

实用钳工速查手册

河北科学技术出版社

速查手册系列图书编委会

主 编：赵地顺

副主编：李增民 毛 磊 李 军 张京生

编 委：刘瑞玲 谭建波 李志勇 韩鹏彪

朱金均 张双杰 王丽娟 胡云岩

阎俊霞 王永明 张振文 刘利剑

赵月静 赵玲玲 周芬萍 曲国明

前 言

钳工是切削加工、机械装配和修理作业中的手工作业，是机械制造业中的重要工种，因常在钳工台上用虎钳夹持工件操作而得名。钳工作业主要包括车削、铣削、锯切、划线、钻削、铰削、攻丝、套丝、刮削、研磨、矫正、弯曲和铆接等。

钳工是机械制造中最古老的金属加工技术。19世纪以后，各种机床的发展和普及，虽然逐步使大部分钳工作业实现了机械化和自动化，但在机械制造过程中钳工仍是广泛应用的基本技术，其原因是：（1）划线、刮削、研磨和机械装配等钳工作业，至今尚无适当的机械化设备可以全部代替；（2）某些最精密的样板模具、量具和配合表面（如导轨面和轴瓦等），仍需要依靠工人的手艺做精密加工；（3）在单件、小批量生产、修配工作或缺乏设备条件的情况下，采用钳工制造某些零件仍是一种经济实用的方法。

现代科学技术的发展，特别是计算机技术、电子技术、信息技术在制造业中的应用，形成了先进制造技术的理念。也给钳工工作的内容和工作方式带来了重要变化。首先，一些传统的操作技术（如车削、锯切等）在钳工工作量中逐渐减少，这些操作大部分由机械化工具取代；其次，在一般产品生产中，由钳工完成的工作量在减少，即使在小批量生产中，由于以数控技术为基础的柔性自动化的出现，也将如此，因此，钳工工作对象主要在专用工具、工装、专用设备方面，且集中于精密零件的制作，特大、特小、特殊零件的制作，复杂、精密部件或整机的组装、调试以及特殊场所的作业。社会对钳工的需求可概括为“少而精”。

钳工作业的质量和效率在很大程度上决定于操作者的技艺和熟练程度。钳工按专业性质可分为普通钳工、划线钳工、模具钳工、刮研钳工、装配钳工、机修钳工和管子钳工等。然而优秀的钳工能承担其

他机械制造工种没有包含的工作，能组织协调有关工种共同完成一项作业。

钳工的基本操作是钳工技艺的基础，本手册将提供全面系统的资料。现场作业中工具的选择、材料的选择与鉴别、操作方法的选择是钳工应具备的重要知识，为此，本手册提供了简明、适用的资料。为了适应技术进步，本手册编撰了与钳工有关的新技术、新工艺、新功能元件的资料。例如，滚珠丝杠副、直线滚动导轨的构造及安装、调整方法，新传动元件，新黏接材料和零件修复方法。近年来，我国机械产品的生产、经营迅速走向国际化。产品大量出口，大量引进国外技术、产品、设备、元件。很多工厂和公司经营来图、来样加工业务。然而，面向技工的技术资料却远远不足。本手册所编撰的资料适合操作工人的特点，引用最新国家标准，同时介绍了国际标准和先进工业国家标准，这会给涉及进出口产品的技工带来很大的方便。

本手册具有面向现场，面向技术进步，面向国际化的重要特点。适用于各类企业中的钳工及从事现场工作的技术人员。

由于水平所限，本书难免存在一些缺点甚至错误，恳请读者批评指正。

编者

2001年12月

目 录

第一章 常用工程材料及鉴别方法

一、铸铁、铸钢·····	(1)
二、钢·····	(10)
三、不锈钢·····	(18)
四、钢号对照·····	(21)
五、钢、铁的火花鉴别·····	(23)
六、铜·····	(29)
七、铝·····	(30)
八、工程塑料·····	(31)
九、型材·····	(34)
十、硬度对照表·····	(51)

第二章 常用机械传动件、流体传动件

一、传动方式·····	(53)
二、三角带、多楔带、同步齿形带·····	(54)
三、渐开线圆柱齿轮几何尺寸·····	(58)
四、渐开线齿形样板的近似画法·····	(59)
五、链条、链轮·····	(60)
1. 链条·····	(61)
2. 滚子链轮·····	(62)
3. 齿槽形状·····	(64)
4. 轴向齿廓·····	(65)
六、液压元件·····	(66)

