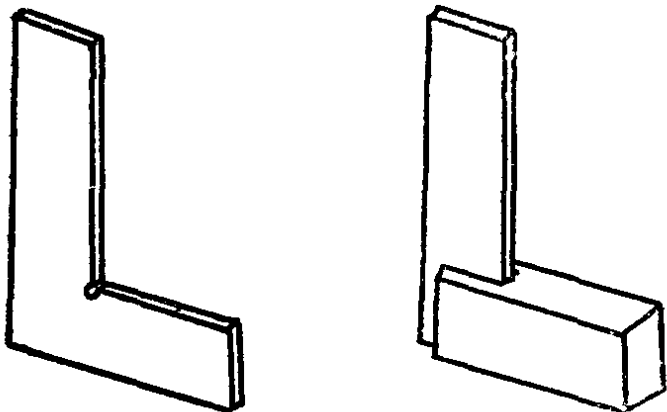


图 7-24 直角尺

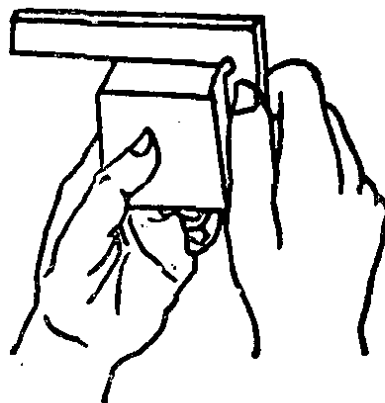


图 7-25 直角尺的使用

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情况的工具，它也可以用来划线。

直角尺的种类很多，最常用的如图7-24所示。它由长边和短边构成，长边的前后面和短边的上下面是工作面。

测量时，将直角尺的一个测量面靠在工件的基准面上，另一个测量面轻轻地靠向工件的被测表面，根据透光间隙的大小，来判断工件两邻面间的垂直情况（见图7-25）。如果想知道误差的具体数值，可用塞尺测量后采取计算的方法求出角度的大小。

测量前，要首先去掉工件上的毛刺。测量时，要把平板和直角尺擦净，细心操作，不得发生角尺的尖端、边缘和工件表面互相磕碰的现象。扳动直角尺时，应一手托短边，一手托长边，任何时候都不准只提长边并且不准倒放。

16. 万能角度尺

万能角度尺又叫万能量角器或游标角度尺，是用来测量零件或样板

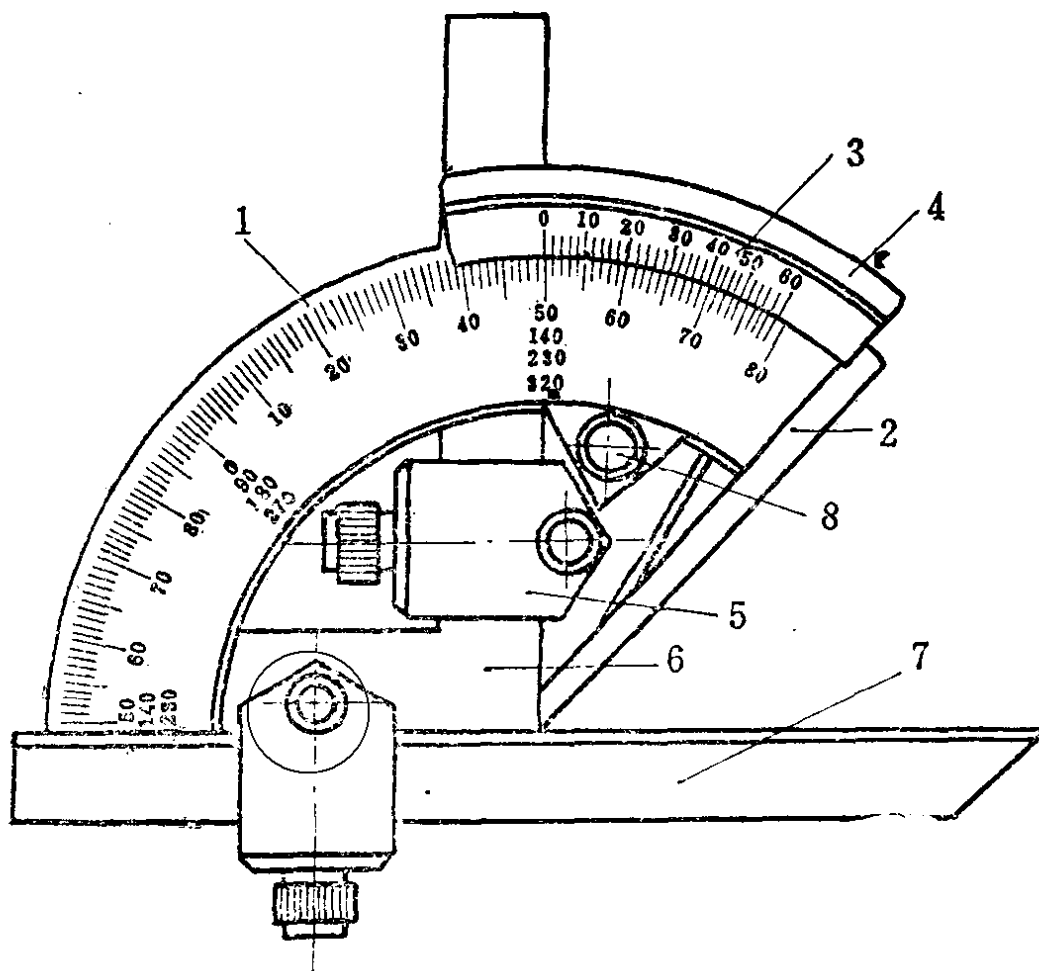


图 7-26 万能角度尺

角度的工具。它的种类很多，但以游标刻度值为 $2'$ 的万能角度尺应用最

。万能角度尺的构造如图7-26所示。扇形板1上带有角度的刻线，与基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上以块5装夹角尺6；角尺上以卡块装夹直尺7；8为止动器。

万能角度尺的读数方法与游标卡尺相同。虽然扇形板上的刻度有限，是角尺、直尺与基尺之间采用不同的安装方法就可以测量出 $0^\circ\sim 50^\circ$ 、 $50^\circ\sim 140^\circ$ 、 $140^\circ\sim 230^\circ$ 及 $230^\circ\sim 320^\circ$ 各范围内的任何角度。图7-27是万能角尺测量不同角度时所用的安装方法。

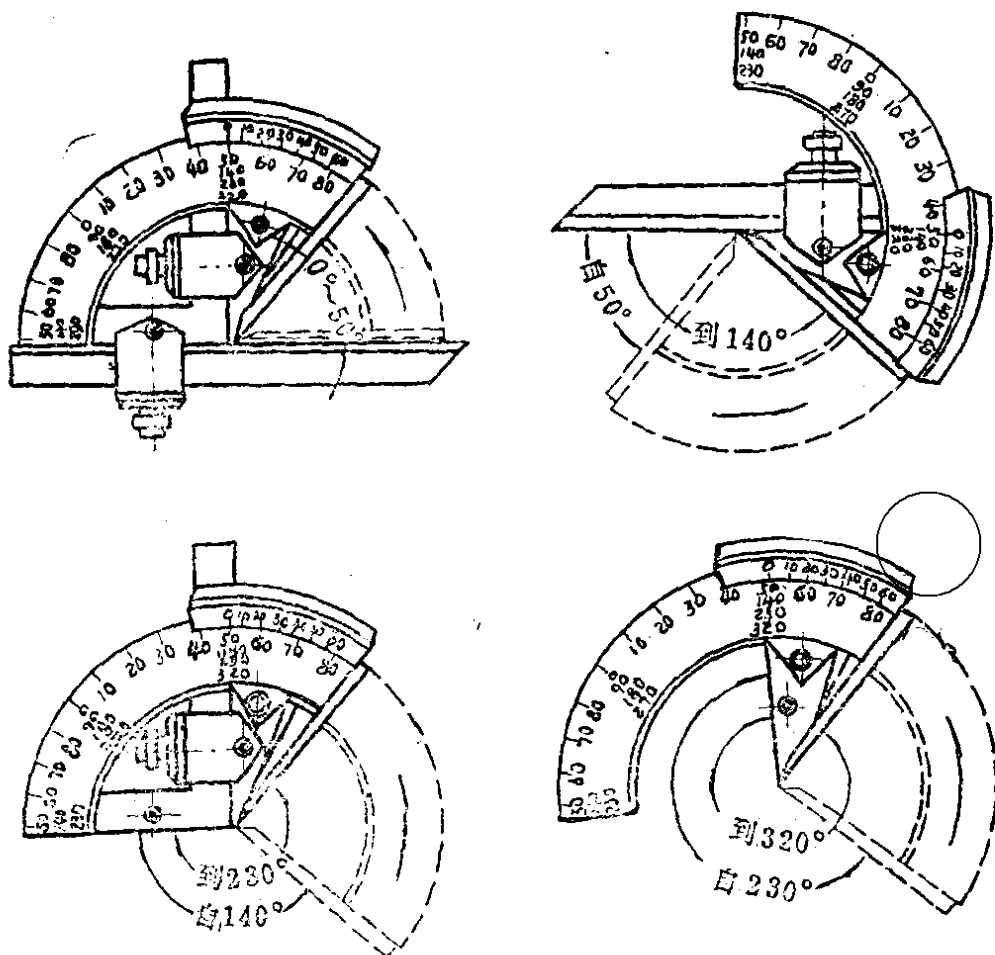


图 7-27 万能角度尺的测量范围

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，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。

17. 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，也可作机床上加工带角度工件的精密定位用。正弦规的测量结果，还须用直角三角形的正弦函数来计算角度。

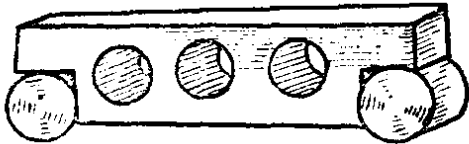


图 7-28 正弦规

正弦规由精密的钢质长方体和两个精密圆柱组成（图7-28）。两个圆柱的直径相等，其中心连线与长方体的平面互相平行。

正弦规各部的尺寸见表7-5。

表 7-5 正弦规的规格

两圆柱中心距 (毫米)	圆柱直径 (毫米)	工作台宽度(毫米)	
		窄型	宽型
100	20	25	80
200	30	40	150

测量时，将正弦规放在平板上。圆柱的一端用块规组垫高（图7-29）用百分表检验，当工件表面和平板平行后，可根据块规组的高度尺寸和弦规的中心距用下式来计算测量的角度：

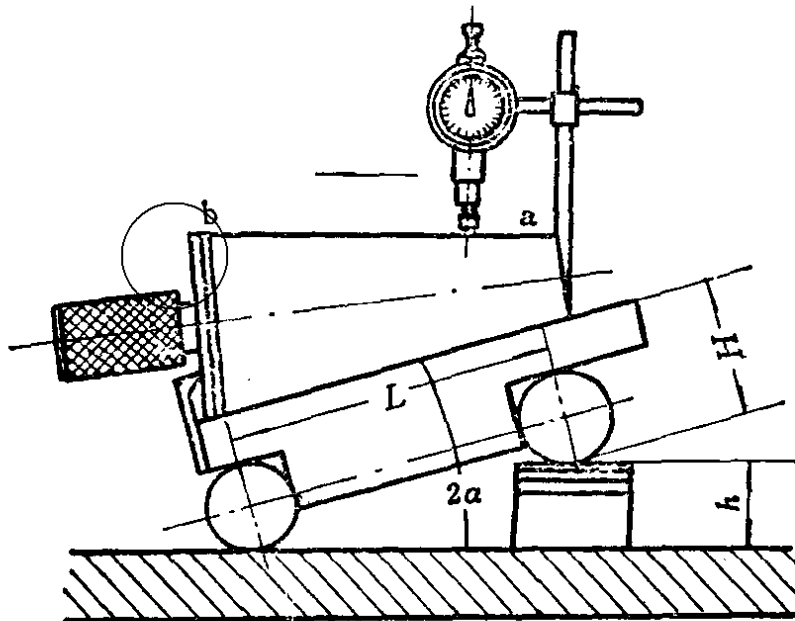


图 7-29 正弦规的使用方法

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{L}$$

中 2α —工件的锥角(度);
 h —块规的高度(毫米);
 L —正弦规的中心距(毫米)。

〔例〕已知 h 为 5 毫米, L 为 100 毫米, 求 α 。

$$\text{解: } \sin 2\alpha = \frac{h}{L} = \frac{5}{100} = 0.05$$

三角函数表可知 $2\alpha = 2^\circ 52'$

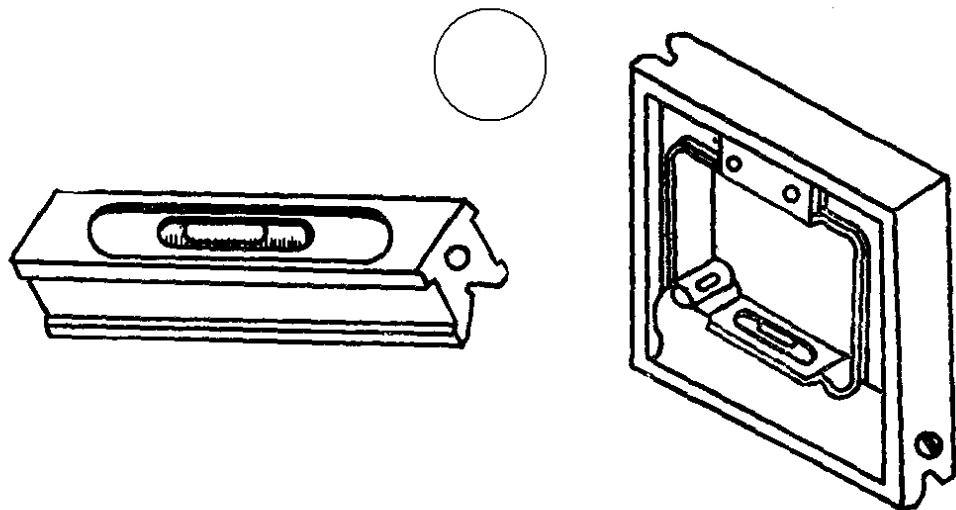
以 $\alpha = 1^\circ 26'$

此外, 正弦尺还可用来测量内锥体、外锥体的大小端直径和校正水平等。

18. 水平仪

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

钳工常用的水平仪有普通水平仪和框式水平仪两种, 其外观如图 7-30 示。



I 普通水平仪

II 框式水平仪

图 7-30 水平仪

(1) 普通水平仪：它由V形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。当水平仪的底平面放在准确的水平位置时，水准器的气泡正好在中间位置；当被测平面稍有倾斜，水准器的气泡就向高一端移动，在水准器的刻度上可读出两端高低相差值。刻度值为0.02毫米/米，即表示气泡每移动一格时，被测长度为1米的两端上，高低相差0.02毫米。

(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，它除了能完成普通水平仪的工作外，还能检验机件的垂直度。框式水平仪的规格有150×150、200×200、300×300毫米等数种，最常用的是200×200毫米。它的刻度值有0.02毫米/米和0.01毫米/米两种。

框式水平仪的使用方法与普通水平仪大致相同。

使用水平仪时，除要遵守一般量具使用的注意事项外，还要特别注意消除水平仪和被测零件之间的温度差，并与热源相隔离。

三、量具的选用

由于测量方法的不正确和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，这种测量数值和实际数值之差，叫做测量误差。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，在测量毛坯时，0.5~1毫米的误差，根本没有什么关系，选用钢尺和卡钳就足够了；但是，当测量精度要求为百分之几甚至千分之几的工件时，用测量毛坯所用的量具就不行了，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。量具的测量精度要能保证工件的精度。

选用量具时，须考虑以下几点：

钢尺的测量精度为0.25~1毫米，可用于测量工件的长度、宽度和厚度等；

游标卡尺可测量0.1~0.02毫米的精度，但费时较多；

百分尺的测量精度为0.01毫米，但使用时必须注意温度的影响和测量

力的大小；

用千分表测量时，可精确到0.001毫米，但须装夹在表架上，调整和测量都比较费事；

块规的测量精度可达到0.001毫米，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

量具是钳工在工作中不可缺少的。量具的使用和保养直接关系到它的寿命和产品的质量。因此，在使用和保管量具时，必须作到以下几点：

- 1) 量具在使用前后，必须用清洁棉纱擦干净；
- 2) 不准在机床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，必须保持油质的清洁；
- 7) 普通量具用完后，应有条理地放在柜中或木架的固定地方；
- 8) 精密量具用完后，应擦净、涂油，放在专用的盒子内；
- 9) 一切量具应严防受潮，以免生锈。

第八章 划 线

根据图纸或实物的尺寸，准确地在毛坯或半成品上划出加工界线，这种操作叫划线。

划线的目的在于：使零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。

划线是一种细致而重要的工作。它直接关系着产品质量的好坏，是钳工必须掌握的一种基本技能。

划线分为平面划线和立体划线两种。平面划线是在零件的一个表面上进行划线；立体划线是在零件的几个不同表面上进行划线。

一、常用的划线工具

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 $\phi 3 \sim 4$ 毫米弹簧钢丝的端头焊上硬质合金窄条，然后由手工磨尖而成（图 8-1）。也有将高速钢车刀锻打拔细、磨尖，或直接用弹簧钢丝磨尖作划针的。弯头划针用在正划针划不到的地方。使用划针划线的正确方法如图 8-2 所示。

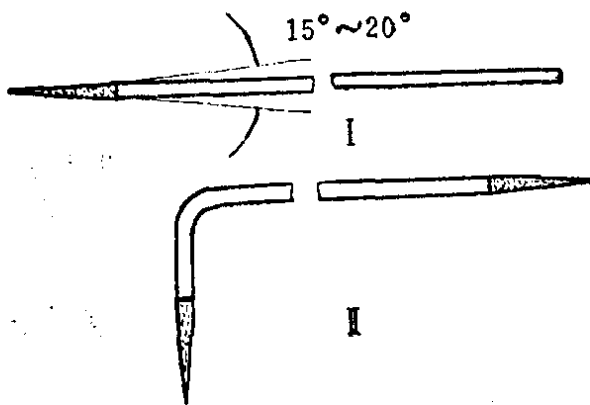


图 8-1 划针

I—直划针； II—弯头划针

一端焊有硬质合金，另一端弯头是校正工件用的。

划针盘不用时，划针尖要朝下放，或者在划针尖上套一塑料软管，不

2. 划针盘

划针盘是在工件上划线和校正工件位置常用的工具。图 8-3 为划线用的普通划针盘。划针由

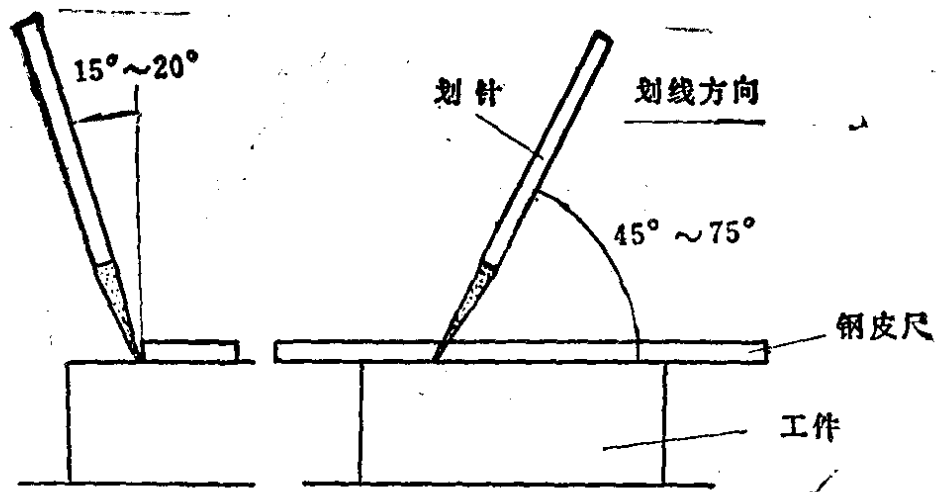


图 8-2 用划针划线的方法

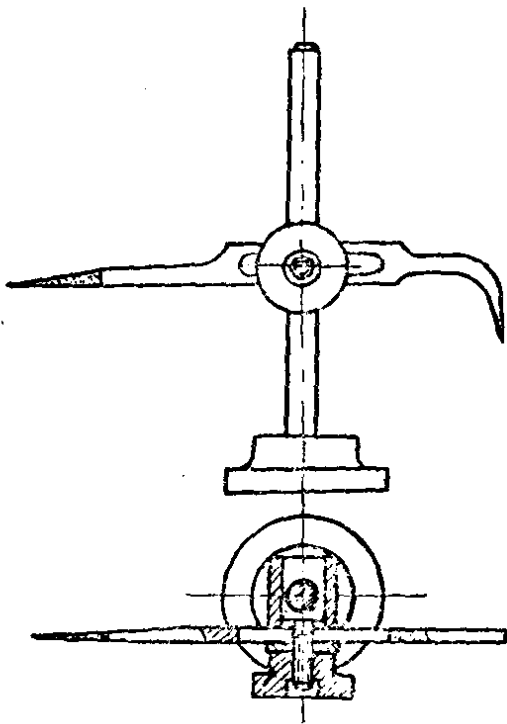


图 8-3 普通划针盘

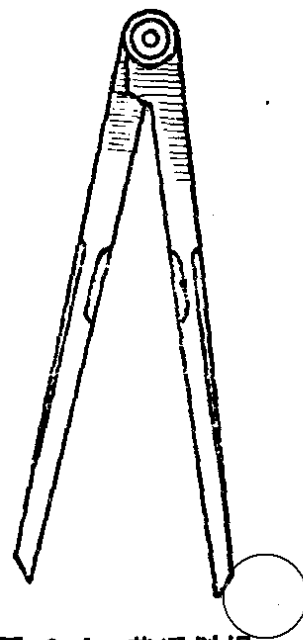


图 8-4 普通划规

针尖露出。

3. 划规

划规(图 8-4)是用来划圆弧、分线段、测量两点间的距离和把钢尺的尺寸移到工件上的一种工具,它用工具钢制成,尖端经过磨锐和淬火。

使用划规在钢尺上量尺寸时,必须量准,要反复检查,以减少误差;

划圆时，应使压力加在作旋转中心的那个脚上。

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冲眼作标记。用划规划圆和定钻孔中心时，也需要先打上冲眼。

样冲的头部磨尖淬火，尖角一般为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。其形状如图8-5所示。



图 8-5 样冲

5. 划线平台

划线平台（图 8-6）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，严禁敲打，用完后涂上机油，盖上木盖以防生锈。

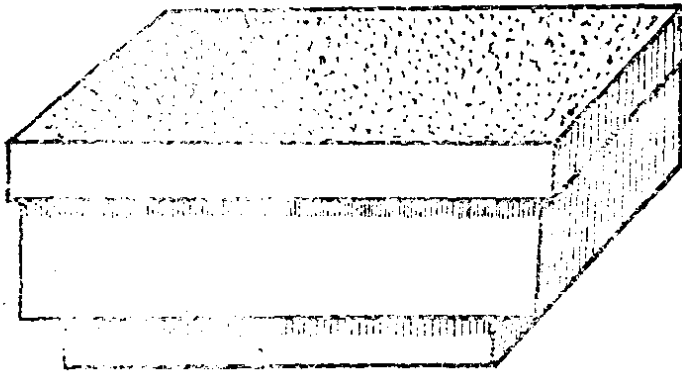
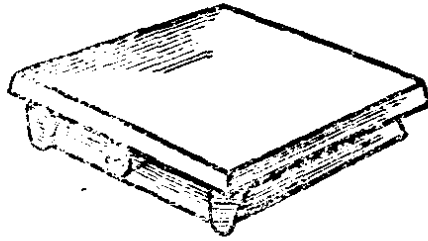


图 8-6 划线平台

置，其形状如图 8-7 所示。

7. 直角铁

直角铁（又叫弯板）用铸铁制成，并经过刨削或刮削。它的两个平面互相垂直，精度较高。

直角铁的形状如图 8-8 所示，它上面的孔和槽是搭压板时穿螺钉用的。

6. 方箱

方箱的六面都经过刨和刮精加工，并互成直角，用于夹持工件。能很方便地翻转工件的位置而划出垂直线。此外，它还有放置圆柱形工件的 V 形槽和夹紧装置。

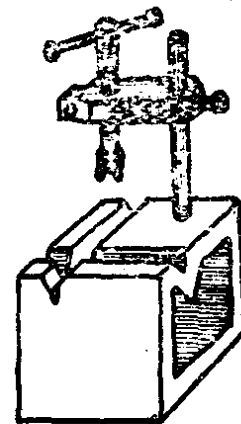


图 8-7 方箱

8. V形铁

V形铁主要用来安放轴、套筒、圆盘等圆形工件，以便找中心与划中心线。一般V形铁都是一副两块一起使用。常用的V形铁如图8-9所示。

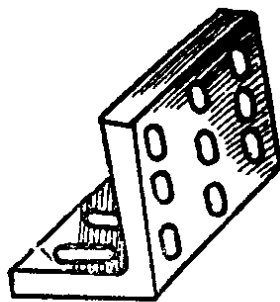
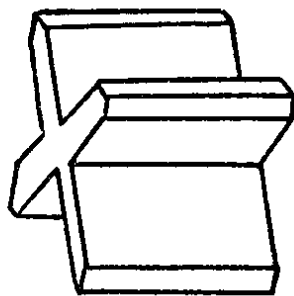
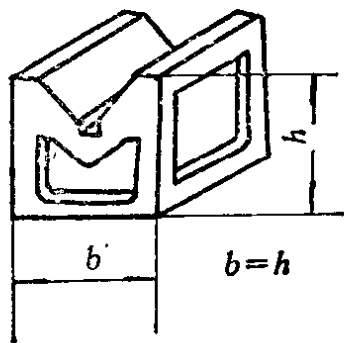


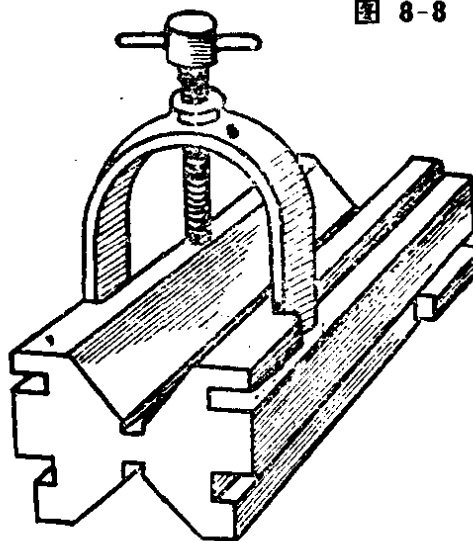
图 8-8 直角铁



I



II



III

图 8-9 V形铁

I—普通V形铁；

II—精密V形铁；

III—带夹持弓架的V形铁

9. 垫铁



图 8-10 斜楔垫铁

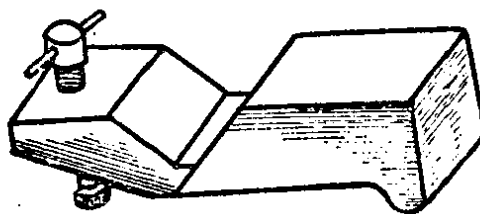


图 8-11 V形垫铁

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

铁的目的是为了便于划线时找正。

常用的垫铁有斜楔垫铁（图8-10）、V形垫铁（图8-11）和平行垫铁。V形垫铁适于支持工件的圆柱面。

10. 千斤顶

千斤顶通常是三个为一组，一般用于垫平和调整不规则的工件。千斤顶的结构如图8-12所示。结构完善的千斤顶由螺杆1、螺母2、锁紧螺母3、六角螺钉4与底座5组成。

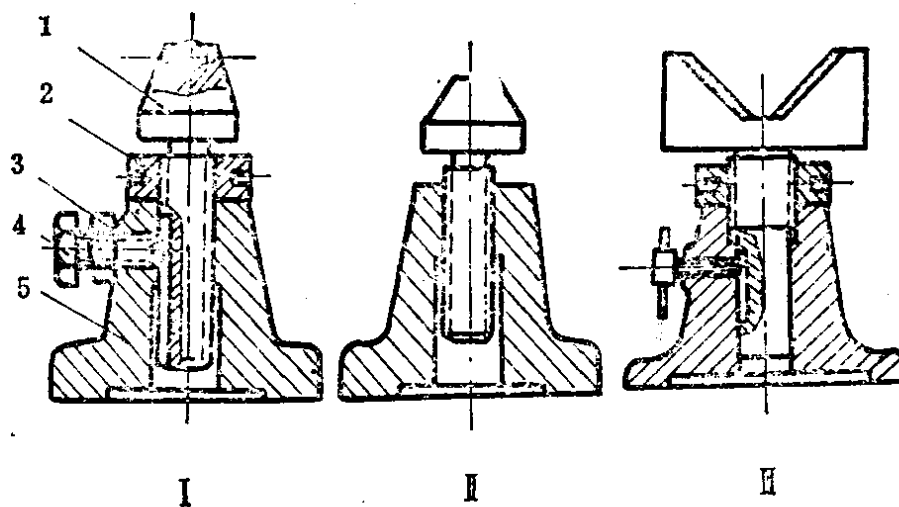


图 8-12 千斤顶

I—结构完善的千斤顶；

II—简单的千斤顶；

III—带V形铁的千斤顶

二、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、氧化铁皮、飞边、泥土，铸件上残留的型砂、浇注口，半成品上的毛刺、铁屑和油污等都必须清理干净。尤其是划线的部位，更应仔细清理，以保证划线质量。

工件不经清理，不但影响下一步的检查及涂色工作，而且也不利于划线板、划线方箱等精密划线工具的保养。

(2) 工件检查：划线工件经过清理后，要进行详细的检查。检查的目的是预先发现零件上的气泡、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，才进行下一步工作。否则等到划线或划线以后才发现是废品，就会造成浪费。

(3) 工件表面涂色：为了使划线清晰，工件上的划线部位应该涂色。涂色材料的种类很多，常用的有以下几种：

1) 硫酸铜溶液：它是在每杯水中加入两三匙硫酸铜，再加入少量的硫酸混合而成。当把硫酸铜溶液刷在工件上，则形成一层很薄的铜膜，所划出的线条十分鲜明清晰。这种涂料最适合于精度要求高、形状复杂的工件和已加工表面上的划线。

2) 紫色：它是用紫颜料（如青莲、蓝基绿）加漆片、酒精混合而成。适用于已加工的工件表面。

3) 白灰浆：它是用白石灰、水胶或桃胶加水混合熬成。适用于大型铸件的毛坯表面。

4) 白粉笔：适用于表面比较粗糙、划线量很少的铸、锻件或小型毛坯。

(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8-13所示。

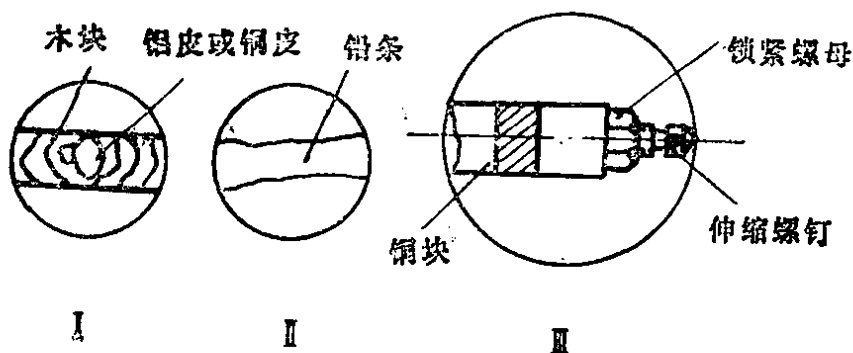


图 8-13 划中心孔用的中心塞块

I—木塞块； II—铅塞块； III—可调塞块

一般小孔用木塞块和铅塞块，大孔用可调节塞块。塞块要塞得紧，证在打样冲眼时以及工件搬动、翻身时也不会松动。

三、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）作为划线的依据，划其余的尺寸都从这些线或面开始，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情况等等来确定，兹举例如下：

(1) 以两个互成直角的外平面（或线）作基准：如图8-14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。

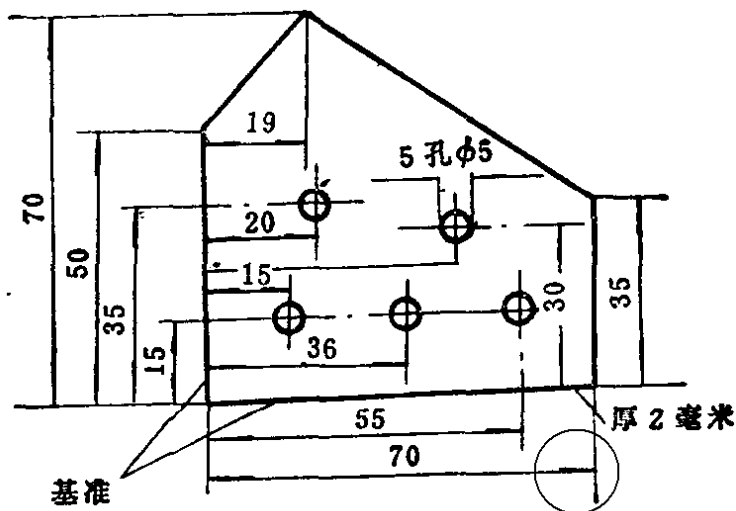


图 8-14 以两个互成直角的外表面为基准

(2) 以两条中心线为基准：如图8-15所示，划线前，首先找出工件对称的两个位置，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8-16所示，划线前，

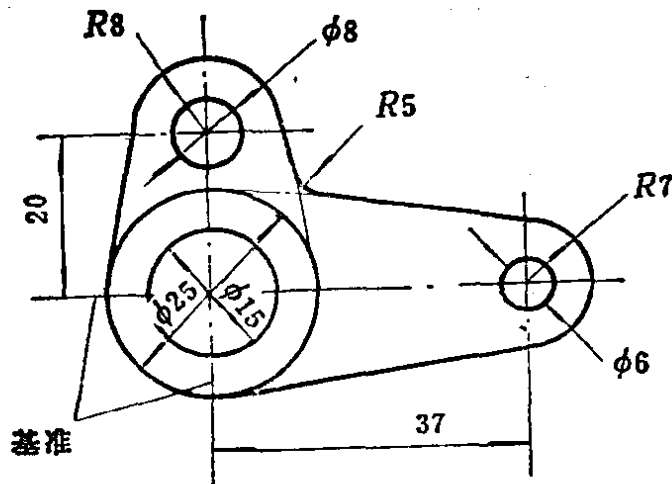


图 8-15 以两条中心线为基准

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。

借料的方法可分为以下几个步骤：

- (1) 检查毛坯各部尺寸和偏差情况；
- (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。

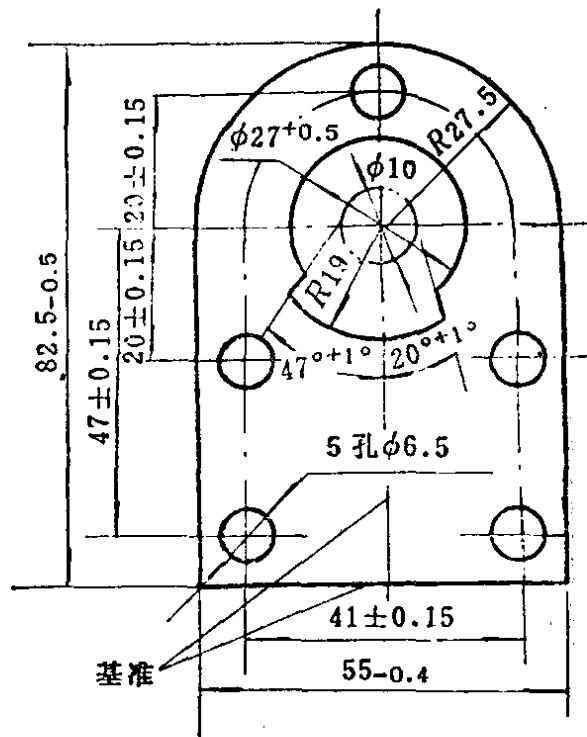


图 8-16 以一个外平面和一条中心线为基准

〔例〕图8-17中细线条为偏心的轴承架铸件，该毛坯上φ40孔的中心向外轮廓的中心向下、向右各偏移6毫米。如果划线时不借料，只根据φ40铸件孔的中心来划线，加工后φ60的孔和外轮廓就偏移太大了，而且外面也没有加工余量，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 $\phi 40$ 孔的中心线向上移动 4 毫米，并向左移动 6 毫米，如图 8-17 中的粗线条所示。这样， $\phi 60$ 的最小余量约为 4 毫米，底面的加工余量为 4 毫米，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。

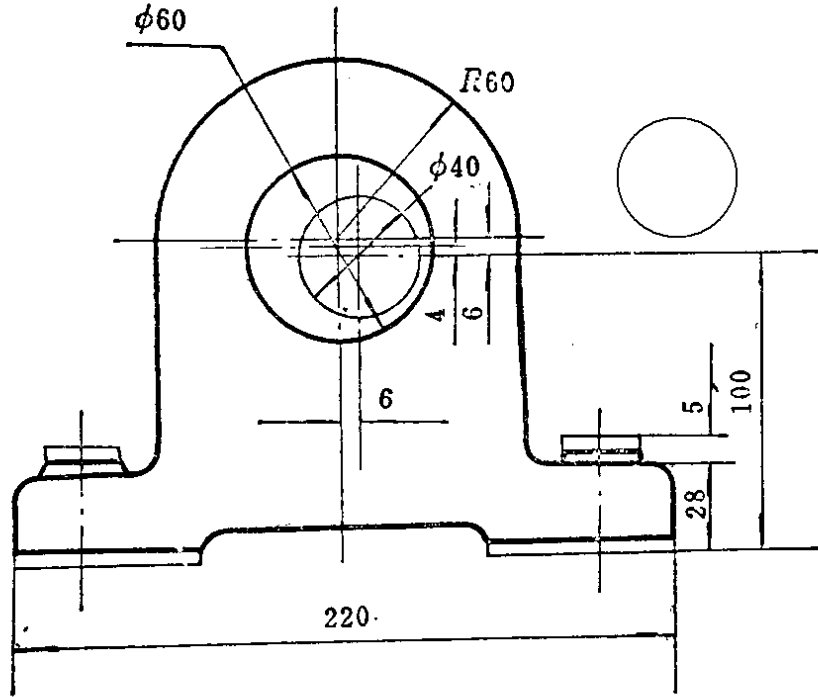


图 8-17 偏心轴承架铸件的借料

四、划线方法

1. 划线的步骤

- (1) 认真分析图纸或实物，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，确定是否需要借料。
- (3) 需要夹持的工件将其夹持稳固。划线时，先划水平线，再划垂直线、斜线，最后划圆、圆弧和曲线等。
- (4) 对照图纸或实物，检查划线的正确性以及是否有遗漏的线没划上。
- (5) 检查无误，在划好的线上打出样冲眼。

2. 基本几何作图法

(1) 垂直线的作法

1) 从已知点向已知直线作垂线 (图8-18)：以已知点 P 为圆心，适当长为半径画弧，使和已知 \overline{AB} 交出 a 、 b 两点；以 a 、 b 为圆心，适当长为半径画弧，两弧相交于 c ；连结 P 、 c 与已知线交于 O 点， \overline{PO} 即为所作的垂线

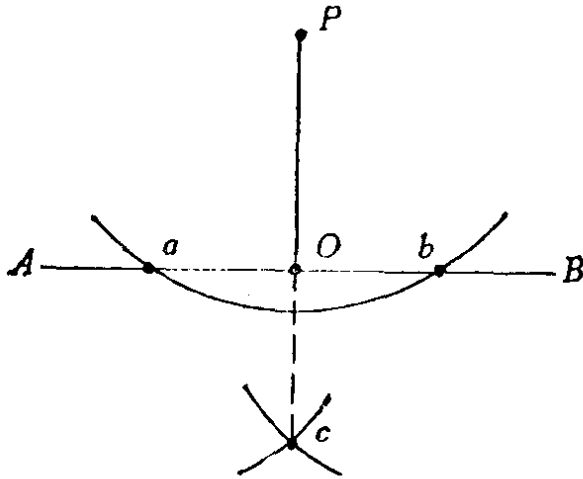


图 8-18 从已知点向已知直线作垂线

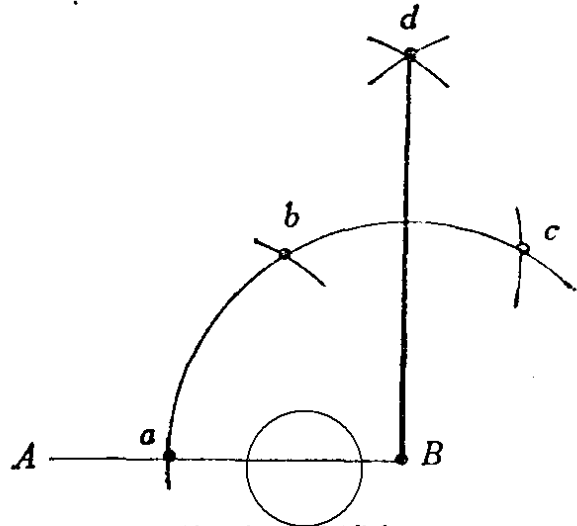


图 8-19 从已知直线端点引垂线

2) 从已知直线 \overline{AB} 的端点引垂线 (图8-19)：以端点 B 为圆心，适当长为半径画弧，得交点 a ；用同样半径，由 a 点起截取 \widehat{ab} 及 \widehat{bc} ；分别以 b 、 c 为圆心，适当长为半径画弧，得出交点 d ；连接 d 、 B ，即为所引垂线。

(2) 平行线的作法

1) 作与已知直线 \overline{AB} 距离为 R 的平行线：取已知直线 \overline{AB} 上任意两点 a 及 b 为圆心，以 R 为半径，向 \overline{AB} 同一侧画弧，作两圆弧的公切线，即为所求的平行线 (图8-20)。

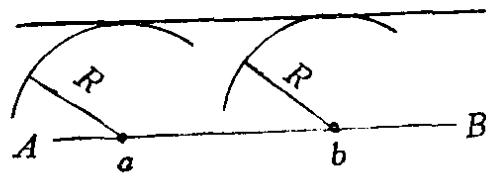


图 8-20 作平行于 \overline{AB} 距 \overline{AB} 为 R 的直线

2) 从已知点 P 作直线和已知直线 \overline{AB} 平行：在直线 \overline{AB} 上，取任一点 O ，以 O 为圆心， \overline{OP} 为半径画弧，与 \overline{AB} 交于 a 及 b ；以 b 为圆心， \overline{OP} 为半径画弧，此弧与 \widehat{ab} 的交点为 c ；连接 P 及 c ，即为所求的平行线 (图8-21)。

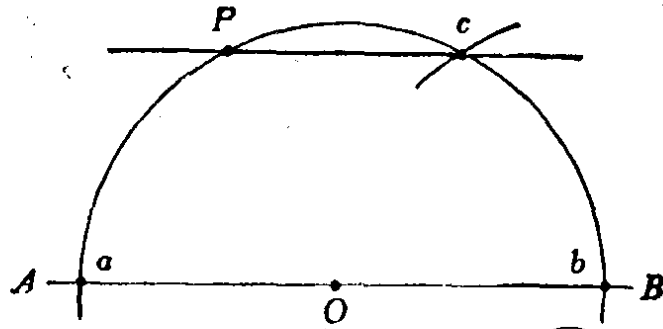


图 8-21 从已知点作直线与已知直线平行

(3) 等分直线

分已知直线 \overline{AB} 为 5 等分 (图 8-22)。

由已知直线 \overline{AB} 的端点 A (或 B)，以适当锐角作斜线 \overline{AC} ，以适当长为半径，由 A 点起在 \overline{AC} 上连续画弧五次，得交点 a 、 b 、 c 、 d 、 e ；连接 e 及已知线的另一端点 B (或 A)，通过其余各点，作 \overline{Be} 的平行线，与已知直线 \overline{AB} 交出 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' 点，它们即为 \overline{BA} 线的五等分点。

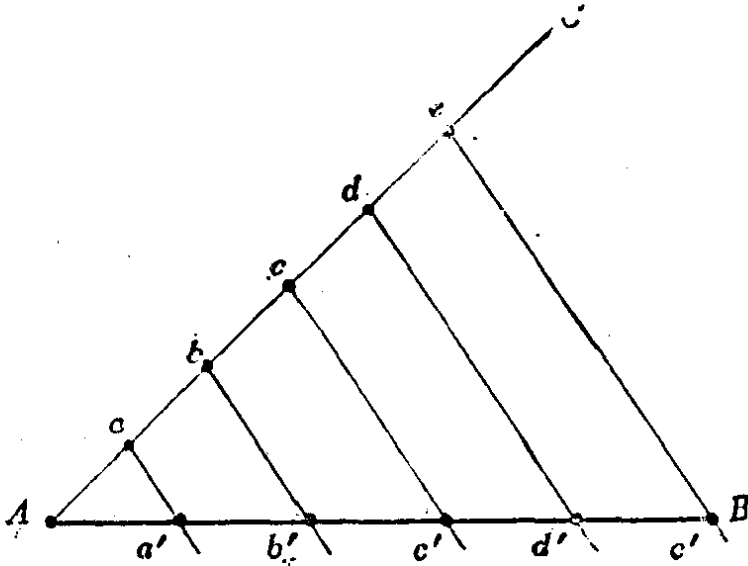


图 8-22 等分直线

(4) 角的等分

1) 三等分直角 (图 8-23)：以直角的顶点 O 为圆心，适当长为半径画弧与两个直角边交于 a 点及 b 点；用同样半径，分别以 a 及 b 为圆心画弧，与 \widehat{ab} 相交于 c 点及 d 点；连结 O 、 c 和 O 、 d 点， \overline{Oc} 、 \overline{Od} 就是所求的等分线。

2)二等分任意角(图8-24):以该角的顶点 O 为圆心,适当长为半径画弧,与其两边交于 a 点及 b 点;以 a 点及 b 点为圆心,以适当长为半径画弧,使二弧相交于 c 点;连接 O 及 c 点, \overline{OC} 就是任意角的二等分线。

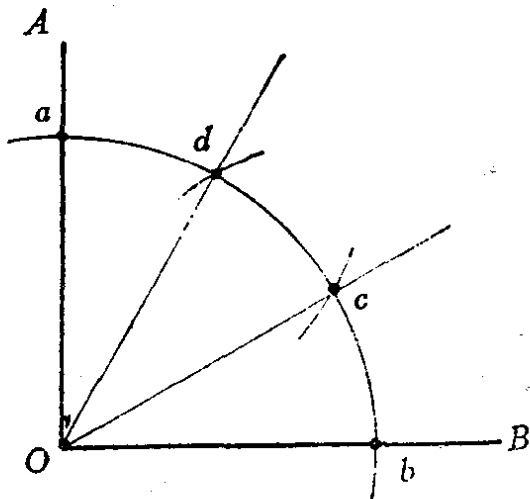


图 8-23 三等分直角

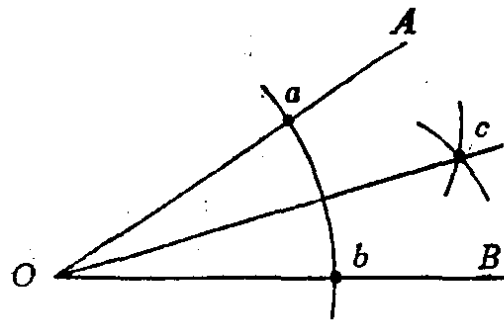


图 8-24 二等分任意角

(5) 线段的连接

1)直线同圆弧连接:作直线与 O_1 、 O_2 圆相切(图8-25)。

以 O_1 为圆心,用 O_1 圆的半径 R_1 减去 O_2 圆的半径 R_2 作半径划一个圆,根据从圆外一点,划直线同圆连接的方法,从 O_2 点划直线同所作的辅助圆相切,得

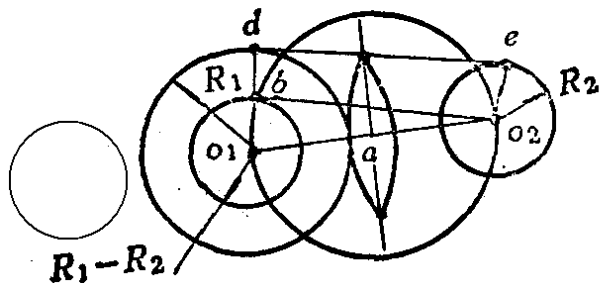


图 8-25 作 O_1 、 O_2 圆的外公切线

得到切点 b ;延长 $\overline{O_1b}$ 和 O_1 圆相交在 d 点;划 $\overline{O_2e}$ 使它同 $\overline{O_1d}$ 平行,交 O_2 圆在 e 点;连接 d 点和 e 点, \overline{de} 就是所作的与 O_1 、 O_2 圆相切的直线。

2)圆弧相切:划圆弧相切时,先把相切的圆弧半径相加,求出圆心,然后用半径画圆弧,两圆弧即可相切,如图8-26所示。

(6) 椭圆的划法

已知长轴和短轴,划椭圆(图8-27)。

已知长轴 \overline{ab} 和短轴 \overline{cd} ,用直线连接 a 和 c 点。用 O 点作圆心, \overline{aO} 作半径划圆弧,同 \overline{Oc} 的延长线相交在 e 点。再用 c 点作圆心, \overline{ce} 作半径划圆

弧，向 \widehat{ac} 直线相交在 f 点，通过 \widehat{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， a_1 、 c_2 、 b_3 、 d_4 作半径，划圆弧，在切点的地方相接，就可以划出椭圆。

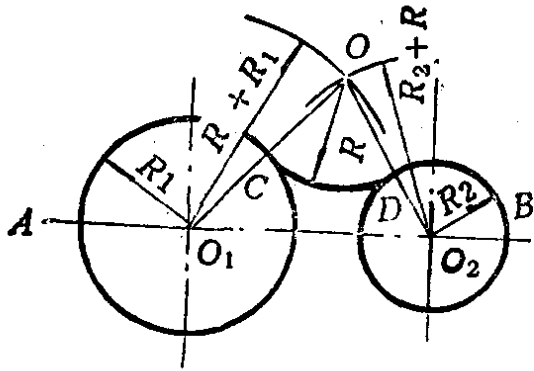


图 8-26 作圆弧与两圆弧相切

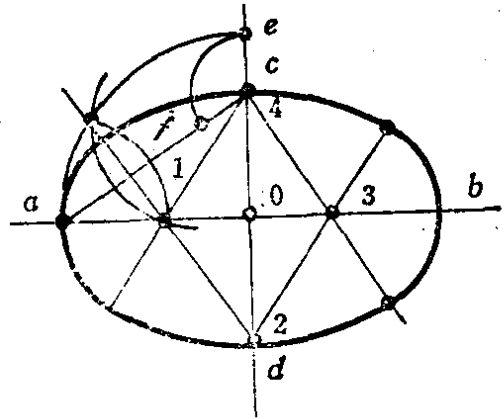


图 8-27 椭圆的划法

(7) 正多边形的划法

1) 三角形的划法：在已知圆内作内接正三角形（图8-28）。

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 \widehat{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。

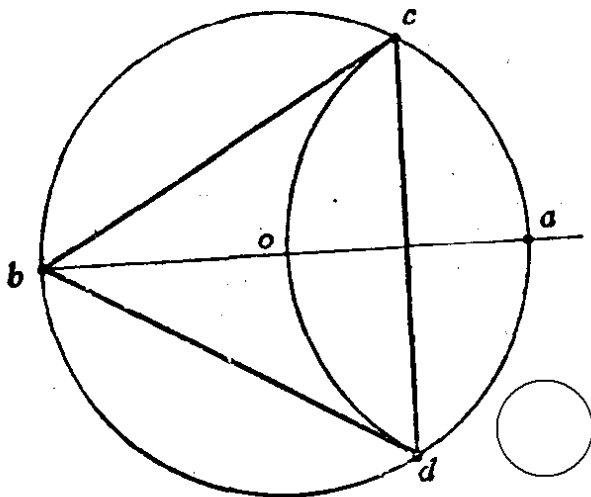


图 8-28 在已知圆内作内接正三角形

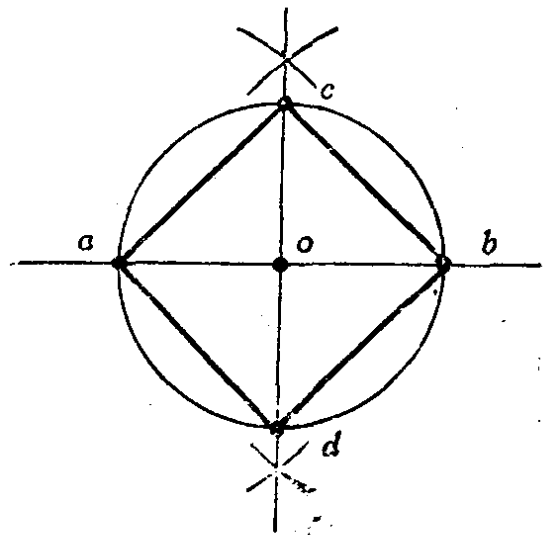


图 8-29 正方形的划法之一

2) 正方形的划法：

①在已知圆内作正方形（图8-29）：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 \overline{ac} 、 \overline{ad} 、 \overline{bc} 、 \overline{bd} ，就作出了正方形。

②已知一边作正方形（图8-30）：在已知边 \overline{ab} 直线外取一点 O ，使 $\overline{Oa} = \overline{Ob}$ ，以 O 为圆心， \overline{Ob} 为半径划一段圆弧，作 \overline{aO} 的延长线，同圆弧相交在 d 点，作 \overline{bd} 直线，并取 $\overline{be} = \overline{ab}$ ；用 \overline{ab} 作半径，分别用 a 、 e 作圆心各划圆弧，相交在 f 点，连 \overline{af} 和 \overline{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 \overline{ab} 。以 a 点及 b 点为圆心，以 \overline{Oa} 为半径划弧，与已知圆交于 c 、 d 和 e 、 f 点，依次连接 \overline{ac} 、 \overline{ce} 、 \overline{eb} 、 \overline{bf} 、 \overline{fd} 、 \overline{da} ，即得所求的正六边形（图8-31）。

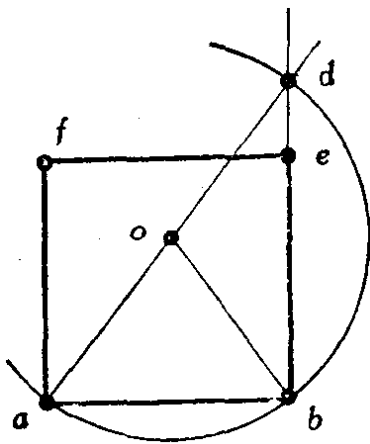


图 8-30 正方形的划法之二

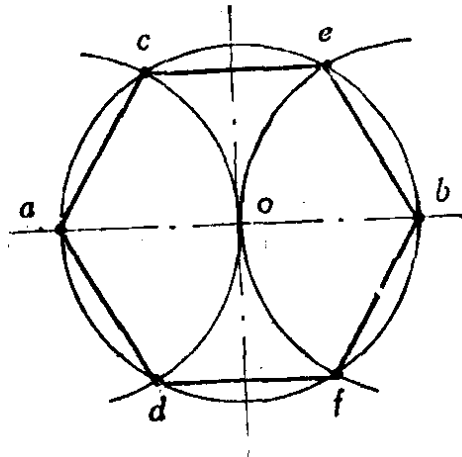


图 8-31 在已知圆内作正六边形

4)内接任意正多边形的划法（图8-32）：通过圆心，作直径 \overline{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 \overline{ab} 也分成5等份，分别以直径的两端点 a 和 b 作圆心， \overline{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 \overline{ad} 所成的直线，就是所求的正多边形一边的长；用 \overline{ad} 的长等分圆周，连各等分点，即得所求的正多边形。