1. 泵	(66)
2. 其他液压元件	(69)
七、气压元件	(71)
八、滚动轴承	(76)
九、滚珠丝杠	(80)
十、直线导轨	(81)
1. 滚珠衬套及轴	(81)
2. 直线导轨	(82)
十一、联轴器	(84)

第三章 划 线

一、划线的作用	(87)
二、划线工具	(87)
三、平面图形几何画法	(92)
四、划线前的准备	(101)
1. 毛坯工件的清理	(101)
2. 毛坯工件的检查	(101)
3. 毛坯工件划线表面的涂色	(101)
五、划线基准、借料	(102)
六、仿划线、配划线、样板划线	(107)
七、圆形工件上划线	(109)
八、箱体划线	(113)
九、大件划线	(114)
1. 大件划线方法	(114)
2. 大件划线实例	(114)

第四章 钻（扩、铰、绞）孔、攻丝、套丝

一、孔加工刀具	(117)
---------------	---------

1. 刀具的几何角度与结构	(117)
2. 常用钻头、扩孔钻、铤钻、铰刀	(120)
二、一般钻孔方法	(123)
1. 钻削过程	(123)
2. 钻孔切削用量	(124)
3. 一般钻孔方法与步骤	(127)
4. 常用钻孔设备及辅助工具	(129)
5. 标准群钻	(131)
6. 钻头刃磨	(132)
7. 钻孔中常见问题及主要原因	(135)
三、扩孔、铤孔方法	(136)
四、有机玻璃钻孔	(142)
五、薄板钻孔	(142)
六、橡胶钻孔	(144)
七、手扳钻钻孔	(144)
八、钻方孔	(145)
九、手动铰孔、机动铰孔	(149)
1. 铰刀	(149)
2. 铰刀直径 (D) 与铰孔直径 (D_0)	(152)
3. 铰孔的方法	(154)
4. 机动铰孔刀具与工件的装夹	(156)
5. 铰孔余量、铰削进给量	(158)
6. 铰孔常见问题及原因	(160)
十、铰刀修磨	(162)
1. 铰刀的磨损	(162)
2. 铰刀的研磨	(162)
十一、螺纹底孔直径	(167)
1. 螺纹底孔直径计算式	(167)
2. 螺纹底孔直径表	(168)
十二、手动攻丝、机动攻丝	(177)

1. 攻丝工具	(177)
2. 手动攻丝方法	(179)
3. 机动攻丝方法	(181)
4. 取出折断丝锥的方法	(182)
5. 手工修磨丝锥	(184)
十三、手动套丝	(185)
1. 套丝工具	(185)
2. 板牙套丝时圆杆的直径	(185)
3. 套丝方法	(186)
十四、孔加工及螺纹加工切削液	(187)

第五章 刮 削

一、刮削的一般过程	(189)
1. 一般过程	(189)
2. 刮削显点	(190)
3. 刮削余量	(192)
二、刮刀	(192)
三、刮削用辅助工具	(195)
四、刮削方法	(198)
1. 平面刮削操作	(198)
2. 刮削质量检查	(199)
五、基准平板的刮削	(200)
六、基准角尺的刮削	(202)
七、曲面刮削、轴瓦刮削	(205)
1. 曲面刮削	(205)
2. 轴瓦刮削	(206)
八、导轨的刮削	(209)
1. 导轨刮削的共同原则	(209)
2. 双平面导轨的刮削	(210)

第六章 研 磨

一、研磨原理及特点	(211)
1. 研磨工艺的基本原理	(211)
2. 研磨加工方法	(211)
3. 研磨运动及其轨迹	(212)
二、研磨用磨料	(215)
1. 研磨粉	(215)
2. 研磨膏	(216)
3. 研磨液	(217)
三、研磨工具	(218)
1. 对研磨工具的要求	(218)
2. 常用的研磨工具材料	(218)
3. 研磨工具的种类	(218)
四、润滑剂及研磨剂	(222)
五、平直面的研磨	(223)
六、圆柱、圆锥面的研磨	(225)
1. 外圆柱体工件的研磨	(225)
2. 内圆柱体的研磨	(226)
3. 锥体研磨	(227)
七、钢球的研磨	(227)
八、螺纹环规、螺纹塞规的研磨	(228)
1. 细牙螺纹环规的研磨	(228)
2. 粗牙螺纹环规的研磨	(229)
3. 螺纹塞规的研磨	(229)
九、软质材料的研磨	(229)
十、脆材料的研磨	(229)
十一、超精研磨和抛光	(230)

第七章 手工制作

一、锉削	(231)
二、切割	(236)
三、錾切	(239)
四、手工弯曲 U 卡	(242)
五、手工卷圆	(242)
六、手工拱曲	(243)
七、型材弯曲	(243)
八、薄板卷边、咬缝	(245)
九、板金校正	(246)
十、板金展开图的基本方法	(249)
1. 做展开图的三种基本方法	(249)
2. 典型板金展开图例	(250)
十一、手工制弹簧	(253)
十二、铆接	(260)

第八章 装配、机修

一、机械装配一般过程	(262)
1. 装配工艺	(262)
2. 零件装配的配合方法	(263)
3. 装配生产组织	(264)
4. 装配的环境条件	(265)
5. 发展趋势	(265)
6. 清洗方法	(266)
7. 平衡	(266)
8. 压入法装配	(269)
9. 加热装配	(270)
10. 过冷装配	(271)

二、螺纹连接的拆装	(271)
三、滑动轴承的装配与调整	(279)
四、滚动轴承的拆装、间隙调整	(281)
五、齿轮的装配	(287)
六、滑动丝杠副的装配与调整	(288)
1. 螺旋机构装配的技术要求	(288)
2. 螺旋机构的装配	(288)
七、滚珠丝杠副的装配与调整	(291)
1. 滚珠丝杠副的间隙调整和预紧	(291)
2. 滚珠丝杠的预拉伸	(292)
八、滑动导轨的装配与调整	(293)
九、滚动直线导轨的装配与调整	(295)
十、联轴器的装配与调整	(297)
十一、密封的拆装	(297)
十二、机械设备的修理	(301)
1. 修理准备工作	(301)
2. 机床的拆卸	(303)
3. 机床主轴机构的修理	(310)
十三、零件的黏接修复	(315)
1. 黏接剂的类型	(315)
2. 刀具、量具的黏接	(319)
3. 冷冲模的黏接	(321)
4. 齿轮的黏接	(326)
5. 管道裂缝的黏接	(326)
6. 塑料导轨的黏接	(327)
十四、电镀修复	(327)
十五、喷涂、喷焊	(330)
十六、振动电堆焊	(334)
十七、机床导轨的修复	(335)
十八、轴类零件的修复	(338)

十九、壳类零件的修复·····	(340)
-----------------	-------

第九章 模 具

一、压力加工与模具·····	(343)
二、冷冲压模的分类·····	(343)
三、冷冲压冲床·····	(347)
四、冷冲压模零件的分类·····	(347)
五、冷冲压模的构造·····	(352)
1. 冲裁模的构造·····	(352)
2. 弯曲模的构造·····	(354)
3. 压延模的构造·····	(355)
六、冷冲压模的装配·····	(357)
1. 冷冲压模的装配的工艺过程·····	(357)
2. 冷冲压模主要组件的装配·····	(358)

第十章 钳工常用技术数据及资料

一、常见几何图形面积和体积计算·····	(359)
二、多边形几何尺寸计算·····	(366)
三、常用测量计算·····	(368)
四、公差与配合·····	(371)
五、未注公差的公差等级·····	(373)
六、滚动轴承的公差与配合·····	(385)
七、新旧国标公差与配合对照·····	(387)
八、形状公差、位置公差符号·····	(389)
九、主要工业国家形状公差、位置公差符号对照·····	(390)
十、表面粗糙度符号·····	(391)
十一、主要工业国家表面粗糙度符号对照·····	(394)
十二、国标螺纹·····	(399)

1. 普通螺纹的基本牙型	(399)
2. 普通螺纹规格表示法	(399)
3. 普通螺纹的公称直径与螺距系列	(400)
4. 粗牙普通螺纹基本尺寸	(404)
5. 细牙普通螺纹基本尺寸计算公式	(406)
6. 管螺纹	(406)
十三、英标螺纹	(413)
1. 英标螺纹牙型	(413)
2. 英标螺纹规格表示法	(414)
3. 英标螺纹公称直径与每英寸牙数系列	(414)
十四、统一标准螺纹	(415)
1. 统一标准螺纹牙型	(415)
2. 统一标准螺纹规格表示法	(415)
3. 统一标准螺纹公称直径与每英寸牙数系列	(416)