3. 计算作图法

在作正多边形或角的等分时，除了运用前述的几何作图法外，也可结合简单计算的方法来进行。

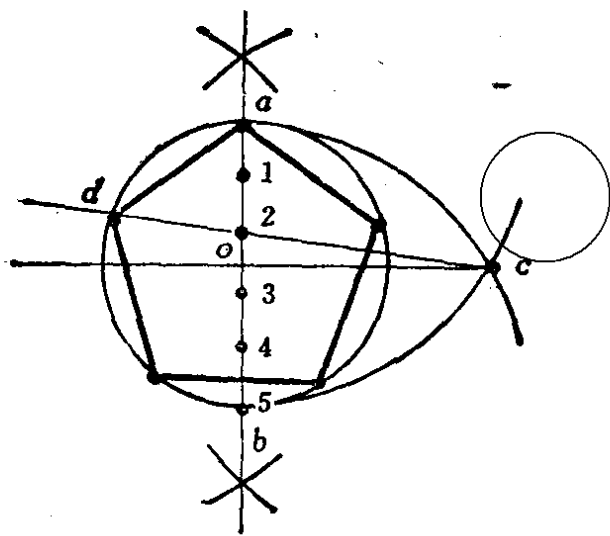


图 8-32 内接任意正多边形的划法

〔例〕有一个圆的直径是 100 毫米，要在圆内划正十八边形，求一边长。

解：先在表上查出， N 等于 18 时（ N 代表多边形的角数）， K 的常数值是 0.17365，

$$S = KD = 0.17365 \times 100 = 17.37 \text{ (毫米)}。$$

然后，用这个长度去等分圆周，即可作出所求的正十八边形。

(2) 已知一边作正多边形：根据正多边形已知的一边的数值，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截成所要求的等分，再将分点连接起来，即得所要求的正多边形。

计算公式：

$$D = RS$$

式中 D —正多边形外接圆的直径；

R —求外接圆直径的常数（见表 8-2）；

S —正多边形一边的长。

〔例〕已知正七边形一边的长是 10 毫米，求外接圆的直径。

解：先在表上查出， N 等于 7 时（ N 代表多边形的角数）， R 的常数值是 2.3048。

(1) 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，即可得到所求的正多边形。

计算公式是

$$S = KD$$

式中 S —圆内要作的正多边形的一边长；

K —由直径求出多边形一边长的常数（见表 8-1）；

D —圆的直径。

表 8-1 内接正多边形角数(N)和常数(K)的关系

N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
1	—	21	0.14904	41	0.07655	61	0.05148	81	0.03878
2	—	22	0.14231	42	0.07473	62	0.05065	82	0.03830
3	0.86603	23	0.13617	43	0.07300	63	0.04985	83	0.03784
4	0.70711	24	0.13053	44	0.07134	64	0.04907	84	0.03739
5	0.58779	25	0.12533	45	0.06976	65	0.04831	85	0.03693
6	0.50000	26	0.12054	46	0.06824	66	0.04758	86	0.03652
7	0.43388	27	0.11609	47	0.06679	67	0.04687	87	0.03610
8	0.38268	28	0.11196	48	0.06540	68	0.04618	88	0.03559
9	0.34202	29	0.10812	49	0.06407	69	0.04551	89	0.03529
10	0.30902	30	0.10453	50	0.06279	70	0.04486	90	0.03490
11	0.28173	31	0.10117	51	0.06156	71	0.04423	91	0.03451
12	0.25882	32	0.09802	52	0.06038	72	0.04362	92	0.03414
13	0.23932	33	0.09506	53	0.05924	73	0.04302	93	0.03377
14	0.22252	34	0.09227	54	0.05814	74	0.04244	94	0.03341
15	0.20791	35	0.08964	55	0.05709	75	0.04188	95	0.03306
16	0.19509	36	0.08716	56	0.05607	76	0.04182	96	0.03272
17	0.18375	37	0.08481	57	0.05509	77	0.04079	97	0.03238
18	0.17365	38	0.08258	58	0.05414	78	0.04077	98	0.03205
19	0.16459	39	0.08047	59	0.05322	79	0.03976	99	0.03173
20	0.15643	40	0.07846	60	0.05234	80	0.03926	100	0.03141

注: $K = \sin \frac{180^\circ}{N}$ (其中 N = 正多边形的角数或边数)。

外接圆直径 $D = RS = 2.3048 \times 10 = 23.05$ (毫米)。用 23.05 毫米作直径划一个圆, 用 10 毫米的长在圆周上分七等分, 然后连接相邻点, 即得所求的正七角形。

4. 查表作图法

(1) 查三角函数表作图法

表 8-2 正多边形角数(N)和常数(R)的关系

N	R	N	R	N	R	N	R	N	R
1	—	21	6.7095	41	13.054	61	19.425	81	25.787
2	—	22	7.0266	42	13.382	62	19.744	82	26.109
3	1.1547	23	7.3438	43	13.700	63	20.060	83	26.426
4	1.4142	24	7.6613	44	14.018	64	20.380	84	26.745
5	1.7013	25	7.9787	45	14.335	65	20.700	85	27.062
6	2.0000	26	8.2962	46	14.654	66	21.018	86	27.382
7	2.3048	27	8.6138	47	14.972	67	21.336	87	27.701
8	2.6131	28	8.9315	48	15.290	68	21.654	88	28.017
9	2.9238	29	9.2493	49	15.608	69	21.973	89	28.336
10	3.2361	30	9.5668	50	15.926	70	22.291	90	28.654
11	3.5494	31	9.8845	51	16.244	71	22.609	91	28.969
12	3.8637	32	10.202	52	16.562	72	22.904	92	29.291
13	4.1785	33	10.520	53	16.880	73	23.245	93	29.612
14	4.4940	34	10.833	54	17.200	74	23.562	94	29.931
15	4.8098	35	11.156	55	17.516	75	23.880	95	30.248
16	5.1259	36	11.474	56	17.835	76	24.201	96	30.563
17	5.4423	37	11.792	57	18.152	77	24.526	97	30.883
18	5.7588	38	12.110	58	18.470	78	24.832	98	31.201
19	6.0756	39	12.427	59	18.790	79	25.151	99	31.516
20	6.3924	40	12.745	60	19.107	80	25.471	100	31.836

注： $R = \csc \frac{130^\circ}{N}$ (其中 $N =$ 正多边形的角数或边数)。

〔例〕在直线 AB 上的 C 点，划直线 \overline{CD} ，使 $\angle DCA = 28^\circ$ (图8-33)。

解：先查三角函数表， $\text{tg} 28^\circ = 0.53171$ ，然后量出一段线 $CE = 100$ 毫米，在 E 点作 AB 线的垂直线 \overline{EG} ，从 E 点量出一段线 $\overline{EF} = 53.171$ 毫米，得 F 点，连 \overline{CF} 线。 \overline{CF} 线就是与 AB 成 28° 角的线。

基数取100毫米比较方便，如工件较小，基数也可取50毫米，这时 $\overline{EF} = 26.585$ 毫米。

(2) 查出弦长作图法：半径一定时，圆上每一个中心角，就有相应的弦长（图8-34-I）。当 $R=1$ 时，从 1° 至 180° 中心角的弦长见表8-3。

〔例〕在直线 AB 上的 C 点划一直线 CD 使 $\angle DCA=30^\circ$ （图8-34-II）。

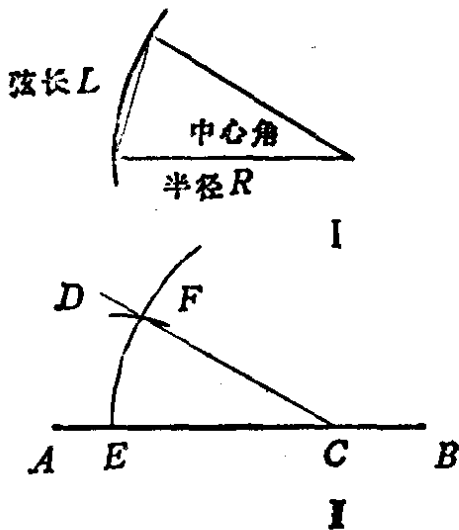


图 8-34 查出弦长作图法

处理。划线时，将样板放于工件表面上，按外形用划针划出（图8-35）。

对于大而笨重的工件，可用纸板代替样板进行划线；对于不适合制作样板的，也可将成品放在工件表面上划线。

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

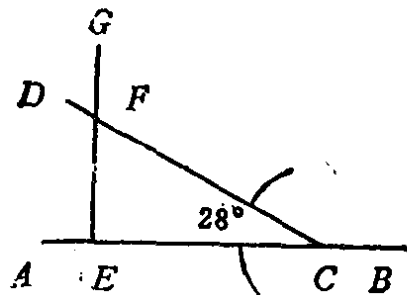


图8-33 查三角函数表划角度线

解：查弦长表（表8-3）， 30° 中心角之弦长为0.518。在 C 点以半径100毫米作圆弧，与直线交于 E 点，在 E 点以半径为51.8毫米作圆弧，与前一圆弧交于 F 点，连 CF 线。此线就是所要划的角度线。

5. 按样板或成品划线

对某些经常重复制造的形状不变的工件，可以先制作出样板。样板多采用1.5~5毫米厚的钢板制成，需要时，可进行淬火

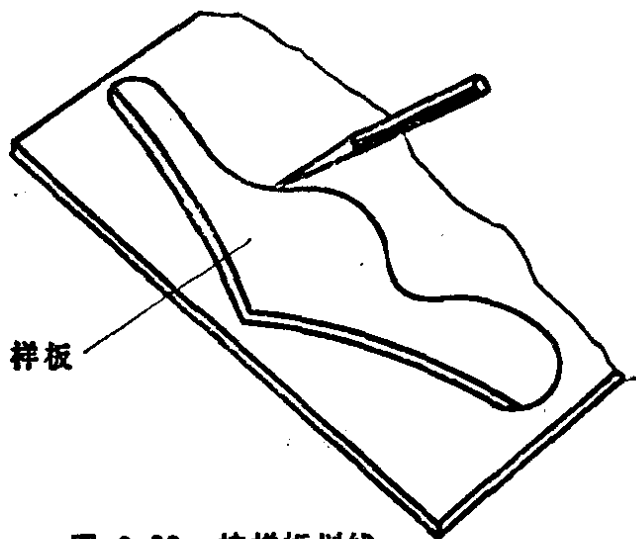


图 8-35 按样板划线

表 8-3 弦长表(中心角以度为单位)

中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	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

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 8-36-I 所示），作 \overline{AB} 弦与 \overline{BC} 弦的垂直平分线，相交点 O 即为圆心。

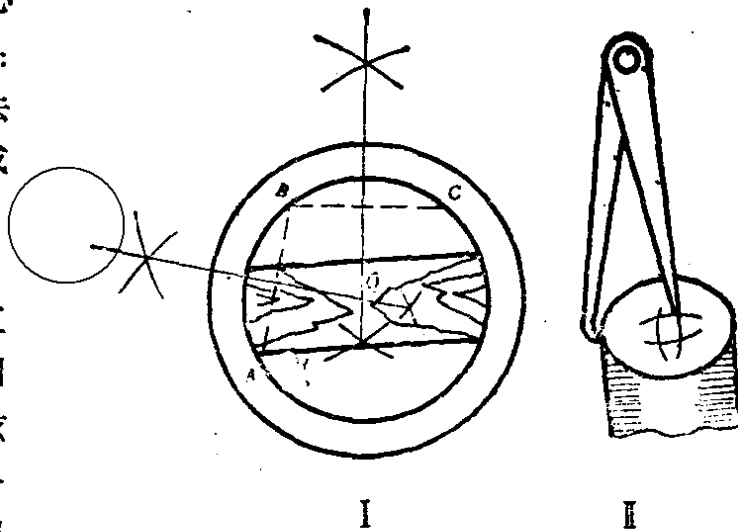


图 8-36 找中心的方法

(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 8-36-II）。

(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（划针高度不变）再划一条线（图 8-37）。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

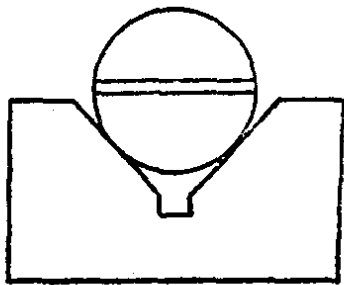


图 8-37 用划针盘在 V 形铁上找中心

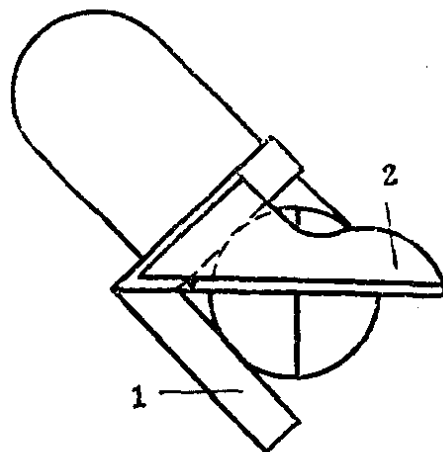


图 8-38 用定心角尺找中心

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8-38）。

五、划线时产生废品的原因及预防方法

表 8-4

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，致使划线歪邪	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

第九章 錾削和锯割

一、錾 削

用手锤敲击錾子对金属进行切削加工的操作过程叫錾削(又叫凿削)。

錾削的作用是錾掉或錾断金属,使其达到要求的尺寸和形状。例如,錾掉锻件的飞边、铸件的毛刺和浇冒口,錾平焊接边缘,把板料或条料断成几块,錾沟槽、油槽,錾削各种曲面和平面等。

在现代化的工业中,不少的錾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,錾削加工比机械加工更加符合多快好省的原则。由于錾削操作方便、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,錾削的作用更加显著。

1. 錾削原理

錾削的主要工具是錾子。錾子和其他刀具一样,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,錾子还要与工件的切削表面形成适当的角度(见图9-1)。

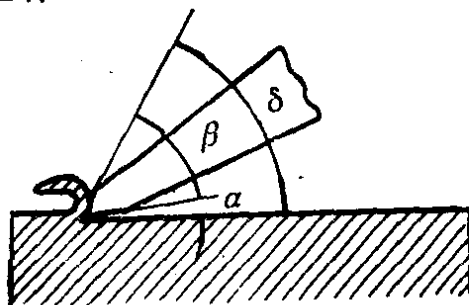


图 9-1 錾削时的角度

錾子的前刃面和切削平面之间的夹角叫切削角。从图9-1中可以看出:

$$\delta = \beta + \alpha$$

式中 δ —切削角;

β —錾子的楔角;

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,而工作中錾子的楔角 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鏟削效率和工件质量。 α 角过大时,由于切削力大,使鏟子切入工件太深(图9-2-I); α 角过小时,鏟子的刃口很容易从工件表面滑出(图9-2-II)。所以,后角 α 是鏟削中的关键角度。

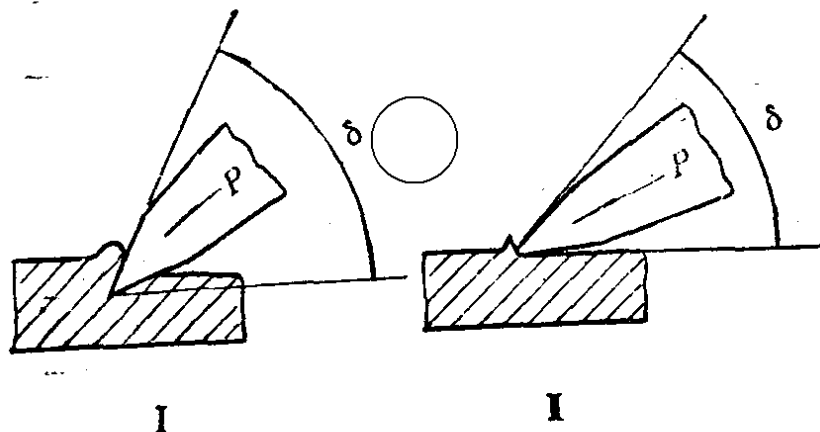


图 9-2 切削角的大小与鏟削工作的关系

此外,鏟子楔角 β 的大小和鏟削工作也有很大的关系:楔角越大,鏟子的强度越高,但是切削的阻力也越大,不易切入工件,鏟削起来不但费力,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,鏟刃容易折断。

鏟子楔角的大小主要由被鏟削工件材料的性质来决定。一般情况下,鏟削脆、硬性的材料时,楔角要大些;鏟削较软的材料时,楔角要小些。鏟削常用金属材料的鏟子楔角列于表9-1中。

表 9-1 根据材料选用鏟子的楔角

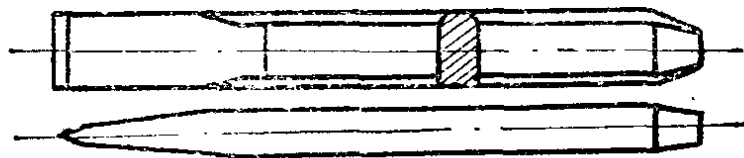
工 作 材 料	鏟 子 楔 角
硬钢、硬铸铁等	$65\sim 70^{\circ}$
碳素钢、软铸铁	60°
铜合金	$45\sim 60^{\circ}$
铝、锌	35°

2. 鏟削工具和常用设备

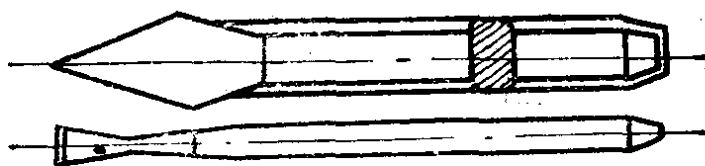
(1) 鏟子

1) 鏟子的种类和用途: 鏟子的种类很多,常用的有以下几种:

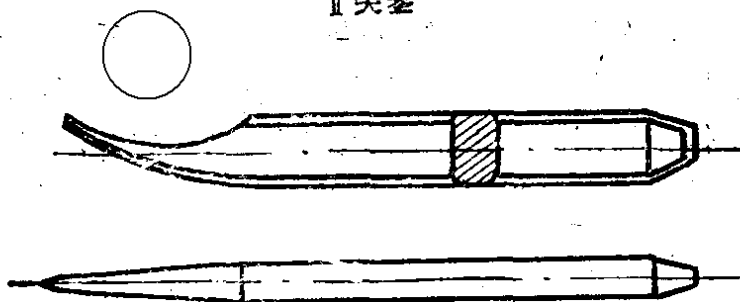
①扁鏟：如图9-3-I所示。它有较宽的刀刃，刃宽一般在25毫米左右。扁鏟的总长一般为180~200毫米。它的主要用途是：鏟断较薄的板料和直径较细的棒料，鏟掉铸、锻件上的毛刺、飞边，鏟削平面和焊接边缘等。



I 扁鏟



II 尖鏟



III 油槽鏟

图 9-3 鏟子的种类

②尖鏟：如图9-3-II所示。它的刀刃较窄，一般在2~10毫米左右。尖鏟常用于鏟槽或配合扁鏟鏟削较宽的平面。

③油槽鏟：如图9-3-III所示。它常用于鏟削轴瓦和导轨面上的油槽。

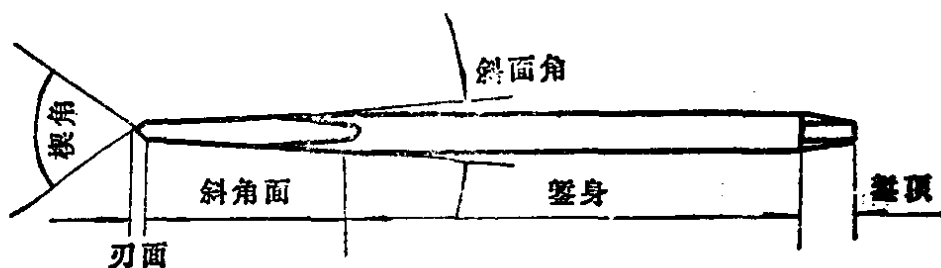


图 9-4 鏟子各部的名称

2) 鑿子的構造：鑿子由刃面、斜角面、鑿身、鑿頂、斜面角和楔角組成，如圖 9-4 所示。頂部的錘擊面稍有突起，從鑿頂到鑿身由細漸粗，呈錐體狀。這種形狀的優點是：面小凸起，受力集中，鑿子不易偏斜，刃口不易損壞。

鑿子的長度一般為 150~200 毫米，為了防止鑿子在手中轉動，鑿身作得稍帶扁形。

鑿子的斜面角一般為 $18^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，尖鑿的斜面角為 35° 。斜面角過大將使刃面增大。

3) 鑿子的刃磨：鑿子用鈍後，在砂輪機上磨銳。刃磨時，兩手拿着鑿身，使刃口向上，斜放在砂輪上，輕加壓力，並左右移動着磨。為了保持刃口硬度不變，防止鑿子在刃磨時產生高溫退火，必須注意隨時將刃口浸入水中冷卻。

鑿子在刃磨後，楔角要合乎要求，兩刃面要對稱，刃口要平直，刃面寬約 2~3 毫米，如圖 9-5 所示。

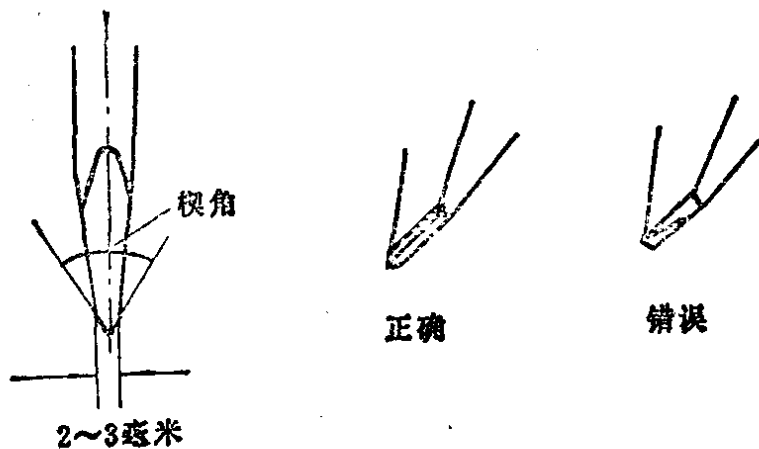


圖 9-5 鑿子的刃磨

(2) 手錘：手錘是鑿削工作中必不可少的工具，用鑿子加工工件時就是依靠手錘的錘擊力來完成的。

手錘由錘頭和木柄兩部分組成。

錘頭由優質碳素鋼製成，兩端錘擊面均經淬火處理並磨光，下部錘擊面有少量的凸起，呈弧形，上部為圓頭（圖 9-6）。錘頭的重量有 0.25、0.5、0.75 和 1 公斤幾種。

手锤的木柄由坚韧的木材制成，其断面一般为椭圆形，长度约 350 毫米。柄长了操作不便，短了挥力不够，最适宜的长度是和操作者的肘长相等。

锤柄和锤头，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（图9-7）。

(3) 虎钳：要进行鑿削工作，除了使用鑿子和手锤以外，还必须利用夹持工件的虎钳。虎钳是钳工日常工作必不可少的工具，在进行锉削和锯割时都离不开它。

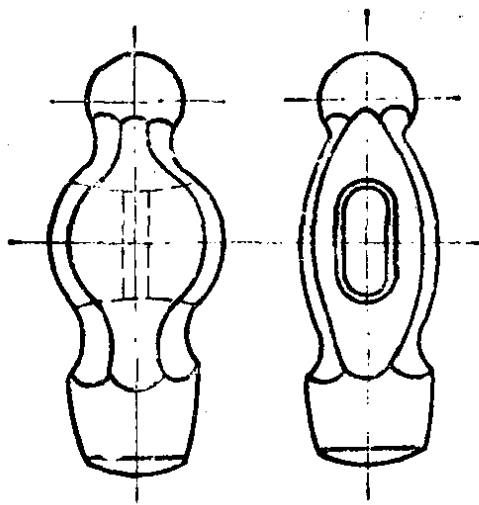


图 9-6 鑿削用手锤

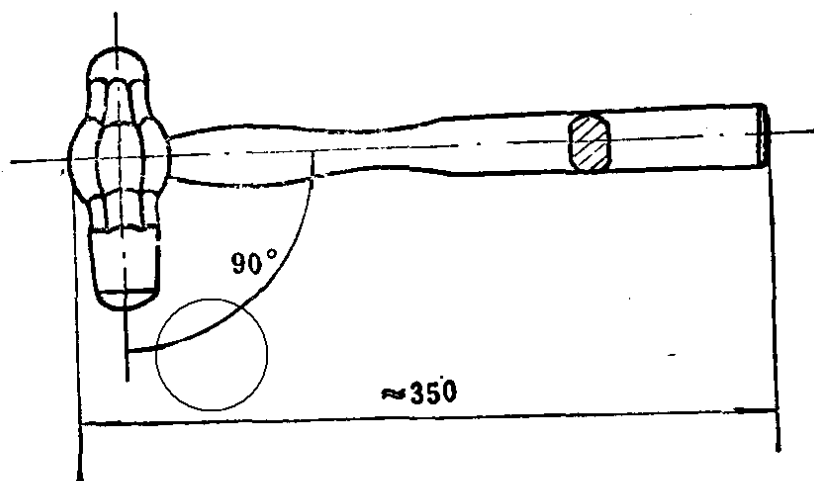


图 9-7 锤柄的安装

钳工常用的虎钳有平行虎钳、手虎钳和长脚虎钳三种。虎钳的大小以钳口的宽度来表示，一般在100~150毫米之间。

平行虎钳的两钳口始终保持平行，它又分为固定式和回转式两种。

图 9-8 所示是一种常见的回转式虎钳。活动钳身 4 的孔内装有丝杠 10，利用开口销 3 限制丝杠在活动钳身内的轴向移动。丝杠与螺母 8 配合，由于螺母是利用锥销 9 定位在固定钳身 7 上的，所以摇动扳柄 16 时，丝杠就带动活动钳身移动而夹紧或松开工件。1 为扳柄帽，2 为两个垫

圈。

钳身是用铸铁制成的,为了延长使用寿命,上部用螺钉6紧固着两块过淬火的钢钳口5,钳口工作面上制有斜齿纹,以便夹紧工件,防止动。夹持精密工件时,应垫上紫铜等材料制成的软钳口,以免夹伤工件面。

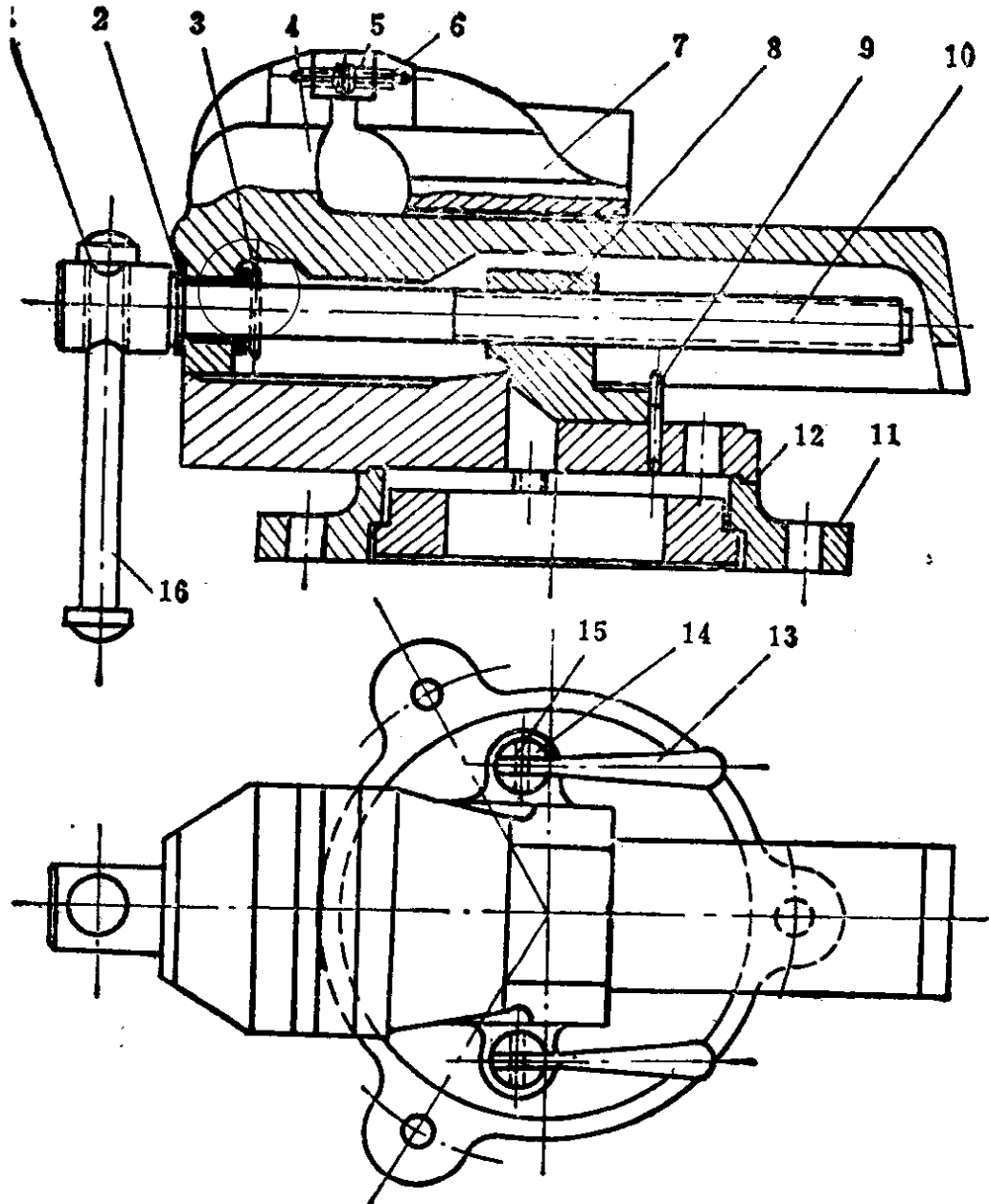


图 9-8 回转式虎钳

底盘11用螺钉固定在钳台上，底盘内装有转盘12，并用螺钉14与固定机身相连，松动手柄13，虎钳便可在底盘上转动，以变更方向，便于操作。15为销钉。

(4) 钳台：整削工作，一般在钳台上进行。钳台是钳工工作的专用案子（图9-9），用来安置虎钳、放置工具和工件等。钳台以木制的居多，台面厚约60毫米，表面可覆盖铁皮，离地面高度约为800~900毫米，长宽可根据需要而定。

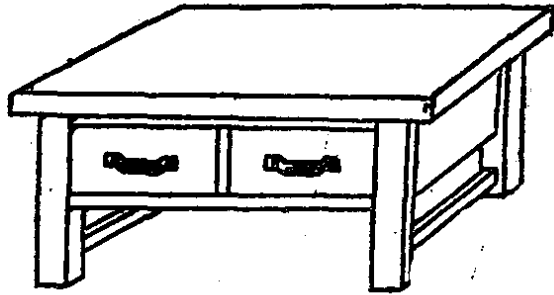


图 9-9 钳台

3. 整削方法及加工实例

整削时，把工件夹持在钳口内，左手握整，右手拿锤，挥锤向整子敲击（图9-10）。

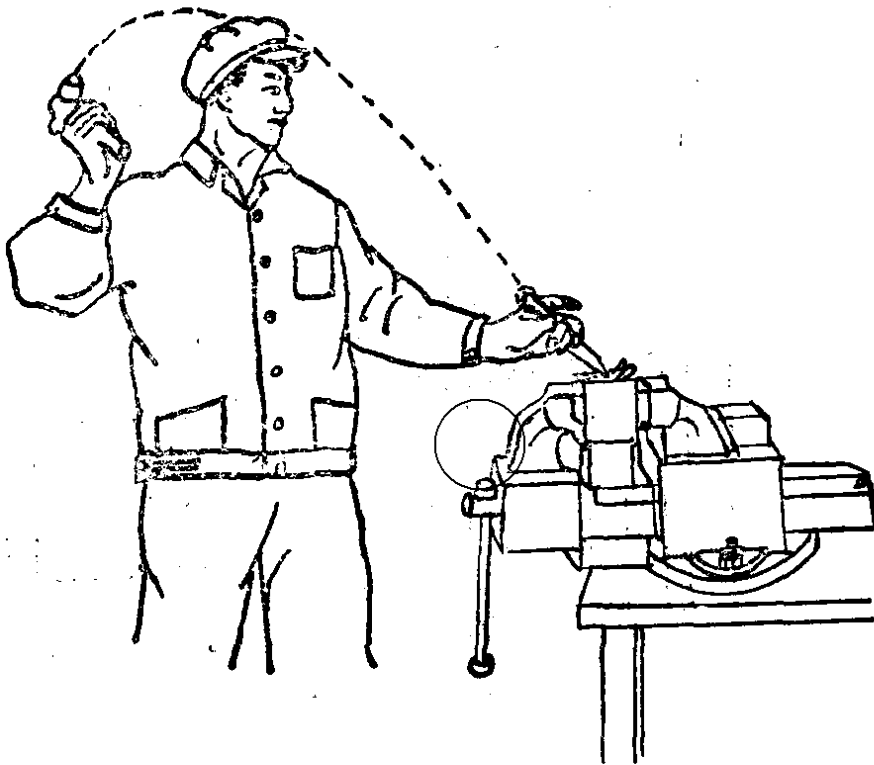


图 9-10 整削方法

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

在右上方面弧形作上下运动，眼睛要注视在鋸刃和工件之间，这样才能证鋸削质量。

(1) 鋸断

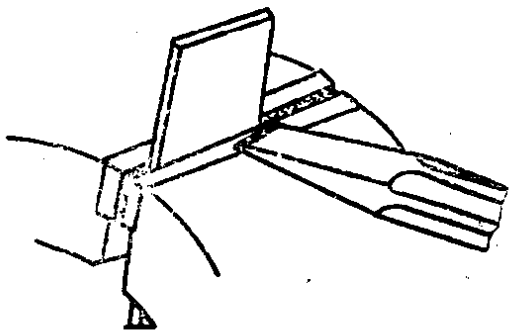


图 9-11 在虎钳上鋸断板料

1) 鋸断板料：把板料夹紧在虎钳上，使鋸切处与钳口平行，用扁鋸对工件，从右向左沿钳口鋸切（图9-11），不鋸断工件，而只使鋸切度超过工件厚度的一半（以防止被下的部分发生变形），到头后，再反复扳动板料，使其折断。

件，单凭鋸子的力量不易鋸断。应在鋸至一定程度后，利用敲击的力量使它折断（图9-12）。

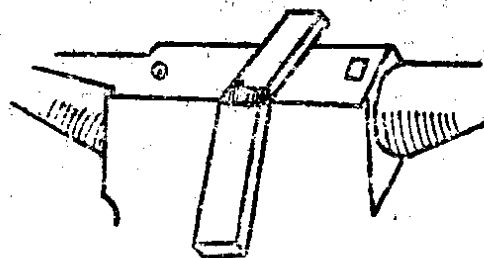
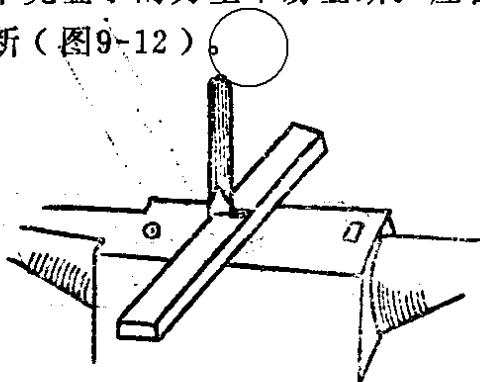


图 9-12 在铁砧上鋸断较厚的工件

(2) 鋸平面

1) 鋸削窄平面：用扁鋸鋸削窄平面时，应使扁鋸刃口的宽度大于被加工平面的宽度。每次鋸削的厚度约为0.2~0.5毫米，最后一次细鋸时的厚度不得超过0.5毫米。在每次鋸削至接近尽头时，应轻鋸；对于脆性材料，为了防止把棱边鋸掉，应调转方向，从工件的另一端鋸去（图9-13）。

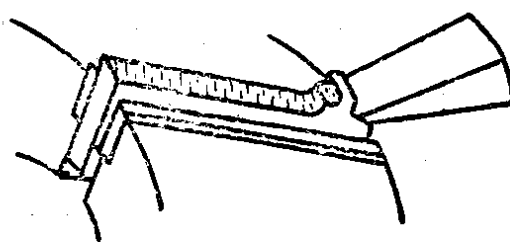


图 9-13 鋸削窄平面

2) 鋸削宽平面：鋸削宽平面时，先用尖鋸开槽，然后再以扁鋸鋸（图9-14）。

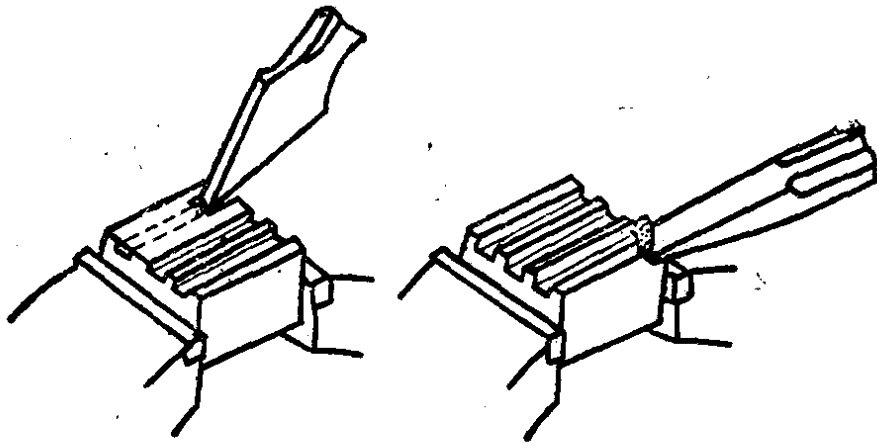


图 9-14 鏟削寬平面

(3) 鏟槽

1) 开油槽：当无法用铣床加工油槽时，可用油槽鏟子开油槽。油槽鏟刃口宽度要和油槽宽度一致，高度宽度的 $3/4$ 。鏟削时，应先按划线出较浅的痕迹，然后再大量鏟削。鏟削时，鏟子的倾斜角度要灵活掌握，以使油槽的尺寸、深浅和光洁度到要求（图9-15）。

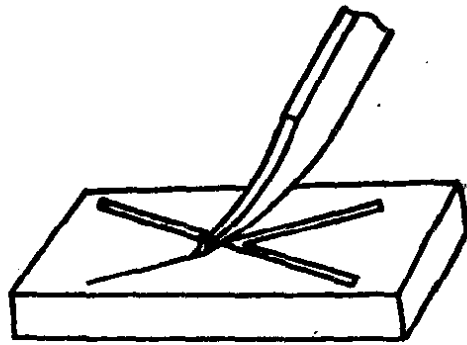


图 9-15 鏟油槽

2) 鏟键槽：先在工件上划好线，然后按线鏟切。如鏟切两端带圆弧的键槽，应先在槽的两端钻孔（孔径等于槽宽），然后选择合适的尖鏟，进行鏟切。鏟削时，鏟切量要小，用力要轻，如图9-16所示。

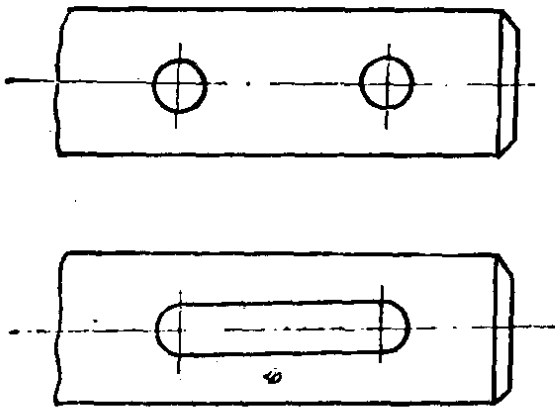


图 9-16 鏟键槽

4. 鏟削时产生废品的原因及预防办法

鏟削工作是一项粗中有细的操作，不但要敢于挥锤击鏟，而且要作到稳、准、狠。鏟削中，

废品产生的原因和预防办法见表 9-2。

表 9-2

废品种类	原 因	预 防 办 法
工件变形	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	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	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	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	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	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

5. 錾削时的安全技术

- (1) 錾削前，检查工作场地有无不安全因素。如有，要及时排除。
- (2) 錾削时，工作台周围要设安全网，以免錾下来的金属碎片飞出伤人。
- (3) 錾削脆性金属时，操作者要带防护眼镜，以免碎屑崩伤眼睛。
- (4) 錾削将近终了时，击锤要轻，以免用力过猛伤手。
- (5) 操作中，握锤的手不准戴手套，以免手锤滑出伤人。
- (6) 錾子头部的毛翅要经常修磨，以免伤手。
- (7) 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。
- (8) 要保持正确的錾切角度。如果錾子拿得太平，用手锤锤击时，錾子容易飞出伤人。
- (9) 錾子应经常刃磨锋利。刃口钝了不但效率不高，而且錾削出的表

面也较粗糙，刀刃也容易崩裂。

二、锯 割

用锯将金属材料分割成几部分或在工件上锯出沟槽，这种操作叫锯割。

锯割是一种切削加工，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。

锯割工作，分为手工锯割与机械锯割两种。

1. 锯割工具

锯工主要是用手锯进行锯割。手锯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（其结构如图9-17所示）。可调式锯弓适用于不同长短的锯条，使用比较方便。

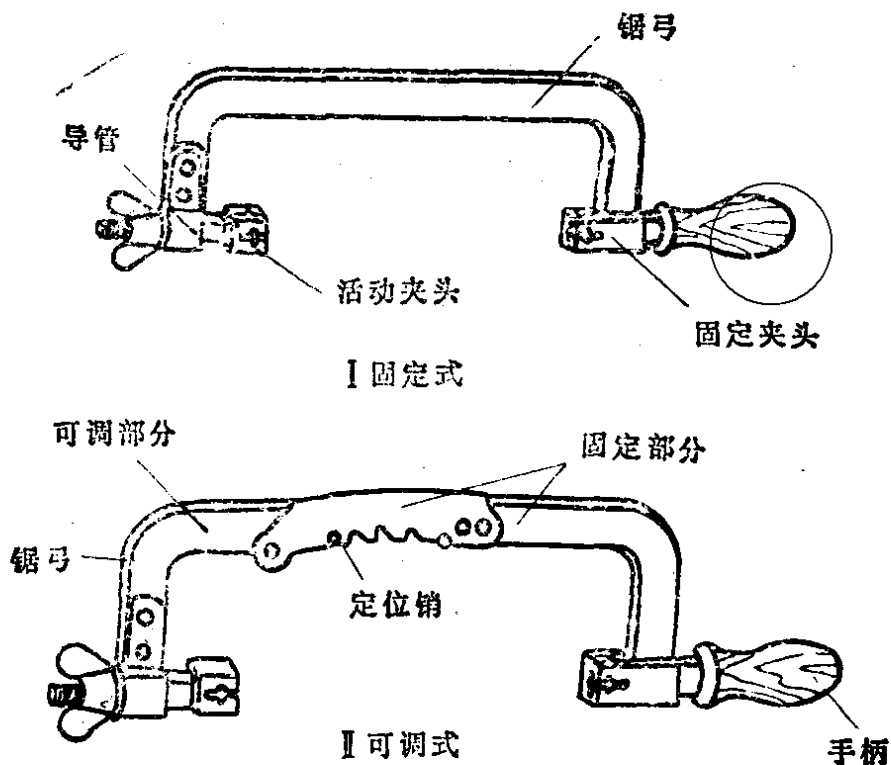


图 9-17 锯弓

(2) 锯条：锯条属于切割部分，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是300毫米，在一边上开有锯齿。各个齿的作用相当于一排同样形状的铰子。根据所锯割材料的不同，锯齿的各个角度也不相同。锯割时，可参照表9-3进行选择。

表 9-3 锯齿角度的选择

材 料	后 角 α	楔 角 β	前 角 γ
一 般	40°	50°	0°
硬 性	20°	65°	5°
软 性	30°	50°	10°

锯齿还有粗细之分。锯齿的粗细必须与工件材料的软硬及材料的厚薄相适应。一般说来，锯软性的、断面较大的工件用粗齿锯条；锯硬性的、断面较小的工件宜用细齿锯条。另外，不同的材料，锯割速度也不一样。锯割时，可根据表9-4进行选择。

表 9-4 锯割速度和锯齿粗细的选择

材 料 种 类	每分钟来回次数	锯齿粗细程度	每25毫米长齿数
轻金属、紫铜和其他软性材料	80~90	粗	14~16
强度在60公斤/毫米 ² 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60公斤/毫米 ² 的钢	30	细	32

安装锯条时，必须注意齿尖朝前。锯条的松紧可用锯弓上的翼形螺母进行调节，不能过松或过紧。过松会使锯条在锯割时产生弯曲、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。

锯条损坏的原因及预防方法见表9-5。

表 9-5

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，借正时锯条扭曲折断 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. 调换新锯条应从新的方向锯割
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. 锯割铸件碰到砂眼时应减小压力
锯齿很快磨损	1. 锯割时不加冷却液 2. 速度太快（新工人易犯这个毛病）	1. 注意选用冷却液 2. 锯割速度应适当

2. 锯割方法

夹持工件时，伸出端尽量要短，锯缝尽量放在钳口的左侧，较小的工件，既要夹牢，又要防止工件变形。

锯割时，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，要给以适当压力；向回拉时，不切削，应将锯稍微抬起，以减少对锯齿的磨损。

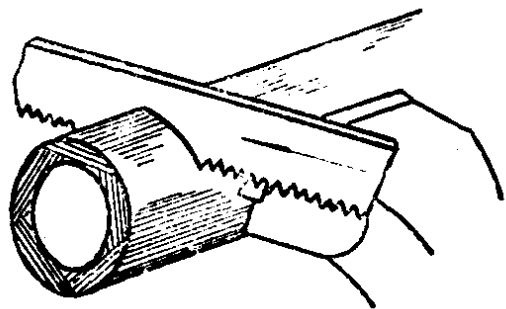


图 9-18 锯割圆管

几种典型原材料的锯割方法如下：

(1) 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，把管子向推锯方向转动，锯锯转转，直到锯掉为止（图9-18）。

(2) 锯扁钢：为了得到整齐的锯口，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9-19所示。

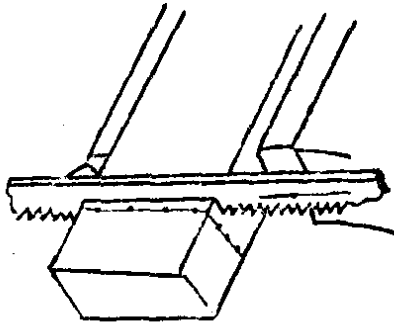
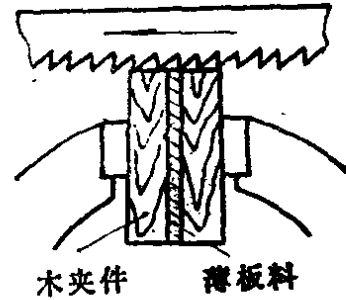


图 9-19 锯扁钢



木夹件 薄板料

图 9-20 薄板的锯法

(3) 锯薄板：比较薄的板料，锯割时会发生弯曲和颤动，使锯割无法进行。因此，锯割时应将板料夹在两块废木板的中间，连同木板一齐锯开（见图9-20）。

3. 锯割时产生废品的原因及预防方法

表 9-6

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. 看清图纸，划线时注意检查 2. 锯割时留有尺寸线
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

第十章 锉 削

用锉刀从工件上锉去多余的部分，这种操作称为锉削。锉削是钳工工作的主要操作之一，而且是一种精加工方法。

用锉刀可以锉削工件的外表面、曲面、内外圆角、沟槽、孔和各种复杂表面；也可以在銓、锯、剪之后锉去一定的加工余量，使工件具有图纸上所要求的尺寸、形状和表面光洁度；还可以在装配中修整零件；特别是它可以完成机械加工所不能完成的和没有必要采用机械加工的局部加工。

锉削分粗、精两种。锉削后表面的光洁度主要决定于锉齿的粗细；加工表面的形状则决定于锉刀断面的形状和锉刀运动的形式。锉削时，要根据所要求的形状和加工精度以及锉削时留的余量来选用各种不同的锉刀。

一、锉 刀

锉刀是锉削的主要工具，它用碳素工具钢制成，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，用于刃削（如图10-1所示）。

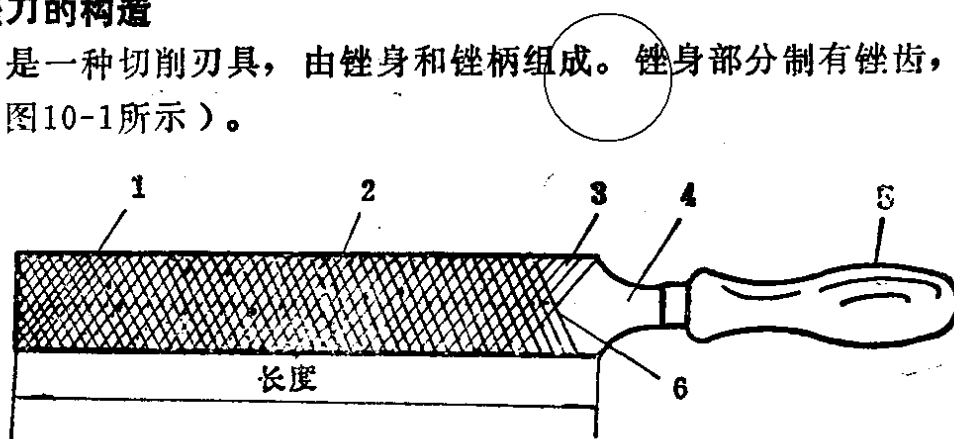


图 10-1 锉刀各部分的名称

- | | | |
|-------|--------|--------|
| 1—锉齿； | 2—锉刀面； | 3—底齿纹； |
| 4—锉柄； | 5—手把； | 6—面齿纹 |

2. 锉刀的种类和用途

表10-1

锉刀类别	用 途
扁 锉	锉平面、外圆面、凸弧面
方 锉	锉方孔、长方孔、窄平面
圆 锉	锉圆孔、半径较小的凹弧面、椭圆面
半圆锉	锉凹弧面、平面
三角锉	锉内角、三角孔、平面
刀 锉	锉内角、窄槽、楔形槽；锉方孔、三角孔、长方孔内的平面
椭圆锉	锉内外凹面、椭圆孔、边圆角和凹圆角
菱形锉	锉齿轮轮齿、链轮
圆肚锉	锉削厚层金属用（是最粗的锉刀）

3. 锉刀的规格

表 10-2

齿 的 种 类	锉长 (毫米)	100	150	200	250	300	350	400	上纹的 角度 (约)
	锉长 (英寸)	4	6	8	10	12	14	16	
	每 10 毫 米 内 所 包 含 的 齿 数								
粗 齿		14	12	10	9	8	7	6	70°
中 齿		19	17	15	13	11	10	9	72°
细 齿		28	25	22	19	17	15	14	75°
最 细 齿		45	38	34	30	26	23	21	80°

4. 锉刀的选择

锉削时，选择哪一种形状的锉刀，决定于加工表面的形状（详见表10-1）；选择哪一级锉刀则决定于工件的加工余量、精度以及材料的性质；

粗锉刀——用于锉软金属、加工余量大、精度等级低和表面光洁度低的工件；

细锉刀——用于和粗锉刀相反的场所（详见表10-3）。

表 10-3 按加工精度和光洁度选择锉刀

锉 刀	适 用 场 合		
	加工余量 (毫米)	尺寸精度 (毫米)	光 洁 度
粗 锉	0.5~1	0.2~0.5	▽1~2
中 锉	0.2~0.5	0.04~0.2	▽3
细 锉	0.05~0.2	0.01或更高	▽4~5

5. 什锦锉

什锦锉又叫整形锉或组锉，主要用来加工精细的工件（如样板、工夹具、冲模等）和普通锉刀不能加工的地方。

什锦锉用高碳工具钢（T12、T12A、T13、T13A）制成，并经过淬火处理，硬度在HRC62~67之间。



图 10-2 什锦锉的断面形状

各种什锦锉的断面形状如图10-2所示。

什锦锉的规格见表10-4。

表 10-4

组别	平头扁锉	尖头扁锉	平头双边扁锉	尖头双边扁锉	方锉	三角锉	单面三角锉	圆锉	半圆锉	双半圆锉	椭圆锉	刀形锉
5 件	×				×	×		×	×			
8 件	×			×	×	×	×	×	×			×
10 件	×			×	×	×	×	×	×	×	×	×
12 件	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
全长(毫米)			120		140		160		180			
工作部分长度(毫米)			45		65		75		85			
尾部直径(毫米)			2		3		4		5			

注：各种什锦锉也有单件供应。

为了锉削高硬度的金属（如硬质合金、经过淬火或渗氮的工具钢、合金钢刀具、模具和工夹具等），常采用金刚石什锦锉，其规格见表10-5。

表 10-5

组别	圆锉	半圆锉	三角锉	方锉	扁锉	刀形锉	扁三角锉	菱形锉	椭圆锉	扁圆锉	
140毫米10支组	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
180毫米5支组	×	×	×	×	×						
全长(毫米)				140				180			
工作部分长度(毫米)				50				75			
尾部直径(毫米)				3				5			

注：各种什锦锉也有单件供应。

6. 锉刀的使用规则

(1) 新锉刀要先就一面使用，只有在该面磨纯后，或必须用锐利的锉齿加工时才用另一面。

(2) 有硬皮或砂粒的铸件、锻件，要用砂轮磨掉后才可以用半锋利的锉刀或旧锉刀锉削。

(3) 细锉刀不允许锉软金属。

(4) 使用什锦锉用力不宜过大，以免折断。

(5) 锉削时要经常用钢丝刷清除锉齿上的切屑。

(6) 使用后的锉刀不可重叠，或者和其他工具堆放在一起。

(7) 不得用手摸刚锉过的表面，以免再锉时打滑。

(8) 锉刀要避免沾水、沾油或其他脏物。

二、锉削方法

1. 锉平面

锉平面是锉削中最基本的操作，为了易于锉平，常采用以下几种锉法：

(1) 普通锉法：锉刀的运动方向是单方向的，并且要沿工件的横向表面进行锉削，如图10-3所示。

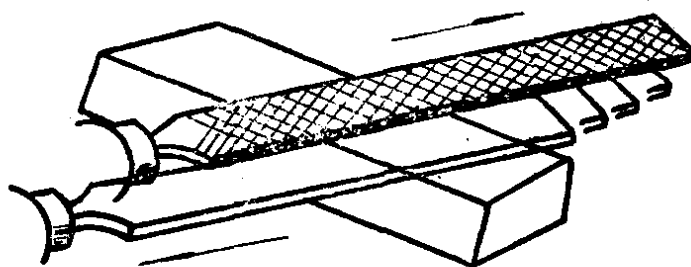


图 10-3 普通锉法

(2) 交叉锉法：锉刀的运动方向是交叉的，因此，工件的锉面上能显示出高低不平的阴影（痕迹），如图10-4。这样容易锉出准确的平面。当平面还没有锉平时，常采用交叉锉法来找平。

(3) 顺向锉法：一般用在交叉锉法之后，主要是把锉纹锉顺，起锉光的作用，如图10-5所示。

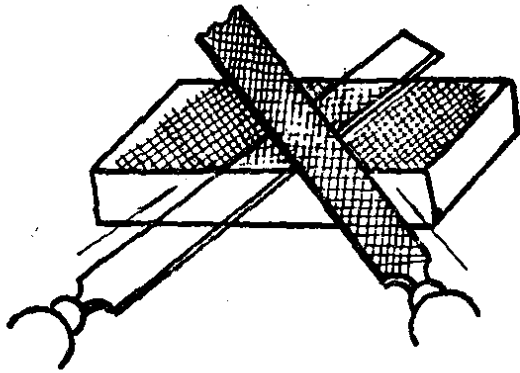


图 10-4 交叉锉法

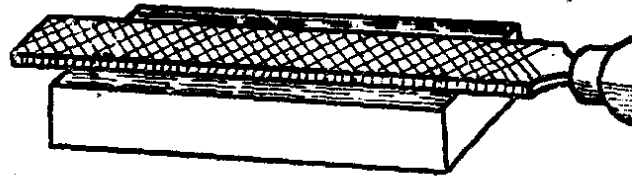


图 10-5 顺向锉法

2. 锉曲面

(1) 锉圆柱面（或凸弧面）：锉削圆柱面时，锉刀要同时完成两种运动（图10-6）：前进运动和锉刀绕圆弧面中心转动。两手的运动轨迹近似于两条渐开线。

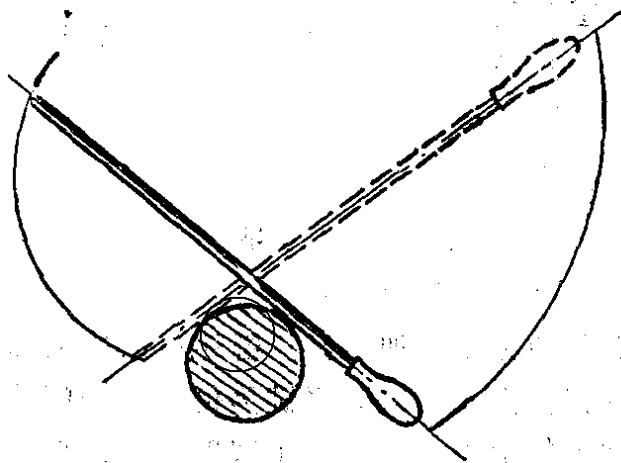


图 10-6 锉圆柱面时锉刀运动示意图

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10-7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），三者之间的装配关系如

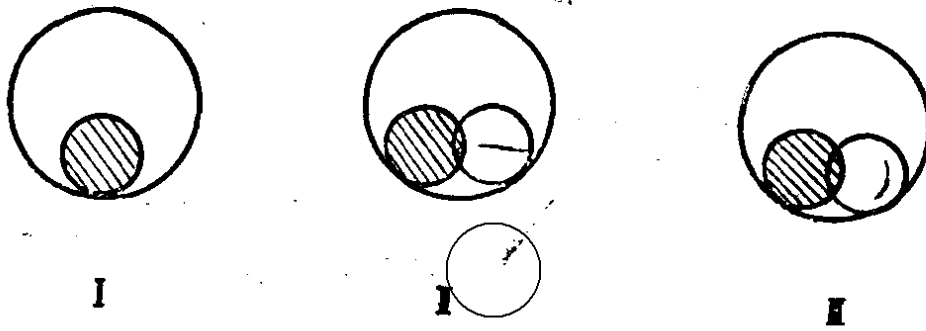


图 10-7 圆孔的锉削方法

I—前进运动；II—向左运动；III—同时完成三种运动

图10-8所示。

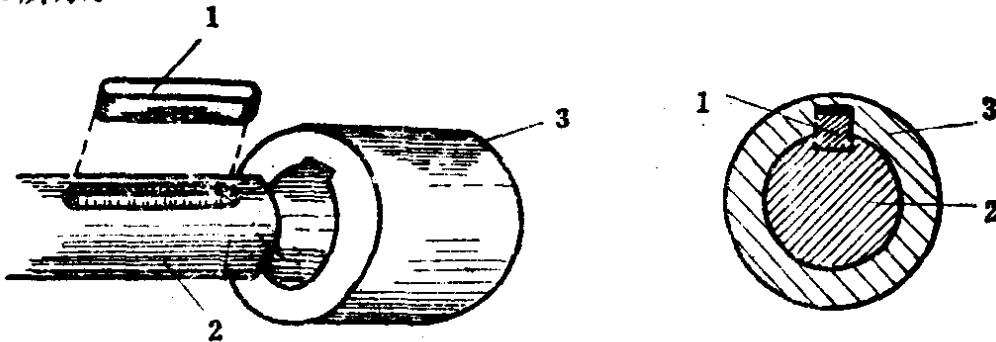


图 10-8 配键

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 0.2 毫米左右的锉修余量。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 0.1 毫米左右的间隙，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。

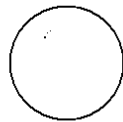
三、锉削时产生废品的原因和预防方法

表 10-6

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. 根据图纸正确划线 2. 对每锉一次的锉削量要心中有数，锉时思想要集中，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. 锉削始终应注意光洁度，避免深痕出现 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、锉削时的安全技术

- 1) 放置锉刀不准露出工作台外，以免掉下来，摔断锉刀或伤人。
- 2) 不使用无木柄的或柄已裂开的锉刀进行工作，锉刀柄应装紧，否则不但用不上力，而且会伤手。
- 3) 锉削时，禁止用嘴吹锉屑，以防止锉屑飞入眼里；也不许用手清除锉屑，以免手上扎入铁刺。
- 4) 锉削时，不应撞击锉刀柄，否则锉刀尾易滑出伤人。
- 5) 锉刀不能作撬棒使用，否则会断裂，甚至造成事故。



第十一章 孔 加 工

任何一种机器，没有孔是作不成的。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、扩孔和铰孔等。

一、钻 孔

用钻头在设备、工件或材料上加工孔，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（进刀运动）。由于这两种运动是同时连续进行的，所以，钻头是按螺旋运动来钻孔的。

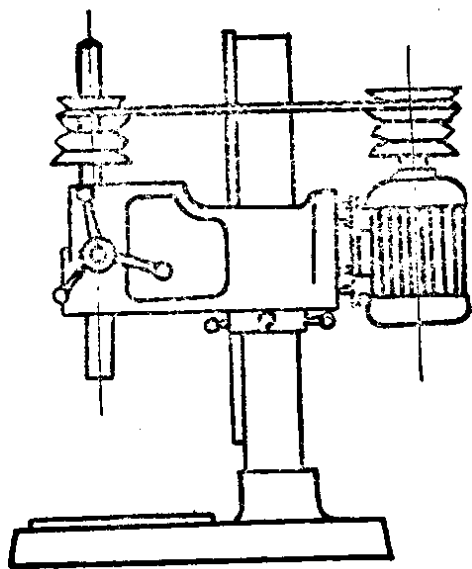


图 11-1 台式钻床

1. 钻孔设备

(1) 台式钻床：台钻是一种小型钻床，是钳工装配和修理工作中的常用设备。它通常安装在钳台上，用来钻削12毫米以下的孔。

图11-1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，适用于单件和小批生产。

(2) 立式钻床：立式钻床是钻床

中最普遍的一种。它有不同的型号，可用来加工各种尺寸的孔。

图11-2为Z525B型立式钻床，其最大钻孔直径为25毫米，主轴有6种转速，可以手动进刀，也可以自动进刀。它的钻孔运动是通过变速齿轮箱和进刀箱来完成的。

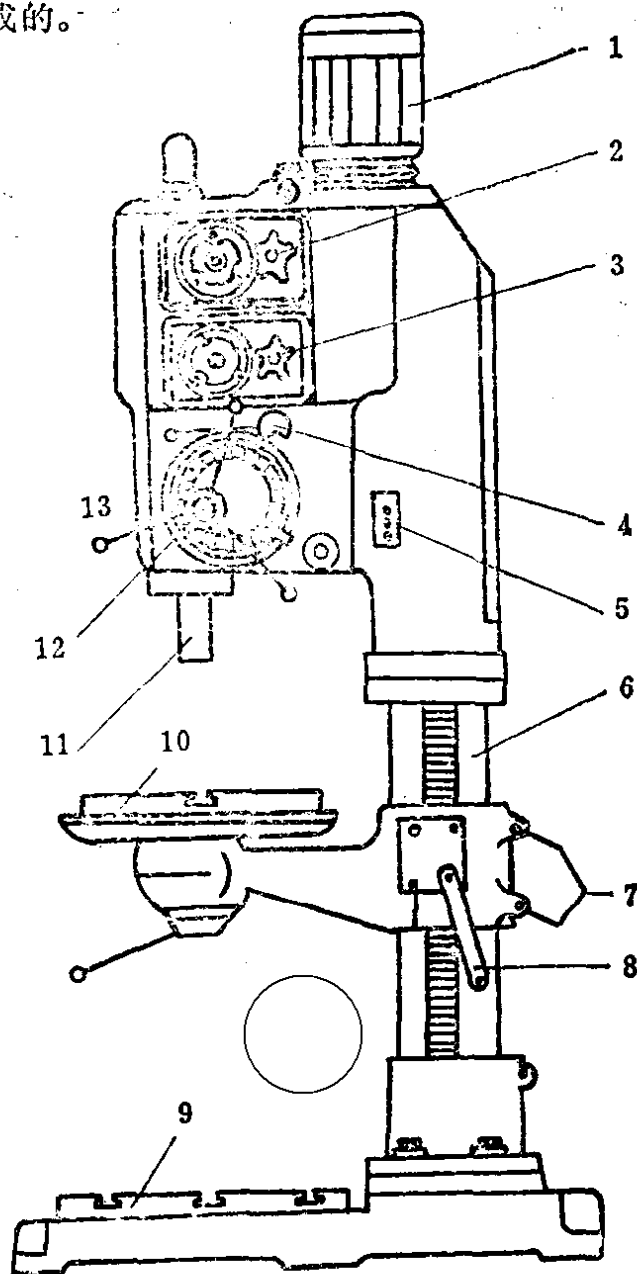


图 11-2 Z525B型立式钻床

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

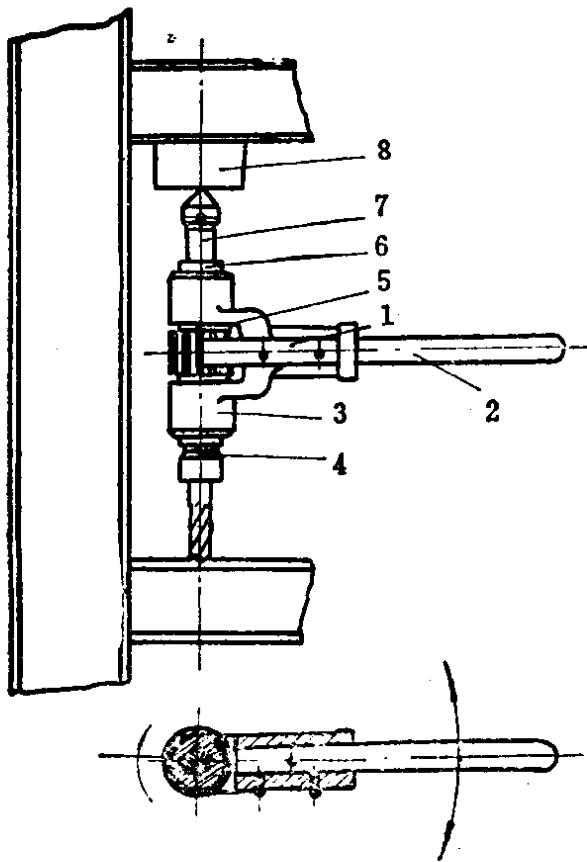


图 11-3 手扳钻

- 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

源或不能利用钻床和其他钻具进行钻孔的地方，都可以利用它。

(3) 摇臂钻床：摇臂钻床的自动化程度较高，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 50 毫米。主轴变速分 19 级，转速范围为 28~1700 转/分；进刀变速级数为 18 级，进刀量范围为 0.03~1 毫米/转。

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，可以把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。

(4) 手电钻：手电钻（图 11-4）是以手扳为动力，以棘轮机构传动简单的钻具，在没有电

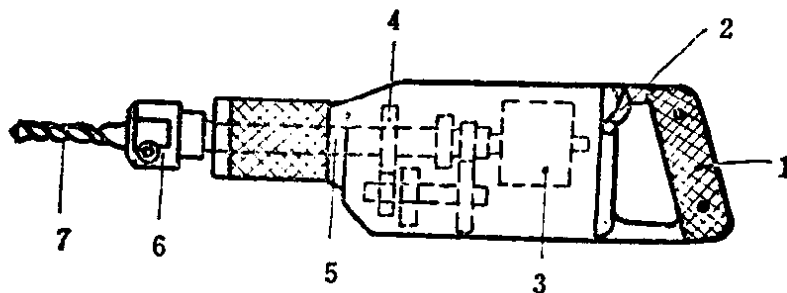


图 11-4 手电钻

- 1—手柄；2—开关；3—电动机；4—齿轮；5—钻轴；
6—钻夹头；7—钻头

(5) 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（电压为220伏），钻孔直径为6、10、13、19毫米；三相（电压为380伏），钻孔直径为13、19、23毫米。

手电钻的构造如图11-4所示。它由电动机和两级减速齿轮组成。

(6) 手风钻：在有压缩空气的工厂，钳工也常采用手风钻钻孔。所谓手风钻，是指它的进刀运动靠人的推力、而钻头的旋转却以压缩空气为动力的一种钻孔设备。

图11-5所示为手风钻的外观。采用手风钻钻孔转速高、钻进快、小巧玲珑、操作轻便、安全可靠。

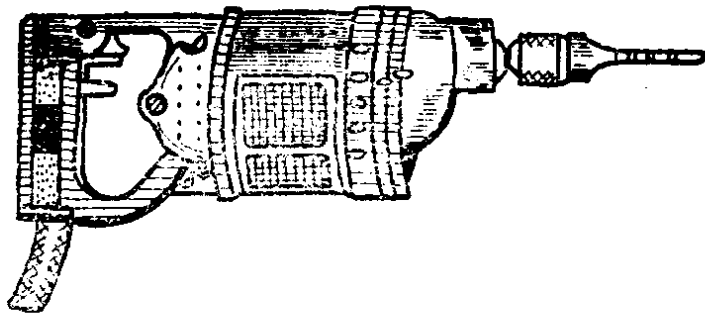


图 11-5 手风钻

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11-6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（又叫钻库）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11-1），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11-7），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连接。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

11-2.

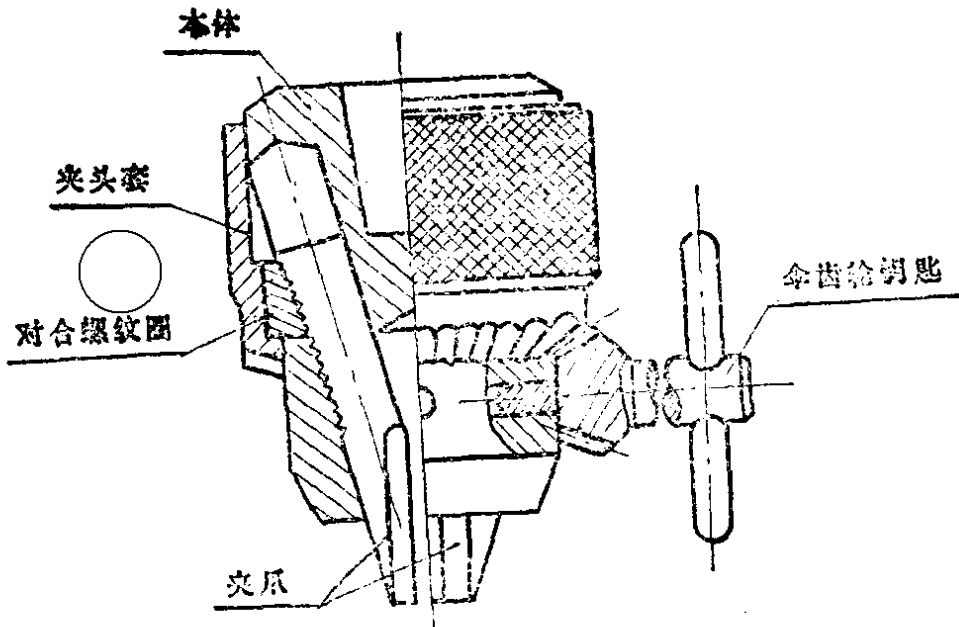


图 11-6 钻夹头

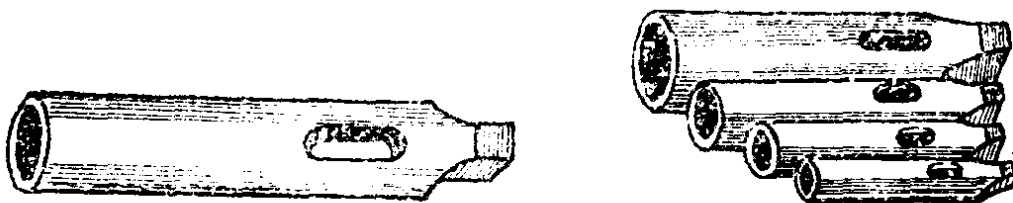


图 11-7 钻套

表 11-1 钻头尾部圆锥体的规格

钻头直径 (毫米)	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

(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。

表 11-2 钻套的规格

莫氏圆锥号		全 长 (毫米)	外锥体大端直径 (毫米)	内锥体大端直径 (毫米)
外 锥	内 锥			
1	0	80	12.963	9.045
2	1	95	18.305	12.065
3	1	115	21.906	12.065
3	2	115	21.906	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

钻孔中使用钻模具有以下优点：

- ①减少划线工序，缩短工艺过程和生产周期。
 - ②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。
 - ③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。
 - ④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。

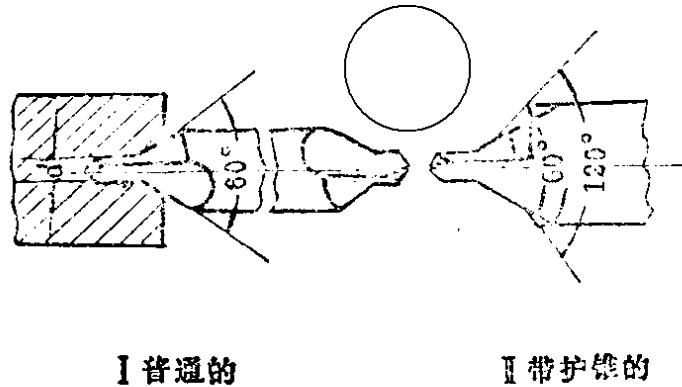
3. 钻头

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、扁钻、麻花钻、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，使得切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。对于直径为1~6毫米的中心孔一般采用复合中心钻钻出，而直径大于6毫米的中心孔则采用钻头和锥形铤钻配合加工。复合中心钻分为普通的和带护锥的两种，如图11-8所示。



I 普通的

II 带护锥的

图 11-8 复合中心钻

(2) 扁钻：扁钻（图11-9）是一种结构比较简单的钻头。它的导向性差，不易排屑，一般只是在没有麻花钻头的使用情况下才使用。

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 $116^\circ \sim 118^\circ$ 。

(3) 麻花钻：由于这种钻头的工作部分象“麻花”形状，所以称为麻花钻头。它是钻孔用的主要刀具。

麻花钻头由碳素钢和高速钢制成，经过热处理，硬度可达HRC62

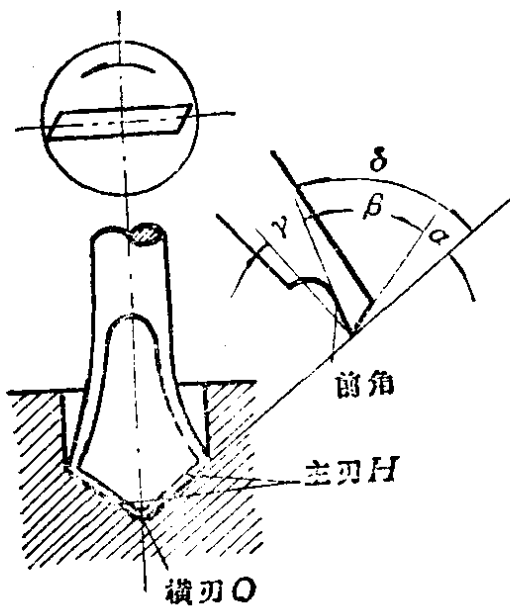


图 11-9 扁钻头

~65，并且在 600°C 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11-10所示，它主要由以下几个部分组成：

① 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。

② 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

用钻头、排除切屑和输入冷却液等。

③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。

④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。

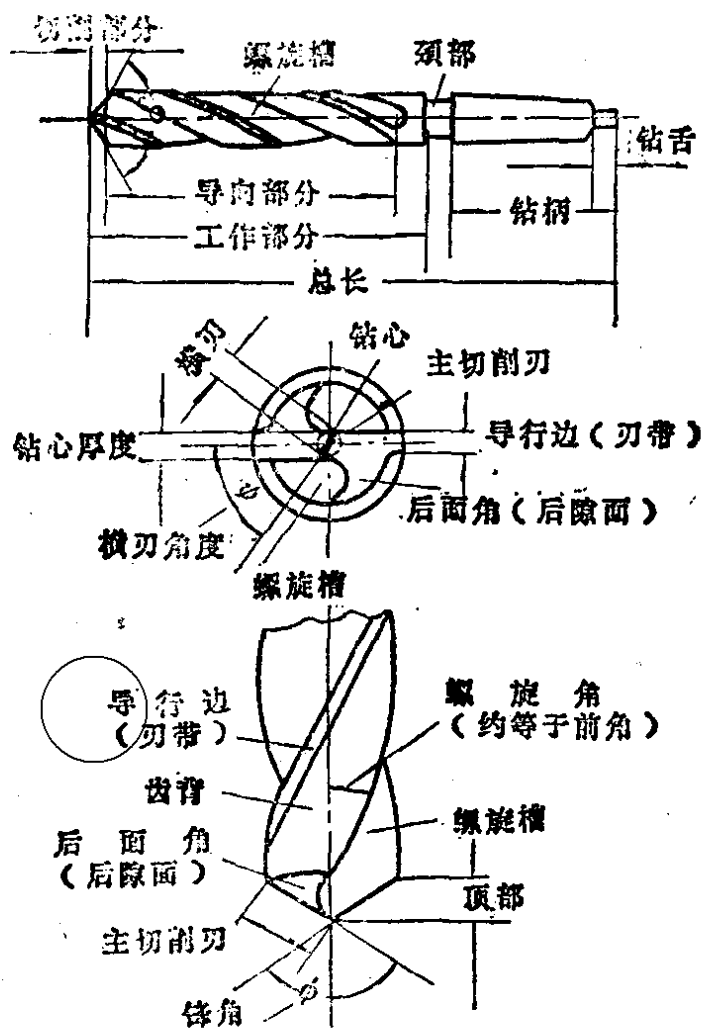


图 11-10 麻花钻头的构造

2) 麻花钻头的规格：麻花钻头是按照国家标准加工制造的，其规格见表11-3。

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11-4

表 11-3 麻花钻头直径的分级(JB777-65)

(毫米)

0.25	1.95	4.5	7.8	10.8	14.7	18.0	21.9	26.5	32.0	37.3	42.5	47.9
0.3	2.0	4.7	7.9	10.9	14.8	18.3	22.0	26.6	32.5	37.5	42.7	48.0
0.35	2.05	4.8	8.0	11.0	14.9	18.4	22.3	26.9	32.6	37.6	42.9	48.5
0.4	2.1	4.9	8.1	11.2	15.0	18.5	22.5	27.0	32.7	37.8	43.0	48.6
0.45	2.15	5.0	8.2	11.3	15.1	18.6	22.6	27.6	32.9	37.9	43.3	48.7
0.5	2.2	5.1	8.3	11.4	15.2	18.8	22.7	27.7	33.0	38.0	43.5	48.9
0.55	2.25	5.2	8.4	11.5	15.3	18.9	22.8	27.8	33.4	38.5	43.8	49.0
0.6	2.3	5.3	8.5	11.7	15.4	19.0	22.9	27.9	33.5	38.6	44.0	49.5
0.65	2.4	5.4	8.6	11.8	15.5	19.1	23.0	28.0	33.6	38.7	44.4	49.6
0.7	2.5	5.5	8.7	11.9	15.6	19.2	23.5	28.1	33.7	38.9	44.5	49.7
0.75	2.6	5.7	8.8	12.0	15.7	19.3	23.6	28.3	33.9	39.0	44.6	49.9
0.8	2.65	5.8	8.9	12.1	15.8	19.4	23.7	28.5	34.0	39.2	44.7	50.0
0.85	2.7	5.9	9.0	12.3	15.9	19.5	23.9	28.6	34.4	39.5	44.8	50.5
0.9	2.8	6.0	9.1	12.4	16.0	19.6	24.0	28.8	34.5	39.6	44.9	51.0
0.95	2.9	6.2	9.2	12.5	16.2	19.7	24.1	29.0	34.6	39.7	45.0	52.0
1.0	3.0	6.3	9.3	12.7	16.3	19.9	24.3	29.2	34.8	39.8	45.1	53.0
1.1	3.15	6.4	9.4	12.8	16.4	20.0	24.5	29.3	35.0	39.9	45.5	54.0
1.15	3.2	6.5	9.5	12.9	16.5	20.3	24.6	29.6	35.2	40.0	45.6	55.0
1.2	3.3	6.6	9.6	13.0	16.6	20.4	24.7	29.9	35.5	40.3	45.7	56.0
1.25	3.4	6.7	9.7	13.2	16.8	20.5	24.8	30.0	35.6	40.5	45.9	57.0
1.3	3.5	6.8	9.8	13.3	16.9	20.6	24.9	30.5	35.7	40.8	46.0	58.0
1.35	3.6	6.9	9.9	13.5	17.0	20.7	25.0	30.7	35.8	41.0	46.2	60.0
1.4	3.7	7.0	10.0	13.7	17.1	20.8	25.3	30.8	35.9	41.4	46.4	62.0
1.45	3.75	7.1	10.1	13.8	17.2	20.9	25.5	30.9	36.0	41.5	46.5	65.0
1.5	3.8	7.2	10.2	13.9	17.3	21.0	25.6	31.0	36.5	41.6	46.7	68.0
1.6	3.9	7.3	10.3	14.0	17.4	21.2	25.9	31.3	36.6	41.7	46.9	70.0
1.7	4.0	7.4	10.4	14.3	17.5	21.5	26.0	31.4	36.7	41.9	47.0	72.0
1.75	4.1	7.5	10.5	14.4	17.6	21.6	26.1	31.5	36.8	42.0	47.5	75.0
1.8	4.2	7.6	10.6	14.5	17.7	21.7	26.3	31.6	36.9	42.2	47.6	78.0
1.9	4.4	7.7	10.7	14.6	17.9	21.8	26.4	31.8	37.0	42.4	47.8	80.0

来选择。

表 11-4 麻花钻头切削角度的选择(度)

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)	113~130	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	90~113	12~15	20~32
冷(硬)铸铁	118~135	5~7	20~32
淬火铝	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(250~400HB)	135~150	5~7	20~32
木材	70	12	30~40
硬橡皮	60~90	12~15	10~20

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:

① 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。

② 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。

③ 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。

④ 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冷却。

(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。

图11-11所示为中型标准群钻的几何形状和各部分的名称。

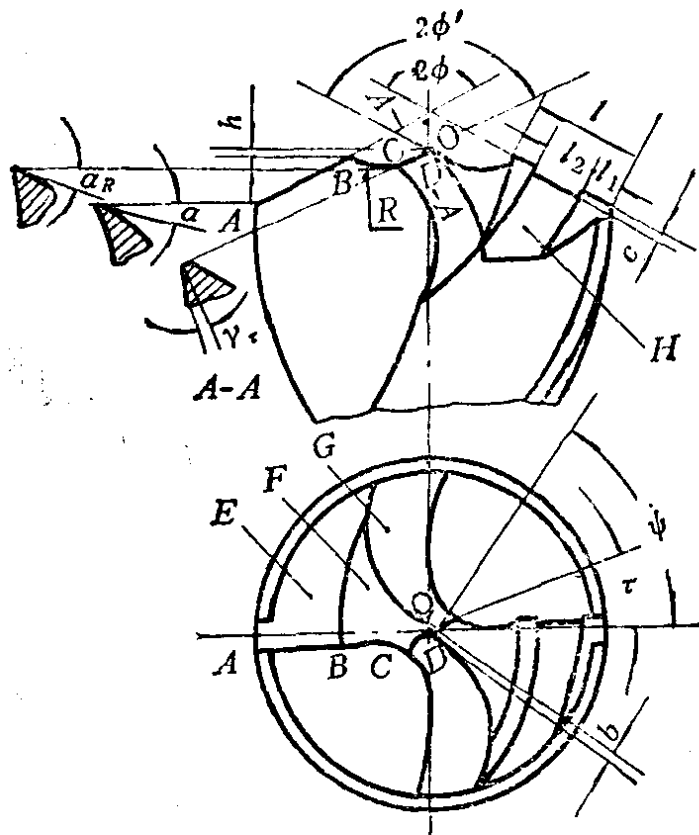
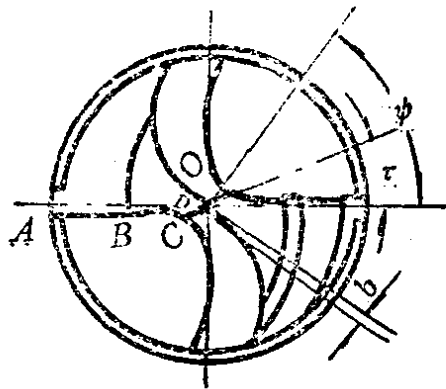
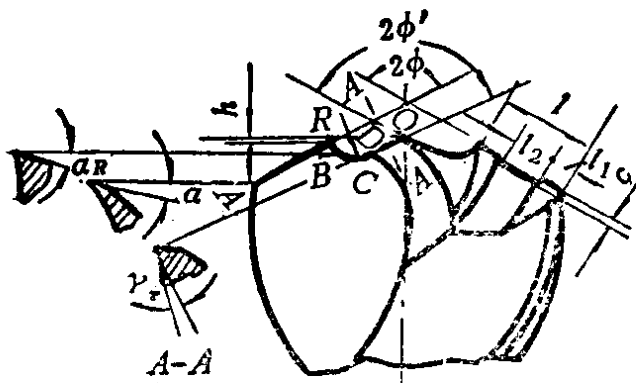


图 11-11 中型标准群钻

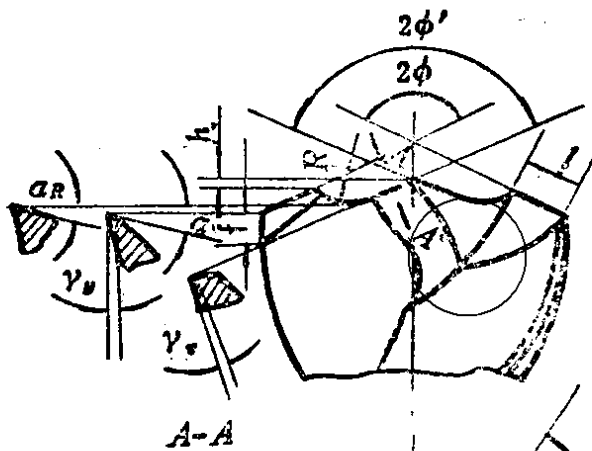
AB —外刃； BC —圆弧刃； CD —内刃； E —外刃后面； F —圆弧刃后面； G —内刃前面； H —分屑槽后面； $2\phi'$ —内刃锋角； 2ϕ —外刃锋角； γ_r —内刃前角； α —外刃后角； α_R —圆弧后角； ψ —横刃斜角； τ —内刃斜角； l —外刃长； l_1 —槽距； l_2 —槽宽； c —槽深； h —尖高； b —横刃长； R —圆弧半径

表11-5~表11-8是几种常用群钻切削部分的几何参数。

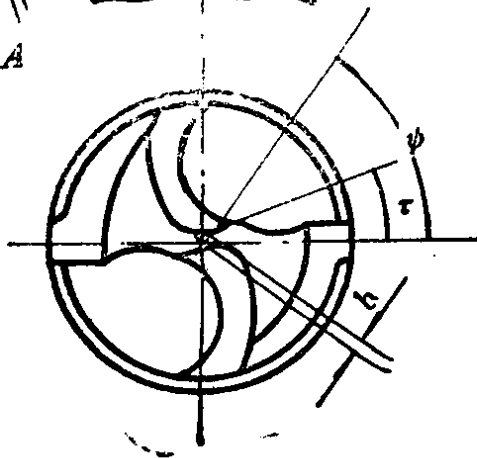


特点口诀

三尖七刃锐当先，
月牙弧槽分两边，
一侧外刃宽分屑，
横刃磨低窄又尖。



A-A



特点口诀

黄铜钻孔易“扎刀”，
外刃前角要减小，
棱边磨窄、修圆弧，
孔圆、光整质量高。

表 11-5 标准群钻切削部分的几何参数 (见474页上图)

钻头直径 D	尖高圆弧		外刃		槽距		槽宽		槽深		外刃锋角		内刃锋角		内刃前角		内刃斜角		外刃后角		圆弧后角	
	半径 R	长 l	l_1	l_2	I	II	c	Z	I	II	2ϕ	$2\phi'$	I	II	ψ	γ_r	τ	α	α_R			
5~7	0.2	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>7~10	0.28	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>10~15	0.36	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>15~20	0.55	1.5	1.4	2.7	0.5	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>20~25	0.7	2	1.8	3.4	0.6	0.48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>25~30	0.85	2.5	2.2	4.2	0.75	0.55	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>30~35	1	3	2.5	5	0.9	0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>35~40	1.15	3.5	2.8	5.8	1.05	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>40~45	1.3	4	2.2	3.25	1.15	0.85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>45~50	1.45	4.5	2.4	3.6	1.3	0.95	1.5	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
>50~60	1.65	5	2.5	4.25	1.45	1.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
附	<p>(1) I—加工一般钢材; II—加工铝合金 (2) 参数按直径范围的中值来定, 允许偏差为± (3) 钻铝合金时将前面、后面用油石背光至√8以上 (4) 本表图形系直径15~40毫米的中型标准群钻</p>																					
注	<p>近似比例</p> <p>$h \approx 0.03D$ $R \approx 0.1D$ $l \sim 0.2D (D \leq 15)$ $0.3D (D > 15)$ $b \approx 0.03D (I)$ $\approx 0.02D (II)$</p>																					

表 11-6 铸铁群钻切削部分的几何参数

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 内刃 锋角 $2\phi_0$	内刃 锋角 $2\phi'$	横刃 斜角 ψ	前角 γ_r	内刃 斜角 τ	外刃 后角 α	圆弧 后角 α_R		
														(毫米)	
5~7	0.11	0.75	0.15	1.9								20	18	20	
>7~10	0.15	1.25	0.2	2.7											
>10~15	0.2	1.75	0.3	4											
>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	3/5	120	70	135	65	-10	25	15	18		
>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											
>50~60	1	7	1.1	17								30	13	15	
													近似比例		$h \approx 0.02D$ $R \approx 0.12D$ $b \approx 0.02D$ $l \approx 0.3D$ $l_1 = l_2 \approx 0.6l$

附注

参数值按直径范围的中间值来定，允许偏差为±

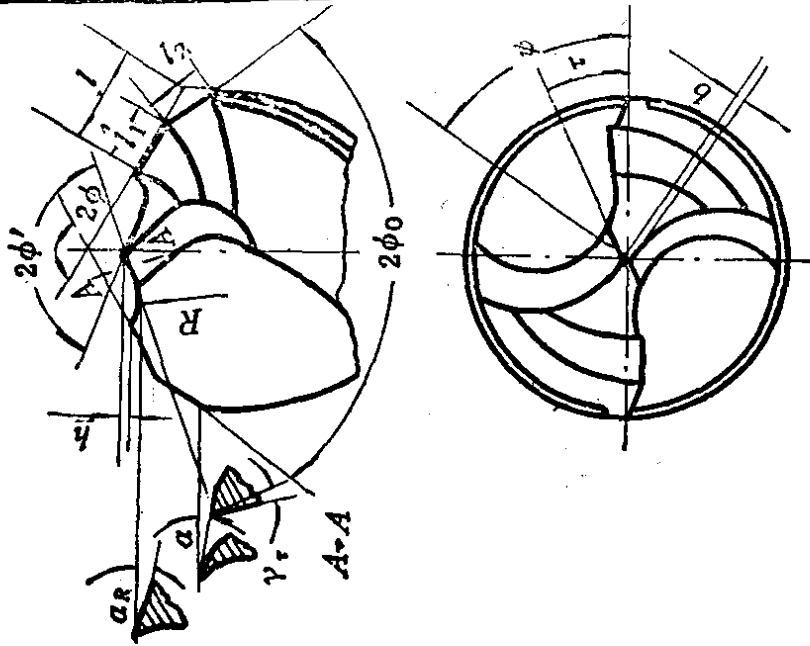


表 11-7 黄铜群钻切削部分的几何参数 (见474页下图)

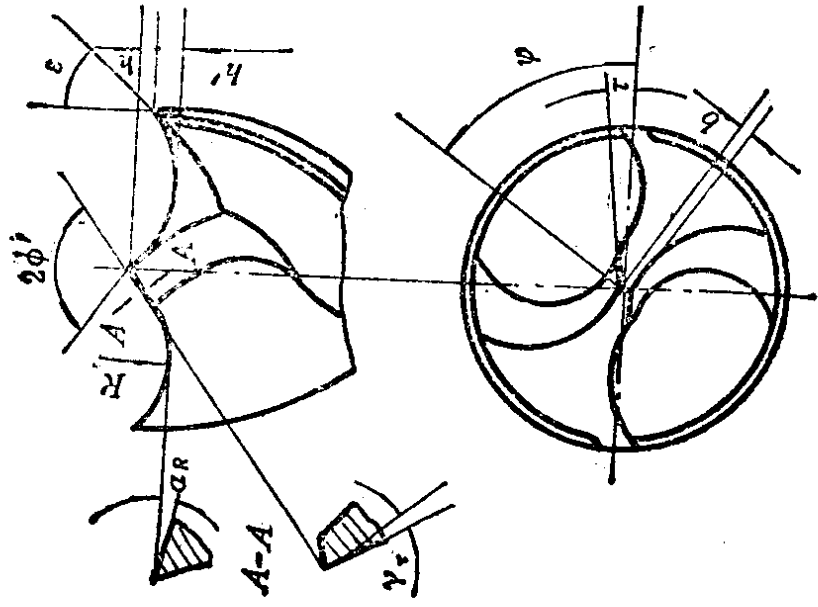
钻头直径 D	尖高 h	圆弧 半径 R	横刃长 b	外刃长 l	修磨 长度 f	外刃锋角		内刃 锋角 $2\phi'$	横刃 斜角 ψ	外刃 纵向 前角 γ_y	内刃 前角 γ_r	内刃 斜角 τ	外刃 后角 α	圆弧 后角 α_R	
						I	II								
(毫米)															
5~7	0.2	0.75	0.15	1.3								20	15	18	
>7~10	0.3	1	0.2	1.9	1.5										
>10~15	0.4	1.5	0.3	2.6											
>15~20	0.55	2	0.4	3.8		125	110	135	65	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_y 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 11-8 薄板群钻切削部分几何参数

钻头直径 D	横刃长 b	横刃尖高 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
(毫米)								
5~7	0.15		用单					15
>7~10	0.20	0.5	圆弧					
>10~15	0.30		连接					
(度)								
>15~20	0.40		用双			40	-10	
>20~25	0.48	1		>($\delta+1$)	110			
>25~30	0.55		圆弧					12
>30~35	0.65	1.5	连接					
>35~40	0.75							

附注 (1) δ 是指料厚

(2) 参数值按直径范围的中值来定, 允许偏差为±



(5) 其他典型钻头

1) 综合钻头

〔加工范围〕

铸铁。

〔几何形状〕

① 横刃长度为0.5~1毫米。

② 双后角：1/3 的后面为 $\alpha = 8^\circ \sim 12^\circ$ ，其余为 45° 。

③ 双重锋角，近外圆处为 75° 。

④ 在4~5毫米长度的棱边上磨出副后角 $6^\circ \sim 8^\circ$ 。

⑤ 两主切削刃和过渡刀刃要修磨对称，棱边根据加工材料修磨。

〔钻削特点〕

① 切削用量见表11-9：

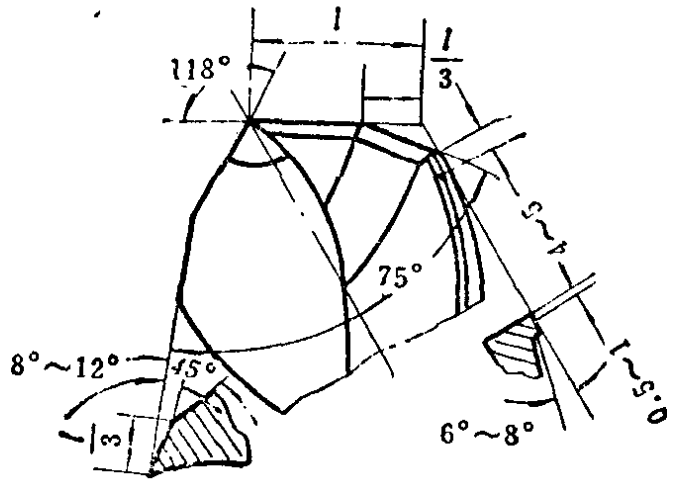


表 11-9

钻头直径 D (毫米)	走刀量 s (毫米/转)	行程长度 L (毫米)	转数 n (转/分)	切削速度 v (米/分)
20	1.2	50	500	32
32	1	120	335	34
40	0.8	135	255	33
50	0.56	140	180	29

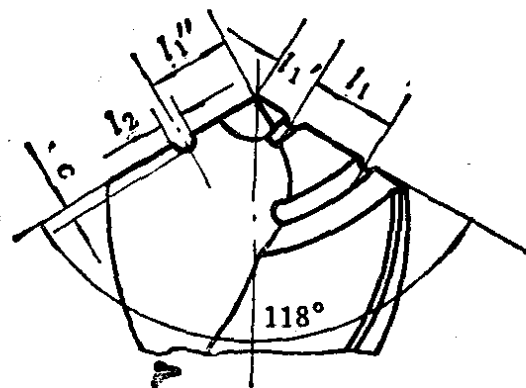
② 光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$ ，刀具寿命为4~5小时，效率可提高2~4倍

2) 分屑钻头

〔加工范围〕

碳素钢与合金结构钢。

〔几何形状〕



①分屑槽尺寸见下表:

表 11-10

钻头直径 (毫米)	总槽数	l_2 (毫米)	c (毫米)	l_1' (毫米)	l_1 (毫米)	l_1'' (毫米)
12~18	2	0.85~1.3	0.6~0.9	2.3	4.6	—
>18~35	3	1.3~2.1	0.9~1.5	3.6	7.2	7.2
>35~50	5	2.1~3	1.5~2	5	10	10*

* 有两条槽时, 则槽距应为10毫米, 具体尺寸可按钻头直径决定。

②横刃长度为0.75~1.5毫米, 应注意修磨对称。

[钻削特点]

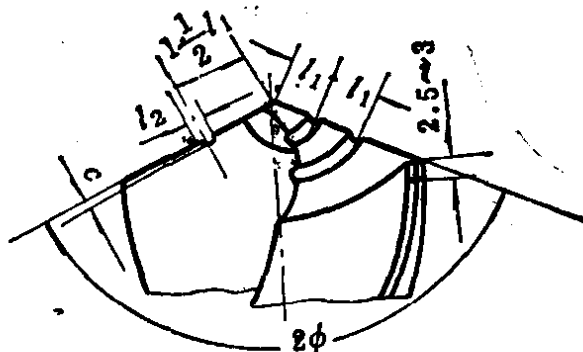
①切削用量见表11-11

表 11-11

直 径 D (毫米)	走 刀 量 s (毫米/转)	行程长度 L (毫米)	转 数 n (转/分)	切削速度 v (米/分)
16	0.4	50	1200	61
20	0.56	60	1000	64
35	0.56	80	500	56
57	0.56	100	255	46

②加工光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$ 。刀具耐用度为2~3小时。效率可提高2~3倍。

③修磨横刃和分屑槽后，可加大走刀量，但要小于分屑槽深度(c)。排屑良好，有利于冷却。



3) 不锈钢钻头

〔加工范围〕

不锈钢与耐热钢。

〔几何形状〕

①分屑槽尺寸： $l_2 = 1.5 \sim 1.75$ 毫米

$c = 0.5 \sim 0.6$ 毫米

$$l_1 = \frac{D}{6} \sim \frac{D}{7} \text{毫米}$$

②修磨横刃，使该处为正前角。横刃长见表11-12；

表 11-12

钻头直径 D (毫米)	6~25	>25~30	>30
横 刃 长 (毫米)	0.4~0.5	0.6~0.7	0.7~0.8

③锋角与后角见表11-13；

表 11-13

钻头直径 D (毫米)	锋 角 2ϕ (度)	后 角 α (度)
<15	135~140	12~15
>15~30	130~135	10~12
>30~40	125~130	8~10
>40	120~125	7~8

④修磨棱边，宽度为0.5~1毫米，后角为 30° 。

〔钻削特点〕

①切削用量见表11-14:

表 11-14

加工材料	1Cr18Ni9Ti		0Cr17Ni16Mo7	
钻孔直径D (毫米)	切削速度v (米/分)	走刀量s (毫米/转)	切削速度v (米/分)	走刀量s (毫米/转)
8~18	10~12	0.12~0.16	8~10	0.12~0.16
>18	8~10	0.12~0.2	7~8	0.12~0.2

②光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$, 效率提高1~2倍, 刀具寿命1~2小时。

③注意经常清除切削刃上的刀瘤, 钻头未退出孔以前, 不要停车。

4) 铝合金钻头

〔加工范围〕

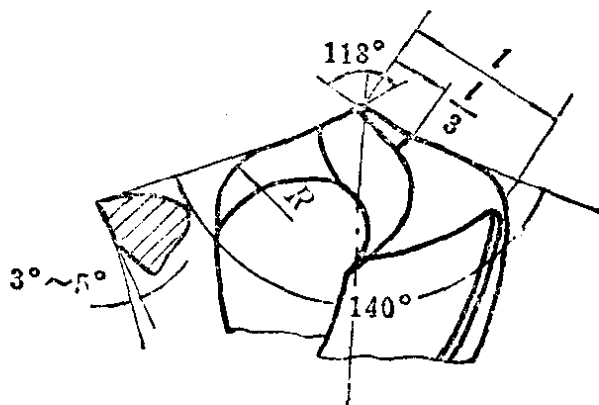
铝合金。

〔几何形状〕

①前角 $\gamma = 3^\circ \sim 5^\circ$ 。

②外刃圆角半径

$$R = \frac{D}{4}$$



③横刃与前面一起修磨成光滑圆弧连接。

〔钻削特点〕

①切削用量:

钻 $\phi 13 \sim 17$ 毫米孔时: $n = 2000 \sim 3000$ 转/分, $s = 0.4 \sim 0.6$ 毫米/转
(加冷却液)。

②光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$, 刀具寿命为1~2小时, 效率提高4倍。

③前面背光, 不易粘刀瘤, 切屑象弧叶般顺利排出。

5) 精钻孔钻头

〔加工范围〕

低碳钢、中碳钢和1Cr18Ni9Ti不锈钢扩钻精孔。

〔几何形状〕

- ①后角： $\alpha_0 \approx 15^\circ \sim 17^\circ$ ，最外缘处 $\approx 30^\circ$ 。
- ②锋角修磨时要尽量保证对称，其数值见表11-15。
- ③前角： $\gamma_0 = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。
- ④ $B \approx 0.2D$ 。

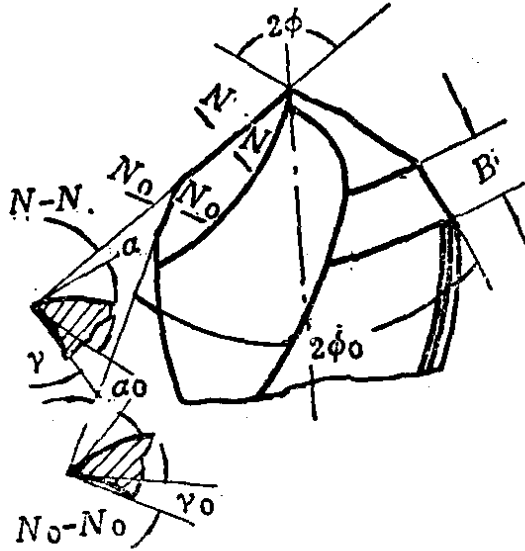


表 11-15

加工材料	2ϕ	$2\phi_0$
脆性材料	$100^\circ \sim 115^\circ$	$50^\circ \sim 60^\circ$
韧性材料	$100^\circ \sim 110^\circ$	$45^\circ \sim 50^\circ$

- ⑤棱边宽度为0.2~0.4毫米，副后角 $\alpha_1 = 6^\circ \sim 8^\circ$ 。

〔钻削特点〕

①精度可达2~4级，光洁度可达
 $\nabla 7 \sim \nabla 8$ 。

②切削用量： $v = 2 \sim 10$ 米/分，
 $s = 0.04 \sim 0.14$ 毫米/转， $t = 0.15 \sim 0.5$ 毫米（单边余量）。

③用高压泵送进清洁的乳化液加矿物油进行冷却。

4. 钻削

(1) 钻孔时的切削用量

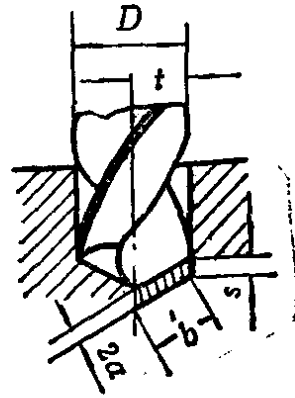


表 11-16 钻削用量的计算

名 称	计 算 公 式	应用举例
切削速度 v (米/分)	$v = \frac{\pi \times \text{钻头直径} \times \text{主轴每分钟转数}}{1000}$ $= \frac{\pi D n}{1000}$	[例]已知: $D=25$ 毫米, $n=375$ 转/分, 求 v ? 解: $v =$ $\frac{3.14 \times 25 \times 375}{1000}$ $=29.437$ (米/分)
走刀量 s (毫米/转)	$s = \frac{\text{钻头每转前进的距离}}{\text{主轴每分钟转数}}$ $= \frac{s_{分}}{n}$	[例]已知: $s=0.60$ 毫米/转 $n=375$ 转/分,求 $s_{分}$? 解: $s = \frac{s_{分}}{n}$ $s_{分} = ns = 375 \times 0.60$ $=225$ (毫米)
切削深度 t (毫米)	钻孔时: $t = \frac{\text{钻孔后直径}}{2}$ $= \frac{D_{孔}}{2}$ 扩孔时: $t = \frac{\text{扩孔后直径} - \text{扩孔前直径}}{2}$ $= \frac{D_{孔} - d_{孔}}{2}$	[例1]已知: 钻孔后 $D_{孔}$ $=25$ 毫米, 求 t ? 解: $t = \frac{25}{2}$ $=12.5$ (毫米) [例2]已知: 扩孔后 $D_{孔}$ $=60$ 毫米, $d_{孔}=45$ 毫米, 求 t ? 解: $t = \frac{60 - 45}{2}$ $=7.5$ (毫米)
钻削效率 V (每分钟钻下工件材料的体积) (毫米 ³ /分)	$V = \frac{1}{4} \pi \times \text{钻头直径}^2 \times \text{走刀量} \times \text{主轴每分钟转数}$ $= \frac{1}{4} \pi D^2 s n = 250 v D s$	[例]: 已知: $D=30$ 毫米, $s=0.6$ 毫米/转, $v=21$ 米/分, 求 V ? 解: $V = 250 \times 21 \times 30$ $\times 0.6$ $=94500$ (毫米 ³ /分)

表 11-17 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 (毫米)								
				8	10	12	16	20	25	30	35	40~60
碳 钢 (10, 15, 20, 35, 40, 45, 50等)	合 金 钢 40Cr, 38CrSi, 60Mn, 35CrMo, 18CrMnTi等 其 他 钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.24 24 950	0.32 24 760	0.40 24 640	0.50 25 500	0.60 25 400	0.67 25 320	0.75 26 275	0.81 26 235	0.9 26 —
正 火 <HB207 或 $\sigma_b < 60$ (公斤/毫米 ²)	<HB143 或 $\sigma_b < 50$ (公斤/毫米 ²)	3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.2 19 750	0.26 19 600	0.32 19 500	0.38 20 390	0.48 20 300	0.55 20 240	0.60 21 220	0.67 21 190	0.75 21 —
HB170~229 或 $\sigma_b = 60 \sim 80$ (公斤/毫米 ²)	HB143~207 或 $\sigma_b = 50 \sim 70$ (公斤/毫米 ²)	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.2 20 800	0.28 20 640	0.35 20 530	0.4 21 420	0.5 21 335	0.56 21 270	0.62 22 230	0.69 22 200	0.75 22 —
$\sigma_b = 60 \sim 80$ (公斤/毫米 ²)	碳素 工 具 钢、 铸 钢	3~8	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.17 16 640	0.22 16 510	0.28 16 420	0.32 17 335	0.4 17 270	0.45 17 220	0.5 18 190	0.56 18 165	0.62 18 —

(续)

加工材料		直径比 L/D	切削用量	直径 D (毫米)																
				8	10	12	16	20	25	30	35	40~60								
碳钢 (10, 15, 20, 35, 40, 45, 50等)	合金钢 40Cr, 38CrSi, 60Mn, 35CrMo, 18CrMnTi等	其他 钢																		
HB229~285 或 $\sigma_b = 80 \sim 100$ (公斤/毫米 ²)	HB207~255 或 $\sigma_b = 70 \sim 90$ (公斤/毫米 ²)	合金 工具 钢、切 削 易 不 锈 钢、 合金 铸 钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.17 16 640	0.22 16 510	0.28 16 420	0.32 17 335	0.40 17 270	0.45 17 220	0.50 18 190	0.56 18 165	0.62 18 105	0.62 18 —	0.62 18 —	0.62 18 —	0.62 18 —	0.62 18 —	0.62 18 —	0.62 18 —
$\sigma_b = 80 \sim 100$ (公斤/毫米 ²)	$\sigma_b = 70 \sim 90$ (公斤/毫米 ²)	合金 铸 钢	$3 \sim 8$	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.13 13 520	0.18 13 420	0.22 13 350	0.26 13.5 270	0.32 13.5 220	0.36 13.5 170	0.40 14 150	0.45 14 125	0.5 14 —	0.5 14 —	0.5 14 —	0.5 14 —	0.5 14 —	0.5 14 —	0.5 14 —	0.5 14 —
HB285~321 或 $\sigma_b = 100 \sim 120$ (公斤/毫米 ²)	HB255~302 或 $\sigma_b = 90 \sim 110$ (公斤/毫米 ²)	奥氏体 不 锈 钢	≤ 3	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.13 12 480	0.18 12 380	0.22 12 320	0.26 12.5 250	0.32 12.5 200	0.36 12.5 160	0.40 13 140	0.45 13 120	0.5 13 —	0.5 13 —	0.5 13 —	0.5 13 —	0.5 13 —	0.5 13 —	0.5 13 —	0.5 13 —
$\sigma_b = 100 \sim 120$ (公斤/毫米 ²)	$\sigma_b = 90 \sim 110$ (公斤/毫米 ²)	不 锈 钢	$3 \sim 8$	走刀量 s (毫米/转) 切削速度 v (米/分) 转速 n (转/分)	0.12 11 440	0.15 11 350	0.18 11 290	0.22 11.5 230	0.26 11.5 185	0.30 11.5 145	0.32 12 125	0.38 12 110	0.41 12 —	0.41 12 —	0.41 12 —	0.41 12 —	0.41 12 —	0.41 12 —	0.41 12 —	0.41 12 —
附注	(1) 钻头平均使用寿命90分钟 (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, 应当降低走刀量																			

表 11-18 铸铁钻孔时的切削用量

加工材料	直径比 L/D	切削用量	直径 D (毫米)																		
			8	10	12	16	20	25	30	35	40 ~60										
灰铸铁																					
可锻铸铁 (HT10-26)	≤ 3	走刀量 s (毫米/转)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.75	0.81	0.9	1	1.1										
		切削速度 v (米/分)	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22									
可锻铸铁 (\leq HB219)	3~8	走刀量 s (毫米/转)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9										
		切削速度 v (米/分)	16	16	16	17	17	17	17	18	18										
可锻铸铁 (HB179 ~270)	≤ 3	走刀量 s (毫米/转)	0.24	0.32	0.4	0.5	0.6	0.67	0.75	0.81	0.9										
		切削速度 v (米/分)	16	16	16	17	17	17	17	18	18										
以上) 锰铸铁	3~8	走刀量 s (毫米/转)	0.2	0.26	0.32	0.38	0.48	0.55	0.6	0.67	0.75										
		切削速度 v (米/分)	13	13	13	14	14	14	14	15	15										
注		走刀量 s (毫米/转)	520	420	350	270	220	170	150	125											
		切削速度 v (米/分)	520	420	350	270	220	170	150	125											
附注		(1) 钻头平均耐用度120分钟 (2) 应使用乳化液冷却 (3) 当钻末-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), 应当降低走刀量																			