附 录

附表 1 拉丁字母、汉语拼音字母	(417)
附表 2 希腊字母	(417)
附表 3 常见国内、外标准代号	(418)
附表 4 化学元素符号表	(418)
附表 5 常用法定计量单位	(421)
附表 6 国际单位制中具有专门名称的导出单位	(423)
附表 7 常用物质的密度、熔点	(424)

第一章 常用工程材料及鉴别方法

机械工程材料按性质可分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料包括黑色金属和有色金属。黑色金属主要为铸铁和钢。有色金属指铁、锰、铬以外的所有金属，又称非铁金属。广义地说有色金属还包括有色合金。机械工业中作为结构材料应用的主要是铝、镁、钛、铜、镍和它们的合金。非金属材料是由非金属元素或化合物构成的材料，种类繁多，分别具有各种优异的性能。其中，作为工程材料使用的塑料称为工程塑料，由于其具有成型工艺简单的优点，以及良好的机械性能和热性能，可用于制造轴承、齿轮等机械零件。非金属材料的强度一般不及金属材料高。其中无机非金属材料的共同缺点是质地脆、不耐冲击；有机非金属材料则耐热性不高，存在老化、尺寸稳定性较差等问题。

一、铸铁、铸钢

铸铁具有优越的铸造性，适用于制造形状复杂或壁薄的铸件。常用的铸铁有灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁等。灰口铸铁中的碳主要以片状石墨形态存在，断口呈灰色。可锻铸铁是由白口铸铁经退火处理制成，碳以石墨形态呈团絮状分布于基体中。可锻铸铁又分为白心可锻铸铁和黑心可锻铸铁。球墨铸铁由普通灰铸铁铁水经球化处理等过程制成，铸铁中石墨呈球状分布于基体组织中。球墨铸铁比普通灰口铸铁有较高的强度，较好的塑性和韧性。

表 1-1 一般工程用铸铁的力学性能及用途(GB5675-85)

名称	牌 号	铸件壁厚(mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	硬度(HB)	特性及应用举例
灰 铸 铁	HT100	2.5~10	130	143~229	用于负荷低、变形小、允许磨损的场合,如底座、外罩、把手、手轮等
		10~20	100		
		20~30	90		
		30~50	80		
HT150	2.5~10	10~20	175	143~241	能承受弯曲应力至 10MPa 的中等应力,摩擦面间的压力不大于 0.5MPa。用于机械制造中的一般铸件,如齿轮箱外壳、刀架、轴承盖等
		10~20	145		
		20~30	130		
		30~50	120		
HT200	2.5~10	10~20	220	163~255	弯曲应力小于 30MPa、摩擦面间的压力大于 0.5MPa。用于一般机床中的床身、不重要的齿轮、泵体、汽缸、带轮、轴承座等
		10~20	195		
		20~30	170		
		30~50	160		
HT250	4~10	10~20	270	163~241	用于机床中的立柱、横梁、床身、滑板、箱体、磨头座等,以及需要表面淬火的铸件、薄壁缸体、活塞等
		10~20	240		
		20~30	220		
		30~50	200		

续表

名称	牌 号	铸件壁厚(mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	硬度(HB)	特性及应用举例
灰铸铁	HT300	10~20	290	170~255	弯曲应力小于50MPa、摩擦面间的单位压力大于2MPa。用于机床导轨,受力较大的机床床身、立柱、主轴箱、齿轮,以及蜗轮、水泵出水管等
		20~30	250		
30~50		230			
	HT350	10~20 20~30 30~50	340 290 260	170~269	机床导轨、工作台等摩擦件,冷冲模、冷锻模,需经表面淬火的铸件
球墨铸铁	QT400-18		400	130~180	有较高的韧性、塑性,具有一定的耐腐蚀性,适用于做汽车的轮毂,通用机械的阀门、阀体
	QT450-10		450	160~210	
	QT500-7		500	170~230	有适当的强度和韧性,可做内燃机的油泵齿轮、汽轮机中的隔板等
	QT600-3		600	190~270	具有较高的强度和耐磨性,较高的弯曲疲劳强度和一定的韧性,适于做曲轴、缸体等
	QT700-2		700	225~305	
	QT800-2		800	245~335	