(2) 攻丝前钻底孔用钻头的直径

1) 攻丝前钻底孔用钻头直径的计算公式

攻公制螺纹:

$$t < 1 \text{ 毫米: } d_s = d - t$$

$$t > 1 \text{ 毫米: } d_s = d - (1.04 \sim 1.06)t$$

式中 t —螺距(毫米); d_s —攻丝前钻头直径(毫米); d —螺纹公称直径(毫米)。

攻英制螺纹:

螺纹公称直径	铸铁与青铜	钢与黄铜
--------	-------	------

$$3/16'' \sim 5/8'' \quad d_s = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) \quad d_s = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) + 0.1$$

$$3/4'' \sim 1/2'' \quad d_s = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) \quad d_s = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) + 0.2$$

式中 d_s —攻丝前钻头直径(毫米); d —螺纹公称直径(英寸); n —每英寸牙数。

〔例〕有一英制螺纹, 公称直径 $1/4''$, 每英寸20牙, 求攻丝前钻底孔用钻头直径。

解:
$$d_s = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right)$$

$$= 25 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{20} \right) = 5$$

螺纹材料是铸铁与青铜时: $d_s = 5$ (毫米)螺纹材料是钢与黄铜时: $d_s = 5 + 0.1 = 5.1$ (毫米)

2) 攻丝前钻底孔用钻头直径的尺寸

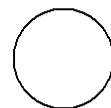


表 11-19 公制螺纹钻底孔用钻头直径的尺寸(毫米)

公直 称径 d	螺距 t	钻头直径 d_z	公直 称径 d	螺距 t	钻头直径 d_z
1	粗	0.25	12	粗	10.2
	细	0.2		10.5	
2	粗	0.4	14	粗	11.9
	细	0.25		12.3	
3	粗	0.5	16	粗	13.9*
	细	0.35		14.5	
4	粗	0.7	18	粗	15.4
	细	0.5		15.9	
5	粗	0.8	20	粗	17.4
	细	0.5		17.9	
6	粗	1	12	粗	10.2
	细	0.75		10.5	
7	粗	1.25	14	粗	11.9
	细	1		12.3	
8	粗	1.5	16	粗	13.9*
	细	1.25		14.5	
9	粗	1.75	18	粗	15.4
	细	1.5		15.9	
10	粗	2	20	粗	17.4
	细	1.75		17.9	
11	粗	2.5	12	粗	10.2
	细	2		10.5	
12	粗	3	14	粗	11.9
	细	2.5		12.3	
13	粗	3.5	16	粗	13.9*
	细	3		14.5	
14	粗	4	18	粗	15.4
	细	3.5		15.9	
15	粗	4.5	20	粗	17.4
	细	4		17.9	
16	粗	5	12	粗	10.2
	细	4.5		10.5	
17	粗	5.5	14	粗	11.9
	细	5		12.3	
18	粗	6	16	粗	13.9*
	细	5.5		14.5	
19	粗	6.5	18	粗	15.4
	细	6		15.9	
20	粗	7	20	粗	17.4
	细	6.5		17.9	
21	粗	7.5	12	粗	10.2
	细	7		10.5	
22	粗	8	14	粗	11.9
	细	7.5		12.3	
23	粗	8.5	16	粗	13.9*
	细	8		14.5	
24	粗	9	18	粗	15.4
	细	8.5		15.9	
25	粗	9.5	20	粗	17.4
	细	9		17.9	
26	粗	10	12	粗	10.2
	细	9.5		10.5	
27	粗	10.5	14	粗	11.9
	细	10		12.3	
28	粗	11	16	粗	13.9*
	细	10.5		14.5	
29	粗	11.5	18	粗	15.4
	细	11		15.9	
30	粗	12	20	粗	17.4
	细	11.5		17.9	

(续)

公直 称径 d	螺 距		钻头直径 d_s	公直 称径 d	螺 距		钻头直径 d_s
	粗	细			粗	细	
22	粗	2.5	19.4*	36	粗	4	31.8*
	细	2	19.9		3	32.9	
		1.5	20.5		2	33.9	
		1	21		1.5	34.5	
24	粗	3	20.9	39	粗	4	34.8*
	细	2	21.9		3	35.9	
		1.5	22.5		2	36.9	
		1	23	1.5	37.5		
27	粗	3	23.9*	42	粗	4.5	37.3
	细	2	24.9		4	37.8	
		1.5	25.5		3	38.9	
		1	26		2	39.9	
30	粗	3.5	26.3*	45	粗	4.5	40.3*
	细	3	26.9		4	40.8	
		2	27.9		3	41.9	
		1.5	28.5		2	42.9	
33	粗	3.5	29.3*	48	粗	5	42.7
	细	3	29.9		4	43.8	
		2	30.9		3	44.9	
		1.5	31.5		2	45.9	
36	粗	4	31.8*	52	粗	5	46.7*
	细	3	32.9		4	47.8	
		2	33.9		3	48.9	
		1.5	34.5		2	49.9	
39	粗	4	34.8*	57	粗	5	46.7*
	细	3	35.9		4	47.8	
		2	36.9		3	48.9	
		1.5	37.5		2	49.9	
42	粗	4.5	37.3	63	粗	5	46.7*
	细	4	37.8		4	47.8	
		3	38.9		3	48.9	
		2	39.9		2	49.9	
45	粗	4.5	40.3*	70	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
48	粗	4.5	40.3*	76	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
51	粗	4.5	40.3*	84	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
54	粗	4.5	40.3*	93	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
57	粗	4.5	40.3*	102	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
60	粗	4.5	40.3*	111	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
63	粗	4.5	40.3*	120	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
66	粗	4.5	40.3*	130	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
69	粗	4.5	40.3*	140	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
72	粗	4.5	40.3*	150	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
75	粗	4.5	40.3*	160	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
78	粗	4.5	40.3*	170	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
81	粗	4.5	40.3*	180	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
84	粗	4.5	40.3*	190	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
87	粗	4.5	40.3*	200	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
90	粗	4.5	40.3*	210	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
93	粗	4.5	40.3*	220	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
96	粗	4.5	40.3*	230	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
99	粗	4.5	40.3*	240	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
102	粗	4.5	40.3*	250	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
105	粗	4.5	40.3*	260	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
108	粗	4.5	40.3*	270	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
111	粗	4.5	40.3*	280	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
114	粗	4.5	40.3*	290	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
117	粗	4.5	40.3*	300	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	
120	粗	4.5	40.3*	310	粗	5	46.7*
	细	4	40.8		4	47.8	
		3	41.9		3	48.9	
		2	42.9		2	49.9	

* 为目前尚未列入麻花钻标准系列的规格, 建议根据加工条件, 选择代用钻头。

代用钻头的选择

(毫米)

螺纹公称 直径 d	推荐直径 d_z	代用直径 d_z'		螺纹公称 直径 d	推荐直径 d_z	代用直径 d_z'	
		1	2			1	2
16	13.9	13.8	14	36	31.8	—	32
22	19.4	19.3	19.5	59	34.3	—	35
27	23.9	—	24	45	40.3	—	40.5
30	26.3	—	26.4	52	46.7	—	47
33	29.3	29.2	—				

表 11-20 英制螺纹钻底孔用钻头直径的尺寸

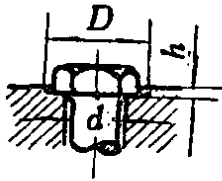
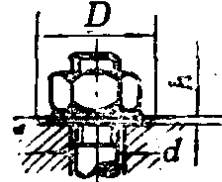
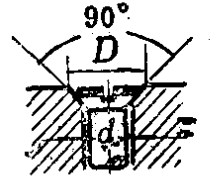
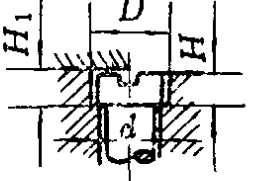
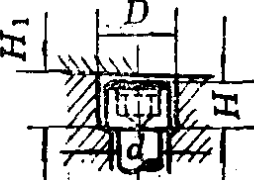
公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	钻头直径 (毫米)		公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	钻头直径 (毫米)	
		铸铁、 青铜	钢、 黄铜			铸铁、 青铜	钢、 黄铜
3/16	24	3.7	3.7	7/8	9	19.1	19.3
1/4	20	5.0	5.1	1	8	21.9	22
5/16	18	6.4	6.5	1 1/8	7	24.6	24.7
3/8	16	7.8	7.9	1 1/4	7	27.8	27.9
7/16	14	9.1	9.3	1 1/2	6	33.4	33.5
1/2	12	10.4	10.5	1 5/8	5	35.7	35.8
9/16	12	12	12.1	1 3/4	5	33.9	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 11-21 圆柱管螺纹钻底孔用钻头直径的尺寸

公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	钻头直径 (毫米)	公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	钻头直径 (毫米)
1/8	28	8.8	1	11	30.5
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	24.3	1 3/4	11	51
7/8	14	28.1	2	11	57

(3) 连接零件沉头座及通孔的尺寸

表 11-22

螺钉或螺栓直径 d		3	4	5	6	8		
钻 孔 直 径	精 装 配	3.2	4.3	5.3	6.4	8.4		
	中 等 装 配	3.4	4.5	5.5	6.6	9		
	粗 装 配	3.6	4.8	5.8	7	10		
用于小六角头螺栓		D	—	—	—	—	17	
用于带垫圈的六角螺母		D	9	12	14	16	20	
用于沉头螺钉		D	7	9	11	13	17	
用于圆柱头螺钉		D	6	8.5	10	12	15	
		H	公称尺寸	2	2.5	3	3.5	5
		允 差	+0.25			+0.30		
		H_1	公称尺寸	2.5	3	3.5	4.5	6
允 差	+0.25		+0.30					
用于圆柱头内六角螺钉		D	—	8.5	10	12	15	
		H	公称尺寸	—	4	5	6	8
		允 差	+0.30					
		H_1	公称尺寸	—	5	6	7	9
允 差	+0.30		+0.36					

注：1. h 刮平为止；2. 尺寸 D 及钻孔直径的允差按 D_8 级制造。

(毫米)

10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.6	22.6	25	28	31	37	43	50
11	13	15	17	19	21	23	25	30	33	39	45	52
12	15	17	19	21	24	26	28	32	35	42	48	56
20	24	26	30	32	36	40	42	48	54	65	74	84
25	29	32	36	40	42	46	50	55	60	73	85	96
21	25	29	32	37	41	—	—	—	—	—	—	—
18	22	25	28	32	35	—	—	—	—	—	—	—
6	7	8	9	10	11	—	—	—	—	—	—	—
		+0.36		+0.43		—						
7	8	9	10	11	12	—	—	—	—	—	—	—
		+0.36		+0.43		—						
18	22	25	28	32	35	38	42	46	48	58	68	—
10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	—
+0.36		+0.43		+0.52				+0.63			—	
11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	39	43	—
	+0.43			+0.52				+0.62			—	

(4) 钻孔用的冷却液

表 11-23 冷却液的选择

被加工材料	冷却液	被加工材料	冷却液
结构钢	乳浊液	铸钢及可锻铸铁	乳浊液
工具钢	乳浊液	铜	乳浊液、菜籽油
铸铁	不用冷却液	铝及铝合金	乳浊液
冷硬铸铁	煤油	硬橡胶胶木纤维板	
黄铜或青铜	不用冷却液	镁合金	4%食盐水

5. 钻孔时产生废品的原因和防止方法

表 11-24

废品形式	产生原因	防止方法
钻孔呈多角形	1. 钻头后角太大 2. 两切削刃有长短，角度不对称	正确刃磨钻头
孔径大于规定尺寸	1. 钻头两主切削刃有长短有高低 2. 钻头摆动	1. 正确刃磨钻头 2. 消除钻头摆动
孔壁粗糙	1. 钻头不锋利 2. 后角太大 3. 进刀量太大 4. 冷却不足，冷却液润滑性差	1. 把钻头磨锋利 2. 减小后角 3. 减小进刀量 4. 选用润滑性好的冷却液
钻孔位置偏移或歪斜	1. 工件表面与钻头不垂直 2. 钻头横刃太长 3. 钻床主轴与工作台不垂直 4. 进刀过于急躁 5. 工件固定不紧	1. 正确安装工件 2. 磨短横刃 3. 检查钻床主轴的垂直度 4. 进刀不要太快 5. 工件要夹得牢固

6. 钻头损坏的原因和预防方法

表 11-25

损坏形式	损坏原因	预防方法
工作部分折断	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. 钻孔将贯通时, 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	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. 钻孔将贯通时减少进刀量 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	1. 切削速度过高 2. 钻头刃磨角度与工件硬度不适应	1. 减低切削速度 2. 根据工件硬度选择钻头刃磨角度

二、扩孔和铰窝

1. 扩孔

使用麻花钻或专用的扩孔钻将原来钻过的孔或铸锻出来的孔进一步扩大, 叫做扩孔(图11-12)。

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, 也可以作为铰孔、磨孔前的预加工。一般扩孔精度可达4级, 光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$ 。

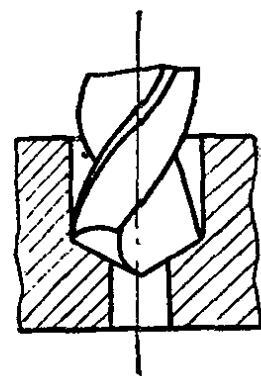


图 11-12 扩孔

(1) 扩孔钻：常用的扩孔钻有整体式（图11-13-I）和插柄式（图11-13-II）两种。插柄式扩孔钻多用于大直径的扩孔。

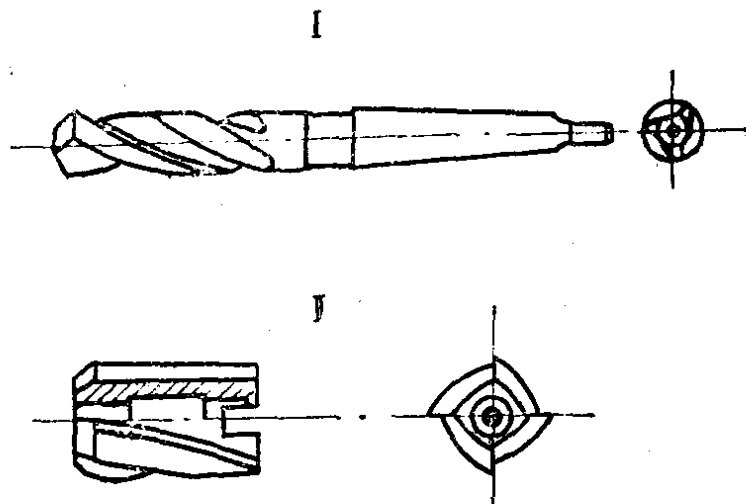


图 11-13 扩孔钻

扩孔钻的切削刃比钻头多，一般有3~4个，而钻头只有两个。由于切削刃和刃带多，故导向性好，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，刀具强度也好。因此，扩出的孔精度高和光洁度较高。

整体式扩孔钻的规格见表11-26。

表 11-26 扩孔钻的规格

公称直径（毫米）	10, 11, 12, 13, 14, 15	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	24, 25, 26, 27, 28, 30, 32
莫氏锥度号	1	2	3

注：每种直径扩孔钻按总长分长型和短型两种。

(2) 扩孔时的切削用量

1) 扩孔时切削用量的计算

①吃刀深度 t ：

用麻花钻扩孔时 $t = (0.15 \sim 0.25)D$ ；

用扩孔钻扩孔时 $t = 0.05D$ 。

②走刀量：扩钻时，约为钻孔走刀量的1.2~1.8倍；扩孔时，约为钻

孔走刀量的2.2~2.4倍。

③切削速度：扩孔时，约为钻孔切削速度的 $\frac{1}{2}$ 。

2)扩孔时的切削用量表(表 11-27)

2. 铰窝

铰窝就是对孔口部分进行加工，例如，铰孔口端面、倒角、铰圆柱头或圆锥头螺钉用的埋头孔等（图11-14）。

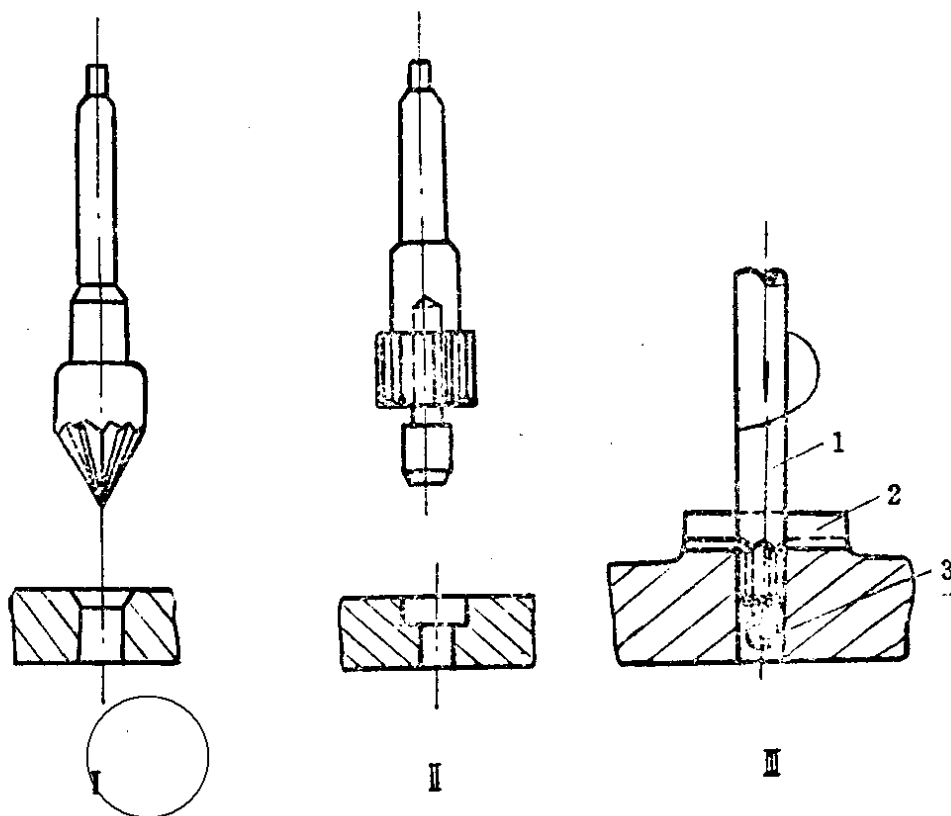


图 11-14 铰钻的应用

(1) 铰钻：铰钻是铰窝用的工具，按其切削部分的形状可分为三种：

1) 圆锥形埋头铰钻：它是用来进行孔口倒角和铰螺钉或铆钉的锥形埋头孔的（图11-14-I）。这种铰钻的锥角有 60° 、 90° 、 120° 几种，其刀齿数为6~12个。

2) 圆柱形埋头铰钻：这种铰钻用于铰螺钉圆柱形埋头孔(图11-14-II)。为了保持原孔与埋头孔同心，铰钻切削部分的前端导柱，应与原孔配合适当，并加以润滑。

表11-27

钢件扩孔	扩孔钻直径 (毫米)										
	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80
	扩孔钻每转走刀量 (毫米)										
$\sigma_b \leq 60$ 公斤/毫米 ²	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0	2.2	2.4	2.8
$\sigma_b = 60 \sim 90$ 公斤/毫米 ²	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.4	1.8	1.8	2.0	2.2	2.2
$\sigma_b \geq 95$ 公斤/毫米 ²	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.2	1.6	1.6	1.8	2.0	2.0
走刀量(毫米/转)	钢件扩孔时各种扩孔钻直径及走刀量的切削速度(米/分)										
0.3	43										
0.4	42	41									
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
2.2									11	11	10
2.4										10	9
2.6											9
2.8											9

3) 端面镗钻: 这种镗钻是用来镗孔口端面(如螺帽和铆钉的支承面)的。它由刀杆1、刀片2和螺钉3组成(图11-14-Ⅲ)。其特点是端面上有切削刃, 刀杆切削部分的前端有导柱插入原孔内, 以保持加工平面与原孔的垂直度。

(2) 镗窝时的切削用量: 镗窝时的切削速度约为钻孔时的 $1/2 \sim 1/3$ 。

铸铁扩孔	扩孔钻直径 (毫米)										
	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80
	扩孔钻每转走刀量 (毫米)										
$H_B \leq 170$	1.2	1.4	1.6	2.0	2.2	2.6	2.8	3.0	3.0	3.5	4.0
$H_B \geq 170$	0.8	1.0	1.2	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.4	2.6	3.0
走刀量 (毫米/转)	铸铁扩孔时各种扩孔钻直径及走刀量的切削速度 (米/分)										
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
2.2					20	20	17	17	17	16	16
2.4							19	16	16	16	15
2.6							19	16	16	16	15
2.8								15	16	15	15
3.0									15	15	15
3.5										14	13
4.0											13
4.5											12

镗铸铁时, $v=8\sim 12$ 米/分; 镗钢时, $v=8\sim 14$ 米/分; 镗有色金属时, $v=25$ 米/分。

镗窝时, 一般采用手动进刀。镗窝的深度可用游标卡尺的深度杆进行测量。

三、铰 孔

为了提高孔的精度和表面光洁度，用铰刀对孔进行精加工，叫做铰

圆柱形或圆锥形孔（如定位用的圆柱销或圆锥销孔等）都可以进行铰

铰孔的精度可达2~3级，表面光洁度可达 $\nabla 5 \sim \nabla 9$ 。

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，有可调整的和不可调整的；
- 5) 按刀具的材料分为碳素工具钢、合金钢、高速钢、硬质合金铰刀
- 6) 按铰刀的齿形分，有直齿和螺旋齿两种；
- 7) 按铰刀的刃口分为有刃和无刃两种。

(2) 铰刀各部分的名称与作用

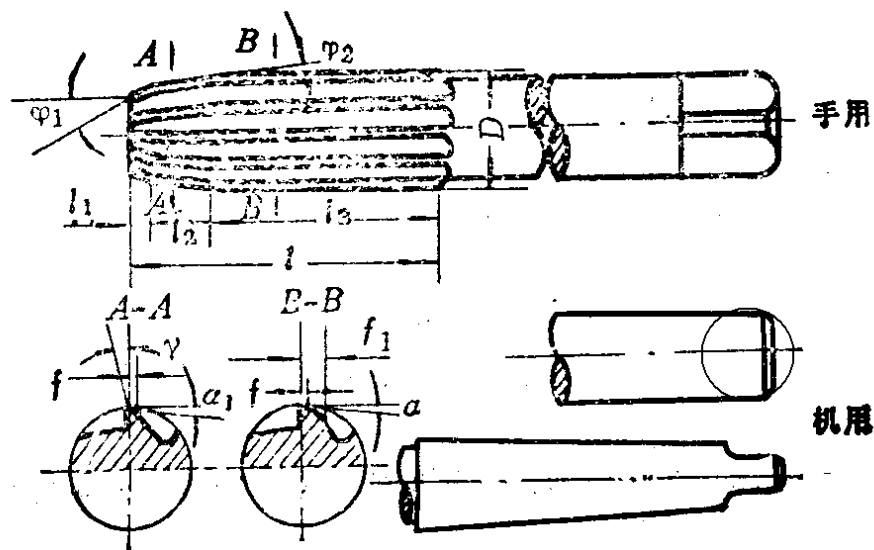


表 11-28

符号	名称	说明	参考尺寸
D	铰刀直径	根据工件孔径的大小来选择, 按加工精度等级要求分2、3、4级	1~50毫米
l	工作部分	是铰刀参加切削的整个部分, 它由导锥、切削、修光三个部分组成	8~40毫米
l_1	导锥部分	铰刀头部初始进入工件孔内的导向部分	
l_2	切削部分	铰削时参加切削的主要切削刃部分	
l_3	修光刃	起修光孔壁的作用。为减少铰刀刃口与孔壁之间的摩擦, 往往制成倒锥形。一般倒锥为0.005~0.006/100, 这倒锥数又称倒锥角 φ_3	
φ_1	导锥角	使铰刀容易引入工件孔内的锥角	一般为45°
φ_2	切削锥角	铰削时的切削锥角。锥角的大小, 直接影响轴向切削力的大小, 因此, 手用的较小, 机用的较大	一般手用的为1°~4°, 而机用的为10°~25°
f	棱边	主要起导向、挤压孔壁等作用	f 不能过大, 过大会使铰刀与孔壁的摩擦增加, 增加切削力; 太小又会使修光次数减少。所以一般取为0.1~0.5毫米
f_1	齿背宽度	为改善散热条件, 增加冷却润滑液容腔, 减少铰刀刃口与孔壁摩擦	2~5毫米
α	切削刃后角	减少铰刀与孔壁摩擦, 便于冷却润滑液冲入	后角太大会影响刀刃强度; 太小又会使冷却条件变差, 所以一般为6°~14°
α_1	修光刃后角	减少铰刀与孔壁摩擦, 便于冷却润滑液冲入	一般为4°~12°
γ	切削刃前角	决定刃口的锋利程度。前角大表示刃口锋利, 切削轻快; 但铰削工作中因切削层较薄, 反应不是很明显	一般取 $\gamma=0^\circ$, 但对铰韧性材料 $\gamma=5^\circ\sim10^\circ$

(续)

序号	名称	说 明	参考尺寸
z	铰刀齿数	由切削刃和一定容屑槽所组成。由于铰刀切削量很小，出屑槽容屑地位不需要很大，所以有可能增加齿数。但齿数增加后，需保证有足够容屑槽和刃口强度	一般为测量方便，取偶数4、6、8、10等。但也可采用奇数齿，而且为不等分的

(3) 铰刀的规格

表 11-29 手用铰刀(GB1131-73)

直 径 (毫米)	1, 1.2, 1.5, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.5, 4, 4.5, 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
-------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

注：每种直径铰刀按精度分D（1级）、D₄（2级）和D₅（3级）三种级别。

表 11-30 可调式手用铰刀

交 孔 直 径 范 围 (毫米)	6.25~7, 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
------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 11-31 机用铰刀(GB1132、1133-73)

直柄 铰刀	直 径 (毫米)	1, 1.2, 1.5, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20		
锥柄 铰刀	直 径 (毫米)	10, 11, 12, 13, 14, 15	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	24, 25, 26, 27, 28, 30, 32
	莫氏锥度号	1	2	3

注：每种直径铰刀按精度分D（1级）、D₄（2级）、D₅（3级）三种。

表 11-32 莫氏锥度铰刀(GB1139-73)

莫氏锥度号	锥 度	主 要 尺 寸		
		<i>D</i>	<i>l</i>	<i>L</i>
0	1:19.212=0.05205	9.045	64	95
1	1:20.047=0.04938	12.065	67	100
2	1:20.020=0.04995	17.731	80	125
3	1:19.922=0.05020	23.826	97	150
4	1:19.254=0.05194	31.269	120	180
5	1:19.002=0.05263	44.401	150	230
6	1:19.180=0.05214	63.350	205	310

注：铰刀通常成组供应，每组由两支组成。

表 11-33 工具厂出品的未经研磨的铰刀的直径公差（微米）及其适用范围

铰刀公称直径 (毫米)	1 号 铰 刀			2 号 铰 刀			3 号 铰 刀		
	上偏差 +(μ)	下偏差 +(μ)	公差 (μ)	上偏差 +(μ)	下偏差 +(μ)	公差 (μ)	上偏差 +(μ)	下偏差 +(μ)	公差 (μ)
3~6	17	9	8	30	22	8	38	26	12
大于 6~10	20	11	9	35	26	9	46	31	15
大于10~18	23	12	11	40	29	11	53	35	18
大于18~30	30	17	13	45	32	13	59	38	21
大于30~50	33	17	16	50	34	16	68	43	25
大于50~80	40	20	20	55	35	20	75	45	30
大于80~120	46	24	22	58	36	22	85	50	35
未经研磨适用于配合	D ₄			D ₅			D ₆		
经研磨后适用于配合	G _a 、G _b 、G _c 、G _d			D			D ₄		

(4) 铰刀的直径公差：工具厂所制造的高速钢通用标准铰刀一般均留有0.005~0.02毫米的研磨量，待使用者按需要研磨。出厂的铰刀分为一

号、二号、三号，不加研磨就可分别用来铰 D_4 、 D_5 、 D_6 的孔。

一、二、三号铰刀的直径公差及其适用范围见表11-33。

2. 铰削

(1) 铰孔前的预备加工

表11-34

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
3级	<15毫米的孔：钻孔后一次铰孔	一次或两次镗孔，然后铰孔
	>15毫米的孔：钻孔后用扩孔钻扩孔，然后铰孔，或钻孔后用车刀镗孔，然后铰孔	两次镗孔，然后铰孔
2级	钢料<12毫米，铸铁<15毫米的孔：钻孔后一次铰或两次铰孔；钢料>12毫米，铸铁>15毫米的孔：一次钻孔后，用车刀镗或扩孔钻扩孔，然后铰孔，或钻孔后两次铰孔	用车刀分粗镗与精镗后一次铰出，或用车刀一次镗孔后，两次铰成

(2) 铰孔余量：铰孔的前道工序（钻或扩）必须留有一定的加工余量，供铰孔时加工。余量太小，不能通过铰孔消除上道工序所留下的刀痕，达不到提高光洁度的目的；余量太大，将增加铰削次数，降低铰孔效率，加速铰刀的磨损。合理的铰孔余量见表11-35。

表 11-35 铰孔余量

(毫米)

孔的公称直径	<5	5~20	21~32	33~50	51~70
加工余量	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3	0.5	0.8

(3) 铰孔时切削用量的选择

1) 吃刀深度（铰孔余量）：用一把铰刀铰孔，一次铰成，孔径在20毫米以下时，铰孔余量为0.1~0.2毫米；用两把铰刀铰孔，分粗、精铰，孔径5~80毫米时，粗铰余量为0.25~0.5毫米，精铰余量为0.05~0.15毫米。

2) 走刀量：铰孔为钻孔走刀量的3.2~4.5倍。

3) 切削速度：手铰时为20~30转/分；机动精铰孔的最大切削速度见

表11-36。

表 11-36 机动铰孔时的最大切削速度(米/分)

加 工 材 料		最大切削速度	
		▽7	▽8
钢	抗拉强度 < 90 公斤/厘米 ²	12	6
	抗拉强度 > 90 公斤/厘米 ²	8	4
可 锻 铸 铁		12	6
灰 铸 铁、青 铜		15	8

(4) 铰孔时冷却润滑液的选择

表 11-37

工 件 材 料	适 用 的 润 滑 液
碳素钢、工具钢、合金钢、铸钢	机油、菜籽油
黄铜、铸铁、青铜	不加润滑液
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

(5) 铰孔的方法

1) 铰圆柱孔：首先按照孔径和孔的精度、光洁度要求，确定孔的加工方法和工序间的加工余量（参见表11-38），根据需要进行钻孔或扩孔，然后进行铰孔。

手铰时，两手用力要均匀，每分钟约20~30转。铰孔时不能倒转，否则会使切屑挤住，使刀刃崩裂或损坏，影响加工质量。在铰孔过程中，如铰刀旋转不动，则说明切屑卡住了刀刃，或者是遇到了硬点。这时应把铰刀小心地抽出，不能用力继续扭转，否则会使铰刀折断。铰孔时应不断加

表 11-38 基孔制 2 级和 3 级精度的孔钻、扩、铰工序间的加工余量

在 实 心 材 料 上 加 工 孔						
加工孔径 (毫米)	钻 孔	扩 孔		铰 孔		
				2 级		3 级
		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

润滑油，铰完后铰刀要顺转退出。

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，自动修正机床主轴中心与孔中心的偏位，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。对于尺寸和深度较大的孔，为了节省时间，铰孔前先钻出阶梯孔（如图11-15），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。

(6) 铰孔时废品产生的原因及预防方法

表 11-39 铰孔废品的种类、产生原因及预防方法

废品种类	废品产生原因	预防方法
1. 光洁度达不到要求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铰孔余量太大或太小 2. 铰刀切削刃不锋利或前倾面、后隙面光洁度不高 3. 不用润滑冷却液或采用不合适的润滑冷却液 4. 铰刀退出时反转 5. 切削速度太高，产生刀瘤 6. 刀槽内切屑粘积过多 7. 刀刃上粘有切屑或刀瘤 8. 刀刃上有崩裂、缺口 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 留必要的铰孔余量 2. 刃磨铰刀 3. 选择适当的润滑冷却液 4. 铰刀退出时应顺转 5. 降低切削速度，不使刀瘤产生 6. 清除切屑 7. 用油石轻轻将切屑或刀瘤磨去 8. 重新刃磨或更换新刀
2. 孔呈多角形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铰削余量太大，铰刀振动 2. 铰削前钻孔不圆 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减少铰削余量或将铰削余量分2~3次铰削 2. 铰前先用钻头扩孔
3. 孔径扩张	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铰刀与孔中心不重合 2. 铰孔时两手用力不匀 3. 铰铸铁时不加煤油 4. 铰锥孔时没及时用锥销检查，铰得太深了 5. 走刀量与加工余量过大 	<ol style="list-style-type: none"> 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. 减少走刀量与加工余量
4. 孔径缩小	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铰刀磨损，尺寸小了 2. 铰刀磨钝了 3. 铰铸铁时加了煤油 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调节铰刀尺寸或更换新铰刀 2. 用油石研磨铰刀前倾面、后隙面或刃磨铰刀 3. 不加煤油

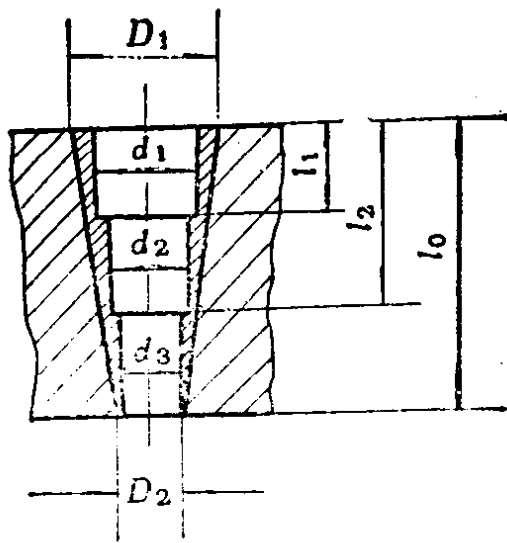


图 11-15 铰圆锥孔的方法



第十二章 螺 纹 加 工

一、螺 纹

1. 螺纹各部分的名称及代号

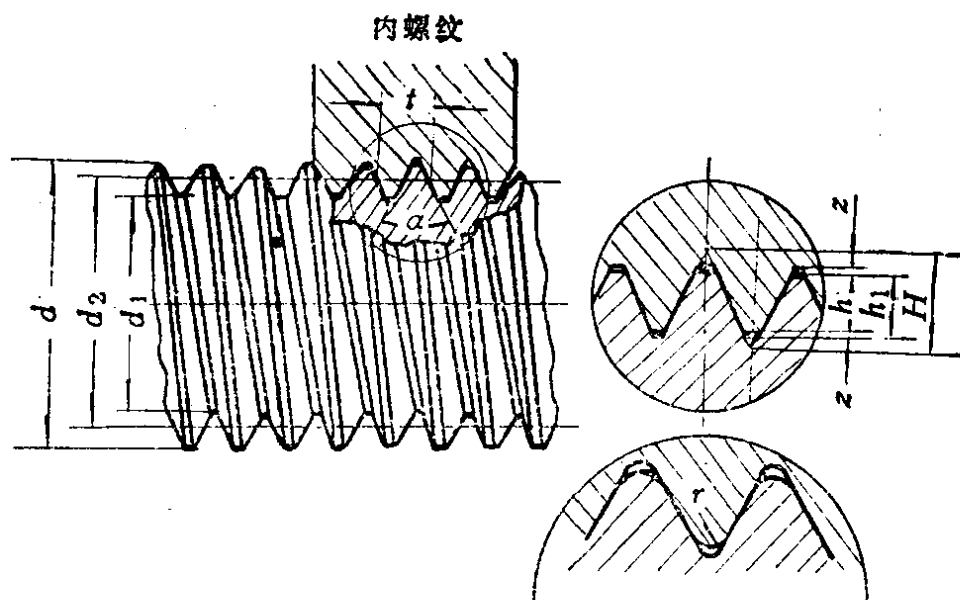


表 12-1

名 称	代 号	几 何 意 义
螺 距	t	相邻的两牙沿轴线方向的距离
理论高度	H	牙形三角形的高度, $H = \frac{t}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$
外 径	d	外螺纹的牙顶直径 (公称直径)
	d'	内螺纹的牙底直径
中 径	d_2	平分螺纹理论高度 H 的假想圆柱体的直径, 即螺纹的有效直径。在中径处, 螺纹的牙厚与槽宽相等。

名 称	代 号	几 何 意 义
内 径	d_1	外螺纹的牙底直径, $d_1 = d - 2h_1$
	d_1'	内螺纹的牙顶直径
工作高度	h	外螺纹与内螺纹实际啮合的高度
牙形角	α	螺纹在轴线方向剖面内的牙形角度
牙形高度	h_1	螺纹外径和内径差数的一半, $h_1 = \frac{d - d_1}{2}$
间 隙	z	牙形高度与工作高度之差, $z = h_1 - h$
圆角半径	r	螺纹牙顶与牙底做成圆角时的半径
导 程	s	螺旋线旋转一周后沿轴线移动的距离

2. 螺纹的种类及代号

表 12-2

螺纹种类	牙型符号	代号示例	说 明
I牙普通螺纹	M	M24-2*	粗牙普通螺纹, 直径24毫米, 精度2级右旋
II牙普通螺纹	M	M24×2-3	细牙普通螺纹, 直径24毫米, 螺距2毫米精度3级, 右旋
III型螺纹	T	T30×10/2~3左	梯型螺纹, 直径30毫米, 导程10毫米、双头、3级精度, 左旋
IV柱管螺纹	G	G3/4"	圆柱管螺纹, 管子公称直径3/4英寸右旋
V锥管螺纹	ZG	ZG1 1/4"	圆锥管螺纹, 管子公称直径1 1/4英寸右旋
VI锥管螺纹	K	K1/4"	布锥管螺纹, 管子公称直径1/4英寸右旋
VII齿型螺纹	S	S70×10-2左	锯齿型螺纹, 直径70毫米、螺距10毫米, 2级精度、单头, 左旋

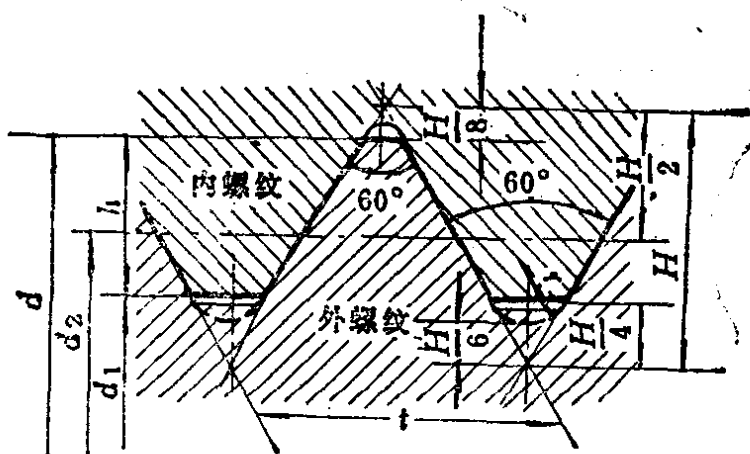
注：1.如果在图样中，两结合件装配在一起，并且具有不同等级的公差，则公差可用分数形式表示。分子表示内螺纹精度等级，分母表示外螺纹精度等级，例：M36×3~2/2a（2a表示细牙螺纹的2a级精度）。

2.3级精度在图样上允许不标注。

- 外螺纹外径 d 为外径最大尺寸即公称直径减去上偏差 ($d = d' - c'$)。
内螺纹内径 d_1' 为内径最小尺寸即公称直径加上下偏差 ($d_1' = d' + c'$)

3. 螺纹的基本尺寸

(1) 普通螺纹



1) 牙型与代号

标记示例：粗牙普通螺纹，直径24毫米，螺距3毫米，精度2级：M24-2

细牙普通螺纹，直径24毫米，螺距2毫米，精度2级：M24×2-2

2) 基本尺寸计算公式


表 12-3

名称	代号	计算公式
螺距	t	
中径	d_2	$d_2 = d - 2.6195t$
内径	d_1	$d_1 = d - 1.0825t$
理论高度	H	$H = 0.8660t$
工作高度	h	$h = 0.5413t$
圆角半径	r	$r = \frac{H}{6} = 0.1443t$

3) 直径与螺距表(GB193-63)

表 12-4

(毫米)

公称直径 d			螺 距 f		
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙	
1		1.1	0.25	0.2	
1.2					
	1.4				
1.6	1.8		0.35		
2			0.4		
	2.2		0.45		
2.5			0.45		
3			0.5		
	3.5		(0.6)		
4			0.7		
		4.5	(0.75)		
5			0.8		
		(5.5)			
6		7	1		0.75, (0.5)
8			1.25		1, 0.75, (0.5)
		9	(1.25)	1, 0.75, (0.5)	
10			1.5	1.25, 1, 0.75, (0.5)	
		11	(1.5)	1, 0.75, (0.5)	
12			1.75	1.5, 1.25, 1, (0.75), (0.5)	

(续)

公称直径 d			螺 距 t	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
	14		2	1.5, (1.25), 1, (0.75), (0.5)
		15		1.5, (1)
16			2	1.5, 1, (0.75), (0.5)
		17		1.5, (1)
	18		2.5	2, 1.5, 1, (0.75), (0.5)
20	22			
24			3	2, 1.5, 1, (0.75)
		25		2, 1.5, (1)
		(26)		1.5
	27		3	2, 1.5, 1, (0.75)
		(28)		2, 1.5, 1
30			3.5	(3), 2, 1.5, 1, (0.75)
		(32)		2, 1.5
	33		3.5	(3), 2, 1.5, (1), (0.75)
		35		(1.5)
36			4	3, 2, 1.5, (1)
		(38)		1.5
	39		4	3, 2, 1.5, (1)
		40		(3), (2), 1.5

(续)

公称直径 d			螺 距 f	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
42	45		4.5	(4), 3, 2, 1.5, (1)
48			5	
		50		(3), (2), 1.5
	52		5	(4), 3, 2, 1.5, (1)
		55		(4), (3); 2, 1.5
56			5.5	4, 3, 2, 1.5, (1)
		58		(4), (3), 2, 1.5
	60		(5.5)	4, 3, 2, 1.5, (1)
		62		(4), (3), 2, 1.5
64			6	4, 3, 2, 1.5, (1)
		65		(4), (2), 2, 1.5
	68		6	4, 3, 2, 1.5, (1)
		70		(6), (4), (3), 2, 1.5
72				6, 4, 3, 2, 1.5, (1)
		75		(4), (3), 2, 1.5
	76			6, 4, 3, 2, 1.5, (1)
		(78)		2
80				6, 4, 3, 2, 1.5, (1)
		(82)		2

(续)

公称直径 d			螺 距 t	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
	85			6, 4, 3, 2, (1.5)
90	95			
100	105			
110	115			
	120			
125	130	135		
140	150	145		
		155		
160		165		
	170	175		
180		185		6, 4, 3, (2)
200	190	195		

4) 基本尺寸表(GB196-63)

表 12-5 粗牙螺纹的基本尺寸

(毫米)

公称直径 d	螺 距 t	中 径 d_2	内 径 d_1	工作高度 h	圆角半径 r
1	0.25	0.833	0.729	0.135	0.036
1.1	0.25	0.933	0.829	0.135	0.036
1.2	0.25	1.038	0.929	0.135	0.036
1.4	0.3	1.205	1.075	0.162	0.043
1.6	0.35	1.373	1.221	0.189	0.051

(续)

公称直径 d	螺距 t	中径 d_2	内径 d_1	工作高度 h	圆角半径 r
1.8	0.35	1.573	1.421	0.189	0.051
2	0.4	1.740	1.567	0.217	0.058
2.2	0.45	1.908	1.713	0.244	0.065
2.5	0.45	2.203	2.013	0.211	0.055
3	0.5	2.675	2.459	0.271	0.072
3.5	0.6	3.110	2.850	0.325	0.087
4	0.7	3.545	3.242	0.379	0.101
4.5	0.75	4.013	3.683	0.406	0.108
5	0.8	4.480	4.134	0.433	0.115
6	1	5.350	4.913	0.541	0.144
7	1	6.350	5.913	0.541	0.144
8	1.25	7.188	6.647	0.677	0.180
9	1.25	8.188	7.647	0.677	0.180
10	1.5	9.026	8.376	0.812	0.216
11	1.5	10.026	9.376	0.812	0.216
12	1.75	10.863	10.106	0.947	0.253
14	2	12.701	11.835	1.083	0.289
16	2	14.701	13.835	1.083	0.289
18	2.5	16.376	15.294	1.353	0.361
20	2.5	18.376	17.294	1.353	0.361
22	2.5	20.376	19.294	1.353	0.361
24	3	22.052	20.752	1.624	0.433
27	3	25.052	23.752	1.624	0.433
30	3.5	27.727	26.211	1.895	0.505
33	3.5	30.727	29.211	1.895	0.505
36	4	33.402	31.670	2.165	0.577
39	4	36.402	34.670	2.165	0.577
42	4.5	39.077	37.129	2.436	0.649
45	4.5	42.077	40.129	2.436	0.649

(续)

公称直径 d	螺距 t	中径 d_2	内径 d_1	工作高度 h	圆角半径 r
48	5	44.752	42.588	2.706	0.722
52	5	48.752	46.588	2.706	0.722
56	5.5	52.428	50.046	2.977	0.794
60	5.5	56.428	54.046	2.977	0.794
64	6	60.103	57.505	3.248	0.866
68	6	64.103	61.505	3.248	0.866

表 12-6 细牙螺纹的基本尺寸

(毫米)

螺距 t	中径 d_2	内径 d_1	工作高度 h	圆角半径 r
0.2	$d-1+0.870$	$d-1+0.784$	0.108	0.029
0.25	$d-1+0.838$	$d-1+0.729$	0.135	0.036
0.35	$d-1+0.773$	$d-1+0.621$	0.139	0.051
0.5	$d-1+0.675$	$d-1+0.459$	0.271	0.072
0.75	$d-1+0.513$	$d-1+0.188$	0.406	0.108
1	$d-1+0.350$	$d-2+0.918$	0.541	0.144
1.25	$d-1+0.188$	$d-2+0.647$	0.677	0.180
1.5	$d-1+0.026$	$d-2+0.376$	0.812	0.216
2	$d-2+0.701$	$d-3+0.835$	1.033	0.289
3	$d-2+0.052$	$d-4+0.752$	1.624	0.433
4	$d-3+0.402$	$d-5+0.670$	2.165	0.577
6	$d-4+0.103$	$d-7+0.505$	3.248	0.866

〔例〕 M38×1.5 中径 $d_2=d-1+0.026$
 $=38-1+0.026$

$$=37.026$$

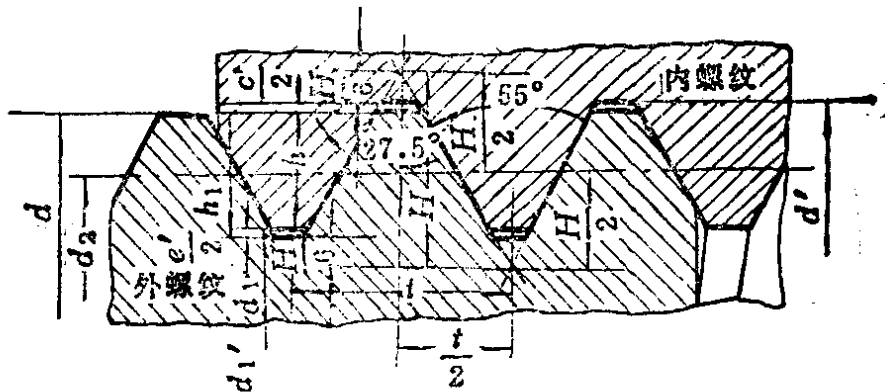
$$\text{内径 } d_1 = d - 2 + 0.376$$

$$=38 - 2 + 0.376$$

$$=36.376$$

(2) 英制螺纹

1) 牙型与代号



d' —内螺纹外径(公称直径) d —外螺纹外径 d_2 —中径
 d_1 —外螺纹内径 d_1' —内螺纹内径 H —理论高度 h —工
 作高度 h_1 —牙形高度 c' —内、外螺纹外径间隙 e' —内、
 外螺纹内径间隙 t —螺距

标记示例：公称直径 $3/16''$ 的英制螺纹： $3/16''$

2) 基本尺寸计算公式

表 12-7

名 称	代 号	计 算 公 式
螺距	t	
理论高度	H	$H = 0.96049t$
工作高度	h	$h = h_1 - \frac{e'}{2}$
牙形高度	h_1	$h_1 = 0.64033t - \frac{c'}{2}$
内、外螺纹外径间隙	c'	$c' = 0.075t + 0.05$
内、外螺纹内径间隙	e'	$e' = 0.148t$

3)基本尺寸表

表 12-8

(毫米)

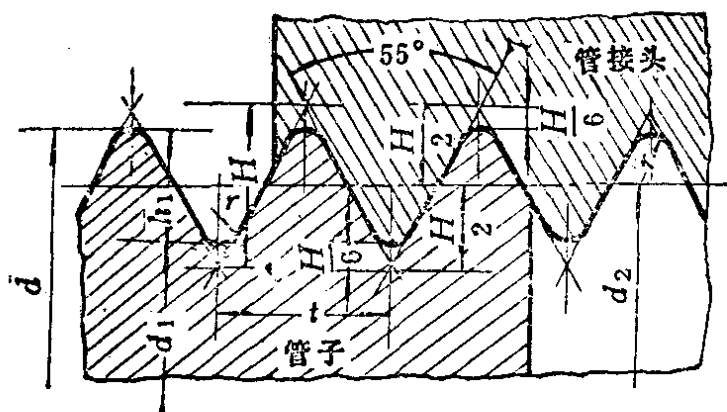
公称直径 d' (英寸)	每英寸 牙 数 n	螺 距 t	螺 纹 直 径			间 隙		牙形高度 h_1
			外 径 d	中 径 d_2	内 径 d_1	c'	e'	
3/16	24	1.053	4.63	4.085	3.408	0.132	0.152	0.611
1/4	20	1.270	6.20	5.537	4.724	0.150	0.186	0.739
5/16	18	1.411	7.78	7.034	6.131	0.158	0.209	0.824
3/8	16	1.588	9.36	8.509	7.492	0.165	0.238	0.934
(7/16)	14	1.814	10.93	9.951	8.789	0.182	0.271	1.071
1/2	12	2.117	12.50	11.345	9.989	0.200	0.311	1.255
(9/16)	12	2.117	14.03	12.932	11.577	0.208	0.313	1.251
5/8	11	2.309	15.65	14.397	12.918	0.225	0.342	1.366
3/4	10	2.540	18.81	17.424	15.798	0.240	0.372	1.506
7/8	9	2.822	21.96	20.418	18.611	0.265	0.419	1.674
1	8	3.175	25.11	23.367	21.334	0.290	0.466	1.888
1 ¹ / ₈	7	3.629	28.25	26.252	23.929	0.325	0.531	2.160
1 ¹ / ₄	7	3.629	31.42	29.427	27.104	0.330	0.536	2.158
(1 ³ / ₈)	6	4.233	34.56	32.215	29.504	0.365	0.626	2.523
1 ¹ / ₂	6	4.233	37.73	35.390	32.679	0.370	0.631	2.526
(1 ⁵ / ₈)	5	5.080	40.88	38.022	34.770	0.425	0.750	3.040
1 ³ / ₄	5	5.080	44.02	41.198	37.945	0.430	0.755	3.033
(1 ⁷ / ₈)	4 ¹ / ₂	5.644	47.15	44.011	40.397	0.475	0.833	3.376
2	4 ¹ / ₂	5.644	50.32	47.186	43.572	0.480	0.838	3.374
2 ¹ / ₄	4	6.350	53.62	53.084	49.019	0.530	0.941	3.801
2 ¹ / ₂	4	6.350	62.97	59.434	55.369	0.530	0.941	3.801
2 ³ / ₄	3 ¹ / ₂	7.257	69.26	65.204	60.557	0.590	1.073	4.352
3	3 ¹ / ₂	7.257	75.61	71.554	66.907	0.590	1.073	4.352
3 ¹ / ₄	3 ¹ / ₄	7.815	81.91	77.546	72.542	0.640	1.158	4.684
3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄	7.815	88.26	83.896	78.892	0.640	1.158	4.684
3 ³ / ₄	3	8.467	94.55	89.829	84.409	0.700	1.251	5.071
4	3	8.467	100.9	96.176	90.759	0.700	1.251	5.071

注：括号内的尺寸尽可能不采用。

(3) 管螺纹

1) 圆柱管螺纹

① 牙型与代号



d —外径 d_2 —中径 d_1 —内径 H —理论高度

h_1 —牙形高度 r —圆弧半径 t —螺距

标记示例：公称直径 $3/4''$ ，2级精度，左旋圆柱管螺纹：G $3/4''$ -2左
(右旋不标“右”字)

② 基本尺寸计算公式

表 12-9

名 称	代 号	计 算 公 式
理论高度	H	$H = 0.96049t$
牙形高度	h_1	$h_1 = 0.64033t$
圆弧半径	r	$r = 0.13733t$
每英寸牙数	n	
螺距	t	$t = \frac{25.4}{n}$ 毫米
外径	d	
内径	d_1	$d_1 = d - 2h_1$

③ 基本尺寸表

表 12-10

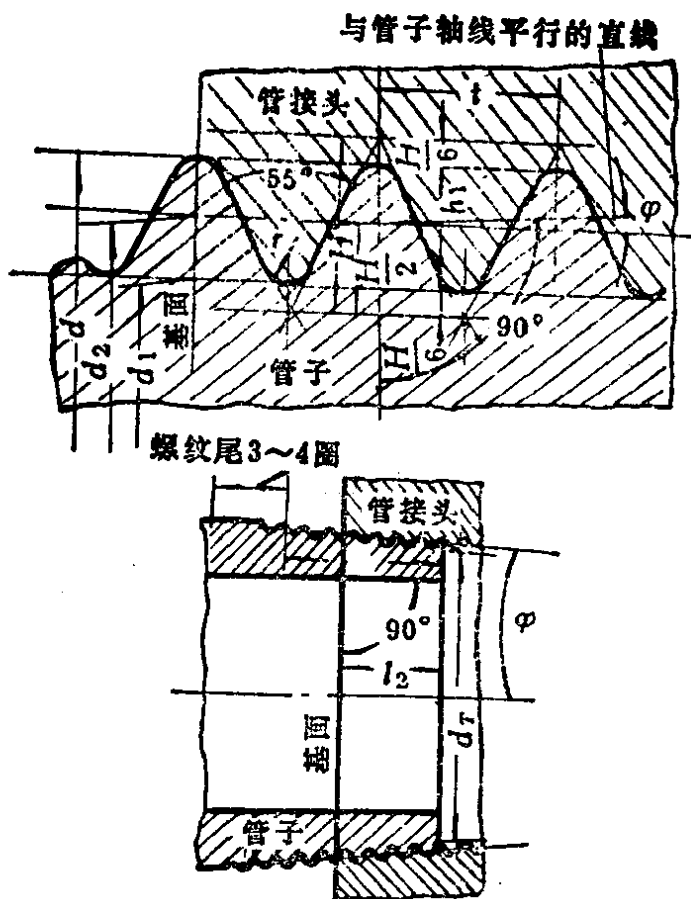
(毫米)

公称直径 (英寸)	每英寸 牙数 n	螺距 t	螺 纹 直 径			牙 形 高 度 h_1	圆 弧 半 径 r
			外 径 d	中 径 d_2	内 径 d_1		
(1/8)	28	0.907	9.729	9.148	8.567	0.581	0.125
1/4	19	1.337	13.158	12.302	11.446	0.856	0.184
3/8	19	1.337	16.663	15.807	14.951	0.856	0.184
1/2	14	1.814	20.956	19.794	18.632	1.162	0.249
(5/8)	14	1.814	22.912	21.750	20.588	1.162	0.249
3/4	14	1.814	26.442	25.281	24.119	1.162	0.249
(7/8)	14	1.814	30.202	29.040	27.878	1.162	0.249
1	11	2.309	33.250	31.771	30.293	1.479	0.317
(1 1/8)	11	2.309	37.898	36.420	34.941	1.479	0.317
1 1/4	11	2.309	41.912	40.433	38.954	1.479	0.317
(1 3/8)	11	2.309	44.325	42.846	41.367	1.479	0.317
1 1/2	11	2.309	47.805	46.326	44.847	1.479	0.317
(1 3/4)	11	2.309	53.748	52.270	50.791	1.479	0.317
2	11	2.309	59.616	58.137	56.659	1.479	0.317
(2 1/4)	11	2.309	65.712	64.234	62.755	1.479	0.317
2 1/2	11	2.309	75.187	73.708	72.230	1.479	0.317
(2 3/4)	11	2.309	81.537	80.058	78.580	1.479	0.317
3	11	2.309	87.837	86.409	84.930	1.479	0.317
(3 1/2)	11	2.309	100.334	98.855	97.376	1.479	0.317
4	11	2.309	113.034	111.556	110.077	1.479	0.317
5	11	2.309	138.435	136.957	135.478	1.479	0.317
6	11	2.309	163.836	162.357	160.879	1.479	0.317

注：带括号的尺寸尽可能不采用。

2) 牙形角55°圆锥管螺纹

① 牙型与代号




d —外径； d_2 —中径； d_1 —内径； d_r —管端螺纹内径
 H —理论高度； h_1 —牙形高度； l_1 —有效长度； l_2 —管
 端至基面长度； r —牙顶圆弧半径； t —螺距； ϕ —斜角

标记示例：公称直径2"，左旋圆锥管螺纹：ZG2"左（右旋不标“右”字）

② 基本尺寸计算公式

表 12-11

名 称	代 号	计 算 公 式
外径	d	
螺距	t	
管端至基面长度	l_2	
内径	d_1	$d_1 = d - 2h_1$
管端螺纹内径	d_r	$d_r = d_1 - \frac{l_2}{16}$
理论高度 	H	$H = 0.96049t$
牙形高度	h_1	$h_1 = 0.64033t$
牙顶圆弧半径	r	$r = 0.13733t$
斜角	φ	$\varphi = 1^\circ 47' 24''$
锥度	$2\text{tg}\varphi$	$2\text{tg}\varphi = 1:16$

③基本尺寸表

表 12-12

(毫米)

公直 (英寸)	称径 (英寸)	每英寸牙 数 n	螺距 t	螺 纹 长 度		基面上的螺 纹 直 径			管 纹 内 径 d_T	牙 形 高 度 h_1	牙 顶 半 径 r
				有效长 度 l_1	管端至基 面长度 l_2	外 径 d	中 径 d_2	内 径 d_1			
1/8	28	0.907	9	4.5	9.729	9.148	8.567	8.270	0.581	0.125	
1/4	19	1.337	11	6	13.158	12.302	11.446	11.071	0.856	0.184	
3/8	14	1.814	12	7.5	16.663	15.807	14.951	14.576			
1/2	11	2.309	15	9.5	20.956	19.794	18.632	18.163	1.162	0.249	
3/4	9	2.812	17	11	26.442	25.281	24.119	23.524			
1	7	3.309	19	13	33.250	31.771	30.293	29.606			
1 1/4	5	4.150	22	14	41.912	40.433	38.954	38.142			
1 1/2	4	4.750	23	16	47.805	46.326	44.847	43.972			
2	3	5.400	26	18.5	59.616	58.137	56.659	55.659			
2 1/2	2	6.350	30	20.5	75.187	73.708	72.230	71.074	1.479	0.317	
3	1 1/2	7.620	32	23.5	87.827	85.103	84.930	83.649			
4	1	9.525	33	25.5	113.034	111.556	110.077	108.483			
5	3/4	11.937	41	23.5	138.435	136.957	135.479	133.697			
6	3/8	14.950	45	31.5	163.836	162.357	160.879	158.910			

注：1. 本螺 纹 基 面 上 各 直 径 等 于 圆 柱 管 螺 纹 的 各 相 应 直 径。当 同 一 公 称 尺 寸 的 管 与 接 头 旋 合 而 无 过 盈 时，螺 纹 的 接 合 长 度 等 于 l_2 。

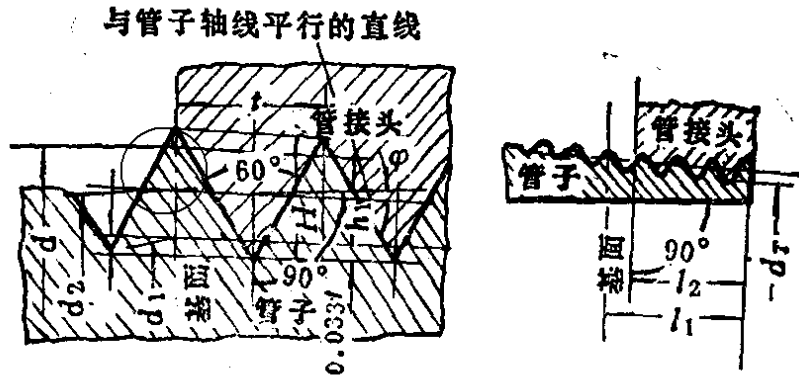
2. 不 论 实 际 上 l_1 和 l_2 实 际 之 差 不 得 小 于 本 表 中 所 列 的 l_1 和 l_2 之 差，以 保 证 基 面 与 螺 尾 之 间 有 一 定 数 量 的 完 整 牙 形。

3. d_T 的 尺 寸 供 参 考。

4. 用 圆 柱 形 管 螺 纹 的 接 头 来 连 接 圆 锥 形 管 螺 纹 的 管 子 时，前 者 应 做 成 圆 顶 牙 形，并 按 2 级 精 度 制 造。

3) 牙形60°圆锥管螺纹

① 牙型与代号



d —外径 d_2 —中径 d_1 —内径 d_T —管端螺纹内径
 t —螺距 H —理论高度 h_1 —牙形高度 φ —斜角
 l_2 —管端至基面长度 l_1 —有效长度

标记示例：公称直径 $3/4''$ ，左旋：ZG(60°) $3/4''$ 左（右旋不标“右”字）

② 基本尺寸计算公式

表 12-13

名 称	代 号	计 算 公 式
内径	d_1	
管端至基面长度	l_2	
螺距	t	
管端螺纹内径	d_T	$d_T = d_1 - \frac{l_2}{15}$
理论高度	H	$H = 0.866t$
牙形高度	h_1	$h_1 = 0.8t$
斜角	φ	$\varphi = 1^\circ 47' 24''$
锥度	$2\text{tg}\varphi$	$2\text{tg}\varphi = 1:16$

③ 基本尺寸表

(毫米)

表 12-14

公称直径 (英寸)	每英寸 牙数 n	螺距 t	螺纹长度		基面上的螺纹直径			管 纹 内 径 d_T	牙形高度 h_2
			有效长度 l_1	管端至 基面长度 l_2	外径 d	中径 d_2	内径 d_1		
1/16 1/8	27	0.941	6.5	4.061	7.895	7.142	6.389	6.135	0.753
			7	4.572	10.272	9.519	8.766	8.480	
1/4 3/8	18	1.411	9.5	5.080	13.572	12.443	11.314	10.997	1.129
			10.5	6.096	17.055	15.926	14.797	14.416	
1/2 3/4	14	1.814	13.5	8.128	21.223	19.772	18.321	17.813	1.451
			14	8.611	26.563	25.117	23.666	23.128	
1 1 1/4 1 1/2 2	1 1/2	2.209	17.5	10.160	33.223	31.461	29.694	29.059	1.767
			18	10.658	41.985	40.218	38.451	37.784	
			18.5	10.663	43.011	46.287	44.520	43.853	
			19	11.071	60.092	58.325	56.558	55.866	

注: 1. 本螺纹用于机器上燃料管、油管、水管、气管的连接。

2. 公称直径近似为管子孔径。

3. 在必要情况下, 可减短 l_2 的尺寸, 但 l_1 和 l_2 实际之差不得小于表中所列的 l_1 与 l_2 之差, 以保证基面与螺尾之间有一定数目的完整牙形。 d_T 的尺寸供参考。

4. 有效长度 l_1 同样地适用于外螺纹和内螺纹的长度。

二、攻 丝

用丝锥在孔壁上切削螺纹叫攻丝。

1. 攻丝工具

(1) 丝锥：丝锥是在孔内攻内螺纹的一种刀具，又叫螺丝攻。它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12-1）。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，攻丝时用来修光螺纹，并起导向作用。切削和导向部分有3~4条屑槽，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。

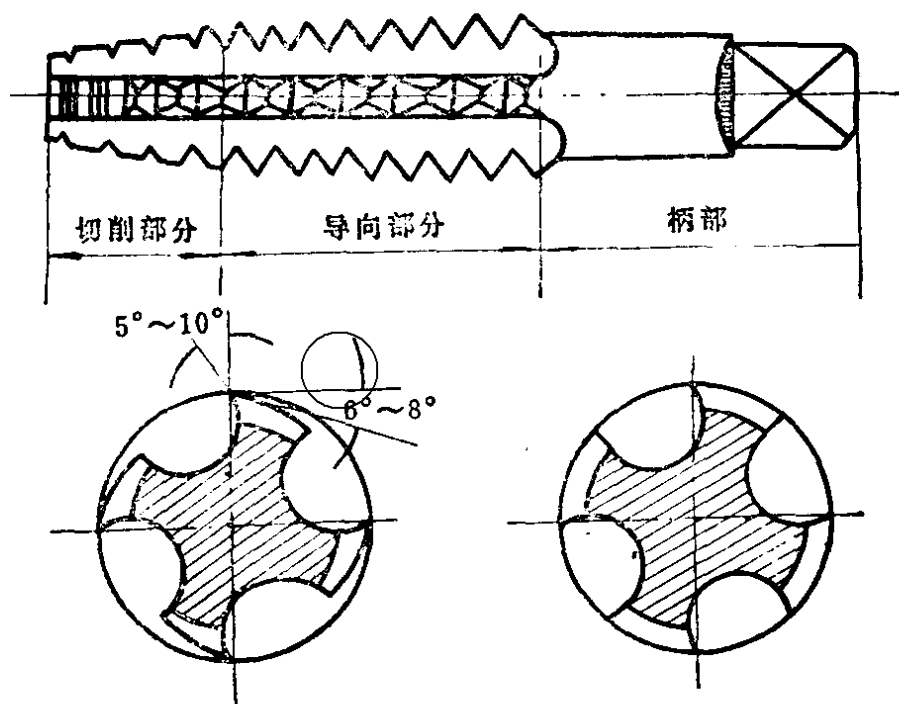


图 12-1 丝锥的构造

2) 丝锥的几何角度：丝锥在铣成屑槽和磨过之后便形成了各个角度：前角 γ 、后角 α 、楔角 β 、切屑角 δ （图12-2）。这些角度的大小根据工件的材料确定。对于硬材料， $\alpha=12^\circ\sim 15^\circ$ ，对于较软的材料， $\alpha=18^\circ\sim 20^\circ$ 。不同材料的前角 γ 见表12-15。

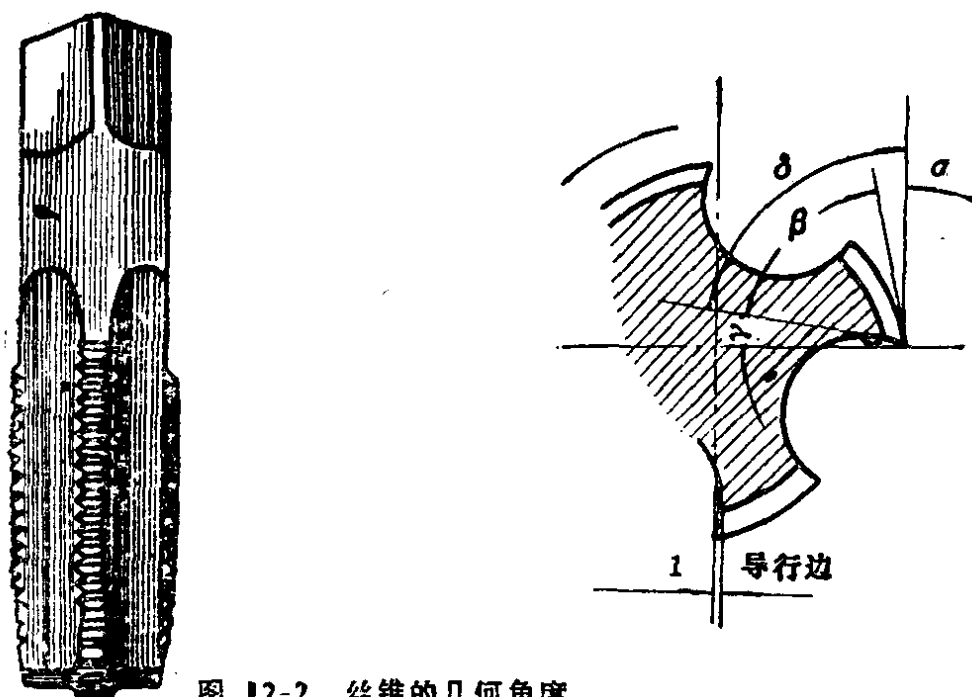


图 12-2 丝锥的几何角度

表 12-15 丝锥的前角

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：手用丝锥安装在扳手上用手进行攻丝。考虑到丝锥的切削能力，同时也为了减少攻丝时的阻力，常把一螺丝孔的攻丝工作，分成两次或三次进行，所以，手用丝锥一般是由两只或三只组成一套。

②机用丝锥：机用丝锥用于机械攻丝，通常是一个。为了装夹方便，丝锥的柄部较长，并且切削部分也比手用丝锥长。机用丝锥也可用于手工攻丝。

③管螺纹丝锥：管螺纹丝锥专门用来加工管接头上的螺纹。它又分为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，也有两组成一套的。

4) 丝锥的规格

①手用丝锥和机用丝锥的规格

表 12-16 粗牙普通螺纹丝锥 (毫米)

螺纹直径	螺 距	总 长		工作部分 长 度
		手 用	机 用	
1	0.25	28	28	7
1.2	0.25	28	28	8
1.4	0.3	28	28	8
1.6, 1.8	0.35	32	32	10
2	0.4	36	36	12
2.2, 2.5	0.45	36	36	12
3	0.5	40	40	14
(3.5)	0.6	40	40	14
4	0.7	45	45	16
5	0.8	50	50	18
6, (7)	1	50	55	20
8, (9)	1.25	60	65	25
10, (11)	1.5	60	70	25
12	1.75	70	80	30
14, 16	2	80	90	35
18, 20	2.5	90	100	40
22	2.5	95	110	40
24, 27	3	105	120	45
30, 33	3.5	—	130	50
36, 39	4	—	145	55
42, 45	4.5	—	160	60
48, 52	5	—	175	65

表 12-17 细牙普通螺纹丝锥

(毫米)

螺纹直径	螺距	总长		工作部分 长度
		手用	机用	
1	0.2	28	28	6
1.2, 1.4	0.2	28	28	7
1.6, 1.8	0.2	32	32	8
2, 2.2	0.25	36	36	9
2.5	0.35	36	36	10
3, 3.5	0.35	40	40	12
4, (4.5)	0.5	45	45	14
5	0.5	50	50	16
6, (7)	0.75	50	50	18
8, (9)	1, 0.75	55	60	20
10	1.25, 1, 0.75	60	65	22
(11)	1, 0.75	60	65	22
12, 11	1.5, 1.25, 1	65	70	25
16	1.5, 1	75	80	28
18, 20, 22	2, 1.5, 1	85	90	32
24, 27	2, 1.5, 1	90	95	32
30	2, 1.5, 1	—	105	36
33	2, 1.5	—	115	40
36	3, 2, 1.5	—	125	45
39, 42	3, 2, 1.5	—	130	45
45	3, 2, 1.5	—	140	50
48, 52	3, 2, 1.5	—	150	50

注：1. 直径带括号的丝锥尽可能不采用。

2. 螺距 ≤ 2.5 毫米的，用单锥或二支锥；螺距 > 2.5 毫米的，用三支锥。

②管螺纹丝锥

表 12-18 圆柱管螺纹(55°)丝锥

螺纹公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	丝锥螺纹外径 (毫米)	总长 (毫米)	工作部分长度 (毫米)
(1/8)	28	9.729	55	25
1/4	19	13.158	65	30
3/8	19	16.663	70	30
1/2	14	20.956	80	35
(5/8)	14	22.912	80	35
3/4	14	26.442	85	35
(7/8)	14	30.202	85	35
1	11	33.250	95	40
1 ¹ / ₈	11	37.898	95	40
1 ¹ / ₄	11	41.912	100	40
(1 ³ / ₈)	11	44.325	100	40
1 ¹ / ₂	11	47.805	105	40
(1 ³ / ₄)	11	53.748	115	45
2	11	59.616	120	45
(2 ¹ / ₄)	11	65.712	120	45
2 ¹ / ₂	11	75.187	130	50
(2 ³ / ₄)	11	81.537	130	50
3	11	87.887	140	50

注：直径带括号的丝锥尽可能不采用。

表 12-19 圆锥管螺纹(55°、60°)丝锥

螺纹公称直径 (英寸)	总长 (毫米)	55°圆锥管螺纹(毫米)				60°圆锥管螺纹(毫米)			
		基面处 外径	每英寸 牙数	工作分 度长度	基面处 到端部 距离	基面处 外径	每英寸 牙数	工作分 度长度	基面处 到端部 距离
1/16	50	—	—	—	—	7.895	27	18	10
1/8	55	9.729	28	18	12	10.272	27	18	11
1/4	65	13.158	19	24	16	13.572	18	24	15
3/8	75	16.663	19	26	18	17.055	18	26	16
1/2	85	20.956	14	32	22	21.223	14	30	21
3/4	90	26.442	14	36	24	26.568	14	32	21
1	110	33.250	11	42	28	33.228	11 ^{1/2}	40	26
1 ^{1/4}	120	41.912	11	45	30	41.985	11 ^{1/2}	42	27
1 ^{1/2}	140	47.805	11	48	32	48.054	11 ^{1/2}	42	27
2	140	59.616	11	50	34	60.092	11 ^{1/2}	45	28

(2) 丝锥扳手：丝锥扳手是用来夹持丝锥的工具，一般用比较好的钢材制作。常用的丝锥扳手有以下几种

1) 固定式丝锥扳手(图12-3)：它的两端是手柄，中间制有四方孔，可以插入丝锥的方榫。这种扳手制造方便，当经常攻一定大小的螺丝孔时它最合适。

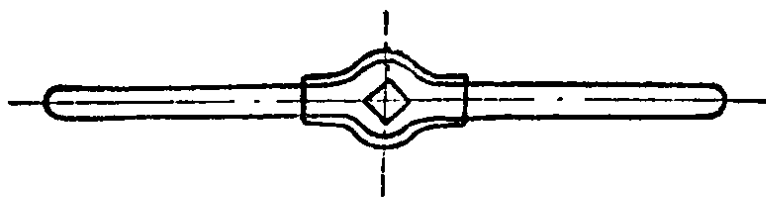


图 12-3 固定式丝锥扳手

2) 调节式丝锥扳手(图12-4)：它的方孔尺寸可以调节，因此，使用起来为方便。

图中方框3和手柄4是一整体。旋转手柄5可使钳牙2移动，而改变缺口的大小。调节式丝锥扳手的规格见表12-20。

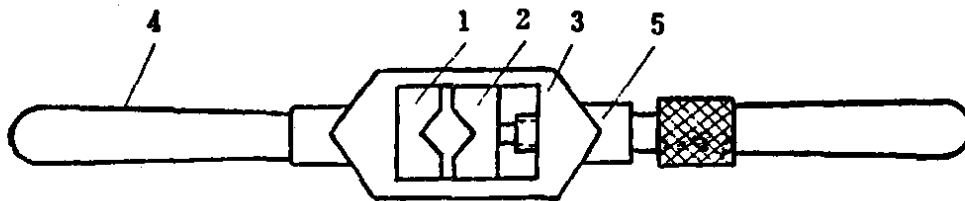


图 12-4 调节式丝锥扳手

1—有直角缺口的不动钳牙；2—有直角缺口的可动钳牙；
3—方框；4—手柄；5—可旋转的手柄

表 12-20 调节式丝锥扳手的规格

扳手长度 (毫米)		130	180	230	280	380
适用 丝锥 直径	公制 (毫米)	2~4	3~6	3~10	6~14	8~18
	英制 (英寸)	1/8	1/8~1/4	1/8~3/8	1/4~9/16	5/16~5/8

(续)

扳手长度 (毫米)		480	600	800	1000	1400
适用 丝锥 直径	公制 (毫米)	12~24	16~27	16~33	18~39	24~52
	英制 (英寸)	1/2~1	5/8~1 1/8	5/8~1 1/4	3/4~1 1/2	1~2

3)其他丝锥扳手有：T形丝锥扳手、手用丝锥安全夹头和机用丝锥夹

表 12-21 切螺纹常用的冷却润滑液

被加工材料	冷却润滑液
铸铁	煤油或不用润滑液
钢	肥皂水、乳化液、机油、豆油等
青铜或黄铜	菜籽油或豆油
紫铜或铝合金	煤油

头等。由于这些扳手用途不广，故不加介绍。

2. 冷却润滑液的选择

见表12-21

3. 攻丝时产生废品的原因及防止方法

表 12-22

废品形式	产生原因	防止方法
螺纹乱扣、 断裂、撕破	<ol style="list-style-type: none"> 1. 底孔直径太小，丝锥攻不进，使孔口乱扣 2. 头锥攻过后，攻二锥时放置不正，头、二锥中心不重合 3. 螺孔攻歪斜很多，而且丝锥强行“借”仍借不过来 4. 低碳钢及塑性好的材料，攻丝时没用冷却润滑液 5. 丝锥切削部分磨钝 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 认真检查底孔，选择合适的底孔钻头将孔扩大再攻 2. 先用手将二锥旋入螺孔内，使头、二锥中心重合 3. 保持丝锥与底孔中心一致，操作中两手用力均衡，偏斜太多不要强行借正 4. 应选用冷却润滑液 5. 将丝锥后角修磨锋利
螺孔偏斜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 丝锥与工件端平面不垂直 2. 铸件内有较大砂眼 3. 攻丝时两手用力不均衡，倾向于一侧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 起削时要使丝锥与工件端平面成垂直，要注意检查与校正 2. 攻丝前注意检查底孔，如砂眼太大不易攻丝 3. 要始终保持两手用力均衡，不要摆动
螺纹高度不	攻丝底孔直径太大	正确计算与选择攻丝底孔直径与钻头直径

4. 攻丝时丝锥折断的原因及防止方法

表 12-23

折 断 原 因	防 止 方 法
1. 攻丝底孔太小 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）攻丝时没用冷却润滑液，工件与丝锥咬住 6. 丝锥歪斜单面受力太大 7. 不通孔攻丝时，丝锥尖端与孔底相顶，仍旋转丝锥，使丝锥折断	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. 应选用冷却润滑液 6. 攻丝前要用角尺校正，使丝锥与工件孔保持同心度 7. 应事先做出标记，攻丝中注意观察丝锥旋进深度防止相顶，并要及时清除切屑

三、套 丝

用板牙在圆杆或管子上切削螺纹叫套丝（又叫套扣）。

1. 套丝工具

(1) 板牙：板牙是加工外螺纹的一种刀具，由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（图12-5）就象一个圆螺母，只是上边钻有几个排

屑孔并形成刀刃。圆板牙的外径和排屑孔数见表12-24。

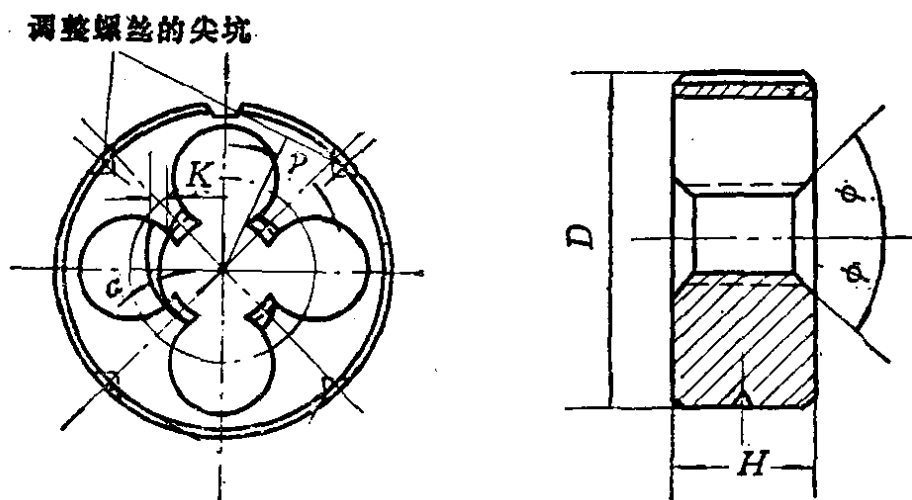


图 12-5 圆板牙

表 12-24 加工不同螺纹直径的板牙外径和排屑孔数

螺纹直径 d (毫米)	1~2.6	3~5	6~9	10~11	12~14	16	18~20
板牙外径 D (毫米)	16	20	25	30	38	45	45
排屑孔数 z	3	3	4	4	4	4	5
螺纹直径 d (毫米)	22~24	27	30~33	36	39~42	45~48	52
板牙外径 D (毫米)	55	65	65	65	75	90	90
排屑孔数 z	5	5	6	7	7	7	8

圆板牙的规格见表12-25。

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，如图12-6所示。

表 12-25

粗牙普通螺纹板牙 (毫米)				细牙普通螺纹板牙 (毫米)			
螺纹直径	螺距	外径	厚度	螺 纹 直 径	螺 距	外径	厚度
1, 1.2	0.25	12	3	1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8	0.2	12	3
1.4	0.3	12	3	2	0.25	12	3
1.6, 1.8	0.35	12	3	2.2	0.25	16	4
2	0.4	12	3	2.5, 3	0.35	16	4
2.2, 2.5	0.45	16	4	3.5	0.35	20	5
3	0.5	16	4	4, (4.5), 5, (5.5)	0.5	20	5
(3.5)	0.6	20	5	6	0.75	20	7
4	0.7	20	5	(7)	0.75	25	7
(4.5)	0.75	20	5	8, (9)	1, 0.75	25	7
5	0.8	20	7	10, (11)	1, 0.75	30	8
6	1	20	7	10	1.25	30	11
(7)	1	25	7	12, 14	1.25, 1	38	10
8, (9)	1.25	25	9	16	1	38	10
10, 11	1.5	30	11	12, 14, 16	1.5	38	14
12	1.75	38	14	18, 20, 22	1.5, 1	45	10
14, 16	2	38	14	18, 20, 22	2	45	14
18, 20, 22	2.5	45	18	24, 27	1.5, 1	55	12
24, 27	3	55	22	24, 27	2	55	16
30, 33	3.5	65	25	30	1.5, 1	65	14
36	4	65	25	33	1.5	65	14
39	4	75	30	30, 33	2	65	18
42	4.5	75	30	36	1.5	65	14
45	4.5	90	36	36	3.2	65	18
48, 52	5	90	36	39, 42	2, 1.5	75	16
				39, 42	3	75	20
				45, 48, 52	2, 1.5	90	18
				45, 48, 52	3	90	22

注：带括号的直径尽可能不采用。

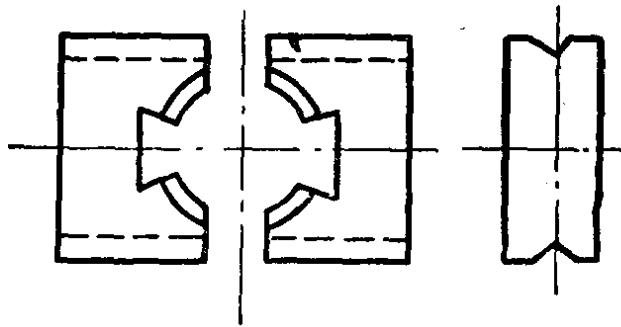


图 12-6 可调式板牙

3)管螺纹板牙：它专门用来套管子的外螺纹。它由四块板牙组成，镶嵌在可调整的板牙架内。管螺纹板牙分为圆柱管螺纹板牙和圆锥管螺纹板牙两种，其规格见表12-26和表12-27。

表 12-26 圆柱管螺纹(55°)板牙的规格

螺纹公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	板牙外 径 (毫米)	板牙厚 度 (毫米)	螺纹公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	板牙外 径 (毫米)	板牙厚 度 (毫米)
(1/8)	28	30	8	7/8	14	65	18
1/4	19	33	10	1	11	65	18
3/8	19	38	10	(1 ¹ / ₈)	11	75	20
1/2	14	45	14	1 ¹ / ₄	11	75	20
(5/8)	14	55	16	(1 ³ / ₈)	11	90	22
3/4	14	55	16	1 ¹ / ₂	11	90	22

注：括号内直径尽可能不采用

表 12-27 圆锥管螺纹(55°、60°)板牙的规格

螺 纹 公 直 径 (英寸)	每英寸		板牙尺寸(毫米)				螺 纹 公 直 径 (英寸)	每英寸		板牙尺寸(毫米)			
	牙 数		外 径	厚 度		牙 数		外 径	厚 度				
	55°	60°		55°	60°	55°			60°	55°	60°		
1/16	—	27	25	—	11	3/4	14	14	55	26	24		
1/8	28	27	30	13	12	1	11	11 ¹ / ₂	65	30	28		
1/4	19	18	38	18	13	1 ¹ / ₄	11	11 ¹ / ₂	75	32	30		
3/8	19	18	45	18	18	1 ¹ / ₂	11	11 ¹ / ₂	90	34	30		
1/2	14	14	45	24	24	2	11	11 ¹ / ₂	105	36	32		

(2)板牙架：板牙架是安装板牙的工具。它分为圆板牙架、可调式板牙架和管螺纹板牙架三种。

板牙架的规格见表12-28和表12-29。

表 12-28 圆板牙架的规格

型 式		A			B			C			
适用圆板牙	外径	16	20	25	30	38	45	55	65	75	
	厚度	5	5 7	7 9	8 11	10 14	10 14 18	12 16 22	14 18 25	16 20 30	
相应螺纹直径 (毫米)		2.2~3	3.5~6	7~9	10~11	12~16	18~22	24~27	30~36	39~41	
扳手总长(毫米)		135	200	250	300	380	480	580	680	780	

表 12-29 管螺纹板牙架的规格

型 式	型 号	铰制管螺纹公称 直径(英寸)	每 套 板 牙 规 格 (英寸)
轻便式	Q74-1	圆锥：1/4~1	1/4, 3/8, 1/2, 3/4, 1
	SH-76	圆锥：1/2~1 ¹ / ₂	1/2, 3/4, 1, 1 ¹ / ₄ , 1 ¹ / ₂
		圆锥：1/2~1 ¹ / ₂	1/2, 3/4, 1, 1 ¹ / ₄ , 1 ¹ / ₂
普通式	114	圆锥：1/2~2	1/2~3/4, 1~1 ¹ / ₄ , 1 ¹ / ₂ ~2
	117	圆锥：2 ¹ / ₄ ~4	2 ¹ / ₄ ~3, 3 ¹ / ₂ ~4

2. 套丝时圆杆的直径

套丝时，材料受到挤压而变形，切削阻力大，容易损坏板牙，影响螺纹质量。因此，套丝圆杆的直径要小于螺纹外径0.2~0.4毫米。

套丝圆杆的直径可参照表12-30来选择。

套丝圆杆的直径也可以用下面的经验公式计算得到：

圆杆直径≈螺纹的公称直径-0.13*t*（螺距）。

表 12-30 套丝时圆杆的直径

公制螺纹				英制螺纹			管子螺纹		
螺纹直径 (毫米)	螺距 (毫米)	丝杆直径 (毫米)		螺纹直径 (英寸)	丝杆直径 (毫米)		螺纹直径 (英寸)	丝杆直径 (毫米)	
		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径		最小直径	最大直径
M 6	1.00	5.80	5.80	1/4	5.9	6.0	1/8	9.4	9.5
M 8	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	51.60	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. 套丝时产生废品的原因及防止方法

表 12-31

废品形式	产生原因	防止方法
螺纹乱扣	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低碳钢及塑性好的材料套丝时, 没用冷却润滑液, 螺纹被撕坏 2. 套丝中没有反转割断切屑, 造成切屑堵塞, 啃坏螺纹 3. 套丝圆杆直径太大 4. 板牙与圆杆不垂直, 由于偏斜太多又强行借正, 造成乱扣 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按材料性质应用冷却润滑液 2. 按要求反转, 并及时清除切屑 3. 将圆杆加工成合乎尺寸要求 4. 要随时检查和校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. 起削要正, 每手用力要保持均衡, 使板牙与圆杆保持垂直
螺纹太瘦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 扳手摆动太大, 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, 旋转套丝 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

第十三章 刮 削

利用刮刀在已加工的工件表面上刮去一层很薄的金属，这种操作叫刮削。

刮削是这样进行的：将工件与平板、标准件或精加工过的相配件研配，发现工件表面上的高点，将它刮去，经过多次的循环研配，把高点和次高点刮去，使表面的接触点增加，以形成工件正确的形状、工件间精密的配合。

刮削的时候，刮刀的负前角对工件表面起着推挤和切离的作用，即不起切削作用，而且起着压光的作用。所以，经过刮研的工件表面既光滑、又紧密。

刮削不仅可以提高工件的加工精度和表面光洁度（一般可达 $\nabla 7 \sim \nabla 8$ ），而且工件表面刮削留下的一层微浅而美丽的花纹，既可增加表面的美观，又可利用它来存油、减少摩擦，以提高工件的使用寿命。因此，金属切削机床的导轨面、轴瓦的摩擦面、常用的平板、方箱和工夹具，都采用刮削的方法来达到较高的精度要求。

一、刮 削 工 具

1. 刮刀

刮刀是刮削的主要工具，随着使用范围的不同，其构造形状也不一致，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：

碳素工具钢：T10~T12，淬火后硬度为HRC62~64。

高速工具钢：W18Cr4V，或W9Cr4V2，淬火后硬度为HRC62~65。

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：根据刮刀的尺寸可以灵活选用刀杆的材料。小刮刀用碳钢即可。大刮刀的刀杆要有良好的弹性，建议选用弹簧钢（碳素钢或合金钢）制作。

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，如图13-1所示，其规格和用途见表13-1。

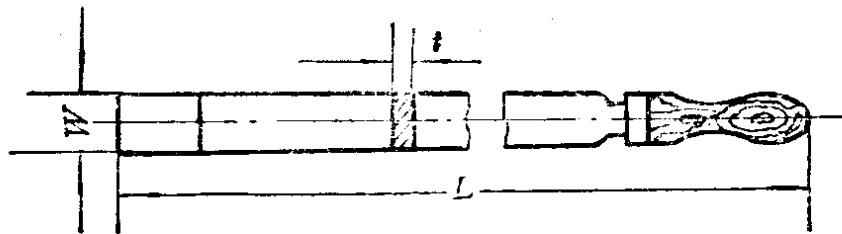


图 13-1 普通刮刀

W —宽度； t —厚度； L —长度

表 13-1 普通刮刀的主要尺寸和用途

种 类	尺 寸 (毫米)			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13-2）：这种刮刀的特点是刀头薄，一面有刃，有弹性，不象普通刮刀那样硬。刮削时可防止平面产生波纹。图13-2-I是装木柄的弯头长刮刀；图13-2-II是装木柄的弯头刮刀。若不装柄时，刮刀要比装木柄的刀身长一些。

(2) 曲面刮刀：曲面刮刀用于刮削内曲面，如滑动轴承等。

常用的曲面刮刀有三种：

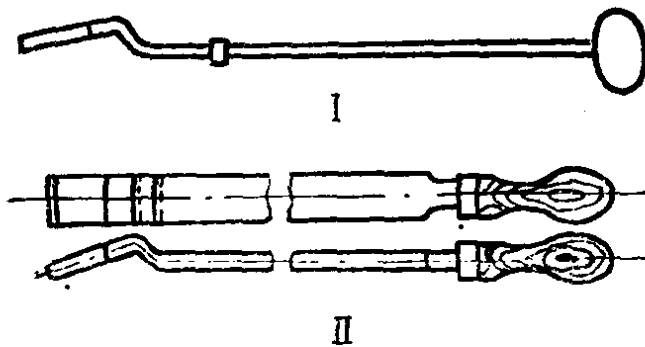


图 13-2 弯头刮刀

I—弯头长刮刀； II—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（如图13-3所示）。三角刮刀可用旧三角锉改制。

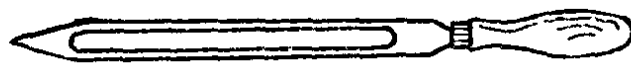


图 13-3 三角刮刀

2) 匙形刮刀：它的形状象小汤匙（如图13-4所示），有较长的弧形刃，最适于刮削曲面。

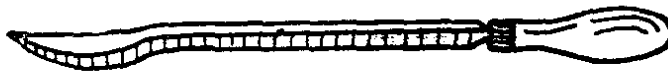


图 13-4 匙形刮刀

3) 圆头刮刀：它的形状如图13-5所示。

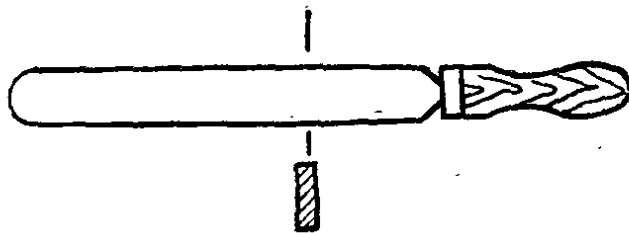


图 13-5 圆头刮刀

(3) 刮刀的刃磨

1) 粗磨：一般在砂轮上进行。粗磨时，把淬硬的刮刀顶端放在砂轮搁上（图13-6-I）对着砂轮轮缘平稳地左右移动，使刮刀端面磨平。然

后将刮刀的平面和侧面沿着砂轮端面前后移动磨平，并且，各对面要平行，如图13-6-II所示。刃磨刮刀时，要充分用水冷却，防止刮刀发热而退火变软。

2) 细磨：在砂轮上粗磨后的刮刀，刀刃上留有极微细的凹痕或毛刺，这时，可在油石上进行细磨，以使刃部更加锋利。经过油石细磨的刮刀表面，可以达到很高的光洁度。

2. 检验工具

检验工具主要用来检查刮削面的标准性，从而发现加工表面的不平位置。常用的检验工具有以下几种：

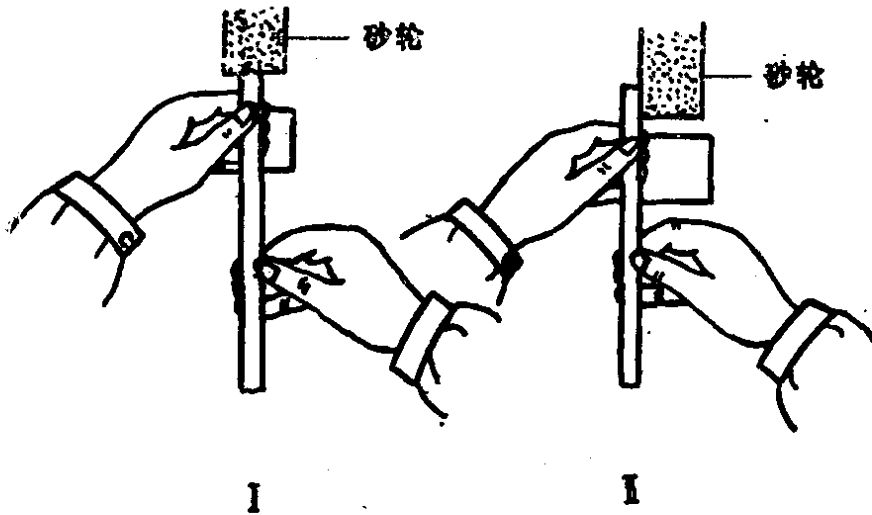


图 13-6 粗磨刮刀

(1) 标准平板：它用组织严密而具有高度耐磨性的铸铁经过刮研精加工而成，常用来检验较宽的刮削平面。

(2) 校准直尺：用于检验窄而长的刮削平面。

(3) 角度平尺：刮削内部互成角度的棱面（燕尾导轨等）时用。它可用机床的旧镶条刮出两个标准面来代替。

(4) 检验轴：刮削圆柱、圆锥形内孔时用。一般都以与孔相配的轴作为检验轴。

二、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的刮削，如机床导

的滑动面等。

刮削平面时，刮刀作前后直线运动，推出去是切削，收回为空行程。所加压力的大小应视材料性质和加工程度而定。金属较硬及粗刮时，加的压力应大；精刮较软的材料时，所加的压力应小。

(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，刮去的刀迹较宽（10毫米以上），行程较长（10~15毫米），刀迹要连成一片，不可重复。当高起的接触点达到每25平方毫米内有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6毫米左右，长5~10毫米，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25平方毫米的面积上有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4毫米左右，长约5毫米。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25平方毫米的面积上有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，刮刀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磨点子的工具。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，然后针对高点进行刮削。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25平方毫米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13-2。

表 13-2 轴 瓦 间 隙 (毫米)

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13-7-I),达到密合后,再将2和3合研并同时刮削(图13-7-II)。

(2) 以2为基准,将1与2合研后刮削(图13-7-III),达到密合后,

再将 1 和 3 合研并同时刮削（图 13-7-IV）。

(3) 以 3 为基准，将 2 与 3 合研后刮削（图 13-7-V），达到密合后，再将 1 和 2 合研并同时刮削（图 13-7-VI）。

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度为止（各级平板的精度要求见表 13-4）。

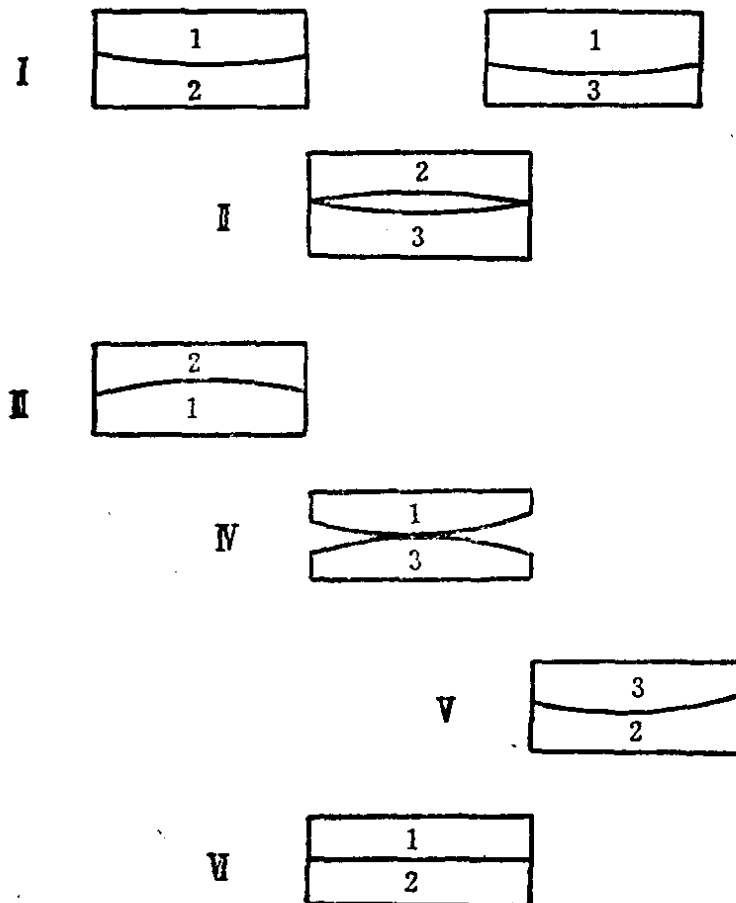
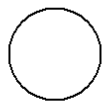


图 13-7 原始平板的刮削法



三、刮削余量

刮削是一种繁重的体力劳动，每次的刮削量很少，因此，机械加工所留下的刮削余量不能太多，否则会耗费很多的时间和劳动。但是余量也不能太少，以保证刮出正确的尺寸和良好的表面。刮削余量的多少与工件表面积的大小有直接关系。机械加工时，可参阅表 13-3，留出适宜的刮削余量。

表 13-3 刮 削 余 量

(毫米)

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以下	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以下	100~200	200~300		
80以下	0.05	0.08	0.12		
80~180	0.10	0.15	0.25		
180~360	0.15	0.20	0.35		

四、显示剂及其使用方法

在需要刮削的工件表面上和检验工具的表面上，须涂一种辅助材料，在推磨时来显示高点部位，以便进行刮削。这种辅助材料叫做显示剂。

1. 显示剂的种类

由于刮削是工件表面的一种精加工方法，所以显示剂须具有色泽鲜明、颗粒微细、容易松散、无腐蚀性、价廉易得等特点。常用的显示剂有以下几种：

- (1) 红丹粉——氧化铅或氧化铁用机油调合而成，多用于刮削黑色金属；
- (2) 普鲁士蓝油——普鲁士蓝粉与机油（或蓖麻油）调合而成，多用于刮削铜瓦；
- (3) 烟墨油——烟墨与机油调合而成，一般用于白色金属，如铝等；
- (4) 松节油或酒精——用于精刮，研出的点子精细而发光。

2. 显示剂的使用方法

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。

五、刮削的精度检查

刮削时最常用的精度检查方法有两种：

1) 检查25平方毫米面积内的接触点数，各种工件刮削的质量要求见表13-4。

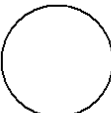
表 13-4

工 件 种 类	在25平方毫米内的接触点数
零级、一级平板	25
二级平板	20
三级平板	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

2) 计算实际贴合面积占全部面积的百分率。百分率的大小根据工件的工作性质而定。

六、刮削中产生的弊病和防止方法

表 13-5

弊病形式	产生原因	防止方法
深凹痕	1. 刮削时刮刀倾斜 2. 用力太大 3. 刃口磨得过于弧形	1. 刮削时应掌稳刮刀，不使它倾斜 2. 减轻压力 3. 刃口圆弧应适当
震痕	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	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	1. 刮刀刃口不锋利或不光滑 2. 刮刀刃口有缺口或裂纹	1. 刃口必须磨锐 2. 刃口应磨光滑平整
刮削面不精确	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	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

七、刮削工作的机械化

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。



第十四章 研 磨

用研磨工具和研磨剂从工件表面磨去一层极薄的金属，使工件具有准确的尺寸和形状以及很高的表面光洁度，这种加工方法叫研磨。

研磨是一种最精密的加工方法。工件表面经过研磨后，表面光洁度可达 $\nabla 10 \sim \nabla 14$ ，尺寸精度可控制在 $0.005 \sim 0.001$ 毫米以内，并且可以获得比较理想的几何形状。

研磨在工具、量具的生产和精密机器制造中应用很广，钳工在机器设备的装配与修理中经常遇到，如工具、夹具、量具的修理，内燃机的气阀及各种阀门、汽封、轴封等，都需要研磨。

一、研 磨 原 理

研磨过程是由金属微粒的机械切削作用和化学现象相结合完成的。研磨时，加在研具上的研磨剂，受到工件和研具的压力后，部分研磨剂被嵌入研具内，象砂轮一样形成无数个切削刃，产生切削挤压作用。由于压力低，所产生的纹路极浅，并且研磨无一定方向，纹路又互相交叉，磨料在工件表面上就切去一层很薄的金属。另外由于用了研磨剂，使被研磨表面在空气中氧化，结成一层氧化薄膜。继续研磨时，这层薄膜被去掉，研磨表面重新起氧化作用，又结成一层新的氧化膜……由于切削作用和氧化作用不断反复地进行，使工件逐渐达到要求。

二、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光洁度的要求，研磨余量应当适当。研磨工件的几何形状主要靠前道工序来保证。它的预加工应达到表面光洁度在 $\nabla 7$ 以上；平直度、棱形度、椭圆度应符合技术要求；表面应无明显的刀痕、烧伤、裂纹等缺陷。

研磨余量的大小可参照表14-1至表14-4确定。小的或短的工件可采用

较大的数值；大的或长的工件应采用较小的数值。不淬硬工件的外圆研磨余量可以将表14-1中的数值增加1/3左右。

表 14-1 外圆的研磨余量 (毫米)

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 14-2 内孔的研磨余量 (毫米)

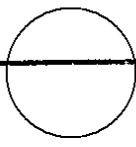
孔 径	铸 铁		钢
			
25~125	0.020~0.100		0.010~0.040
150~275	0.080~0.160		0.020~0.050
300~500	0.120~0.200		0.040~0.060

表 14-3 平面的研磨余量 (毫米)

平 面 长 度	平 面 宽 度		
	25以下	25~75	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
151~260	0.014~0.018	0.020~0.024	0.020~0.030

表 14-4 其他表面的研磨余量 (毫米)

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

三、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。一般常用的有平台、圆盘等，但大部分都是根据需要特制的研磨胎具，如尺寸不同的圆柱体、圆锥体、圆环等。

1. 对研具的要求

(1) 研具的材料应比工件软（保证研磨粉只嵌入研具表面而不嵌入工件），并且要组织均匀、变形小，具有一定的弹性，研磨性能要好，寿命要长；

(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) 研具的设计应考虑对磨具磨损后的补偿调整。

2. 常用的研具材料

(1) 灰铸铁：是作研具的最好材料。它的润滑性能好、研磨效率高，并且耐磨，最适于精研。

(2) 软钢：它的强度大于灰铸铁，并且不易折断变形，常用于研磨螺纹和小孔（直径一般在8毫米以下）。

(3) 铜：多用于余量较大的粗研磨，精研磨仍用铸铁。

(4) 铅：适用于软金属的光研磨。

(5) 沥青：多用于玻璃、水晶及其他透明材料的抛光。

四、研 磨 剂

1. 研磨粉

表 14-5 研磨粉的种类和用途

系列	磨料名称	代号	颜色	强度和硬度	用途	
					工件材料	应用范围
氧化铝系	普通刚玉	G	棕	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		
	络刚玉	GG	浅紫色	韧性较高		
	单晶刚玉	GD	棕	透明, 无色, 多棱、硬度大、强度高		
碳化物系	黑碳化硅	TH	黑色不透明	比刚宝硬, 性脆而锋利	铸铁、钢、青铜、黄铜	同上
	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、硬铬	初研磨、最后研磨
金刚石系	人造金刚石	JR	灰色至	最硬	硬质合金	初研磨、最后研磨
	天然金刚石	JT	黄白色			
	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 14-6 研磨粉的粒度及应用

加工方法	粒度	应用
粗研磨	100~280	一般产品零件的研磨
精研磨	W ₄₀ ~W ₁₄	
粗研磨	W ₁₄ ~W ₁₀	精密零件、量具、刃具的精研磨
半精研磨	W ₇ ~W ₅	
精研磨	W ₅ 以下	

表 14-7 各种研磨粉粒度所能达到的表面光洁度

粒 度	能 达 到 的 表 面 光 洁 度
100#~120#	▽7
150#~280#	▽7~▽9
W ₄₀ ~W ₁₄	▽9~▽10
W ₁₄ 以下	▽10以上

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

表 14-8 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	W ₁₀ ~ W ₁₄	52	7	26	15		
半 精 研	刚 玉	W ₇	45	22.4	31.5		1.1	
精 研	刚 玉	W ₅	40.8	20.5	36.7		2	
抛 光	刚 玉	W ₅	6.5	29	45.1		6.5	
	氧化铬	2~5μ	12.9					
	氧化铬	1~3μ	11.6	31	54			3.4
	氧化铬	1~3μ	19.4	32.2	45.1			3.3
	氧化铬	1~3μ	56	8	12			24
	氧化铬	2~5μ	23.3	26.7	46.7		3.3	

注：煤油的加入量视天气而定，天暖应少些，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%。

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光洁度。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14-8配制。

3. 研磨液

研磨液在研磨过程中的主要作用在于，使研磨粉均匀分布、润滑，并在工件表面形成氧化膜，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10号机油。在精密研磨中常用一份机油和三份煤油混合使用。

(2) 煤油：主要用于要求研磨速度快，而对工件表面光洁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，能提高表面光洁度。

(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

表 14-9 研磨液的选择

研 磨 粉	研 具 材 料	研 磨 液
碳 化 硅	铸 铁	汽油、煤油、松节油、猪油
	软 钢	机油、猪油
	铜	机油、松节油、猪油
刚 玉	铸 铁	汽油、猪油
	铜	苏打水、松节油
氧 化 铁	铜合金、锡合金	煤 油
	铝 合 金	煤 油
氧 化 铬	坩埚、铸铁	酒 精
	软 钢	松 节 油

时，所加的研磨液亦不相同（见表14-9）。如使用研磨膏时，加少量机油作研磨液即可。

五、研磨方法

工件的研磨，一般分为单独研磨、配对研磨以及两者结合采用三种。在大批生产中常利用专门设备进行机械研磨，而在单件小批生产或机修工作中则多采用手工研磨。

常用的研磨压力为 $0.5\sim 3$ 公斤/厘米²，粗研磨时用 $1\sim 2$ 公斤/厘米²，精研磨时用 $0.1\sim 1$ 公斤/厘米²。研磨速度一般在 $10\sim 150$ 米/分之间，但对于精密零件，不宜超过 30 米/分。

各种表面的手工研磨方法如下：

1. 平面研磨

平面研磨分为粗研和精研。粗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，擦净后均匀地涂上研磨剂，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字形方向运动（图14-1），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。每研半分钟后，把工件旋转 90° ，这样才不致于把工件磨偏。

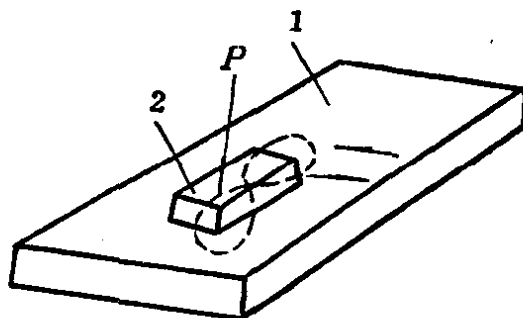


图 14-1 研磨示意图

1—研磨平板；2—工件； P —研磨压力

对于长形工件，可采用研磨直尺，即象用锉刀打磨锉削面一样的操作方法。但工件两边须用导尺保证研磨直尺的正确运动。

2. 外圆研磨

研磨外圆表面，一般在车床、钻床或磨床上进行。研具是研磨环，其孔径比工件的外圆直径约大 $0.025\sim 0.05$ 毫米，长度为孔径的 $1\sim 2$ 倍。

研磨时，工件涂上研磨剂，套上研磨环，把工件顶在车床的顶尖之间，以适当的速度旋转，用手握住研磨环作直线往复运动，随时改变研磨方向，使工件表面成 45° 的交叉网纹（图14-2）。研磨中要注意调节研磨环

的松紧，并经常加研磨剂。切记：粗研和精研的研磨环不能混用。

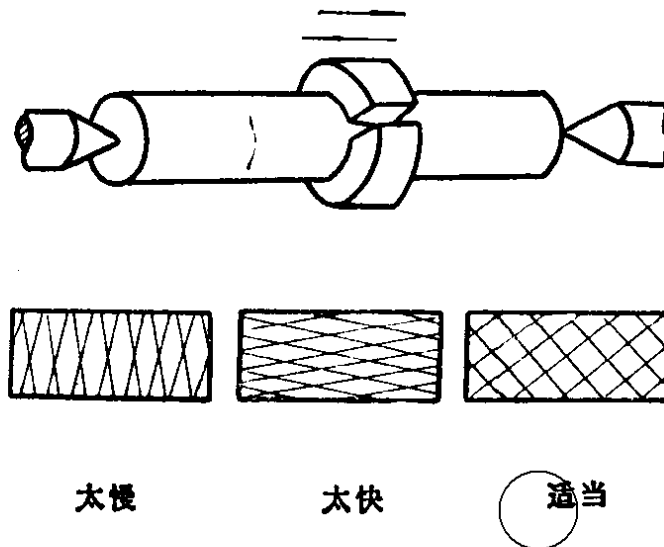


图 14-2 工件外圆的研磨

3. 内孔研磨

内孔研磨与外圆研磨相反，是利用研磨杆进行的。可将研磨杆装夹在机床主轴上，使之转动，用手拿着工件作往复运动。也可以手持研磨杆使它在工件孔中转动并作往复运动。

研磨杆的直径一般比内孔小 0.01~0.025 毫米，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，大部分研磨杆都做成可调的。