名称	牌 号	铸件壁厚(mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	硬度(HB)	特性及应用举例
球墨铸铁	QT900-2		900	280~360	具有很高的强度和耐磨性,较高的弯曲疲劳强度和一定的韧性,适于做减速齿轮、凸轮轴犁铧等
可锻铸铁	KTH300-06		300	<150	能承受较低静载荷,可做弯头三通和中压阀门
	KTH330-08		330		能承受中等静载荷和动载荷,可做机床扳手等
	KTH350-10		350		能承受较高的冲击、振动和扭矩,可做汽车前后轮壳、制动器、支架等
	KTH370-12		370		
	KTZ450-06		450	150~200	能承受较高静载荷和动载荷,在磨损条件下有较高的抗冲击力,可做曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮等
	KTZ550-04		550	180~230	
	KTZ650-02		650	210~260	
	KTZ700-02		700	240~290	

铸钢是用以浇注铸件的钢,是铸造合金中的一种。铸钢又有铸造碳钢、铸造低合金钢、铸造特种钢之分。

表 1-2 一般工程用铸造碳钢的力学性能及用途(GB5676—85)

牌 号	室温力学性能最小值					特性及 用途举例
	σ_s 或 $\sigma_{0.2}$	σ_b	延伸率 $\delta(\%)$	根据合同选择		
	MPa			$\Psi(\%)$	$A_{kv}(J)$	
ZG200—400	200	400	25	40	30	有良好的塑性、韧性和焊接性能,用于受力不大、要求韧性高的各种机械零件,如机座、变速箱壳体等
ZG230—450	230	450	22	32	25	有一定的强度和较好的塑性、韧性,焊接性能良好,可切削性尚佳;用于受力较大、要求韧性较高的各种机械零件,如砧座、外壳、轴承盖、底板、阀体、犁柱等

续表

牌 号	室温力学性能最小值					特性及 用途举例
	σ_s 或 $\sigma_{0.2}$	σ_b	延伸率 $\delta(\%)$	根据合同选择		
	MPa			$\Psi(\%)$	$A_{kv}(J)$	
ZG270—500	270	500	18	25	22	有较高的强度和较好的塑性。铸造性能良好,焊接性尚好,可切削性佳,用途广泛。如用于轧钢机机架、轴承座、连杆、箱体、曲拐、缸体等
ZG310—570	310	570	15	21	15	强度和可切削性良好,塑性、韧性较低,用于负荷较高的零件,如大齿轮、缸体、制动轮、辊子、机架等

续表

牌 号	室温力学性能最小值					特性及 用途举例
	σ_s 或 $\sigma_{0.2}$	σ_b	延伸率 δ (%)	根据合同选择		
	MPa			Ψ (%)	A_{kv} (J)	
ZG340-640	340	640	12	18	10	有很高的强度、硬度和耐磨性,可切削性中等,焊接性较差;铸造时流动性好,但裂纹敏感性较大,用于齿轮、棘轮、联结器、叉头等

表 1-3 合金铸钢的力学性能及用途(Q/ZB66-73)

牌 号	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ (%)	Ψ (%)	a_{KU} (J/cm ²)	HB	用 途
ZG40Mn	300	650	12	30		≥ 163	在较高压力作用下,做承受摩擦和冲击的零件,如齿轮等

续表

牌 号	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ (%)	Ψ (%)	a_{KU} (J/cm ²)	HB	用 途
ZG40Mn2	400	600	20	55		≥ 179	做承受摩擦的零件,如齿轮,耐磨性较 ZG40Mn 高,可代替 ZG30CrMnSi
	700	850	13	45	45	269~302	
ZG50Mn2	450	800	18	37			做高强度的铸造零件,如齿轮、齿轮缘等
ZG40Cr	350	640	18	26		≤ 212	做高强度的铸造零件,如铸造齿轮,齿轮轮缘等主要零件
	480	700	15	20		229~321	
ZG20SiMn	300	520	14	30	50	≥ 156	焊接性及液态流动性好,做水压机工作缸、水轮机转子等
ZG35SiMn	350	580	≥ 12	20	30	—	做承受摩擦的零件
	420	650	12	25	35	207~241	