4. 球面研磨

非全球面（如球形接头）绝大部分采用手工研磨。将工件安装在机床主轴上转动，手握工具进行研磨。球面粗精研磨时，所用的研磨剂为 200[#] 粒度的白刚玉，抛光用 2~5 微米的氧化铬或氧化铁。

5. 螺纹研磨

研磨内螺纹时，将表面具有相同螺纹的研磨杆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杆上往复运动。

研磨外螺纹时，将工件安装在主轴上作正、反转运动，用手握持带有内螺纹的研磨环使之在研磨杆上作往复运动。

外螺纹研磨前的预加工可用精磨或精车，内螺纹一般用精车或丝锥加工。研磨螺纹时的转速可参照表 14-10 确定。

表 14-10 研磨螺纹的转速

(转/分)

螺 纹 直 径 (毫米)	螺 距 (毫米)			
	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

六、研磨时产生废品的原因及防止方法

表 14-11

废品形式	废品产生原因	防止方法
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
平面成凸形 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
孔成椭圆形 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

第十五章 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、模来完成少量操作。

一、铆 接 的 种 类

1. 按照使用情况分类

- (1) 活动铆接：它的接合部分可以互相转动，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：

- 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；

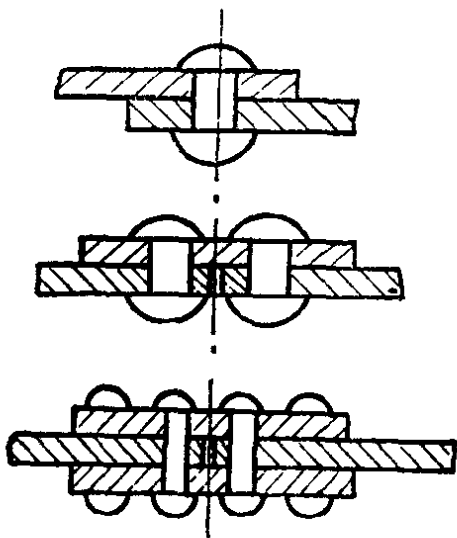


图 15-1 铆接的形式

- 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15-1)。

二、铆接工具

1. 手锤

手工铆接用的手锤多为圆头手锤。手锤的规格应按铆钉直径来选定, 最适宜的是0.2~0.5公斤重的小手锤。

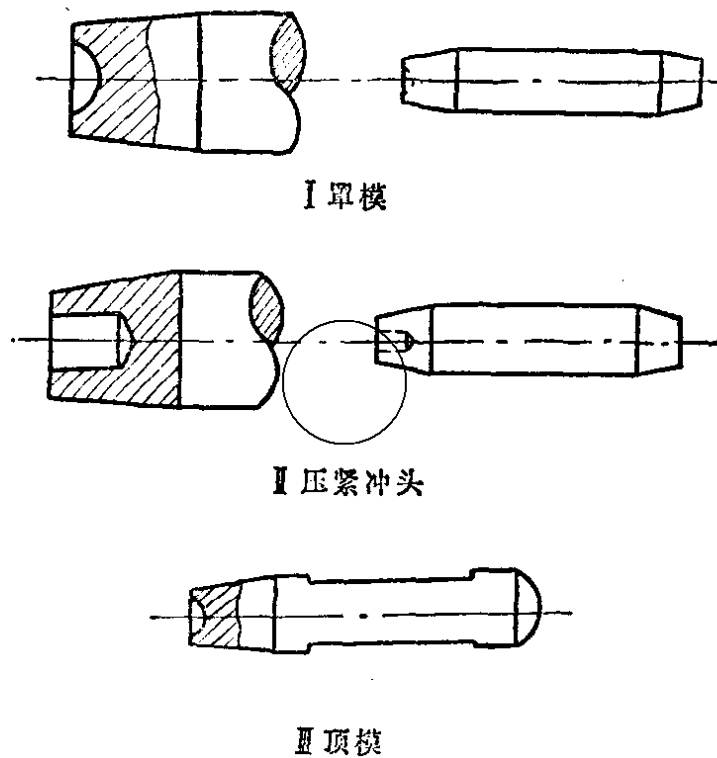


图 15-2 铆接工具

2. 压紧冲头

压紧冲头的形状如图15-2-II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

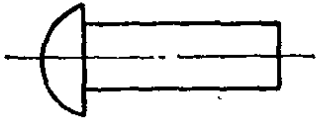
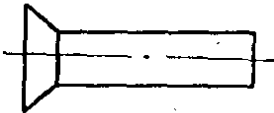
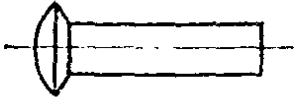
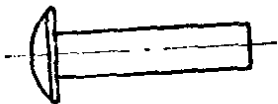
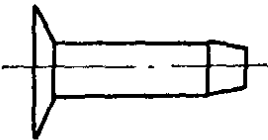
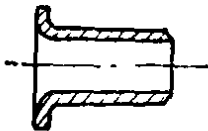
罩模和顶模的构造如图15-2-I、III所示, 二者的工作部分都是半圆

形的凹球面，并且都经过淬火和抛光。

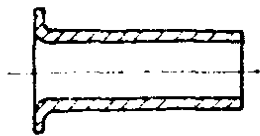
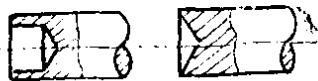
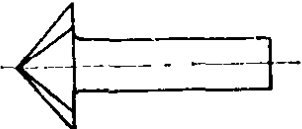
三、铆 钉

1. 铆钉的种类和应用

表 15-1

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
平圆埋头铆钉		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
平圆头铆钉		用铝镁合金料制成，应用于铆薄板料等
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

(续)

名称	形状	应用
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) 铆钉的直径的确定：铆钉的直径是根据铆接板的厚度确定的，一般情况下，可按照表15-2来选择。

表 15-2 铆钉直径的选择 (毫米)

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。标准铆钉的直径可按表15-3选择。

表 15-3 标准铆钉直径 (毫米)

铆 钉	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
直 径	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15-3所示。其钉杆长度可用下列公式计算：

$$l = 1.12\delta + (1.25 \sim 1.5)d \quad (\text{毫米})$$

式中 l ——铆钉杆的长度(毫米)；

δ ——铆件的总厚度(毫米)；

d ——铆钉直径(毫米)。

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。

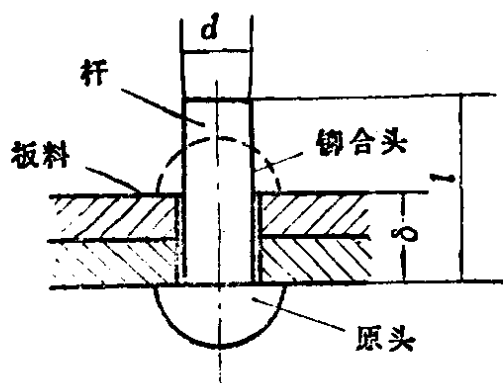


图 15-3 半圆头铆钉的长度

(3) 铆钉标准

1) 半圆头铆钉 (粗制) (GB863-76) 及半圆头铆钉 (GB867-76)

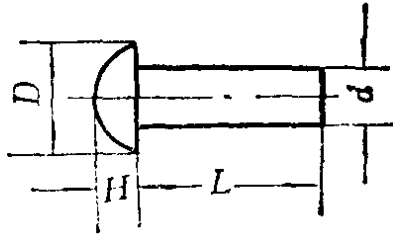


表 15-4

公称直径 d	头部尺寸		钉杆长度 L (精制)
	直径 D	厚度 H	
(毫米)			
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

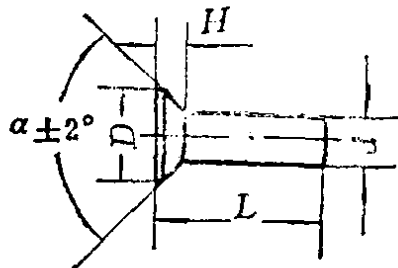
(续)

公称直径 d	头部尺寸		钉杆长度 L	
	直 径 D	厚 度 H	粗 制	精 制
(毫米)				
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(毫米)：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)。

2)沉头铆钉(粗制)(GB865-76)及沉头铆钉(GB869-76)



$d=1\sim 10, \alpha=90^\circ; d=12\sim 36, \alpha=60^\circ$

表 15-5

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
(毫米)				(毫米)				
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	21.7	8	24~100	21~100
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(毫米): 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)。

3) 平头铆钉及号头铆钉

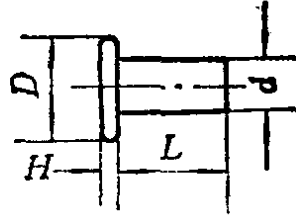


表 15-6 平头铆钉(GB109-76)

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
(毫米)				(毫米)			
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（毫米）：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 15-7 号头铆钉（上海产品）

号 码	钉杆直径 d (毫米)	钉杆长度 L (毫米)	号 码	钉杆直径 d (毫米)	钉杆长度 L (毫米)
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

四、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10毫米时均采用热铆接；铆钉直径小于10毫米时，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15-4所示。

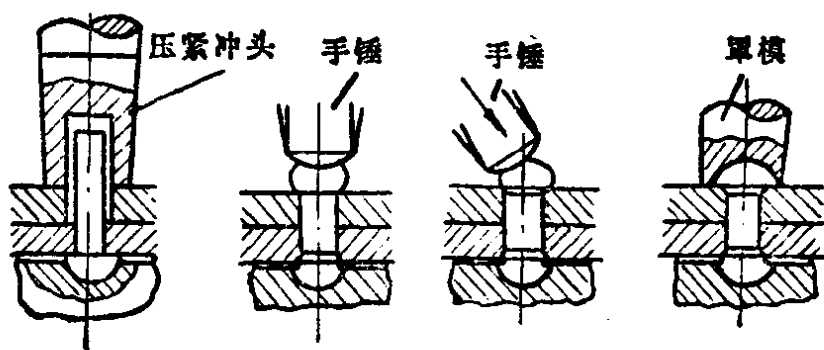


图 15-4 半圆头铆钉的铆接方法

(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15-5所示。

(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15-6所示。

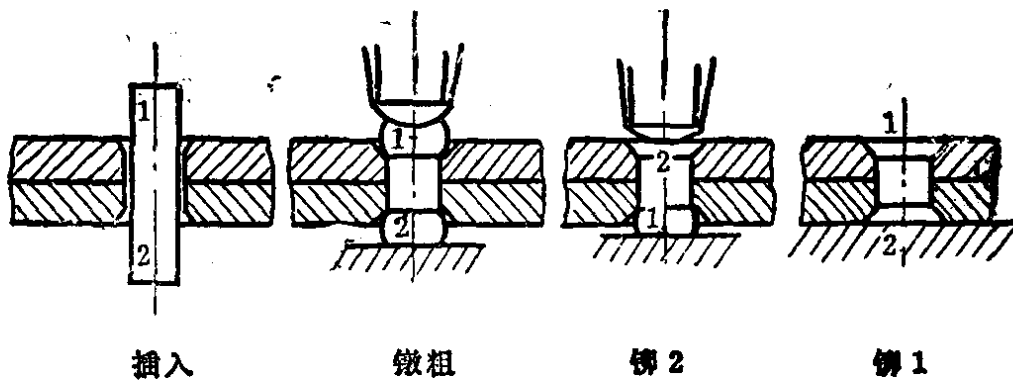


图 15-5 埋头铆钉的铆接步骤

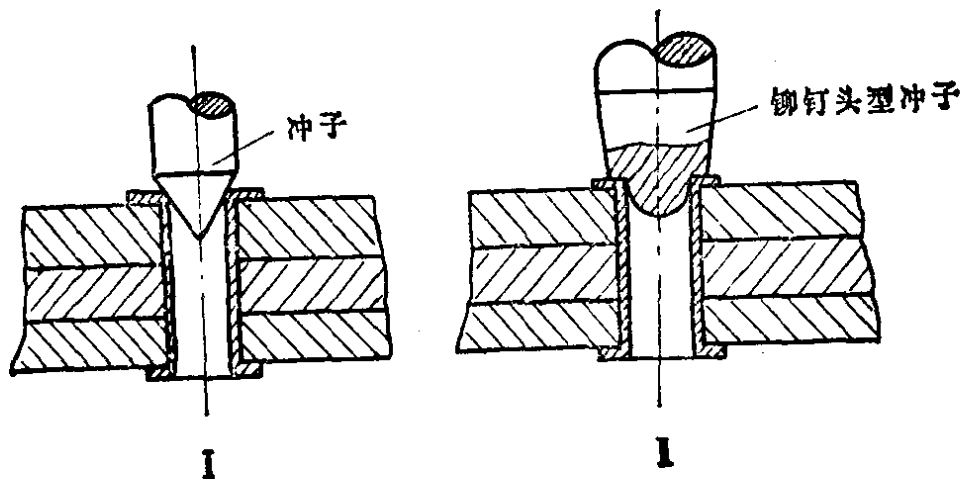


图 15-6 空心铆钉的铆接

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15-8来选择。

表 15-8 铆钉直径和钻孔直径 (毫米)

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	38
	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	38
	粗配	4.5	5.8	6.8	7.8	8.8	11	12.5	14	17	21	24	27	30	32	36	40

五、铆接时产生废品的原因及防止方法

表 15-9

废品形式	产生原因	防止方法
铆合头偏斜	1. 铆钉杆太长 2. 铆钉孔偏斜, 孔未对准 3. 镦粗铆合头时, 不垂直	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. 镦粗时, 锤击力要保持垂直
铆合头不光洁有凹痕	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	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
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

第十六章 锡焊和粘 结

一、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°C 的焊料进行的焊接叫硬焊；用熔点低于 400°C 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. 锡焊常用的工具

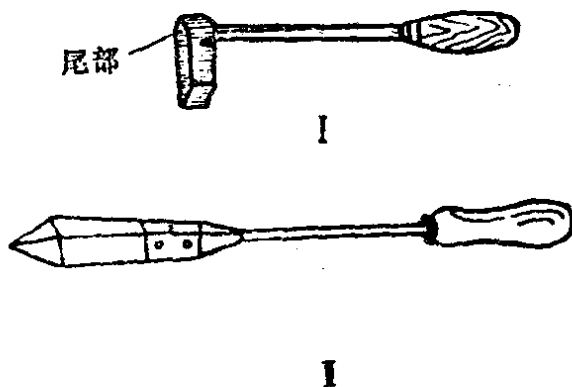


图 16-1 烙铁

I—锤形烙铁；II—直烙铁

(1) 烙铁（图16-1）：烙铁是一种贮存热量的传热体。它的头部用紫铜制作。因为紫铜吸收热量多、传热快，焊接时能迅速地放出大量的热，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，温度过高就会形成氧化铜，不能粘锡，这时就需要锉去氧化铜。因此，锡焊中适当地掌握烙铁的温度

是一个很重要的问题。

(2) 电烙铁：电烙铁（图16-2）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。用电烙铁时，要根据焊接件的大小来选择烙铁。

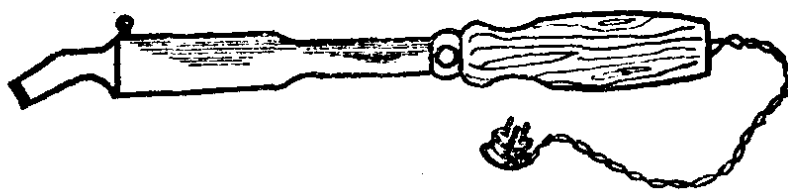


图 16-2 电烙铁

(3) 喷灯：使用喷灯的目的是为了加热工具或工件。喷灯的规格见表 16-1。

表 16-1 喷灯的规格（上海产品）

品种	型 号	燃料	火焰有效长度 (毫米)	火 焰 温 度 (℃)	贮油量 (公斤)	每 小 时 耗 油 量 (公斤)	灯净重 (公斤)
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

2. 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。焊接时可参照表 16-2 来选择焊料。

表 16-2 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点锡。

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作。特别对于铅是一种有效的焊剂。

3. 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、细砂（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。工件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，然后匀地慢慢移动，使焊锡填满焊缝；
- 6) 清理焊缝，检查焊接质量。

4. 焊缝

(1) 对接焊缝：如图16-3所示。薄板的接缝可以做成斜面，以扩大焊接面。



图 16-3 对接焊缝

(2) 搭接焊缝：如图16-4所示。配合较好的搭接焊缝，焊料层应薄均匀。



图 16-4 搭接焊缝

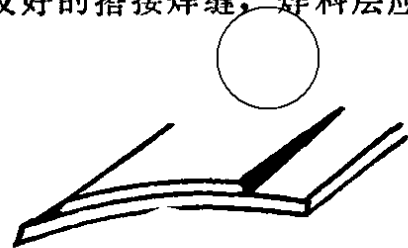


图 16-5 盖板焊缝

(3) 盖板焊缝：如图16-5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。

5. 锡焊时应注意的事项

- (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。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的通风设备，以免影响工人的身体健康。

二、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) 不需特殊的设备和贵重的原材料；
- 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16-3。

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，能长久的耐500°C高温，在700°C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°C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16-4。

磷酸-氧化铜的主要成分为正磷酸和氧化铜。

正磷酸的制取方法：取85%工业磷酸100毫升，加入氢氧化铝5~10克（金属铝1.5~4克，加热至110°C；待氢氧化铝或金属铝全部分解后停止

表 16-3 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项系指粘接剂本身。

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，

表 16-4 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 (小时)	溶去重量 (克)
抗拉强度	80~120公斤/厘米 ²	水	97	0.0235
抗压强度	830公斤/厘米 ²	10% 硼砂水	97	0.6402
平面剪切应力	116公斤/厘米 ²	机油	96	0.0817
套接剪切应力	513公斤/厘米 ²	盐酸(10%)	144	2.7665
比重	3.69	硫酸(15%)	0.5	1.2792
熔点	950℃	氢氧化钠10%	95.5	0.1277
硬度	HB161	氯化钠10%	98	0.2638

，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、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16-5。

表 16-5 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1毫米、牙深为0.3毫米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0.1~0.2毫米。

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

$$K = \frac{\text{氧化铜}}{\text{磷酸溶液}} = 3 \sim 5 \text{克/毫升}$$

配比 K 的选择直接关系到粘结的效果： 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，再用竹片由内向外慢慢调和均匀（约需5分钟左右），使其成浓胶状，并能拉出10~30毫米长的丝条即可。

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，随后在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，多用钎焊，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，并且干燥后即可使用，大大简化了工艺过程。

2) 机床导轨磨损的粘结修复：如图16-6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。

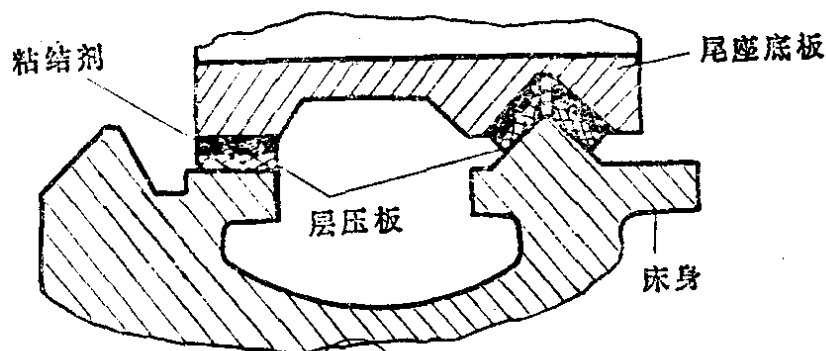


图 16-6 车床尾座底板的粘结

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。

I、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16-6。

表 16-6 常用国产环氧树脂的主要技术指标

国 产 牌 号	软化点(℃)	环 氧 值 (当量/100克)	备 注
6101	14~22	0.40~0.47	低分子量
618	液 态	0.48~0.59	”
634	20~28	0.32~0.57	”
637	30~38	0.23~0.33	”
644	15	0.45	”
601	64~76	0.13~0.22	”
603	78~85	0.10~0.18	”
604	80~95	0.09~0.11	”
607	110~135	0.04~0.07	”

II、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、不熔的热固性物质。

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16-7。

III、增塑剂：它是一种高沸点液体或低熔点固体的有机化合物，与基体有良好的相容性，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16-8。

IV、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

表 16-7 固化剂的用量
(按环氧树脂重量为100克)

固 化 剂 名 称	形 状	用 量 (克)
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

表 16-8 增塑剂的用量
(按环氧树脂重量为100克)

名 称	形 状	用 量 (克)
邻苯二甲酸二丁酯	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

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16-9。

表 16-9 稀释剂的用量 (按环氧树脂重量为100克)

名 称	用 量 (克)	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	” ” ”
二甲苯	5~20	” ” ”

V、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16-10）。

表 16-10 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

表 16-11 环氧树脂粘结剂的典型配方

序号 或 牌 号	主要成分及比例 (%, 重量比)	固化工艺			粘 结 强 度 (公斤/毫米 ²)		注 备
		温 度 (°C)	时 间 (小时)	压 力 (公斤/ 毫米 ²)	室温抗剪	高温抗剪	
(1)	6101#或618#环氧树脂 650#聚酰胺 铅粉	室温 66 120 150	38 4 0.5 0.3		1.9(钢材) 2.2(铝材) (室温固化)		
(2) J-11	6101#环氧树脂 200#聚酰胺 600#稀释剂 间苯二胺	25	24	0.005	2 (铝材)		耐温120°C, 抗介质性能好,下 调胶后在20°C下 可使用3小时
(3) HS-30	6101#环氧树脂 聚乙炔醇缩丁醛 间苯二甲胺 丙酮	150	3		3.07 (钢材)	100°C为 1.32 150°C为 0.5	适于黑色金属 的粘结,如覆片 齿轮滚刀的粘合
(4) MS-2	6010#环氧树脂 聚硫橡胶 MS-2微胶囊	130	2	接触压力	1.5	100°C为 1	为成品,贮存 期1年
(5)	601#环氧树脂 691#甘油脂 铝粉	160再130	2再4		3.6 (铝-铝)		被粘结件要预热, 至120°C涂胶, 可自制成棒状
(6) 急修补用胶	聚丁二烯环氧及聚硫橡胶 液体咪唑啉和不饱和聚脂 石英粉	100	1	接触压力	2	100°C为 0.7	流动性好,粘 结强度和韧性较 好

表 16-12 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 (°C)	使用压力 (公斤/厘米 ²)	对金属的 粘接力	主要特性
601	聚酯型聚氨酯	丙酮醋酸乙酯	汽油、煤油、氟里昂、机油、水	-40~150	>0.07	弱	不干型密封胶，永不形成膜，易于经常拆卸的部位
602	聚酯型聚氨酯	丙酮二氯乙烷	汽油、煤油、滑油、4104滑油	-40~200	>0.07	弱	不干型密封胶，永不形成膜，易于经常拆卸的部位
609	丁腈橡胶 一酚醛	丙酮二氯乙烷	各种油类、水	-40~250	>0.1	稍强	不干型密封胶，易成膜，弹性较好，对金属粘合力较大，用于经常拆卸的部位
HXJ-1	聚酯型聚氨酯	丙酮二氯乙烷	空气、水、汽油、煤油、滑油、稀碱	-50~250	>0.3	弱	永不固化，易拆卸装配，用于小间隙(0.1~0.15毫米)的密封
Y-150 厌氧胶	改性环氧树脂	丙酮	汽油、煤油、水、稀碱、丙酮、稀碱	-30~150	>0.5	较强	用于经常拆卸的螺丝接头，防松防漏，固化后强度高，可达1公斤/毫米 ² ，耐老化，弹性好，脆性较小，可作粘剂用

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16-11。

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10分钟左右，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0.15毫米以内，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16-12。

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

表 16-13 酚醛树脂粘结剂的主要牌号

牌 号	固 化 条 件			剪 切 强 度 (公斤/毫米 ²)	主要用途及性能
	温 度 (℃)	时 间 (小时)	压 力 (公斤/ 毫米 ²)		
201 (FSC-1)	160	3	0.01	室温：2.24(铝) 150℃:1.35(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	0.025	室温：3.22(铝) 150℃:0.52(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	0.02	室温：2.19(铝) 100℃:1.14(铝)	适于粘结铝合金，可在150℃下长期使用
F-4	130	4	0.01	室温：2.40(铝) 200℃:1.29(铝)	适于粘结各种材料，可在200℃下长期使用

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16-13。

(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、百分尺上镶硬质合金测头：在游标卡尺、百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16-7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。

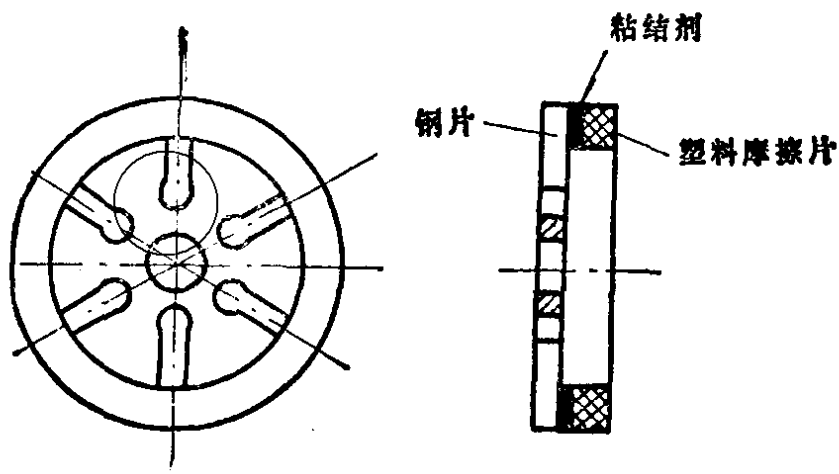
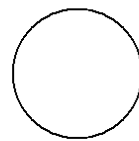


图 16-7 塑料摩擦片的粘结

3) 在设备维修上的应用：机床导轨、塞铁等磨损后，不但可用无机料

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，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。



第十七章 矫正、弯曲和绕簧

一、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。

3. 矫正方法

(1) 条料的矫直：条料产生弯曲变形时，须用扭转的方法进行矫直，操作方法如图17-1所示。矫直时，将

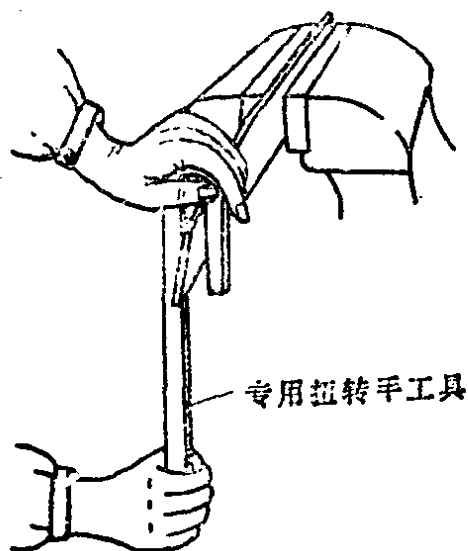


图 17-1 用扭转法矫直

工件夹在虎钳上，用特制的工具将条料扭转回到原来的形状。

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矫直（图17-2），然后再放到平板上用手锤继续矫直，直至其平直度达到要求为止。

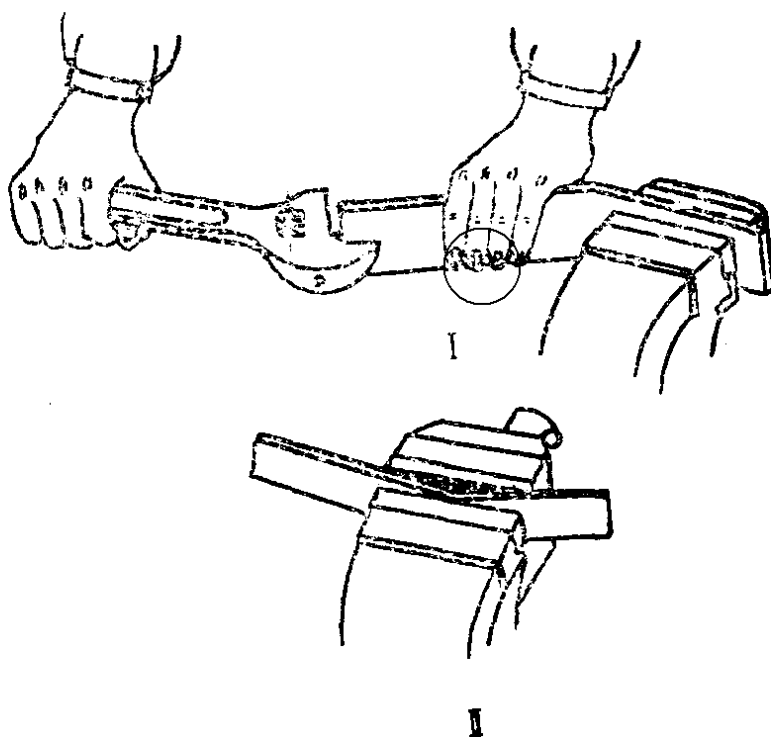


图 17-2 用弯曲法矫直

I—在虎钳上用扳手把弯曲条料初步扳直；

II—利用虎钳口把条料初步夹直

条料在宽度方向上弯曲时，必须用延展法矫直（图17-3）。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。

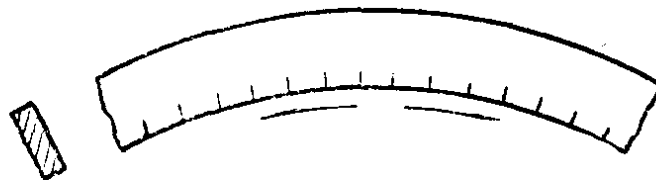


图 17-3 用延展法矫直

(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17-4所示），用手锤锤击凸起部位，使之变直。

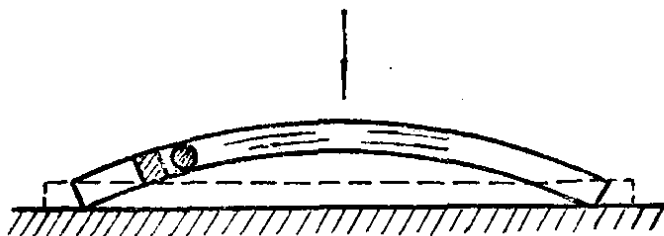


图 17-4 用锤击法矫直棒料

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17-5）。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。

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

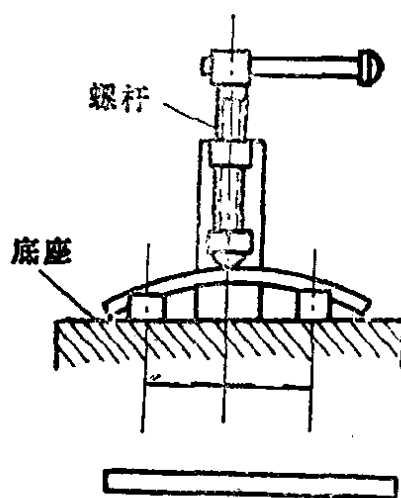


图 17-5 用压力机矫直

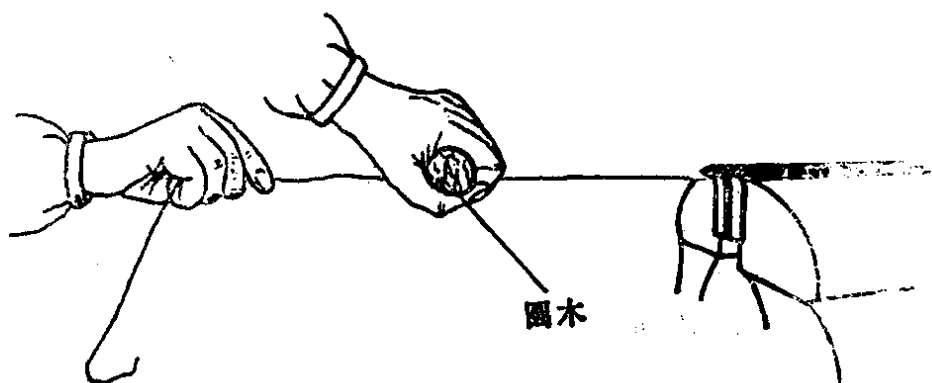


图 17-6 线材的矫直

的细长线材，可用伸张法来矫直，如图17-6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。

翘曲的金属薄板，可在平板上用木锤矫平（图17-7-I），也可以用平木块来矫平（图17-7-II）。

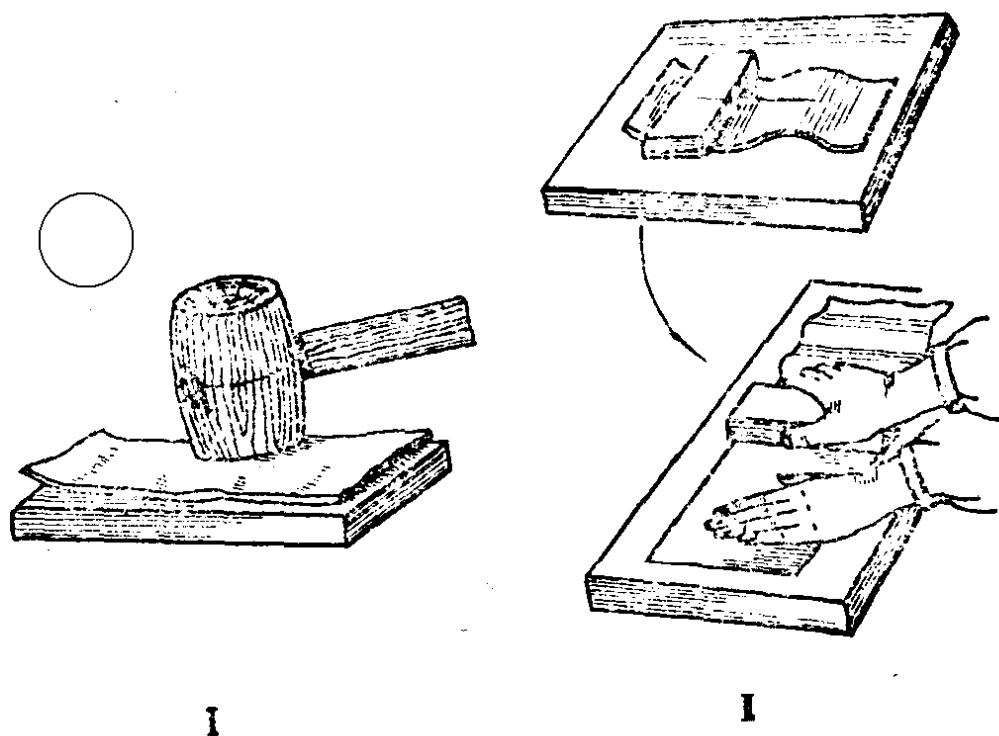


图 17-7 薄板的矫平
I—用木锤矫平； II—用平木块矫平

二、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17-8）：

(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。

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17-9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：

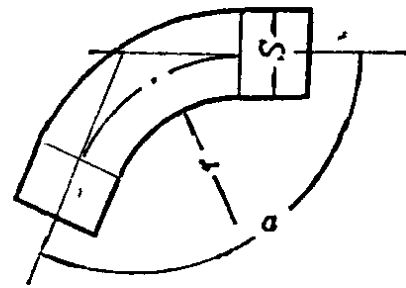


图 17-8 弯曲半径和弯曲角

$$A = \pi \left(r + \frac{S}{2} \right) \frac{\alpha}{180^\circ}$$

式中 A —圆弧长度（毫米）；
 r —内弯曲半径（毫米）；
 S —材料厚度（毫米）；
 α —与圆弧相对的圆心角（度）

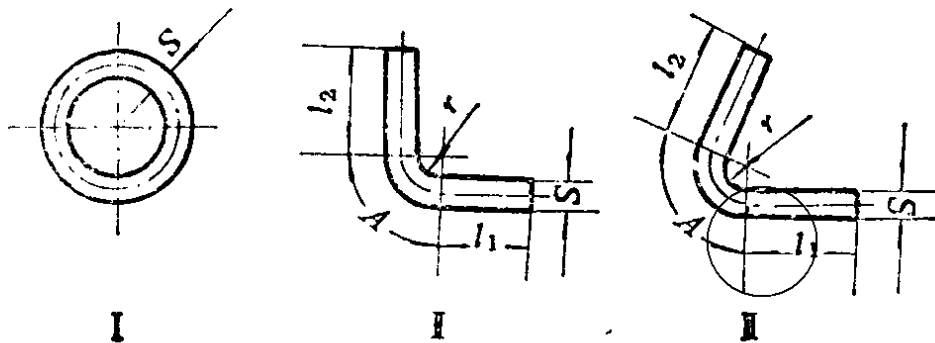


图 17-9 三种弯曲图形

I—圆环形； II—直角形； III—肘形

〔例〕图 17-10 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 $r = 5$ 毫米，材料厚度 $S = 2$ 毫米，一边长 27 毫

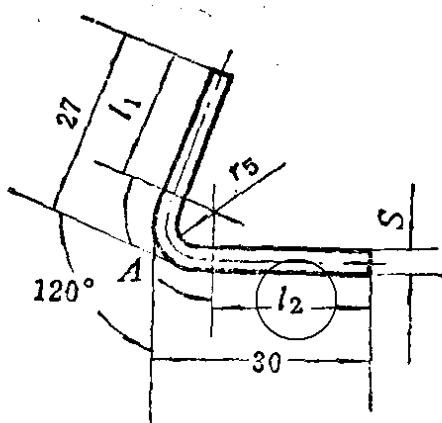


图 17-10 弯曲肘形工件图

米，另一边长是30毫米。

$$\text{解： } L = l_1 + l_2 + A$$

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 $l_1 = 27 - (5 + 2) = 20$ (毫米)

$l_2 = 30 - (5 + 2) = 23$ (毫米)

$$A = \pi \left(r + \frac{S}{2} \right) \frac{\alpha}{180^\circ}$$

$$= 3.1416 \times \left(5 + \frac{2}{2} \right) \times \frac{120^\circ}{180^\circ}$$

$$= 12.56 \text{ (毫米)}$$

所以 $L = 20 + 23 + 12.56 = 55.56$ (毫米)。

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5毫米以上的板料，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，使线同钳口平齐，两边与钳口垂直，用锤敲打根部，使之成直角形(图17-11)。

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17-12)。

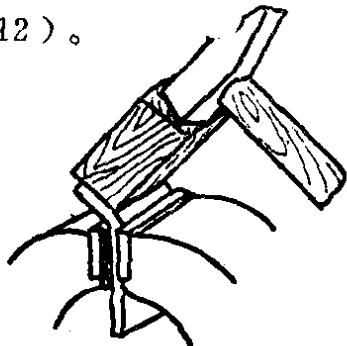


图 17-11 弯直角的方法

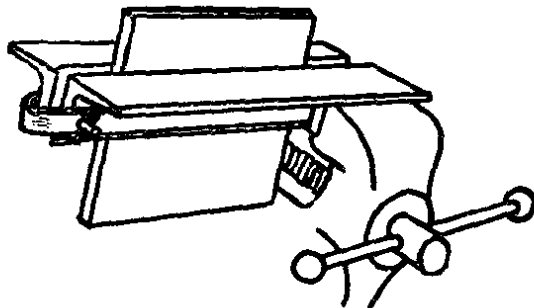


图 17-12 用角铁夹持工件

(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17-13是单扣平卧式咬口的操作程序：I—弯成直角；II—翻转材料，弯成 $75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ；III—伸出板料；IV—锤打伸出部分，使弯角缩小和凹；V—把板料的两个边扣合起来；VI—咬口敲紧。

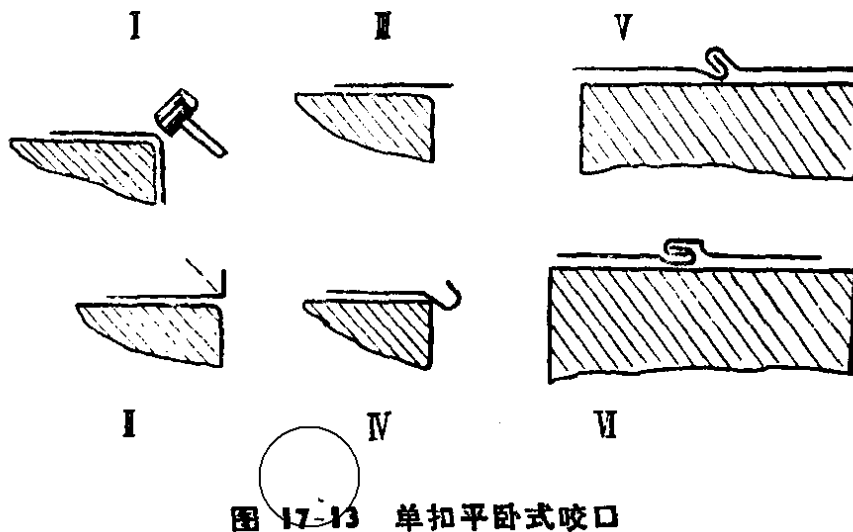


图 17-13 单扣平卧式咬口

(3) 管材的弯曲

1) 弯曲方法

①冷弯：适用于直径较小的钢管或铜管的弯曲。弯曲前应灌入铅或木屑，亦可采用穿芯弯曲。

当管径 $D < 40$ 毫米时，可用手动弯管器弯曲；

当管径 $D > 40\sim 100$ 毫米时，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。

铜管在弯曲前应对弯曲部分进行退火处理，方法是將铜管烧红后在空气中或油中冷却。

②热弯：适用于直径较大的钢管的弯曲。弯曲前，应填充黄砂，灌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。

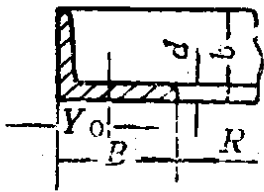
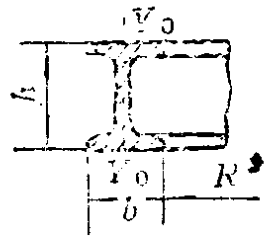
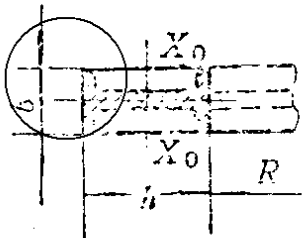
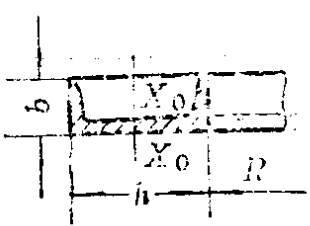
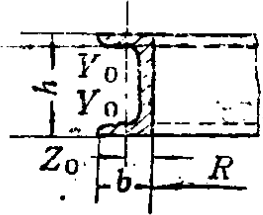
2) 最小弯曲半径

①计算公式

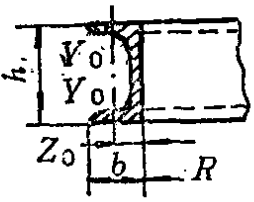
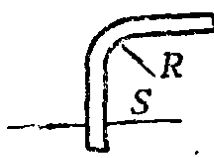
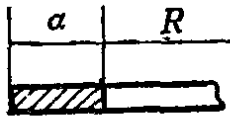
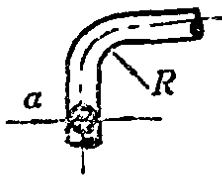
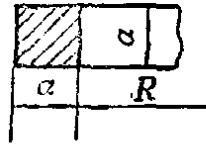
表 17-1 型材、管材最小弯曲半径的计算公式

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 角小外弯		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 角大外弯		热	$R_{\min} = \frac{b - Y_0}{0.14} - Y_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Y_0}{0.04} - Y_0$
不等边 角小内弯		热	$R_{\min} = \frac{b - X_0}{0.14} - b + X_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - X_0}{0.04} - b + X_0$

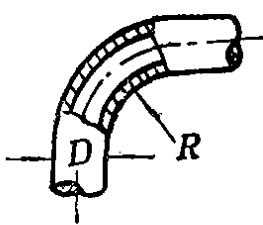
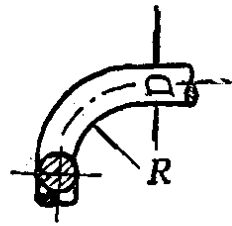
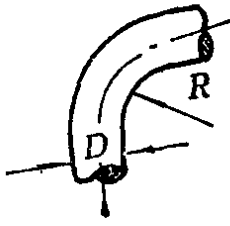
(续)

名称	简图	状态	计算公式
不等角大内 边钢边内 弯		热	$R_{\min} = \frac{B - Y_0}{0.14} - B + Y_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{B - Y_0}{0.04} - B + Y_0$
工字以 Y_0 - Y_0 弯 轴曲		热	$R_{\min} = \frac{b}{2 \times 0.14} - \frac{b}{2} = 3.07b$
		冷	$R_{\min} = \frac{b}{2 \times 0.04} - \frac{b}{2} = 12b$
工字以 X_0 - X_0 弯 轴曲		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 弯 轴曲		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 Y_0 - Y_0 外 轴弯		热	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.14} - Z_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.04} - Z_0$

(续)

名称	简图	状态	计算公式
槽钢 以 Y_0 - Y_0 轴内 弯		热	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.14} - b + Z_0$
		冷	$R_{\min} = \frac{b - Z_0}{0.04} - b + Z_0$
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	$R_{\min} = 2.5a$
方钢 弯曲		热	$R_{\min} = a$
		冷	$R_{\min} = 2.5a$

(续)

名称	简图	状态	计算公式
无缝管弯曲		冷	$D < 20, R \approx 2D$ $D > 20, R \approx 3D$
不锈钢圆弯		热	$R_{\min} = D$
		冷	$R_{\min} = (2 \sim 2.5)D$
不锈钢酸管弯		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 $R_{\min} = 4D$

② 管材最小弯曲半径数值表

$$A = \pi \left(R + \frac{d_H}{2} \right) \frac{\alpha^\circ}{180^\circ}$$

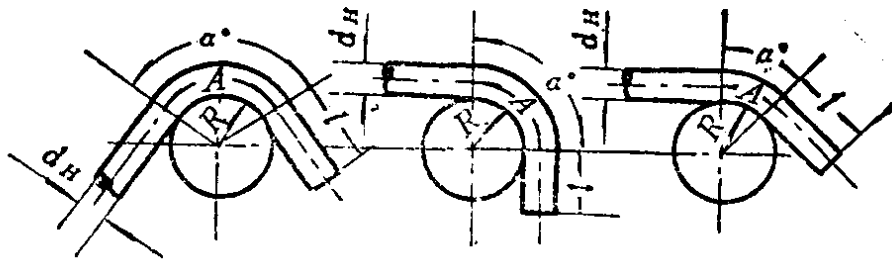


表 17-2

(毫米)

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	260	85
14	1	20		43	1 1/2"	3.5	150	300	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	23	(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			128	6	340
57	3.5	110	12.5	2.25	30	133	6	420
57	4	150	15	2.25	45	159	6	600
76	4	180	25	2	60	194	10	800
89	4	220	25	2	80	219	12	900
102			32	3	110	铝管		
108	4	270	40	3.5	150	6	1	10
133	4	340	51	4	180	8	1	15
159	4.5	450	65	4.5	240	10	1	15
159	6	420	76	5	330	12	1	20
194	6	590	90	6	400	14	1	20
219	6	600	114	7	500	16	1.5	30
245	6	600	140	8	600	20	1.5	30
273	8	700	166	8	800	25	1.5	50
325	8	800				30	1.5	60
371	10	900				40	1.5	80
426	10	1000				50	2	100
						60	2	125

三、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

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17-14为几种常用的摇杆形状。

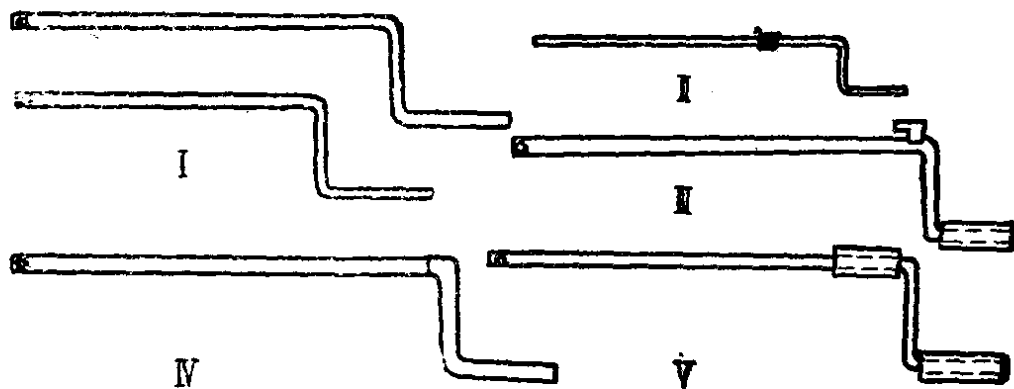


图 17-14 摇杆的形状

图17-14-I是一端带有小孔或缺口的摇杆，适用于盘绕钢丝直径在4毫米以下的弹簧；图17-14-II是摇把侧面带有小钩的摇杆，适用于盘绕钢丝直径在1毫米以下的弹簧；图17-14-III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2~8毫米的弹簧。

根据所绕弹簧的直径和长度，摇杆有粗细长短之分。粗摇杆可用圆钢制作，要求严格的，可以车削出来（如图17-14-IV）；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17-14-V）。

(2) 间距销子：间距销子是在盘绕压缩弹簧时控制间距用的。常用有两种：一种是固定间距销（图17-15左）；另一种是活动间距销（图17-15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 17-15 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（毫米）；

D_2 —弹簧的中径（毫米）；

n —弹簧的工作圈数；

L_1 —钩的展开长度（毫米）；

L_2 —安全余量（毫米）。

(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（毫米）；

D_1 —弹簧内径（毫米）。

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，亦可按照下表来确定摇杆的直径。

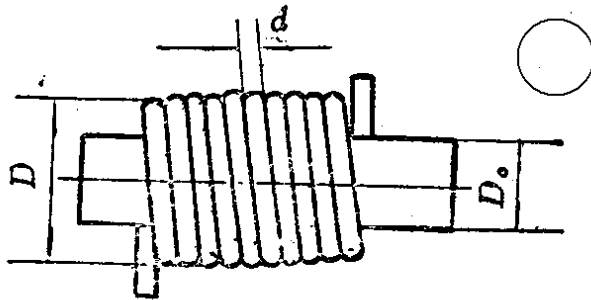


表 17-3 摇杆直径表

(毫米)

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				±0.2
18				14.3	11.9	10.4	9.0				
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17-4选择。

表 17-4

d (毫米)	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17-16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。

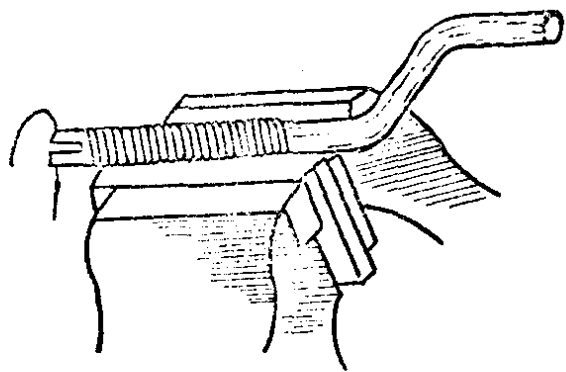
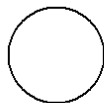


图 17-16 绕簧方法

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3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°，再把环扭转至中心。

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。



第十八章 装 配

一、概 述

按照一定精度标准和技术要求，将已加工好、并经检验合格的零件联接或固定在一起，使之成为部件或产品的过程，称为装配。

1. 装配工作的重要性

装配工作是制造机器的重要阶段，对机器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以及润滑装置的油路不通等，机器工作起来，零件就会很快磨损，这样就会降低机器的使用寿命。装配得不好的机器，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，必须认真搞好。

2. 对装配工作的一般要求

(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。

3. 装配时联接的种类

表 18-1

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、柱塞与套筒等动配合零件	任何活动联接的铆合头

4. 装配的过程

(1) 装配前的准备

1) 研究和熟悉装配图及有关技术文件，了解产品的结构、各零部件的作用和相互关系以及联接方法；

2) 确定装配方法和程序，准备必要的工艺装备和材料等；

3) 检查零件的加工质量，并根据需要进行适当的修整工作；

4) 清洗零件。

(2) 装配

1) 部件装配；

2) 总装配。

(3) 调整和试验。

(4) 装配后的整理和修饰。

二、装配方法

1. 装配的一般方法

(1) 完全互换法：按此法进行装配时，装配精度由零件的制造精度来保证，不需要任何的修配、选择及其他辅助工作，装上去就能满足质量要求。

采用这种方法的优点是，零部件能完全互换，因而装配工作简单、经

挤、效率高，对组织协作，组织装配流水线生产以及解决易损件的制备者有很大好处。但是，完全互换法对零件的加工精度要求较高，费用大，所以只适用于大批量生产，如汽车、拖拉机的装配等。

(2) 选配法，装配前按公差范围将零件分成若干组，然后将对应的零件组合进行装配，以达到要求的装配精度。用选配法，可在不增加加工费用的情况下，提高装配精度。这种方法适用于成批生产中一些精密配合的装配。

(3) 修配法：当装配精度要求较高，采用完全互换法不够经济时，常用修整某配合零件的方法来达到规定的装配精度。采用这种方法，在加工零件时，不必太精确，可留适当余量，在装配时进行修配。这样，既能达到要求的精度，又减少了机床的加工时间。修配法常用在成批生产精度高的产品或单件、小批生产中。

(4) 调整法：装配时，通过调整一个或几个零件的位置，以消除零件间的积累误差，来达到装配要求。如用不同尺寸的可换垫片、衬套、可调节螺丝和镶条等进行调整。

此种方法比修配法方便，并且也能达到很高的装配精度，所以，在大批生产和单件生产中均可采用。

2. 过盈配合的装配

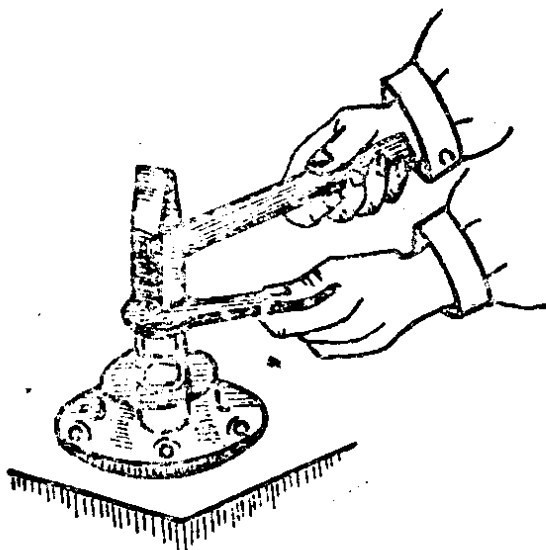


图 18-1 用锤击法压装

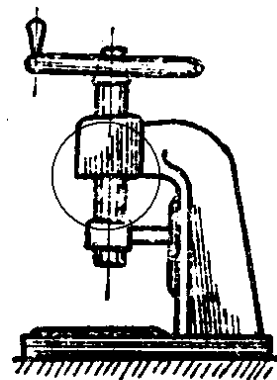


图 18-2 螺旋压力机

(1) 压装法：过盈配合通常采用压装法进行装配。对于过盈量较小的零件（如销子、套筒等）的压装，可用软锤（如木锤、铜锤等）打入，如图18-1所示；对于数量较多的零件，可用压力机（图18-2）代替手工操作；对于在不方便或难于达到的地方进行过盈连接时，可采用各种手动的机械工具，如千斤顶（图18-3）或弓形夹具（图18-4）等。

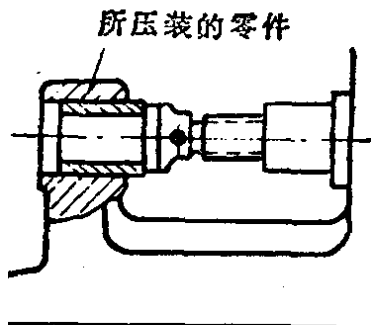


图 18-3 用千斤顶压装

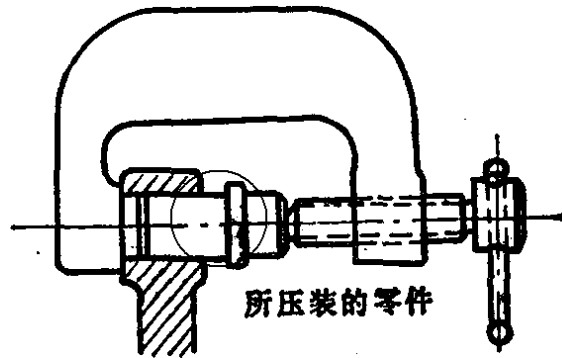


图 18-4 用弓形夹具压装



图 18-5 压装零件的倾斜角示意图

过盈配合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 ϕ （如图18-5），以使压装力尽量减小，通常 ϕ 角约为 10° 。

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，直至压装完成。

(2) 红装法：红装法（即红套装配法）又叫热装法，它是利用金属材料热胀冷缩的物理特性，在孔与轴有一定过盈量的情况下，把孔加热，使孔胀大，然后将轴装入胀大的孔中，待冷却后，轴与孔就形成能传递轴向力、扭矩，或轴向力与扭矩同时作用的结合体。

红装法的优点是所用设备的结构简单，比压装法能承受更大的轴向力

和扭矩，所以应用比较广泛。

对于结构复杂的重、大型工件，为了解决缺乏大型加工设备的困难，常采用组合红套装配的方法。如万匹马力柴油机的曲轴，就是将主轴颈和曲柄分别加工后，将它们组合红套成一个整体曲轴的。

红装时，一般中小型零件可放在油中加热；大型零件或过盈量较大的配合可采用燃气炉或电炉加热。

为了传递一定的轴向力和扭矩，红套装配的过盈量必须有适当的数

表 18-2 红套直径过盈公差表

(毫米)

公称直径	轴的偏差	孔的偏差	公称直径	轴的偏差	孔的偏差
25	+0.06	+0.015	400	+0.69	+0.040
	+0.04	+0		+0.64	+0
50	+0.10	+0.015	425	+0.73	+0.040
	+0.08	+0		+0.68	+0
75	+0.14	+0.015	450	+0.77	+0.050
	+0.12	+0		+0.72	+0
100	+0.18	+0.016	475	+0.81	+0.050
	+0.16	+0		+0.76	+0
125	+0.23	+0.016	500	+0.85	+0.050
	+0.20	+0		+0.80	+0
150	+0.27	+0.018	525	+0.89	+0.050
	+0.24	+0		+0.84	+0
175	+0.31	+0.018	550	+0.93	+0.060
	+0.28	+0		+0.88	+0
200	+0.35	+0.020	575	+0.97	+0.060
	+0.32	+0		+0.92	+0
225	+0.40	+0.020	600	+1.02	+0.060
	+0.36	+0		+0.96	+0
250	+0.44	+0.025	625	+1.06	+0.060
	+0.40	+0		+1.00	+0
275	+0.48	+0.025	650	+1.10	+0.060
	+0.44	+0		+1.04	+0
300	+0.52	+0.030	675	+1.14	+0.070
	+0.48	+0		+1.08	+0
325	+0.57	+0.030	700	+1.18	+0.070
	+0.52	+0		+1.12	+0
350	+0.61	+0.035	725	+1.22	+0.070
	+0.56	+0		+1.16	+0
375	+0.65	+0.035	750	+1.26	+0.070
	+0.60	+0		+1.20	+0

直，一般可根据下面的经验公式确定：

$$\delta \approx \frac{d}{25} \times 0.04 \text{ 毫米}$$

式中 δ —轴、孔间的过盈量（毫米）；

d —轴和孔的公称直径（毫米）。

即每25毫米直径需0.04毫米过盈量。

表18-2所列为公称直径25~750毫米红套配合的轴、孔公差。

(3) 冷装法：冷装是实现过盈联接的一种新技术。它是将具有一定过盈量的零件（内塞件）在致冷剂内进行冷却，使尺寸收缩到没有过盈量、再装到本体上去、待温度回升后便实现了过盈配合的一种装配方法。

采用冷装法不但操作简便，能保证质量，而且还可大大提高装配效率。

1) 冷却温度的计算

表 18-3 材料的冷缩系数

序号	材料名称	冷缩系数 $\alpha \cdot 10^{-6}$ 毫米/米·度
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	9
5	铜	14
6	青 铜	15
7	黄 铜	16
8	铝 合 金	18
9	锰 合 金	21

冷装配合零件的温差($^{\circ}\text{C}$)。

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{\alpha \cdot d \cdot 10^3}$$

式中 α —低温时零件的冷缩系数(毫米/米·度),见表18-3;

d —零件配合直径(毫米);

Δd —被冷却零件的最大收缩量(微米),见表18-4。

若操作室内的温度为 t_0 ,则冷装零件所需的冷却温度为

$$t = t_0 - \Delta t$$

表 18-4 不同配合座及配合尺寸时的 Δd 值 (微米)

配合直径 (毫米)	过渡配合				静配合					
	ga	gb	gc	gd	jd	je	jf	jc4	jb4	ja4
30~50	47	39	32	20	99	64	59	122	137	187
50~80	55	45	38	25	135	80	70	150	180	240
80~120	65	55	46	32	180	115	90	180	230	300
120~180	77	65	55	39	245	150	110	225	300	380
180~260	90	75	65	46	330	195	135	280	395	480
260~360	110	90	80	58	440	260	175	345	510	605
360~500	130	110	95	70	595	350	220	445	670	790

[例]挖掘机履带架的青铜套,配合直径为 $\phi 180\text{jc}4$,车间温度为 20°C ,求冷装时的冷却温度 t ?

解:查表18-3,材料为青铜时, $\alpha = 15 \times 10^{-6}$ 毫米/米·度;查表18-4,配合直径为 $180\text{jc}4$ 时, $\Delta d = 280$ 微米。

代入公式

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{\alpha \cdot d \cdot 10^3} = \frac{280}{15 \times 10^{-6} \times 180 \times 10^3} = 104^{\circ}\text{C}$$

已知 $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$

所以,冷装时冷却温度 $t = t_0 - \Delta t = 20 - 104 = -84^{\circ}\text{C}$

2)致冷剂的选择:常用的致冷剂有固体二氧化碳(俗名干冰)、液态氮、液态氧和液态空气。其主要性能见表18-5。

表 18-5 致冷剂的主要性能

序号	冷却剂名称	状态	沸点 ℃ (标准压力下)	蒸发潜热千卡/公斤 (标准压力下沸点时)	比 重 公斤/米 ³
1	干冰(固体CO ₂)	固态	-78.5℃	137.2	1190(固态)
2	液 态 氮	液态	-195.8℃	48	808(液态)
3	液 态 氧	液态	-182.5℃	51.7	1140(液态)
4	液 压 空 气	液态	-190~-195℃	47	861(液态)

一般是根据冷却温度来选择致冷剂：冷却温度高于-78℃属于一般性冷却范围，用干冰是适宜的，干冰的蒸发潜热高，冷却效率亦高；冷却温度低于-78℃的，属深冷范围，则需用液态氮或液态空气，也可用液态氧。

3) 致冷剂耗量的计算

致冷剂的耗量

$$N = \frac{1000Q}{K\beta\gamma} + A \text{ (升)}$$

式中 K —致冷剂的汽化潜热(千卡/公斤)，见表18-5；

β —热损失系数，一般为0.5~0.9；

γ —液态气体的比重(公斤/米³)，见表18-5；

A —零件冷却完毕，槽内残存的冷却剂(升)；

Q —冷却时所放出的热量(千卡)。

$$Q = (GC + G_1C_1)\Delta t \text{ (千卡)}$$

式中 G —被冷却零件的重量(公斤)；

G_1 —容器的重量(公斤)；

C —被冷却零件材料的比热(千卡/公斤·度)；

C_1 —容器材料的比热(千卡/公斤·度)；

Δt —温差(度)。

表 18-6 金属材料的比热

材料名称	比热 (千卡/公斤·度)	材料名称	比热 (千卡/公斤·度)
灰铸铁	0.13	青铜	0.092
铸钢	0.113	紫铜	0.090
软钢	0.12	铝	0.216
黄铜	0.094	铅	0.031

4) 冷装使用的设备

① 冷却槽：冷却槽是对零件进行冷却的主要设备，一般做成圆形，有

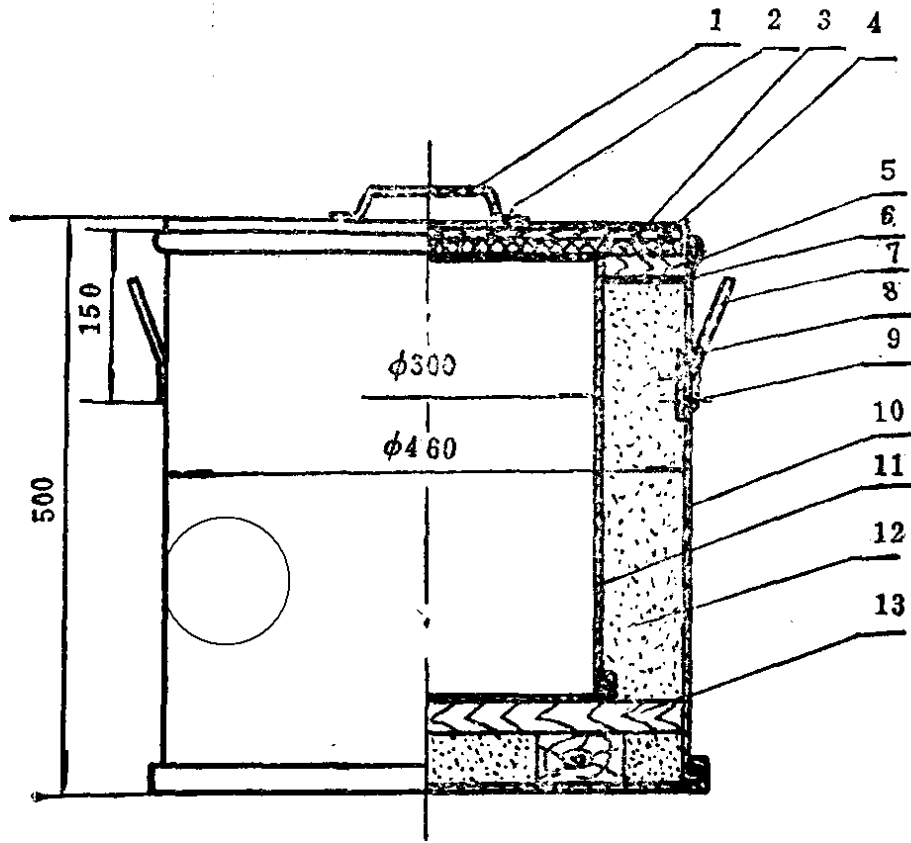


图 18-6 冷却槽

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

内外双层壁，中间放置绝热材料。槽底用木料垫住，槽盖亦有绝热层，盖上有小孔供观察用。

一般冷却槽的结构如图18-6所示。

②贮存罐：贮存罐是贮存和运输致冷剂的特制容器。因为液态氮、液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18-7。

表 18-7 小型液态气体贮存罐的规格和性能

容 量		容器重量(公斤)		尺寸(毫米)		贮存损失(克/小时)
升	公斤	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擦净、装入冷却槽（每次最好装10公斤左右），然后注入致冷剂（每15升致冷剂可冷缩8~10公斤零件），并立即盖好盖。约经5分钟之后，冷却即告结束。

开盖后，用钳子将零件夹出，放在木板上。紧接着即可把它装入孔内。冷装时，要注意调整好零件在孔内的位置，约1分钟之后，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。

三、装配时零件的清理和洗涤

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。

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。

化学除锈的工艺过程一般为：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 18-8 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℃	2 分钟以上	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：150克（±5%） 硫酸：15克（±10%） 水：1 升	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：480毫升 （比重1.71） 丁酮或丙酮：500毫升 对苯二酚：20克 水：2~2.5升	室 温	数十秒到数分钟	除锈快，对金属腐蚀不大。处理超过5分钟时，金属受腐蚀变暗变黑

(续)

配 方	处理温度	处理时间	说 明
4. 磷酸: 550毫升 (比重1.71) 丁醇: 50毫升 乙醇: 50毫升 对苯二酚: 10克 水: 240毫升	室 温	10秒到30分钟	除锈速度快, 对金属腐蚀不大, 超过30分钟金属就变黑。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℃	25分钟到40分钟	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, 处理后用冷水冲洗→中和,(碳酸钠2%, 水98%, 浸洗5~10分钟)→冷水冲洗

表 18-9 除锈液对“双”金属除锈的应用

配 方	使 用 说 明
硝 酸: 5% 磷 酸: 5% 三氧化铬: 10% 重铬酸钠: 3% 水: 77%	先用汽油除去油膜, 然后, 放到酸溶液中于室温下浸泡1~1.5分钟, 取出后用水冲洗, 用2%的碳酸钠水溶液中和2分钟, 再用水冲洗干净, 擦干

表 18-10 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(比重1.84): 100毫升 水: 900毫升	室 温	数分钟到30分钟	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	8~9分钟	适用于铍青铜
3. 硫酸(比重1.84): 30毫升 铬酐: 90克 碳酸钠: 1克 水: 1升	室 温	1~1.5分钟	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: 80克 磷酸(比重1.71): 200毫升 水: 1升	室 温	数分钟到10分钟	对金属腐蚀极微, 但不能除掉重锈
2. 硝酸: 5%	室 温	数分钟到10分钟	加1%重铬酸钾, 可减少 对金属的腐蚀

(续)

配 方	处理温度	处理时间	说 明
3. 苛性钠: 40~60克 水: 1升	50~60℃	1~2秒钟	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
美 合 金			
1. 铬酐: 20% 水: 80%	室 温	8~10分钟	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℃	8~10分钟	

(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(比重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1~5毫米左右的除锈膏。除锈时间, 以除去锈为标准, 一般需要20~60分钟。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18-1, ~18-13。

表 18-11 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
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 18-12 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、吡啶四氯化物等)	沸点低,易挥发,无燃烧性,不与空气形成可燃性混合气体,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毫克/立方米);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5~8分钟就可去除油脂 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 18-13 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: 1.5~1 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5~10分钟 (2) 再用冷水漂洗
2.氢氧化钠: ~2 磷酸三钠: 5~8 水玻璃: 3~4 水: 余量	同 上	同 上

(续)

清洗液配方%	性能及用途	清洗工艺说明
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5~10分钟 (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

四、典型机构的装配

1. 螺纹联接的装配

(1) 常用的装配工具

1) 螺钉旋具: 螺钉旋具 (又叫螺丝刀、起子或改锥) 用于旋紧 (或松开) 头部带沟槽的螺钉, 一般由碳素工具钢制成。

根据柄部的材料, 螺钉旋具分为以下两种:

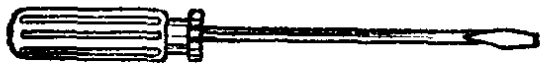
① 木柄螺钉旋具 (图18-7-I): 它又分为普通式和串心式两种, 串心式能承受较大的扭力, 并可在尾部敲击。

② 塑料柄 (胶柄) 螺钉旋具 (图18-7-II): 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形螺钉旋具和十字形螺钉旋具两种, 这两种螺钉旋具的规格分别见表18-14和表18-15。



I



II

图 18-7 螺钉旋具

I—木柄螺钉旋具； II—塑料柄螺钉旋具

表 18-14 一字形螺钉旋具(SG15-72)

公称尺寸 (毫米)	全长(毫米)		公称尺寸 (毫米)	全长(毫米)	
	木柄	塑料柄		木柄	塑料柄
50×3+	105	100	65×6	175	155
50×5*	135	120	75×3+	130	125
65×3+	120	115	75×4	145	135
65×5*	150	135	75×5*	160	145
75×6	185	165	200×8*	335	310
100×3	155	150	200×10	380	350
100×5	185	170	250×4	320	310
100×6*	210	190	250×5	335	320
100×8	235	210	250×6	360	340
125×6*	235	215	250×8	385	360
125×7	245	225	250×9*	400	380
150×3	205	200	300×8	435	410
150×4	220	210	300×9	450	430
150×6	260	240	300×10*	480	450
150×7*	270	250	350×9	500	480
200×3	255	250	350×10	530	500
200×5	285	270	400×10	580	550

注：1. 公称尺寸的两组字，前为柄外杆身长度，后为杆身直径。

2. 带*号的，为常见规格；带+号的，为小型塑料柄螺钉旋具常见规格。

表 18-15 十字形螺钉旋具(SG15-72)

十字形 规格代号	公称尺寸 (毫米)	总长(毫米)		十字形 规格代号	公称尺寸 (毫米)	总长(毫米)	
		木柄	塑柄			木柄	塑柄
I (2~2.5)	50×5	135	120	II (5.5~8)	100×8	235	210
	75×5	160	145		150×8	285	260
	100×5	185	170		200×8	335	310
	150×5	235	220		250×8	385	360
III (3~5)	50×6	160	140	IV (10~12)	250×10	430	400
	100×6	210	190		300×10	480	450
	150×6	260	240		350×10	530	500
	200×6	310	290		400×10	580	550

注：1.规格号下，括号内为适用的螺钉直径（毫米）。

2.公称尺寸的两组字，前为柄外杆身长度，后为杆身直径。

2) 扳手

①固定扳手：主要用来装卸六方形和方形螺母，分为单头、双头和梅花扳手几种。图18-8是一种双头开口扳手，其各部尺寸见表18-16。

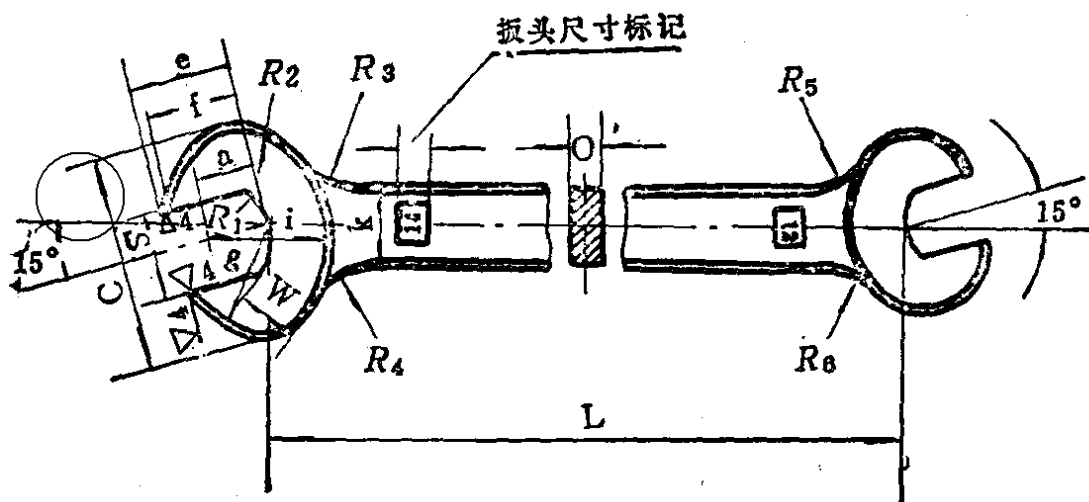


图 18-8 开口扳手

表 18-16 双头开口扳手的尺寸
(毫米)

名义尺寸	S		适用于螺栓		a	R ₁	C	e	f	g	i	R ₄ R ₅	L	O	R ₃ R ₆	W
	最大	最小	英制	公制												
9×11	9.3	9.1	—	4.5; 5	7	8	22	10	9	12	14	10	110	3.5	20	7
	11.3	11.1	1/4"	6; 7	8.5	9	28	12.5	11	15	17	13			26	8.5
11×14	11.3	11.1	1/4"	6; 7	8.5	9	28	12.5	11	15	17	13	120	4	26	8.5
	14.3	14.1	5/16"	8	11	10	35	16	15	17.5	22	15			30	11.5
14×17	14.3	14.1	5/6"	8	11	10	35	16	15	17.5	22	15	130	5	30	11.5
	17.3	17.1	3/8"	9; 10	12	13	39	18.5	17	20	24	17			34	12
17×19	17.3	17.1	3/8"	9; 10	12	13	39	18.5	17	20	24	17	140	6	34	12
	19.4	19.1	7/16"	11	12	14	44	21	19	22	26	18			36	13
17×22	17.3	17.1	3/8"	9; 10	12	13	39	18.5	17	20	24	17	150	6	34	12
	22.4	22.1	1/2"	12; 14	13	15	50	22	21	26	29.5	20			40	15.5
19×22	19.4	19.1	7/16"	11	13	14	44	21	19	22	26	18	160	6	36	13
	22.4	22.1	1/2"	12; 14	13	15	50	22	21	26	29.5	20			40	15.5
22×24	22.4	22.1	1/2"	12; 14	13	15	50	22	21	26	29.5	20	170	6	40	15.5
	24.4	24.1	—	—	15	15	54	24	23	27.5	32	22			44	16.5

(续)

S		适用于螺栓														
		最大	最小	英制	公制	a	R ₁	C	c	f	g	i	R ₄ R ₅	L	O	R ₃ R ₆
22×27	22.4	22.1	1/2"	12;14	13	15	50	22	21	26	29.5	20	180	6	40	15.5
	27.4	27.1	5/8"	16	16	15.5	61	27	26	31.5	34.5	24			48	18
24×27	24.4	24.1	—	—	15	15	54	24	23	27.5	32	22	190	6	44	16.5
	27.4	27.1	5/8"	16	16	15.5	61	27	26	31.5	34.5	24			48	18
27×32	27.4	27.1	5/8"	16	16	15.5	61	27	26	31.5	34.5	24	210	7	48	18
	32.5	32.2	3/4"	18;20	20	22.5	70	32	30	35.5	42.5	28			56	21
32×36	32.5	32.2	3/4"	18;20	20	22.5	70	32	30	35.5	42.5	28	235	7	56	21
	36.5	36.2	7/8"	22;24	22	23	77	35	33	40	46	32			64	23
41×46	41.5	41.2	1"	27	24	26	84	40	37	42	49	35	290	8	70	23.5
	46.5	46.2	1 1/6"	30	27	29	94	45	42	48	55	38			76	26.5
50×55	50.5	50.2	1 1/4"	33	29	31	102	48.5	45	52	60	42	350	10	84	29
	55.6	55.2	1 3/8"	36	32	34	112	53	50	57	65	45			90	31
60×65	60.6	60.2	1 1/2"	39	35	37	122	58	54	62	71	48	400	11	96	34
	65.6	65.2	1 5/8"	42	38	40	132	62	59	67	77	52			104	36.5

②活扳手：此种扳手开口的宽度可以调节，能扳动一定尺寸范围内的角头或方头螺栓、螺母。活扳手的规格见表18-17。

表 18-17 活 扳 手(SG14-70)

长 度 (毫米)	100	150	200	250	300	375	450	600
大开口宽度(毫米)	14	19	24	30	36	46	55	65

③套筒扳手：它由一套尺寸不等的扳手组成，除具有一般扳手的功用，特别适用于旋动地方很狭小或凹下很深的地方的六角头螺栓或螺母。筒扳手的规格见表18-18。

表 18-18 套 筒 扳 手

套筒扳手 品 种	每 套 套 筒 扳 手 配 套 项 目			
	套筒头规格 (螺母平行对 边距离,毫米)	方 孔 或 方 榫 尺 寸 (毫米)	手 柄 及 手 连 接 杆	接 头
小12件	4,5,5.5,7,8,9,10,12	7	棘轮扳手 活络头手柄 通用手柄 长接杆	—
6 件	12,14,17,19,22	13	弯头手柄	—
9 件	10,11,12,14,17,19, 22,24	13	弯头手柄	—
10件	10,11,12,14,17,19, 22,24,27	13	弯头手柄	—
13件	10,11,12,14,17,19, 22,24,27	13	棘轮扳手 活络头手柄 通用手柄	直接头
17件	10,11,12,14,17,19, 22,24,27,30,32	13	棘轮扳手 滑行头手柄 摇手柄 长接杆 短接杆	直接头

(续)

套筒扳手 品 种	每套套筒扳手配套项目			
	套筒头规格(螺母平行对边距离,毫米)	方孔或方棒尺寸(毫米)	手柄及连接杆	接 头
28件	10,11,12,13,14,15, 16,17,18,19,20,21, 22,23,24,26,27,28, 30,32	13	棘轮扳手 滑头手柄 摇手柄 长接杆 短接杆	直 接 头 万 向 接 头 旋 具 接 头
大19件	22,24,27,30,32,36, 41,46,50,55	20	棘轮扳手 滑头手柄 弯头手 弯头力 弯头力 弯头力 弯头力	活 络 头 滑 行 头
	65,75,	25		

④专用扳手：它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(图18-9)等。

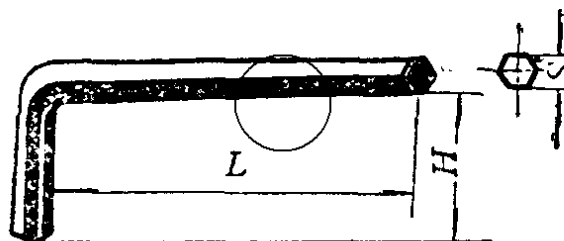


图 18-9 内六角扳手

内六角扳手的规格见表18-19。

表 18-19

公称尺寸 S (毫米)	3	4	5	6	8	10	12	14	17	19	22	24	27
短腿长度 H (毫米)	20	22	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80
长腿长度 L (毫米)	65	75	85	95	110	125	140	150	170	185	210	225	25

注：公称尺寸相当于内六角螺钉的内孔平行对边距离。

3) 机械化工具：螺纹联接常用的机械化工具有：风动锤、风动扳手、液压拉伸器等。

(2) 对螺纹联接装配的一般要求

1) 螺钉、螺母应在机油中洗净，螺孔内的脏物应当用压缩空气吹净。

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) 在工作有振动时，为防止螺钉和螺母回松，应采用防松装置。

(3) 装配方法

1) 旋紧螺钉的方法：螺钉的旋紧程度和次序，对装配工作的精度和机器的寿命有很大的关系，因此必须采用正确的旋紧方法。

图18-10是几种常见的螺钉的分布情况，旋紧时必须按照图中所标的顺序号进行。

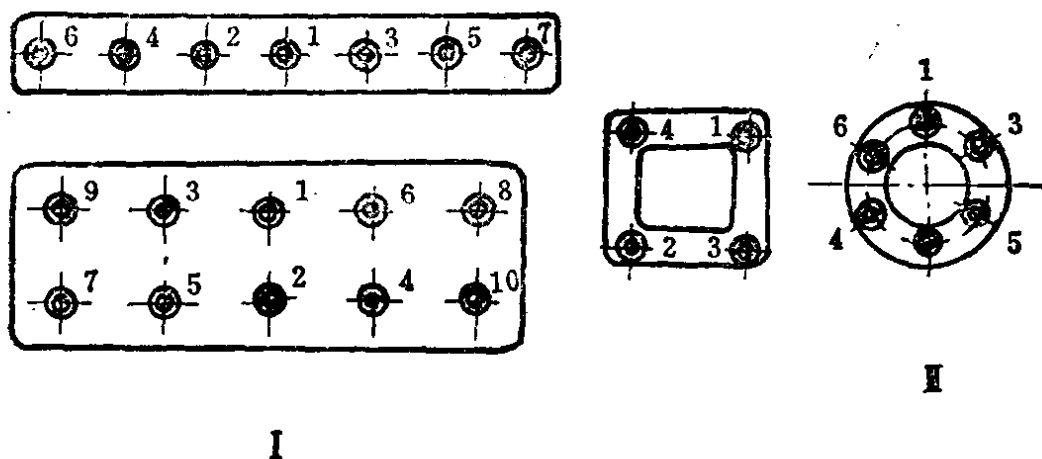


图 18-10 旋紧螺钉的次序

I—条形工件； II—方形工件； III—圆形工件

旋紧螺钉时可采用各种扳手或机械化工具，旋紧力应适当，旋扭的紧应适度。

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、止退垫圈或带翅垫圈来防松；

⑤沉头螺钉用打洋冲眼的办法来止动定位；

⑥用点铆的办法来制止螺母的回松。

2. 键联接的装配

(1) 平键的装配：装配平键时，在键的两侧面应有一定的过盈，而在键的顶面和轮毂间必须有一定的间隙，键的底面则应与槽底相接触。

平键的装配方法如下：

1) 清除键槽的锐边，以防装配时造成过大的过盈；

2) 修配键与槽的配合精度及键的长度；

3) 修锉圆头；

4) 将键安装于轴的键槽中，并使键底与槽底接触；

5) 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，斜键的一端带有钩头（图18-11），以便于拆装。装配时，斜键的顶面要与键槽的顶面相接触，二者的斜度要一致。

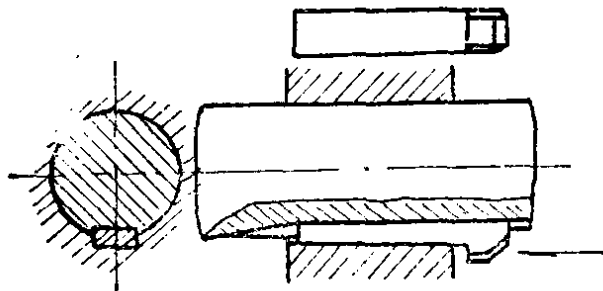


图 18-11 斜键联接

斜键的装配方法如下：

1) 清除键槽的锐边；

2) 修理键与槽的配合精度，然后把轮毂套在轴上；

3) 使轴与轮毂键槽对正，在斜键的斜面涂色以检查斜度是否正确，并用刮削法进行修整；

4) 清洗斜键及键槽，并将斜键上油敲入键槽中。

(3) 花键的装配：当需要传递较大的扭矩时，可采用花键联接。

花键轴与花键孔多为滑动配合。花键轴在滚出或铣出后，一般经过磨削。花键孔是拉出来的，因此轴与孔比较准确。

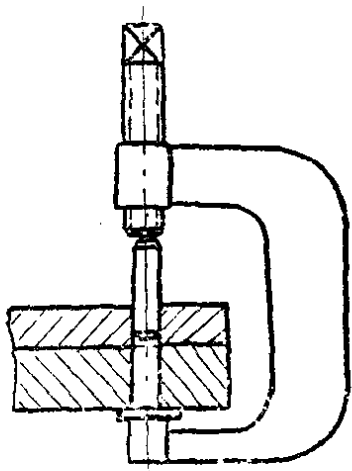
装配时，首先要清理好毛刺和锐边。然后把孔套在轴上，根据涂色检验的结果修正其间的配合，直至花键孔在轴上能够自由滑动为止。

装配后，应进行检查。检查的方法是用手晃动轴上的轮，不能感觉到

有任何间隙；零件在全长上移动的松紧程度要均匀，不允许有局部倾斜或花键的咬塞现象。

3. 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，则必须调换。为了保证销联接的过盈量，要求销子和孔的表面光洁度要在 $\nabla 6 \sim \nabla 8$ 左右。



装配时，先将两个被联结的零件紧固在一起进行钻孔和铰孔，严格控制配合精度，然后将选择合适的销钉涂上润滑油，用铜棒垫好，打入孔内。打入销钉时，不可用力过大，以免将销钉头打成翻帽。对于某些定位销，不能用打入法时，可用C形夹头把销子压入孔内（图18-12）。

图 18-12 用C形夹头把销子压入孔中 (2) 圆锥销的装配：圆锥销本身有1:50的锥度，比圆柱销联接更加牢靠，并且拆卸后仍可使用。

装配后，销子的大端应稍露出零件表面，或与零件表面一样平，小头应与零件表面一样平或缩进一些。圆锥销孔铰好后，如果能用手将圆锥销塞入孔内80~85%，则能获得正常的过盈，而销子装入孔内的深度也较适当（图18-13）。

4. 轴承的装配

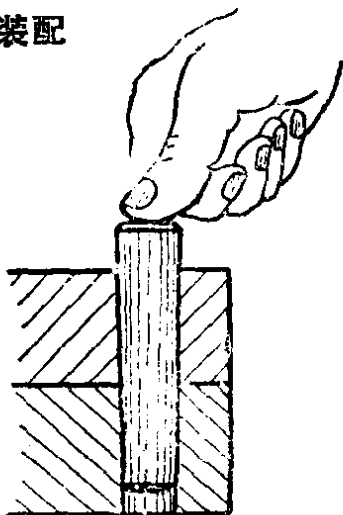


图 18-13 圆锥销的正确配合

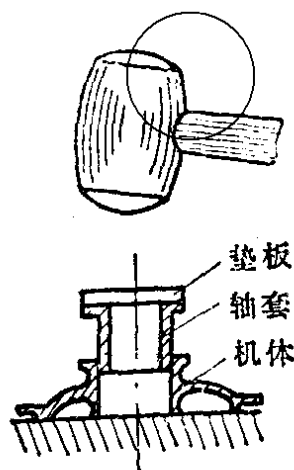


图 18-14 轴套的敲入

(1) 滑动轴承的装配：滑动轴承装配时，要根据轴承结构的不同采取不同的方法。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：

1) 压入轴套：根据轴套尺寸和过盈量的大小，可采用敲入或压入的方法进行装配。当尺寸和过盈量较小时，可用手锤加垫板将轴套敲入（图18-14）；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0.1毫米时，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（图18-15）。

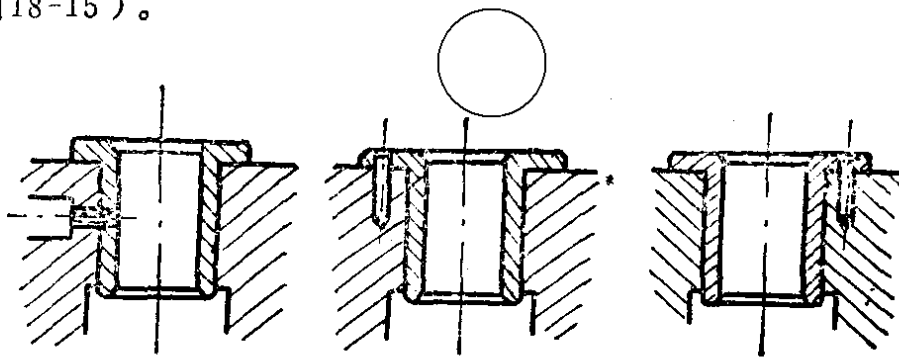


图 18-15 轴套的固定

3) 装配后的检查和修整：轴套（特别是薄壁套）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，在装配后需进行检查和修整。

修整时，可采用铰削、刮研、珩磨等方法，使轴套和轴颈之间的间隙和接触点达到所要求的质量。

(2) 滚动轴承的装配：滚动轴承的装配，主要是指轴承内环与轴及轴承外环与轴承孔的装配。

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，除用压力机压入外，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0.25~0.5毫米的轴向间隙（图18-16）。

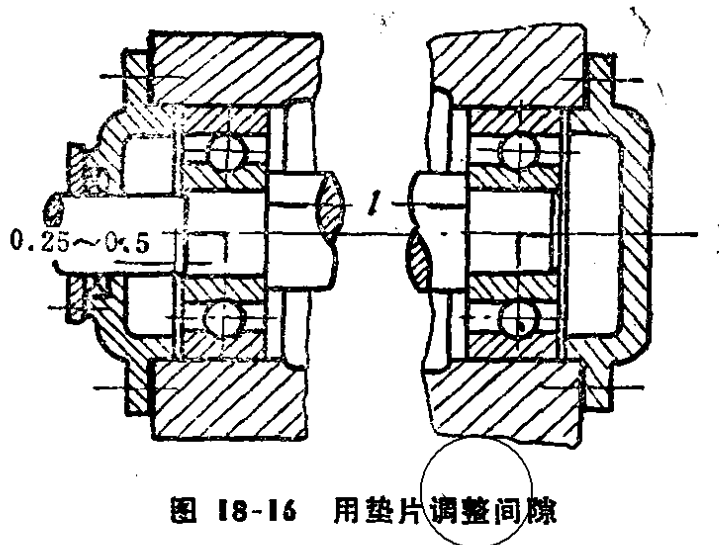


图 18-16 用垫片调整间隙

对于轴承内外环的轴向固定，除用轴肩外，还可采用压板及垫压盖加以限制。轴向载荷越大、轴承的转速越高，越应注意固紧。否则将因松动而造成轴承损坏。

5. 皮带传动机构的装配

(1) 对皮带传动机构装配的技术要求

- 1) 皮带的张紧力应能保证皮带和皮带轮的接触面间有足够的摩擦力，以传递一定的功率；
- 2) 当两个皮带轮的宽度相同时，它们的端面应位于同一平面内；
- 3) 皮带轮装在轴上，应没有歪斜和摆动；

4) 平皮带在轮面上应保持在中位置，工作时不应脱落。

(2) 皮带轮的装配：皮带轮装在轴上，一般采用过渡配合，并且靠键来传递动力。

装配时，首先按轴和轮毂孔中的键槽来修配键，涂上润滑油后，再把皮带轮压装在轴上。压装时，最好采

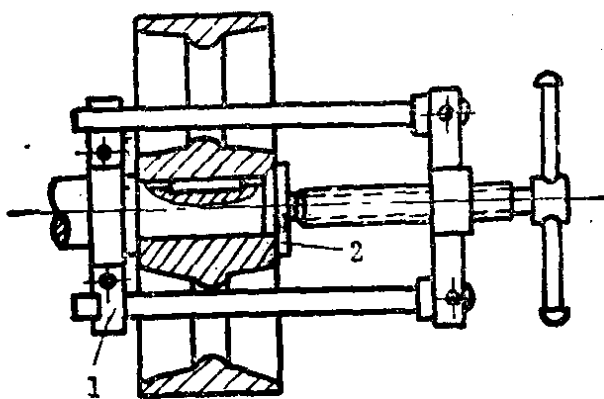


图 18-17 螺旋压入工具

1—卡头；2—压板

用专用的螺旋工具（图18-17）。不要直接敲打皮带轮的端部。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）皮带轮装配后的检查：皮带轮装在轴上后，应在轮缘处检查其轴向和端面摆动。较大的皮带轮可用划针盘检查，较小的皮带轮可用百分表进行检查。

皮带轮之间的相互位置，对皮带传动质量的影响很大，如果偏移，就会使皮带的张力不均、磨损加剧，甚至造成皮带自行滑脱。因此，对于皮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，可用平尺进行检查（图18-18-I）；如果中心距较大，可用钢卷尺或拉线法进行检查（图18-18-II）。

皮带的张紧力，一般凭经验而定。在安装新皮带时，其最初张紧力应比正常的张紧力大。这样，在工作过一段时期后，皮带才能仍然保持一定的张紧力。

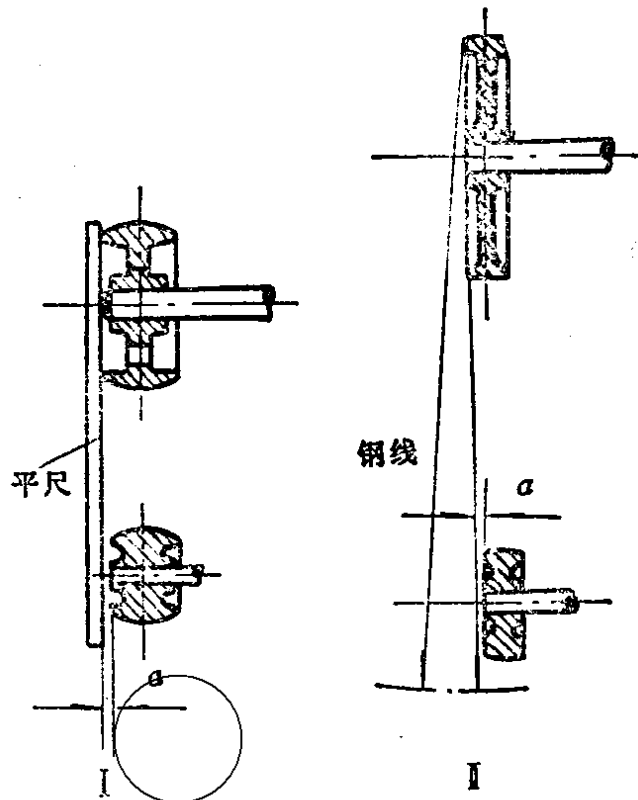


图 18-18 皮带轮安装位置的检查

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；
- 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18-19）。

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。

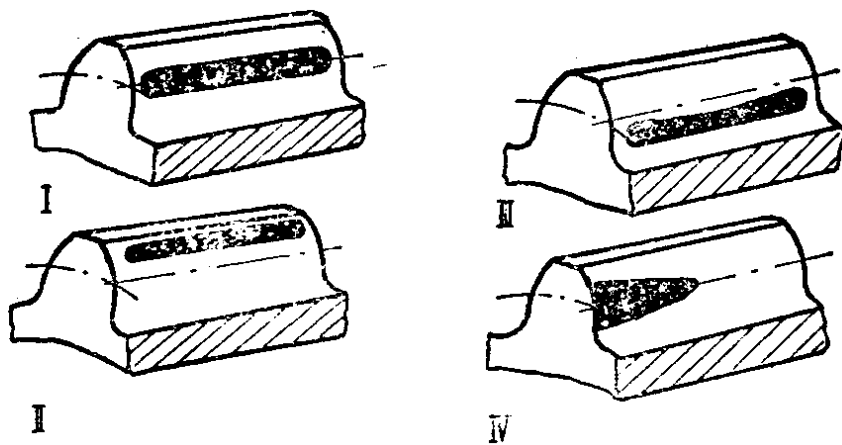


图 13-19 用涂色法检验啮合情况
I—正确的；II—中心距太大；III—中心距太小；IV—中心线歪斜

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18-20所示，I、II为两轴线不在同一平面内的情况。如果蜗杆的轴已固定，则可按箭头方向调整蜗轮的轴向位置使达到要求（如图中III示）。

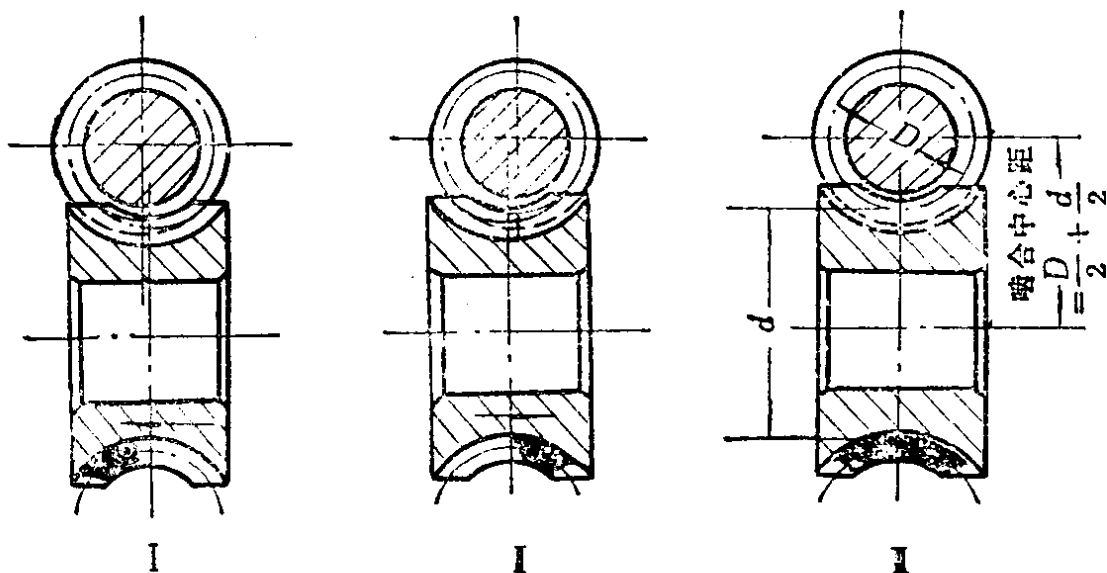


图 18-20 用涂色法检验蜗杆与蜗轮轴两线是否在同一平面上

I、II—不在同一平面内；III—在同一平面内

蜗杆传动的装配精度见表18—20。蜗杆和蜗轮啮合时的齿侧间隙见表18-21。

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. 曲柄、连杆、活塞机构的装配

(1) 曲柄、连杆、活塞机构的动作原理：曲柄、连杆、活塞机构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 18-2 所示。从图中可以看到，它由曲柄 1、连杆 2 及活塞 3 组成。曲柄 1 绕点 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。当曲柄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。曲柄连续转动，活塞就做上下往复运动。

表 18-20 蜗杆传动的装配精度

精度等级	偏差和公差代号	模数 m (毫米)	中 心 距 (毫米)			
			>40~80	>80~160	>160~320	>320~630
7	接 触 斑 点		按齿高不小于60% 按齿长不小于65%			
	$\Delta s_A, \Delta x_A$	>1~30	±42	±55	±70	±85
	$\Delta s_g, \Delta x_g$	>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%			
	$\Delta s_A, \Delta x_A$	>1~30	±65	±90	±110	±130
	$\Delta s_g, \Delta x_g$	>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%			
	$\Delta s_A, \Delta x_A$	>1~30	±105	±140	±180	±210
	$\Delta s_g, \Delta x_g$	>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 18-21 齿侧保证间隙

中心距(毫米)	>40~80	>80~160	>160~320	>320~630
齿侧保证间隙(微米)	95	130	190	260

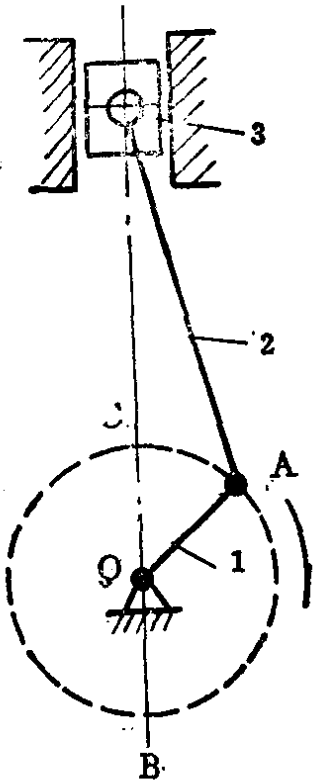


图 18-21 曲柄、连杆、活塞机构示意图

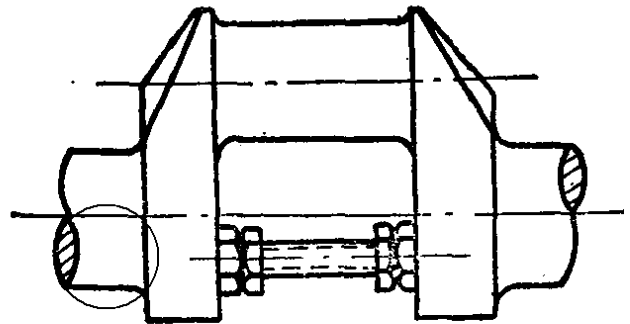


图 18-22 曲臂间用支柱支撑

(2) 曲柄、连杆、活塞机构的装配

1) 曲轴的安装：曲轴由曲柄销、曲柄臂和主轴径组成。曲轴的安装应保证曲轴中心线与支承轴承中心线平行。为了达到这一目的，其基本措施就是刮研轴承。

在安装时应注意，吊装曲轴时，曲臂之间要用支柱支撑（图18-22），以防变形。

主轴承的径向安装间隙见表18-22。

表 18-22 主轴承与轴径直径的安装间隙 (毫米)

主 轴 直 径	内 燃 机 (压 缩 机)			蒸 汽 机	
	转速 < 150	转速 150 ~ 500	转速 > 500	油线润滑	压力润滑
75以下		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

安装时, 主轴承与轴径配合的最大容许间隙不得超过表18-23所规定的数值。

表 18-23 主轴承与轴径的最大容许间隙 (毫米)

主 轴 径	内 燃 机 (压 缩 机)		蒸 汽 机	
	转速 ≤ 150	转速 > 150	油 线 润 滑	压 力 润 滑
150以内	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：连杆在装配前，应检查两端大小孔中心线的平行度。

对于整体式连杆，先将小端的衬套压入，并与活塞销配研，利用专用工具进行检查，如图 18-23 所示，百分表沿轴向移动，如读数超过标准范围，须修刮小端铜套，大端轴承孔决不能修刮。

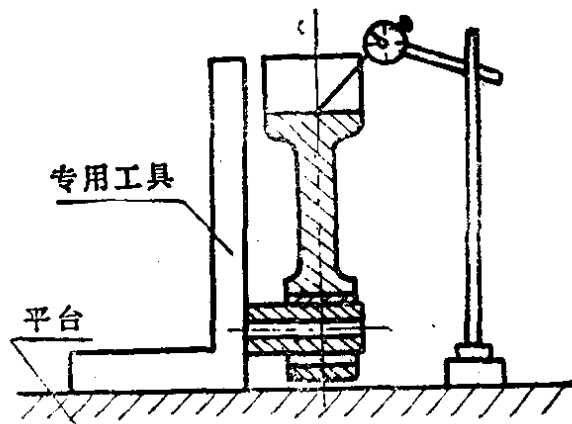


图 18-23 用专用工具检查连杆两端孔的中心线

对于大端与杆身组合式的连杆，可将它们分别置于平台上，在孔内插入假轴来检查，如图 18-24 所示。对于十字头式连杆，可用框式水平仪检查，如图 18-25 所示。连杆放于平台上，用塞尺检查下端面，使之紧密贴合；上端面放上水平仪，两端所连接的轴承孔可按图 18-24 的方法检查。两孔中心线的平行度，一般不超过每米 0.15 毫米，否则应该修刮。

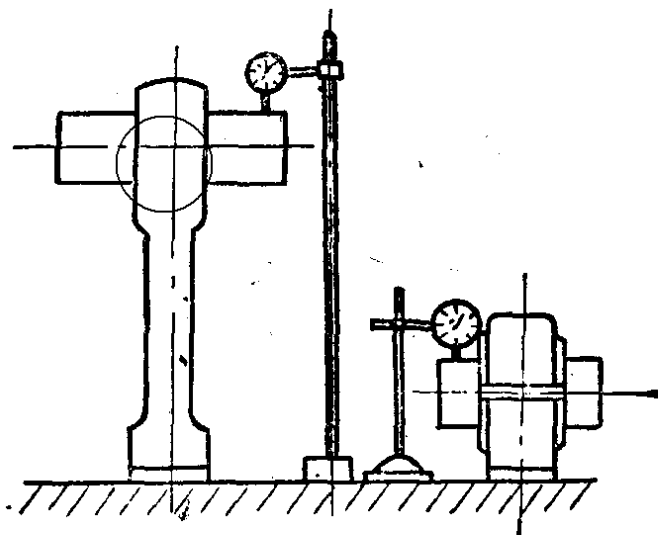


图 18-24 组合式连杆的
分别检查

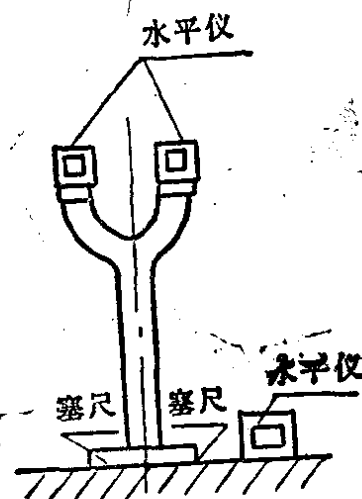


图 18-25 十字头式连
杆的检查

3) 活塞的装配

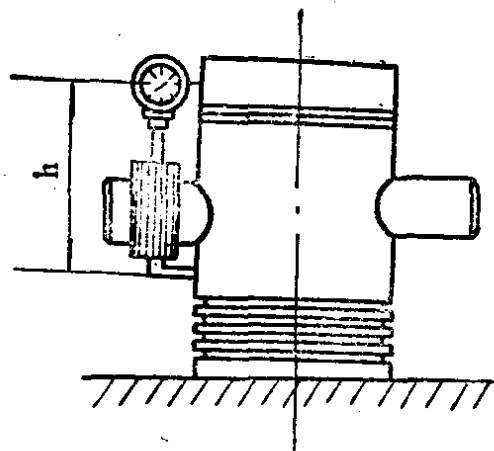


图 18-26 活塞销孔与活塞垂直度的检查

在公差 $\pm 50\%$ ，活塞销孔的不同心度不得大于0.01毫米。

活塞销与活塞的装配数据见表18-24。

①活塞销装配：活塞销装配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18-26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别，一般每米不得大于0.10毫米。活塞销孔的椭圆度和锥度偏差不得超过直

表 18-24 活塞销与轴承和销孔的过盈及间隙 (毫米)

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以下	0.04~0.06		0.00~0.01	0.01~0.02	0.03~0.04	0.00~0.01
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：如图18-27，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18-25。活塞环装入环槽内，应能用手转动，不得阻滞。各环切口位置应互相交错，不得重合在一条线上。刮油环的刃口应朝下。

表 18-25 活塞环与活塞的装配间隙 (毫米)

活塞环直径 (缸径)	径向背间隙 α		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以内			0.25~0.30	0.2	0.10~0.20			0.02~0.04	
51~75	0.5	0.5	0.40~0.45	0.3	0.15~0.25	0.06~0.09	0.03~0.06	0.02~0.04	
76~100			0.50~0.60	0.4	0.20~0.30			0.03~0.05	
101~125			0.60~0.75	0.5	0.25~0.35			0.04~0.06	
126~150	0.75	0.75	0.75~0.90	0.6	0.35~0.45	0.08~0.11	0.05~0.08	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			0.06~0.09	
301~350	1.0	1.0	1.75~2.10	1.4	0.75~0.85	0.10~0.14	0.06~0.10	0.06~0.09	
351~400			2.00~2.40	1.6	0.85~0.95			0.07~0.10	
401~450			2.25~2.70	1.8		0.12~0.16	0.07~0.12	0.07~0.10	
451~500			2.50~3.00	2.0					

(续)

活塞环直径 (缸径)	径向背间隙 α		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 最上两道环	其余环	蒸汽机
501~550			2.75~3.30	2.2	1.05~1.15	0.12~0.16	0.07~0.12	0.09~0.12
551~600	1.0	1.0	3.00~3.60	2.4	1.15~1.25			0.09~0.12
601~650			3.25~3.90	2.6				
651~700			3.50~4.20	2.8				
701~750			3.75~4.50	3.0	1.30~1.50			0.11~0.14
751~800			4.00~4.80	3.2				
801~850			4.25~5.10	3.4	1.5~1.70	0.14~0.18	0.09~0.14	0.11~0.14
851~900			4.50~5.40	3.6				
901~1000			—	—	1.70~1.90			0.11~0.14
大于1000		0.0012D	—	—	0.0018D \pm 0.10			0.0001D +0.03

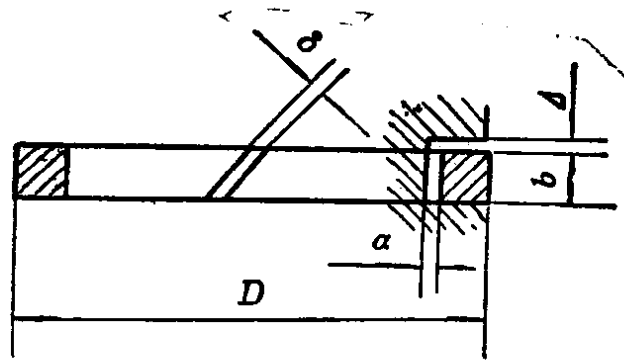


图 18-27 活塞环的安装间隙

4) 曲柄、连杆、活塞机构的总装配：曲柄销与连杆大端是滑动轴承联接，装配时应用油色检查研刮，并调整轴承开口处的垫片，使其间隙合乎表18-26，且轴承两端面与曲柄臂之间应保持有 $(0.01 \sim 0.015)d$ 的轴向间隙（ d 为轴径），并留在向着推力轴承一端。连杆小端衬套经修刮后与活塞销间隙应符合表18-24。活塞与气缸的装配间隙见表18-27，并且活塞在上死点和下死点时前后左右的间隙使之相等（图18-28）。活塞任意位置的偏斜度一般每100毫米活塞行程不超过0.02毫米。