续表

牌 号	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ (%)	Ψ (%)	a_{KU} (J/cm ²)	HB	用 途
ZG35CrMo	400	600	12	20	30		做链轮、电铲的支承轮、轴套、齿圈、齿轮等零件
	550	700	12	25	40	—	
ZG50MnMo	350	700	10	19	25	≤229	做车轮等零件
ZG35CrMnSi	350	700	14	30	40	≤217	做受冲击、受磨损的零件,如齿轮、滚轮等
ZG42SiMn	380	600	12	20	30	≥229	适用于齿轮、车轮及其他耐磨零件
	450	650	12	25	35	229~321	
ZG50SiMn	450	700	14	25		217~255	可代替ZG40Cr 做齿轮等

二、钢

表 1-4 普通碳素结构钢的力学性能及特性用途

类别	钢号	品种	供应 状态	力学性能					特性用途
				σ_s	σ_b	δ	δ_5	δ_{10}	
				MPa			%		
				\geq			\leq		
普通 碳素 结构 钢	Q195—	棒 板 带 型 材	热轧	195	315~430	33		该钢具有适宜的机械性能,又有良好的工艺性能(如焊接性,冷冲压性等),用途广泛,标准号为 GB700—88,新旧牌号近似对照如下: Q195—化学成分同 B ₁ ,机械性能同 A ₁ Q215—A 级同 A ₂ ;B 级同 C ₂ Q235—A 级同 A ₃ ;B 级同 C ₃ Q255—A 级同 A ₄ ;B 级同 C ₄ Q275—同 C ₅	
	Q215—A			215	335~450	30			
	Q215—B								
	Q235—A								
	Q235—B			235	375~500	25			
	Q235—C								
	Q235—D								
	Q255—A			255	410~550	23			
	Q255—B								
Q275—A	275	490~630	19						

表 1-5 优质碳素结构钢的力学性能及特性用途

类别	钢号	品种	供应 状态	力学性能					特性用途
				σ_5	σ_b	δ	δ_5	δ_{10}	
				MPa		%			
				\geq		\leq			
优质碳素结构钢	08	棒	热轧	(200)	(330)		33		强度不大,冷变形塑性很高,有良好的冲压拉延和弯曲性能
		板	热轧		(280~420)			27	
		带	冷轧		(280~800)	4~30			
	08F	棒	热轧	(180)	(300)		35		一般制变形大的冲压件,如壳盖等,使用不需经热处理
		板	热轧	—	(280~380)			30	
		丝	冷拉	—	(550~750)	—			
	10	棒	热轧	(210)	(340)		31		屈服点和抗拉强度比较低,塑性和韧性较高,在冷状态下容易模压成型,无回火脆性,焊接性好,用于制造拉杆铆钉等
			冷拉	—	(450)		8		
		板	热轧	—	(280~420)				
			冷轧	—	(300~440)			27	
		带	冷轧	—	(280~800)	4~30		29	
		丝	冷拉	—	(450~700)	8			
	管	热轧冷拔	(210)	(320)			24		

续表

类别	钢号	品种	供应 状态	力学性能					特性用途	
				σ_5	σ_b	δ	δ_5	δ_{10}		
				MPa			%			
				\geq			\leq			
优质 碳素 结构 钢	10F	棒	热轧	(190)	(320)		33		焊接性能好,适于 制造心部强度要求 不高的渗碳和氰化 零件,如套筒、短轴、 齿轮和塑性好的零 件,如管子、垫片、垫 圈等	
			冷轧							
		板	热轧	—	(280~ 420)			27		
			冷轧		(280~ 420)			30		
	丝	冷拉	—	(550~ 750)			—			
	15	棒	热轧	230	380		27			塑性、韧性、焊接 性能和冷冲性能良 好,强度低,用于制 造受力不大,韧性要 求较高的零件和渗 碳件、紧固件和冲模 锻件以及不需热处 理的低负荷零件,如 螺钉、螺栓、法兰盘
			冷拉	—	480		8			
		板	热轧	—	320~ 450			26		
			冷轧	200	320~ 480			26		
		带	冷轧	—	320~ 500	22				
丝		冷拉	—	50~ 75		8				
管		热轧 冷拔	230	380		22				