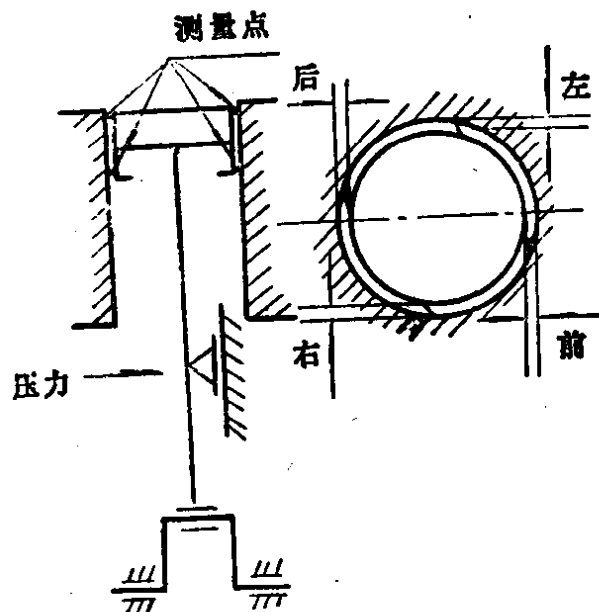


图 18-28 活塞与气缸间隙测量部位

十字头式的十字销与轴承间隙见表18-28；滑块与导板间隙按图18-29测量，其间隙见表18-29。活塞倾斜，可以修锉连杆下端面，或修刮曲柄销轴承和十字头轴承来消除。

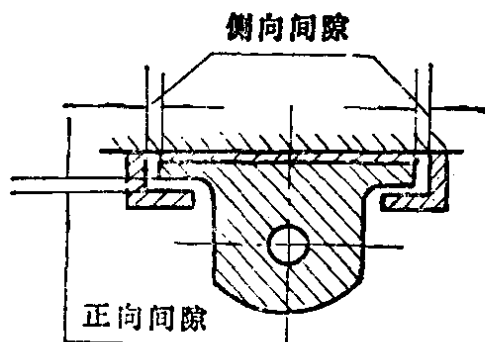


图 18-29 滑块与导板间隙测量

表 18-26 曲柄销与连杆大端轴承安装间隙 (毫米)

轴 径	内 燃 机			蒸 汽 机	
	转速<150	转速150~500	转速>500	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 18-27 活塞与气缸的安装间隙 (毫米)

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		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	铝裙部间隙	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	1.60~1.80	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

表 18-28 十字头轴与轴承安装间隙 (毫米)

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以下	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 18-29 滑块与导板间隙 (毫米)

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以下	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
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

五、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。

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。

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。

六、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。

七、机器的调整和试验

1. 机器的调整

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. 机器的试验

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百分之百，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。

八、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
1。

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。



第十九章 修 理

一、修理的基本概念

任何设备，经长期使用后，某些零件就会产生磨损或损坏，造成设备工作性能、精度和效率的降低。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。当零件的尺寸和形状超出了允许的偏差时，就需要钳工进行修理。

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

大修是设备经一定年限使用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。

二、修理的工作过程

1. 修理前的准备

(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）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。

2. 拆卸

设备的种类繁多，结构特点各异，拆卸时不能硬打乱拆，必须遵守以下原则：

(1) 按照与装配相反的顺序，从外到内、从上到下地进行拆卸，先拆部件或组件，再拆成零件。

(2) 拆卸的零件要作好记号。切忌乱堆乱放，以免给装配造成困难。

(3) 比较精密的细长件（如轴、丝杠等），要悬挂立放，以免变形；零件最好是按原来的结构联接在大零件上，以防丢失。

(4) 对于相配合的零件，在必须拆坏其中一个的情况下，应当保存价值较高、制造较困难的零件。

3. 清洗与检查

对于拆卸的零件要尽快清洗，以便进行检查。首先进行外观检查，看零件是否有裂纹、损伤、麻点、扭曲等；再进行尺寸和几何形状检查。

不需要更换和修复的零件要分门别类地妥善保管。怕碰的工作表面要垫纸、布或木板包扎，精加工面要涂上润滑油，以防生锈。

4. 确定修理方案

根据具体情况，确定修理方案。

5. 更换或修复零件

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。

装配、调整和试验见第十八章。

三、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

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19-1所示。

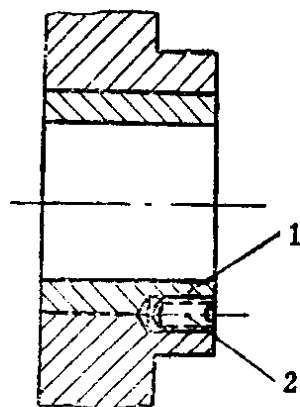


图 19-1 用扩孔镶套的方法修复孔

1—镶套；2—骑缝螺钉

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19-2所示。

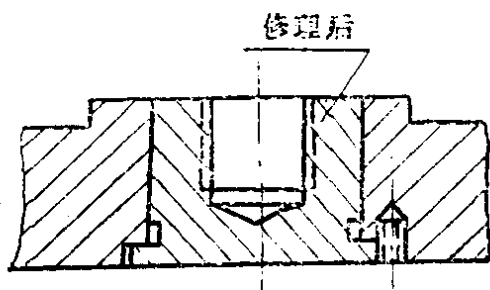


图 19-2 用镶丝套的办法修复螺纹孔

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19-3）。

(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

的方法修复，如图19-4所示。

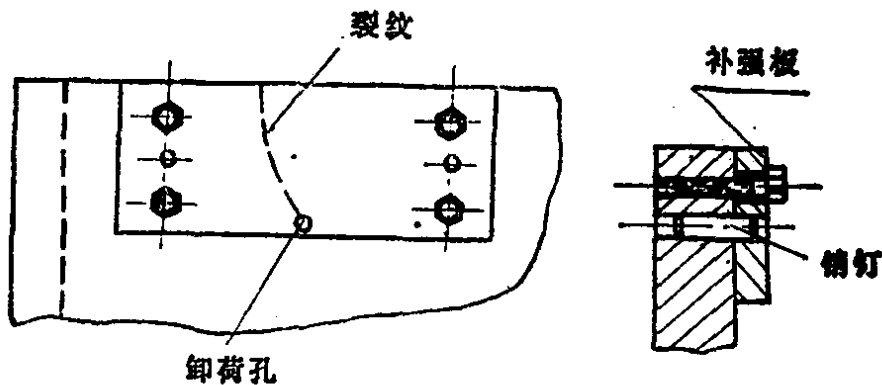


图 19-3 用钢板和螺钉加固有裂纹的零件

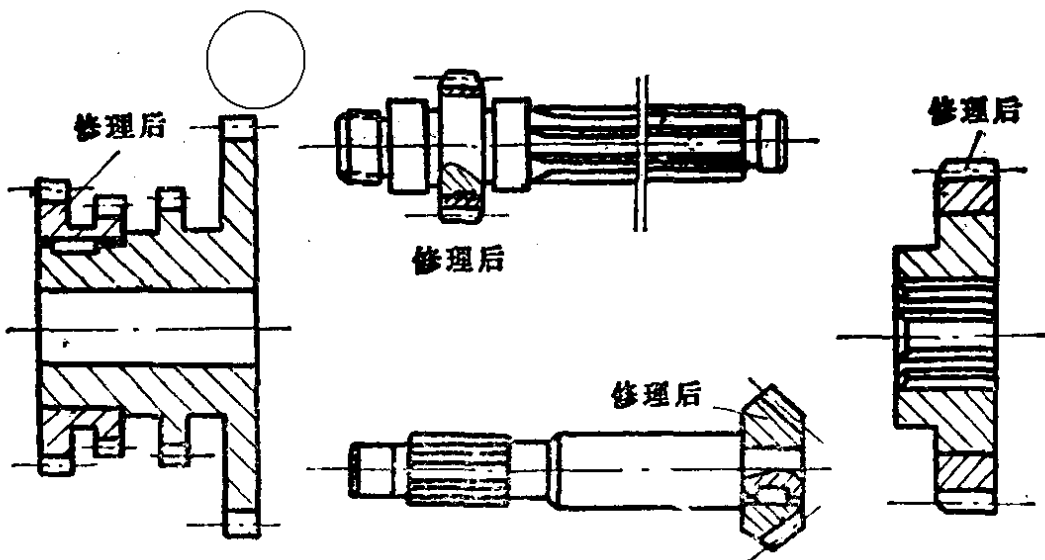


图 19-4 用镶齿圈的方法修复齿轮

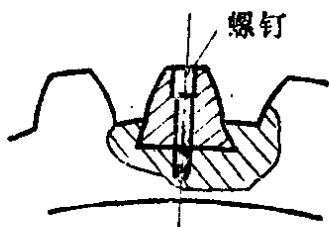


图 19-5 用镶齿法修复断齿

2) 不重要的用于低速的大型齿轮 ($v=2$ 米/分, 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19—5所示。

(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19-6）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19-7系用焊接法来修复被折断的花键轴支架。修复的方法如下：

1) 为了能精确定位，先不开坡。

2) 为了保证同心度，在孔中串一根定位心轴，并按原来装配的精度夹稳固；

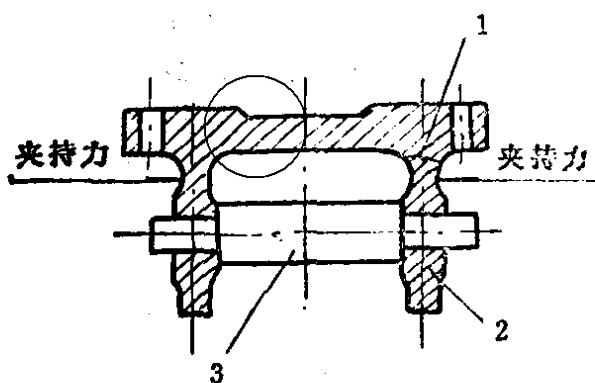


图 19-7 花键轴支架折断的焊接修复

1—断口；2—折断部分；3—定位心轴

螺栓联接后再进行焊接，最后再加工接轴的外圆部分（图19-8）。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19-9所示的方法，用一新制的接块联接起来再进行焊接。

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

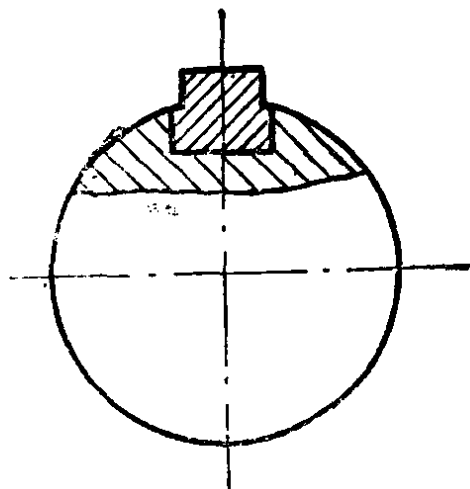


图 19-6 装置阶梯形键

3) 用氧、乙炔焰将焊接部位及其附近均匀而缓和地加热到 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；

4) 用焊条对称地点焊好缺口，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

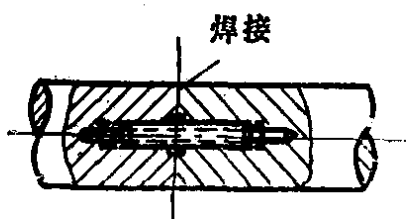


图 19-8 用螺栓焊接法修复轴

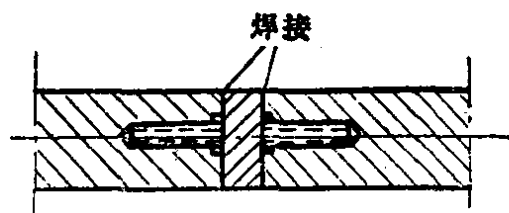


图 19-9 用接块焊接法修复轴

本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(0.5~1.8毫米)，焊接时产生的热量也很少，工件变形小，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。

如图19-10所示，先在垂直于损坏机件的裂纹或折断面上，铣(或钻)

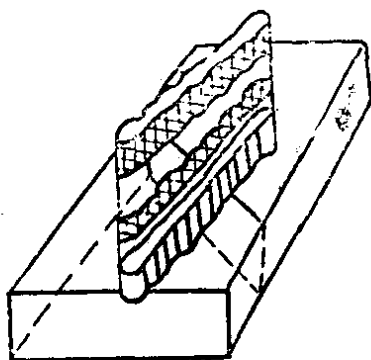


图 19-10 冷扣合法

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槽相互扣合，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9-1~19-3。

(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19-11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。

表 19-1 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 19-2 制造波形键常川材料的机械性能

牌 号	性 能	δ_5 (公斤/ 毫米 ²)	δ_{10} (公斤/ 毫米 ²)	δ'' (%)	ψ (%)	HB	热 处 理	
							温度(°C)	冷却剂
0Cr18Ni9		50	20	45	60	130~160	1080~1150	水
1Cr18Ni9		50	20	45	50	150~170	1110~1150	水
1Cr18Ni9Ti		55	20	40	55	145~170	1110~1150	水
Ni33		43	23	30~45		140~160		

表 19-3 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
Ni33	2.1	3.2	6.1	8.9	10.1

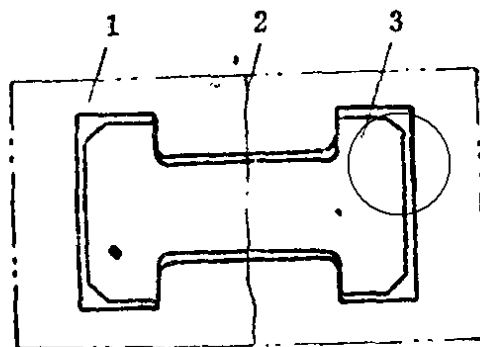


图 19-11 工字形热扣合件

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点，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0.05毫米到很大的厚度，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。

表 19-4 喷涂层的剪力强度 (公斤/厘米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	128	175	262	299	216
青铜	172	399	428	603	215
锌	102	119	160	225	130
铜	130	243	293	392	197
黄铜	61	176	303	402	244
10号钢	109	384	506	931	225
45号钢	149	408	704	949	235
80号钢	137	341	373	663	205
18-8不锈钢	142	372	675	1119	331

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19-4。

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19-5。

表 19-5 喷涂层的加工余量

轴颈 ϕ (毫米)	涂 层 加 工 余 量	
	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

表 19-6 空气压缩机的规格

空压机输出量 (米 ³ /分)	基 本 尺 寸 (毫米)												
	压缩空气 管路 ϕ		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

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。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。

表 19-7 SCDP-3型固定式电弧喷涂枪的主要技术规范

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		40/90瓦、220伏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	重量	喷枪 成套	≤8公斤 ≤40公斤
6	外形尺寸	喷枪	320×104×165毫米
		成套	434×360×190毫米
7	使用金属丝范围		φ1.6~1.8毫米（钢或不锈钢）
8	电弧特性	电流类别 工作电流 工作电压	直流 100~170安（常用100~120） 30~50伏，随上述电流范围的大小而变动
9	压缩空气工作压力		5~7公斤/厘米 ²
10	压缩空气消耗量		0.8~1.4公斤/分
11	额定金属丝最高喷镀量		用80号2×φ1.8铜丝时5.5公斤/小时
			用80号2×φ1.6铜丝时4.3公斤/小时
12	火花有效角度		≤10°
13	喷射颗粒直径		5~5.3微米（喷射在水中沉淀后测量）
14	引力		≥20公斤

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19-6~19-8。

表 19-8 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	重量		≤1.8公斤	
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	3~6公斤/厘米 ² (常用4公斤/厘米 ²)	
		乙 炔	0.3~0.6公斤/厘米 ² (常用0.5公斤/厘米 ²)	
		压缩空气	6~6.5公斤/厘米 ²	
9	气 体 消 耗 量	氧 气	~2.5米 ³ /小时	
		乙 炔	~0.7米 ³ /小时	
		压缩空气	~1.0米 ³ /分	
10	线材直径(毫米)		φ2.3、φ5.0 (标准φ2.3)	
11	火花束角度		≤4°	
12	喷涂效率	钢#80	φ2.3	1.8公斤/小时
		铝	φ3.0	2.7公斤/小时
		锌	φ3.0	8.2公斤/小时

(续)

序号	项 目	性 能 和 数 据		
12	喷涂效率	Al ₂ O ₃	φ2.2	0.4公斤/小时
		低碳钢	φ3.3	2公斤/小时
		不锈钢	φ2.3	1.8公斤/小时
		铜	φ3.0	4.3公斤/小时
		铝	φ2.3	0.9公斤/小时
13	喷射时颗粒直径(钢)	4~40微米(喷在水中沉淀测量)		
14	引力	≥6.5公斤		

4) 喷涂层的性质及检验

① 喷涂层的比重：喷涂层是多孔组织，在金属颗粒外面还有氧化膜包围或夹杂着，所以它的密度低于原来的金属。常用涂层材料的比重见表19-9。

表 19-9 常用涂层材料的比重

喷 涂 金 属	比 重	为原来金属的 %	喷 涂 金 属	比 重	为原来金属的 %
铝	2.41	94.1	钢	6.78	86.6
巴氏合金(锡基)	6.67	86.6	10号钢	6.67	86.7
青铜	7.46	89.0	25号钢	6.78	88.1
18-8不锈钢	6.93	88.9	80号钢	6.36	82.5
不锈钢	6.73	88.7			

② 喷涂层的硬度：

表 19-10 常用金属喷涂层的大概硬度

喷 涂 金 属	硬 度	喷 涂 金 属	硬 度
铝	HB72	10号钢	HRB89
锡基巴氏合金	HB58	25号钢	HRB90
青铜	HRB50	80号钢	HRC38
18-8不锈钢	HRB73		

③喷涂层材料的抗拉强度

表 19-11 喷涂层可达的抗拉强度

金 属	屈服强度 (公斤/厘米 ²)	屈服时 长度的%	金 属	屈服强度 (公斤/厘米 ²)	屈服时 长度的%
18-8不锈钢	2109	0.27	80号钢	1933	0.42
铬基不锈钢	2800	0.50	铝	1370	0.23
10号钢	2109	0.30	铝硅合金(6%Si)	2500	0.54
25号钢	2440	0.46	钨	528	0.30

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19-12。

表 19-12 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	钨	0.3

⑤喷涂时金属的附着率

表 19-13

金属名称	附着率(%)	金属名称	附着率(%)
80号钢	86	锡青铜	80
18-8型不锈钢	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19-14中列出。

表 19-14 四种材料在不同毛糙方式下的附着强度（公斤/厘米²）

喷涂材料	测试类别	钢屑打毛	沟槽上面滚毛	喷 钼	在螺纹上喷钼
10号钢	抗 剪	490	1023	622	1130
	抗 拉	187	322	151	214
18-8不锈钢	抗 剪	586	1320	667	1440
	抗 拉	214	426	158	214
铝	抗 剪	200	313	309	390
	抗 拉	72.4	150	115	169
铝硅合金	抗 剪	316	553	358	573
	抗 拉	119.8	205	144	218

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19-15。

表 19-15 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	聚三氯 氯乙烯	聚四氯 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60~80°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 19-12 为利用槽子进行电镀的示意图。

电镀修复零件一般有镀铬、镀镍、镀铁和镀铜等几种。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 0.5 毫米的碳素钢、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。

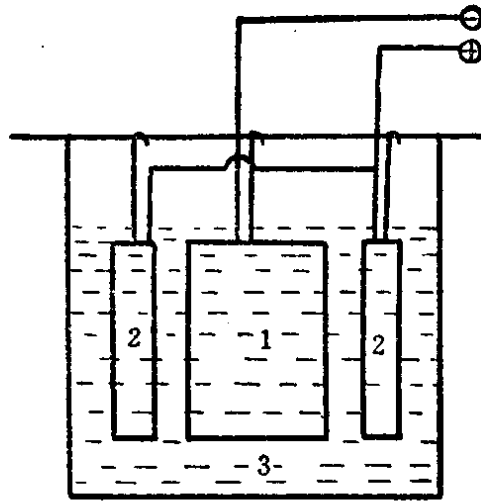


图 19-12 有槽电镀示意图

1—工件；2—挂具（电解板）；3—电解液

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. 粘结法

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十六章。

四、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19-16。

表 19-16 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 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

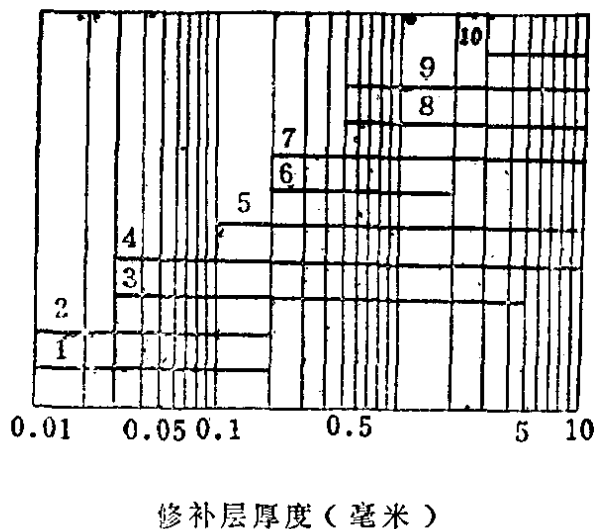


图 19-13 几种主要修复方法能达到的修补层厚度

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

修复方法能达到的修补层厚度见图19-13。

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。

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19-17。

表 19-17 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 (公斤/毫米 ²)	修补层与45号 钢的结合强度 (公斤/毫米 ²)	零件修理后 疲劳强度降 低的百分数	硬 度 (HB)
1	镀铬	40~60	30	25~30	HV600~1000
2	低温镀锌		45	25~30	HRC45~65
3	手工电弧堆焊	30~45	30~45	36~40	210~420
4	焊剂层下电弧堆焊	35~50	35~50	36~40	170~200
5	振动电弧堆焊	62	56	与45号钢相近	HRC25~60
6	银焊(含银45%)	40	40		
7	铜焊	28.7	28.7		
8	锰青铜钎焊	35~45	35~45		217
9	金属喷镀	8~11	4.08~9.49	45~50	200~240
10	环氧树脂粘补		热粘2~4 冷粘1~2		80~120

五、典型零件的修理

1. 轴的修理

表 19-18

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（0.05毫米以下）	
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（最好用振动焊）	
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		铰大一些
9	扁头、方头及球面	堆焊	加工修整几何形状
10	一端磨损	切削损坏的一段，焊接一段，加工至基本尺寸	
11	弯 曲	校正并进行低温稳化处理	

2. 齿轮的修理

表 19-19

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	

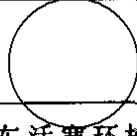
3. 孔的修理

表 19-20

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	铣掉重钻	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 19-21

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定化处理 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、镀铁
5	活塞	外径磨损， 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

第二十章 模 具

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遍的应用。特别是在汽车、航空、电器、仪表和日用品等制造工业中应用更为广泛。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。

一、模具的分类

模具的种类很多，按照材料在模具内成形的特点可分为两大类：

1. 冷冲压模

在室温下，把金属或非金属材料放入模具，通过压力机和模具对板料施加压力，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) 引伸模；

(4) 成形模；

(5) 冷挤模。

2. 型模

把金属（在常温下或经过加热的）或非金属材料，放入模具或压力机的加料装置中，通过压力机的压力，使材料产生塑性或液态流动，充满模具型腔，而制成零件。由于这类模具都有成形零件外形的型腔和成形零件孔的型芯，所以叫做型模。型模分为以下几种：

(1) 塑料模：把塑料制成零件的模具叫塑料模。

(2) 热锻模：将锻模放在空气锤上，把金属材料加热到一定温度，放入锻模内施加压力，以锻成一定形状的零件毛坯，这种锻模叫热锻模。

(3) 压铸模：把熔化成液体的金属，倒入压铸机的加料室中，用压铸机的活塞加压，使液体金属经浇注系统压入模具型腔内而制成零件，此过程谓之压铸。压铸时所采用的模具，称为压铸模。

二、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。

冲裁工作的主要形式为：落料、冲孔、切断、切口、修边、裁切等。

图20-1是一种具有复合动作的冲裁模——导柱式复合模。它有一个即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。



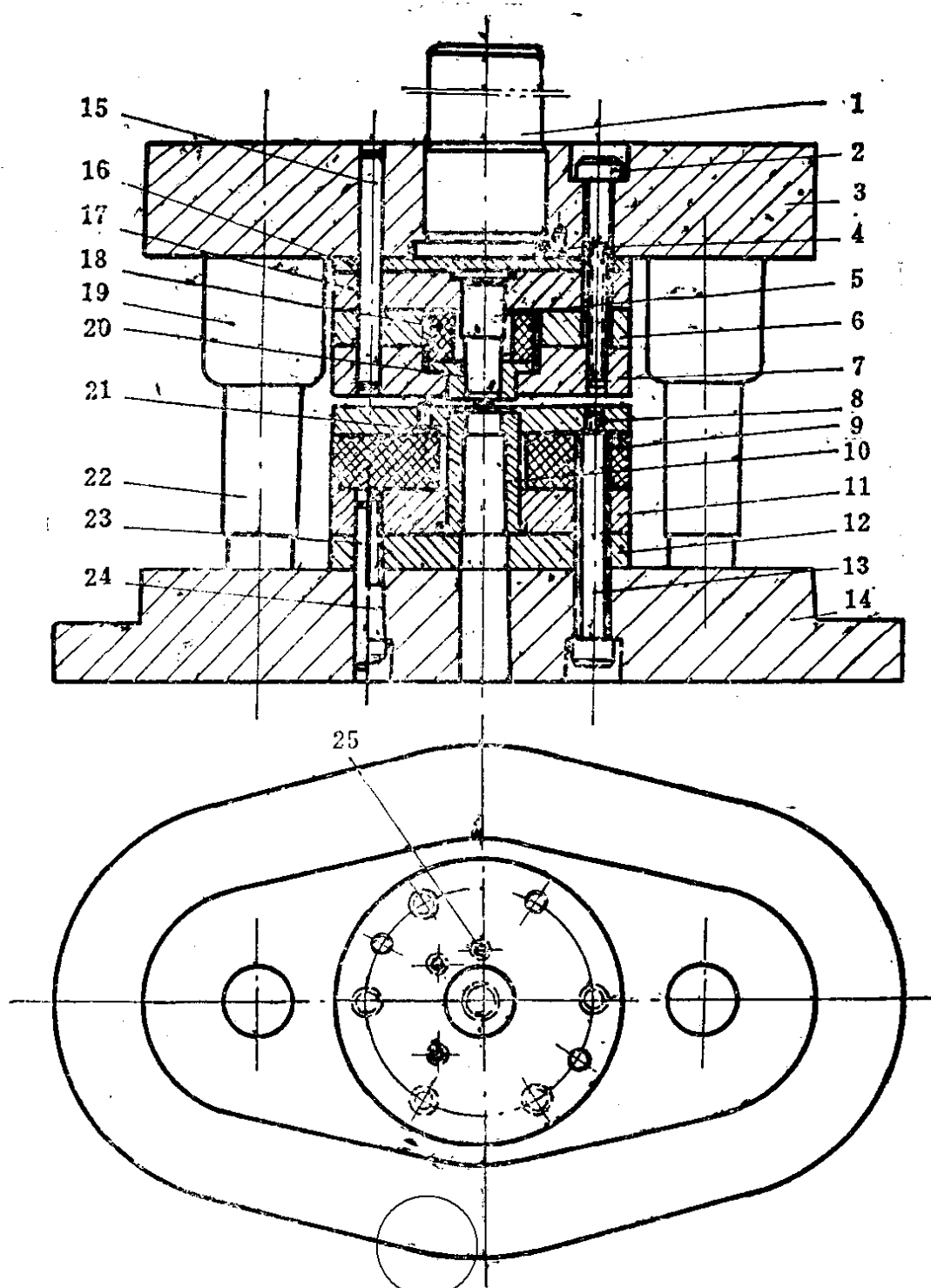
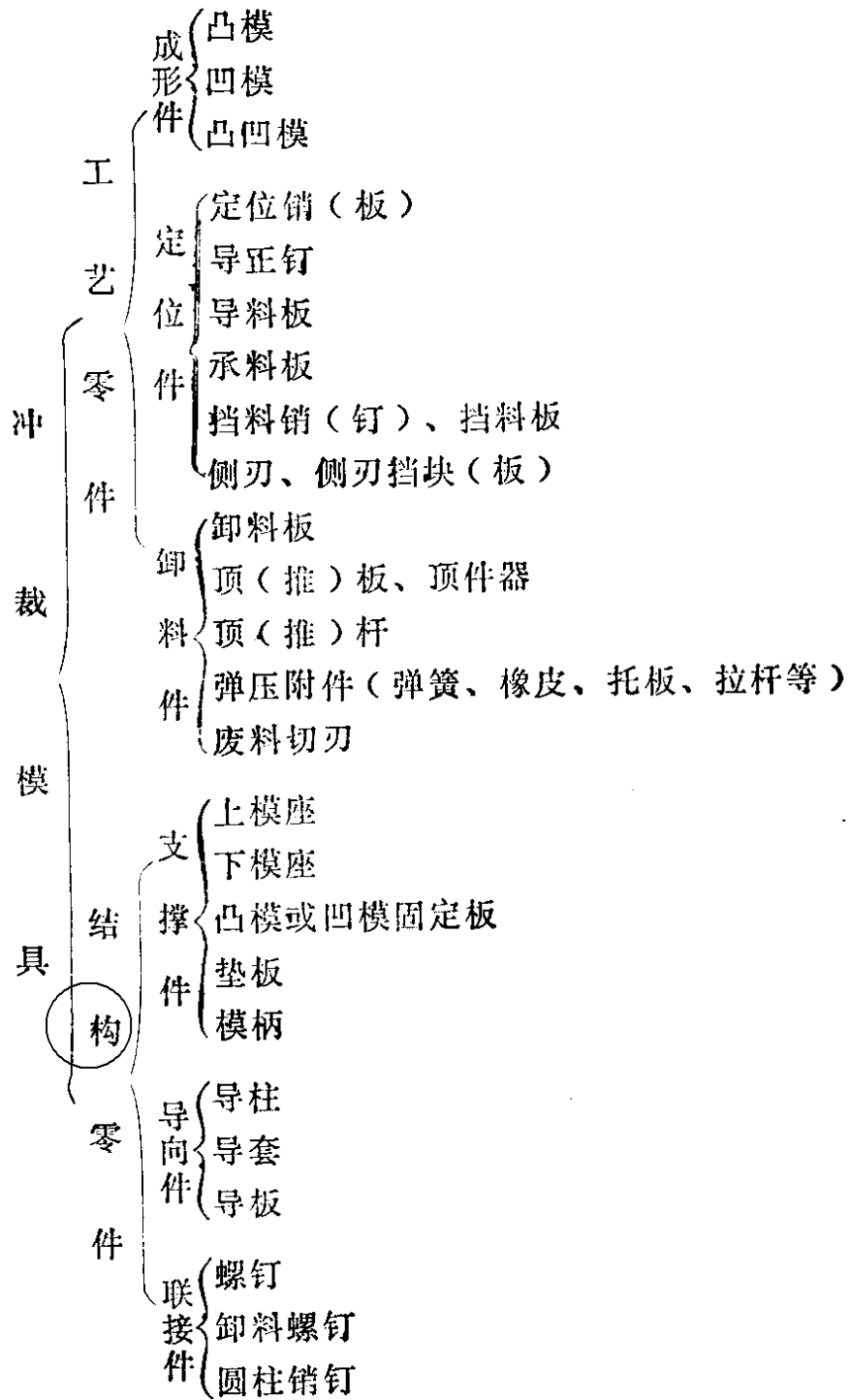


图 20=1 导柱复合模

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

1. 冲裁模具主要零件的分类



2. 冲裁模具主要零件的材料及其热处理

表 20-1

零件名称	材料牌号	热处理	硬度(HRC)
形状简单的凸模和凹模、 侧刃	T8A、T10A	淬 硬	58~62 (凸模) 60~64 (凹模)
形状复杂的凸模和凹模	9CrSi、Cr12 CrWMn Cr12Mo	淬 硬	58~62 (凸模) 60~64 (凹模)
上模座、下模座	HT21~40 HT22~44 A ₃ 、A ₅	—	—
模柄、固定板、卸料板、 导板	A ₅ 、45	⊖	—
导柱、导套	20	渗碳淬火	56~60
垫板	20 45	渗碳淬硬 淬 硬	40~45 40~45
导正钉、定位销	T7、T8	淬 硬	52~56
挡料销、挡料板	45 T7A	淬 硬	43~48 52~56
圆柱销钉	45	淬 硬	43~48
螺钉、顶杆	45	头部淬硬	43~48
螺母、垫圈、承料板	A ₃	—	—
弹簧	65Mn	淬 硬	40~48

3. 凸模与凹模制造的工艺过程

(1) 凹模制造的一般工艺过程

1) 切断毛坯：凹模毛坯多采用型钢，可在锯床上切断。

2) 锻造。

3) 热处理：退火以消除锻造后的内应力，改善加工性能。

4) 粗加工：凹模外形如果是圆形的，在车床上加工，如果是非圆形，可在铣床或刨床上加工。

5) 磨：磨削凹模的上下两个平面。矩形凹模还要磨两个互相垂直的基准面。

6) 划线。

7) 孔加工。

8) 工作型面的加工和修整。

9) 热处理：淬火、回火、硬度检验。

10) 磨削上下平面，并精修工作型面。

(2) 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，只是凸模毛坯常不经锻造而直接采用型钢，并且无需进行孔加工。

4. 凸模与凹模的合理间隙

冲裁模凸模与凹模的间隙是影响冲件断面质量的主要因素。根据材料的不同，凸模与凹模的合理间隙见表20-2。

5. 冲裁模试冲的缺陷和调整

模具装配以后，都要在冲床上试冲。试冲时常见的缺陷和修整方法如下：

(1) 送料不畅通或料被卡死

1) 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。

2) 冲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。

(2) 冲件的形状与尺寸不准

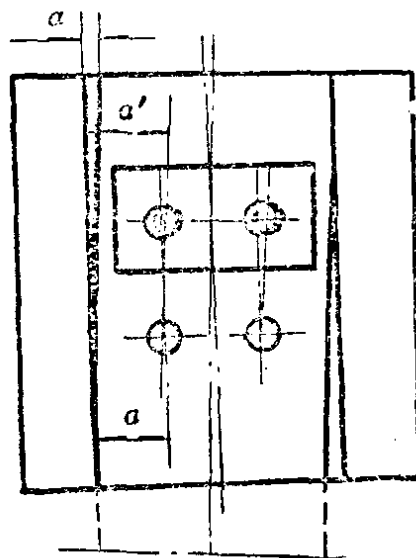


图 20-2 导料板和凹模中心线不平行

表 20-2 凸模与凹模的间隙

材料厚度 (毫米)	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 (毫米)									
	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	0.125	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	—	—	—	—

确

1)凸模与凹模的形状和尺寸不准确, 必须更换。

2)连续模中的导料板与凹模送料中心线不平行(图20-2), 使孔位偏斜。

(3)冲件不平

1)落料凹模有反斜度, 冲件从孔中通过时被压弯。

2)导正钉与预冲孔配合过紧, 将工件压出凹陷; 或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。

(4)冲件截面质量不好, 有毛刺

1)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。

2)配合间隙过大或过小。间隙过小, 冲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。

(5)卸料不正常

1)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。

2)弹簧或橡皮的弹力不足。

3)凹模和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。

三、弯 模

把毛坯弯曲成一定形状零件的模具叫弯模。图20-3为常见的两种弯模。

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分, 弯模有简单的、连续的、复合的、复杂的和分次变形的几种。

2. 弯曲后的回跳

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, 这种现象叫回跳(图20-4)。 $\angle\alpha$ 叫回跳角。

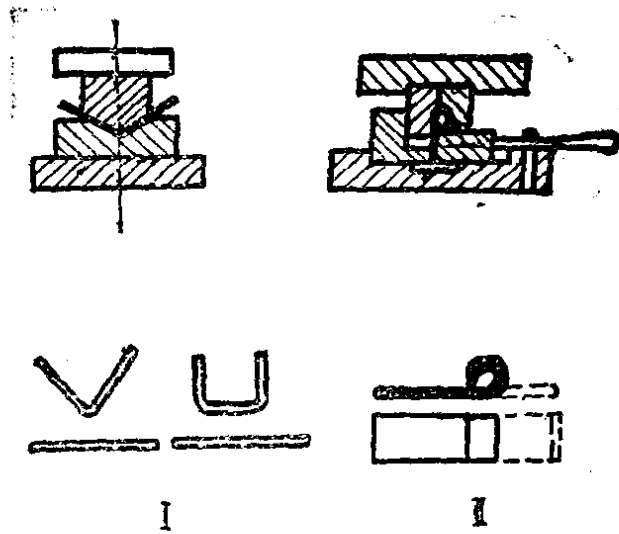


图 20-3 弯 模
I—V形弯模； II—卷边模

在制作模具时，必须将材料的回跳数值考虑在内。回跳数值的大小与下列因素有关：

- (1) 材料的机械性能：材料越硬，回跳越大；
- (2) 材料的厚度：材料越厚，回跳越小；

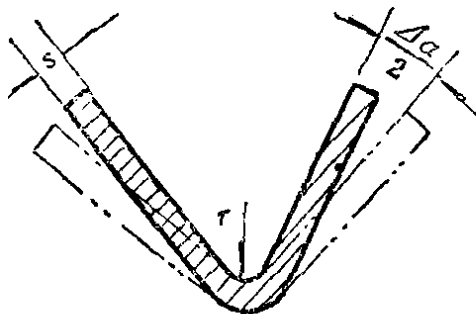


图 20-4 弯曲后的回跳

- (3) 弯曲半径与材料厚度之比： $\frac{r}{s}$ 越

，回跳越大。

此外，弯曲时回跳的大小，与凸凹模之间间隙的大小，和弯曲时的冲力也有关系。只弯一个角度时的回跳，比弯两个角度（如U形制件）时回跳要大一些。

制件的弹性回跳数值，一般以角度表示。各种金属材料弯曲时的回跳（ $\Delta\alpha$ ）见表20-3。

3. 弯模试模中可能出现的问题和原因

- (1) 制件尺寸不对

表 20-3 各种金属弯曲时的回跳角

材 料	材 料 弯 度 (毫 米)	内 弯 曲 半 径 与 金 属 厚 度 之 比	回 跳 角 (度)
软黄铜、软青铜和软钢	0.8以下	小于1	4
		1~5	5
		5以上	6
	0.8~2.0	小于1	2
		1~5	3
		5以上	4
	2.0以上	小于1	0
		1~5	1
		5以上	2
中等硬度的钢	0.8以下	小于1	5
		1~5	6
		5以上	8
中硬黄铜和中硬青铜	0.8~2.0	小于1	2
		1~5	3
		5以上	5
	2.0以上	小于1	0
		1~5	1
		5以上	3

- 1) 模具设计计算有错误或不准确;
 - 2) 压料装置压力过大, 将材料拉长;
 - 3) 凸模与凹模之间的间隙过小, 将材料挤长。
- (2) 弯曲位置不对
- 1) 定位板的位置不对, 应进行调整或修理;
 - 2) 凸模没有对正凹模;
 - 3) 凹模两侧进口圆角大小不等, 材料滑动不一致。
- (3) 弯曲角度不够
- 1) 凸模和凹模的回跳角制作得太小;
 - 2) 凸模和凹模之间的间隙过大;
 - 3) 凸模进入凹模的深度不够;
 - 4) 弹顶器的弹力太小;
 - 5) 试模材料的牌号不对。
- (4) 零件外部有光亮的凹陷圆弧
- 1) 凹模圆角半径过小, 光洁度太差;
 - 2) 间隙过小或不均匀;
 - 3) 润滑不良。

四、引伸模

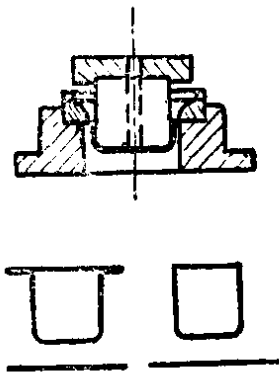


图 20-5 引伸模

把板状毛坯引伸成空心零件或进一步改变空心零件形状与尺寸的模具叫引伸模。图20-5为引伸模的示意图。

1. 引伸模的种类

(1) 按照引伸的次序分, 有首次引伸模、中间各次引伸模和末次引伸模;

(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引伸模和在双动或三动冲床上使用的引伸模;

(4) 按照压边装置分为有压边圈的和无压边圈的两种。

2. 引伸模的圆角半径

引伸模工作边缘圆角半径的大小对于引伸作用力、皱纹的形成过程、产生应力的特性、底部附近侧壁的变薄程度和上部侧壁的变厚程度以及引伸速度等都有影响。

凸模和凹模的圆角半径一般根据材料的厚度确定。由于厚材料在引伸时比薄材料产生的皱折少，所以材料越厚，圆角半径应选得越大。

对于厚度在3毫米以下的金属，其圆角半径可参考下列经验数据确定：

有色金属 $r=5\sim 8t$ (厚度)

黑色金属 $r=7\sim 10t$

对于厚度在3毫米以上的金属，可选用：

有色金属 $r=3\sim 5t$

黑色金属 $r=4\sim 6t$

3. 对引伸模工作部分的要求

(1) 工作部分的硬度：引伸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：凹模的洞口受毛料的摩擦最大，因而，硬度要求也最高，一般为HRC58~62；凸模可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。

(2) 表面光洁度：凸模和凹模的工作面要求有镜面的光洁度，($\nabla 7\sim \nabla 12$)，光洁度越高，制件的表面越光洁、越平整，引伸时所需要的力就越小，模子的磨损就越小，因而使用寿命也越高。

(3) 加工精度：对模具加工精度的要求主要是间隙和尺寸公差。

用引伸方法制成的零件，其尺寸精度一般为3~4级，而对于模具的尺寸公差则要求达到2~3级。

引伸模工作的间隙对制件的质量影响很大。它应当比被压的板厚稍大一些，这样才能减少毛料进入凹模时的摩擦力，并且不致于产生皱折和皱纹。合理的间隙数值可参阅表20-4。

4. 引伸模试模中可能出现的问题和原因

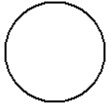
(1) 制件尺寸过大或过小

1) 毛坯尺寸设计计算有问题；

2) 凸模和凹模之间的间隙过大或过小；

3) 压边圈的压力过大或过小。

表 20-4 引伸模工作部分的间隙

引伸的工序数	工 序	凸模和凹模每边的间隙		
		材料厚度 t (毫米)		
		0.5~2	2~4	4~6
1	1	1.1	1.1	1.1
2	1	1.3	1.25	1.2
	2	1.1	1.1	1.1
 3	1	1.5	1.4	1.35
	2	1.3	1.25	1.2
	3	1.1	1.1	1.1
4	1 和 2	1.5	1.4	1.35
	3	1.3	1.25	1.2
	4	1.1	1.1	1.1
5	1、2 和 3	1.5	1.4	1.35
	4	1.3	1.25	1.2
	5	1.1	1.1	1.1

(2) 制件破裂

- 1) 毛坯材质不好，塑性低，组织不均匀，表面粗糙；
- 2) 引伸次数太少，材料变形太大；
- 3) 凸模和凹模之间的间隙过小或不均匀；
- 4) 凸模和凹模的圆角半径过小或表面光洁度低；
- 5) 引伸时，润滑不良，规定的中间退火工序没有进行；
- 6) 压边圈的压力过大，弹顶器的压缩比不合适。

(3) 制件起皱

- 1) 凸模和凹模之间的间隙过大；
- 2) 凹模圆角半径过大；
- 3) 压边装置的压力不足。

(4) 制件表面质量不好

- 1) 模具工作表面、毛坯材料和润滑剂不清洁；
- 2) 凹模淬火硬度低，表面光洁度低；
- 3) 圆弧与直线衔接不好，有棱角或突起。

五、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20-6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。

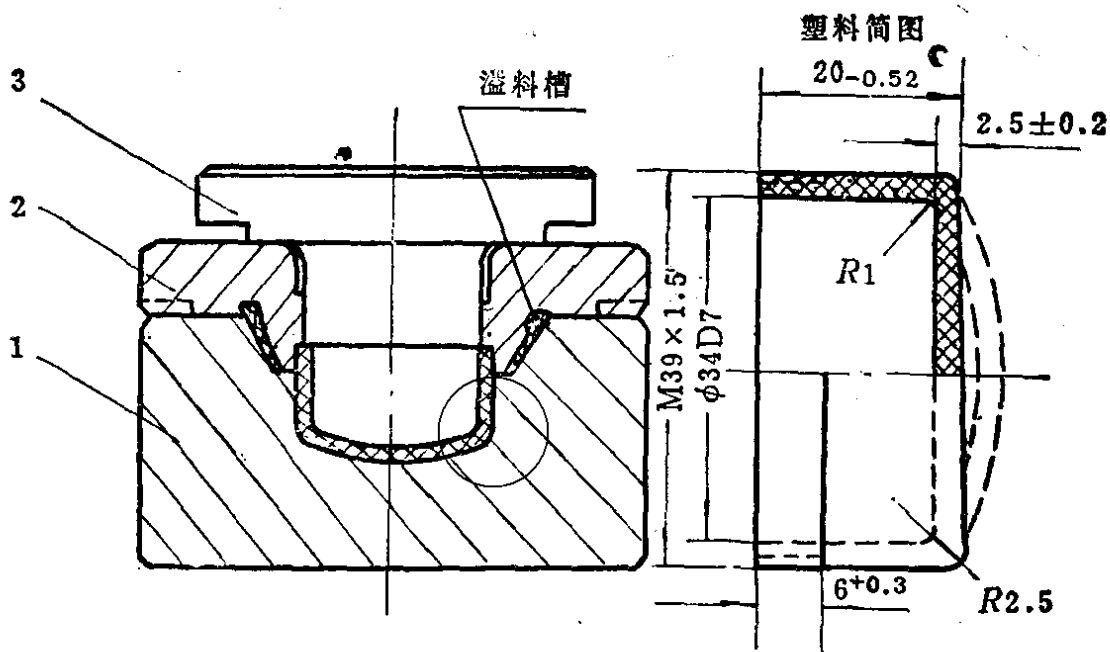


图 20-6 移动式直压模

(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成型

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。

3. 塑料模型腔的加工

塑料模的型腔可采用冷挤压加工，如图20-7所示。

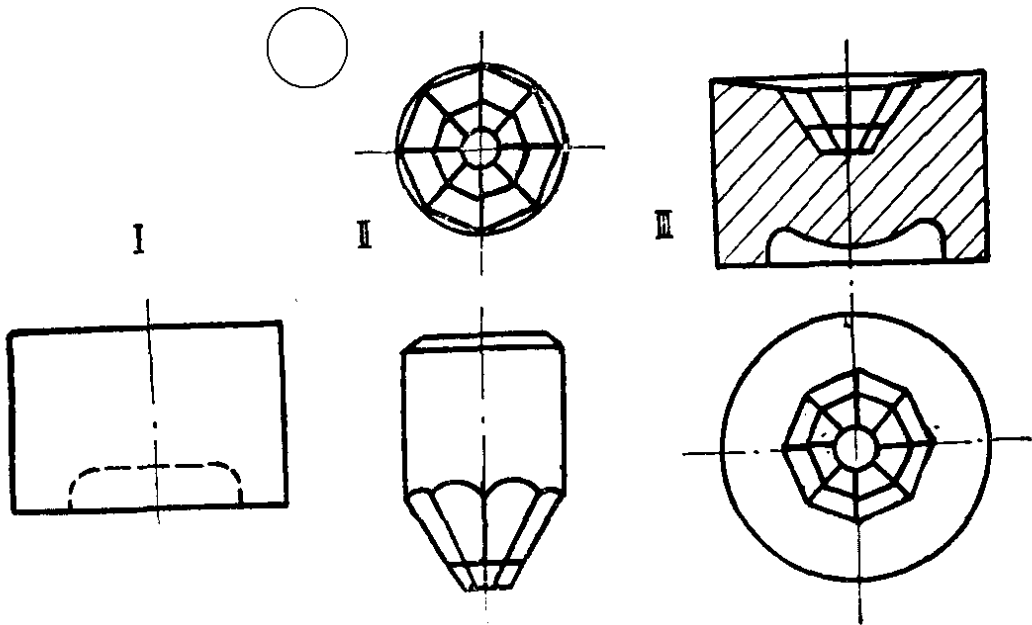


图 20-7 冷挤压加工指示灯罩的型腔

I—坯料； II—凸模； III—压制的型腔

冷挤压加工的主要优点是：解决了复杂的型腔难以加工的困难；用一个凸模能在短时间内制成几个形状一致的型腔；挤出的型腔精度可达2~3级，表面光洁度可达 $\nabla 9 \sim \nabla 10$ 。

附 录

一、汉语拼音字母

大 写	小 写	名 称 读 音	大 写	小 写	名 称 读 音
A	a	ㄚ (啊)	N	n	ㄋ (乃)
B	b	ㄅ (拜)	O	o	ㄛ (喔)
C	c	ㄘ (猜)	P	p	ㄆ (排)
D	d	ㄉ (歹)	Q	q	ㄑ (丘)
E	e	ㄜ (鹅)	R	r	ㄚ儿 (啊而)
F	f	ㄝ二 (哀夫)	S	s	ㄝ么 (哀思)
G	g	ㄝ (该)	T	t	ㄊ (态)
H	h	ㄏ (哈)	U	u	ㄨ (乌)
I	i	ㄩ (衣)	V	v	ㄨㄝ (维)
J	j	ㄐ (街)	W	w	ㄨㄚ (蛙)
K	k	ㄎ (开)	X	x	ㄒ (希)
L	l	ㄝㄨ (哀而)	Y	y	ㄩㄚ (呀)
M	m	ㄝㄨ (哀姆)	Z	z	ㄨㄝ (再)

注：括号内注的汉字读音，以普通话为准，有些读音是近似的。

二、英文字母

大写	小写	读音	大写	小写	读音	大写	小写	读音
A	a	爱	J	j	街	S	s	爱斯
B	b	比	K	k	克	T	t	提
C	c	西	I	l	爱耳	U	u	由
D	d	低	M	m	爱姆	V	v	维衣
E	e	衣	N	n	恩	W	w	打不留
F	f	爱福	O	o	喔	X	x	爱克斯
G	g	基	P	p	皮	Y	y	歪
H	h	爱曲	Q	q	克由	Z	z	挤
I	i	哀	R	r	啊耳			

三、希腊字母

大 写	小 写	名 称 读 音	大 写	小 写	名 称 读 音
A	α	阿 尔 法	N	ν	纽
B	β	贝 塔	Ξ	ξ	克 西
Γ	γ	伽 马	O	\omicron	奥密克戎
Δ	δ	德 尔 塔	Π	π	派
E	ϵ	厄普西龙	P	ρ, ϱ	罗
Z	ζ	截 塔	Σ	σ, ς	西 格 马
H	η	衣 塔	T	τ	陶
Θ	θ, ϑ	西 塔	Υ	υ	宇普西龙
I	ι	约 塔	Φ	ϕ, φ	费
K	κ	卡 帕	X	χ	希
Λ	λ	兰 姆 达	Ψ	ψ	普 西
M	μ	米 由	Ω	ω	欧 米 嘎

注：汉字注音是以普通话为准的近似读音，两个字以上的注音要很快地连着读。

四、俄文字母

大写	小写	读音	大写	小写	读音	大写	小写	读音
А	а	阿	К	к	卡	Х	х	哈
Б	б	柏	Л	л	爱耳	Ц	ц	擦
В	в	勿	М	м	爱姆	Ч	ч	切
Г	г	格	Н	н	恩	Щ	щ	砂
Д	д	德	О	о	呵	Ш	ш	夏
Е	е	耶	П	п	迫	Ъ	ь	(硬音符)
Ё	ё	尧	Р	р	爱耳	Ы	ы	厄
Ж	ж	日	С	с	爱士	Ь	ь	(软音符)
З	з	兹	Т	т	特	Э	э	埃(世)
И	и	依	У	у	乌	Ю	ю	由
Й	й	依	Ф	ф	爱福	Я	я	雅

五、罗马数字

罗马数字	表示意义	罗马数字	表示意义	罗马数字	表示意义
I	1	VII	7	C	100
II	2	VIII	8	D	500
III	3	IX	9	M	1000
IV	4	X	10	\overline{X}	10000
V	5	XI	11	\overline{C}	100000
VI	6	L	50	\overline{M}	1000000

例: XVI=16, XL=40, XC=90, MDCCCXIV=1814, MCMLXXVII=1977.

六、常用数学符号(GB789-65)

符 号	意 义	符 号	意 义
+	加、正号	\triangle	三角形
-	减、负号	\odot	圆形
\pm	加或减、正或负	\square	正方形
\mp	减或加、负或正	\square	矩形
\times 或 \cdot	乘 ($a \times b = a \cdot b$)	\square	平行四边形
\div 或 $/$	除 ($a \div b = a/b$)	\square	相似
:	比 ($a:b$)	∞	无穷大
.	小数点	$\%$	百分比
()	圆括号	π	圆周率 (≈ 3.1416)
[]	方括号	\circ	度
{ }	花括号	$'$	分
=	等于	$"$	秒
\equiv	恒等于	lg	对数 (以10为底的)
\neq 或 \neq	不等于	ln	自然对数
\approx	约等于	sin	正弦
$<$	小于	cos	余弦
$>$	大于	tg	正切
\leq	小于或等于 (不大于)	ctg	余切
\geq	大于或等于 (不小于)	sec	正割
\because	因为	csc	余割
\therefore	所以	max	最大
x^2	x 的平方	min	最小
x^3	x 的立方	const	常数
x^n	x 的 n 次方	\sim	相似
$\sqrt{\quad}$	平方根	L 或 l	长
$\sqrt[3]{\quad}$	立方根	B 或 b	宽
$\sqrt[n]{\quad}$	n 次方根	H 或 h	高
\perp	垂直	d 或 δ	厚
\parallel	平行	R 或 r	半径
\angle	角	D 、 d 或 ϕ	直径

七、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	26.97	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	137.33	铅	Pb	207.21
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	铑	Ru	101.7
钙	Ca	40.03	硫	S	32.06
铈	Nb	92.91	锑	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	180.38
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			

八、国家标准和部标准代号表

代 号	意 义
GB	中华人民共和国国家标准
YB	冶金工业部部标准
HG、HGB*	化学工业部部标准
SY、SYB*	石油工业部部标准
MT	煤炭工业部部标准
JC、JG*、建标*	建筑材料工业部部标准
LY	林业部部标准
JB、机*	第一机械工业部部标准
NJ、农机*	农业机械工业部部标准
D*、ODG*	第一机械工业部原电工专业标准
GC*	第一机械工业部原金属切削机床专业标准
GD*	第一机械工业部原锻压机械专业标准
GL*	第一机械工业部原量具专业标准
GR*	第一机械工业部原刀具专业标准
GS*	第一机械工业部原砂轮磨料专业标准
GZ*	第一机械工业部原铸造专业标准
TH*	第一机械工业部原通用与化工机械专业标准
Y*	第一机械工业部原仪器专业标准
ZJ*、ZQ*、ZZ*	第一机械工业部原重型机械专业标准
汽*	第一机械工业部原汽车轴承专业标准
EJ	第二机械工业部部标准
HB	第三机械工业部部标准
SJ	第四机械工业部部标准
WJ	第五机械工业部部标准
CB	第六机械工业部部标准
WS	卫生部部标准
QB	轻工业部部标准(第一部分)
SG	轻工业部部标准(第二部分)
FJ	纺织工业部部标准
SB	商业部部标准
WM	对外贸易部部标准
SD	水利电力部部标准
TB、铁*	铁道部部标准
JT	交通部部标准
YD	邮电部部标准

注：1.带*的代号是该标准的旧代号。

2.国家标准和各部标准编号由代号和两组数字组成。第一组数字为该标准的顺序，第二组数字为该标准的批准年代。

3.有的部标准因专业较多，在该部标准的代号后和第一组数字前，加一数字，以资区分。