类别	钢号	品种	供应 状态	力学性能					特性用途	
				σ_5	σ_b	δ	δ_5	δ_{10}		
				MPa			%			
				\geq			\leq			
优质碳素结构钢	20	棒	热轧	250	420		25		冷变形塑性高,一般用于局部很大应力和很大韧性要求的零件,如杆、轴套、螺钉等,还可用于表面硬度高、心部强度要求不高的渗碳和氰化件	
			冷拉	—	520		7.5			
		板	热轧	—	320~500			24		
			冷轧	—	360~50			25		
		带	冷轧	—	500~850	22				
		丝	冷拉	—	500~750		7.5			
	管	热轧冷拔	250	400		20				
	35	棒	热轧	320	540		20			有良好的塑性和适当的强度,切削性能好,制造受力不大的机械加工零件和中小尺寸锻件,大多在正火和调质状态下使用,焊接性能尚可
			冷拉	—	600		6.5			
		板	热轧	—	500~650			18		
			冷轧	—	500~650			20		
		带	冷轧	—	400~950	16				
丝		冷拉	—	600~850		6.5				
管	热轧冷拔	310	520		17					

续表

类别	钢号	品种	供应状态	力学性能					特性用途
				σ_5	σ_b	δ	δ_5	δ_{10}	
				MPa		%			
				\geq		\leq			
优质碳素结构钢	45	棒	热轧	360	610		16	强度较高的中碳优质结构钢,一般在正火状态下使用。只有机械性能要求较高的小零件才采用调质处理。冷变形塑性中等。一般制造受力不很大的机加工件、锻件、冲压件。如螺栓、螺母、轴衬接管头等	
			冷拉	320	550		13		
		板	热轧	—	550~700				15
			冷轧	—	550~700				16
		带	冷轧		450~1050	15			
		丝	冷拉	340	650~900		6		
		管	热轧冷拔	340	600		12		
15 Mn	棒	热轧	250	420		26	高锰低碳渗碳钢,强度和塑性好,焊接性和冷冲性均良,用于制造心部强度高且需渗碳的零件		
		冷拉		500		7.5			
		板	冷轧	—	420			26	
25 Mn	棒	热轧	300	500		22	制造活塞销、凸轮轴、转向驾驶装置、拉杆、渗碳氰化零件		
		冷拉	—	—		—			
	板	热轧		500		22			

表 1-6 优质碳素结构钢的化学成分(GB699—88)

牌号	化学成分(质量分数) (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
08	0.05~ 0.12	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.10	≤0.25
08F	0.05~ 0.11	≤0.03	0.25~ 0.50	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.10	≤0.25
10	0.07~ 0.12	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.15	≤0.25
10F	0.07~ 0.14	≤0.07	0.25~ 0.50	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.15	≤0.25
15	0.12~ 0.19	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.25
15Mn	0.12~ 0.19	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.25
20	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	0.35~ 0.65	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.25
25Mn	0.22~ 0.30	0.17~ 0.37	0.70~ 1.00	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.25
35	0.32~ 0.40	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.25
45	0.42~ 0.50	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.25

表 1-7 合金结构钢的力学性能及特性用途

类别	钢号	品种	供应状态	力学性能					特性用途
				σ_5	σ_b	Ψ	δ_5	δ_{10}	
				MPa		%			
				\geq		\leq			
合金结构钢	40Mn2	棒	热轧	750	900	45	12	这种钢的强度、塑性和耐磨性均好,可用于制造在重负荷下工作的零件,如轴、半轴、蜗杆及其他需调质的零件,焊接性低,切削性中等	
			冷拉						
		板	冷轧						
			带	包装用					
		丝	冷拉		950~1100				
		管	冷拔	750	900	45	12		
	50Mn2	棒	热轧	800	950	40	9	综合机械性能好,大多用于制造在高应力及承受强烈磨损条件下工作的大型零件。如万向接头轴、齿轮、齿轮轴、各类小轴等。重型机械滚动轴承中工作的主轴、大型齿轮,汽车上的传动花键轴及承受巨大冲击载荷的心轴	
			冷拉		750	25	5		
		板	冷轧		750	25	5		
			带	包装用					
		丝	冷拉		950~1100				
		管	冷拔		750	30	9		

类别	钢号	品种	供应状态	力学性能					特性用途
				σ_5	σ_b	Ψ	δ_5	δ_{10}	
				MPa			%		
				\geq			\leq		
合金结构钢	20Cr	棒	热轧	550	850	40	10	此钢一般用于制造心部强度要求较高和工作表面承受磨损的渗碳件和氰化件,如活塞销、小轴、衬套等,也可用于调质件	
			冷拉						
		板	冷拉	550	850	40	10		18
			冷轧						
			热轧						
		丝	冷拉	—	950~1100	—	—		
管	冷拔	550	850	40	10				
20CrMn	棒	热轧	750	950	45	10	可做断面不大承受中等压力且又无大冲击负荷的零件,不宜熔焊,有良好的切削加工性能		
		锻制	—	—	—	—			
	丝	冷拉	—	950~1100	—	—			
40Cr			780	980	45	9	经调质处理后,具有良好的综合力学性能、低温冲击性及低的缺口敏感性。淬透性良好,一般在调质状态下使用,还可以氰化和高频淬火处理		

表 1-8 合金结构钢的化学成分(GB3077-88)

牌 号	化学成分(质量分数) (%)						
	C	Si	Mn	Cr	W	V	B
40Mn2	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80				
50Mn2	0.47~ 0.55	0.17~ 0.37	1.40~ 1.80				
20Cr	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.70~ 1.00			
20CrMn	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	0.90~ 1.20			
40Cr	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10			

三、不锈钢

不锈钢是铬含量不少于12%的耐腐蚀钢的简称。钢中的铬与腐蚀介质中的氧作用,在钢的表面形成一层很薄的氧化膜,称为自钝化膜,使钢在空气、水和酸、碱、盐中很耐腐蚀。钢中除铬以外,还可以加入镍、钼、铜、钛等合金元素,使其具有更好的耐蚀性、工艺性或力学性能等。

表 1-9 不锈钢的力学性能及特性用途

类别	钢号	品种	供应状态	力学性能				特性用途		
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	δ_5		硬度	
				MPa		%			HB	HRB
				\geq		\geq			\leq	
	00Cr12	棒	热轧	370	200	22	183	加工性能、焊接部位弯曲性能、耐高温氧化性能均好,可做汽车排气处理装置、锅炉燃烧室、喷嘴		
			锻制							
		板	冷轧	370	200				82	
			带	冷、热轧	370	200	20		183	
不锈钢	1Cr17	棒	热轧	460	210	22	183	耐腐蚀性良好的通用钢种,具有一定的深冲性能,并可抛光,可制各种机械零件和建筑内部装饰、燃烧器部件,家庭用具、家具电器		
			冷拉							
		板	热轧	450~460	210	22	183			
			冷轧							
		带	冷、热轧	460	210	22				
丝		500~800								

续表

类别	钢号	品种	供应状态	力学性能					特性用途	
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	δ_5	硬度		
				MPa		%		HB		HRB
				\geq		\geq		\leq		
不锈钢	0Cr19Ni9	棒	热轧	530	210	40	187	90	经冷加工后有高的强度,作为不锈钢耐热钢使用最广泛,如食品设备、一般化工设备、建筑用装饰部件,原子能工业也有应用	
			冷轧							
		板	冷轧	530	210	40	187	90		
			带	热轧	800	480	6	187		90
		冷轧								
	丝	轻、冷拉	1100~1500		30					
	1Cr18Ni9Ti	棒	热轧	550	210	40	187	90		是一应用很广的奥氏体型不锈钢,在不同温度和浓度的各种强腐蚀介质中均有良好的耐蚀性,焊接性好,淬火状态下有高塑性,可拉伸及冷冲压,可做热气管道、耐蚀容器等
			冷轧							
		板	热轧	530~550	210	38	187	90		
			冷轧							
带		冷、热轧	550	210	40	187	90			
丝		轻、冷拉	500~1050		30					
管	冷拔	560			40					

四、钢号对照

表 1-10 部分工业国家常用钢号对照

材料类别	中 国 GB 或 YB	前苏联 ГОСТ	日 本 JIS	美 国		英 国 B · S	联邦德国 DIN
				SAE	AISI		
优 质 碳 素 结 构 钢	08	08	S9CK	1008	C1008	040A04,050A04	C10, Ck10
	08F	08КП	SPH1	—	—	—	USt14
	10	10	S10C	1010	C1010	040A10, 060A10	C10, Ck10
	15	15	S15C	1015	C1015	040A15,045A15 050A15,060A15	C15, Ck15
	20	20	S20C	1020	C1020	040A20,050A20 060A20,070A20	C22, Ck22
	25	25	S25C	1025	C1025	060A25	C25, Ck25
	30	30	S30C	1030	C1030	060A30	C30, Ck30
	35	35	S35C	1035	C1035	060A35	C35, Ck35
	40	40	S40C	1040	C1040	060A40	C40, Ck40
	45	45	S45C	1045	C1045	080M46	C45, Ck45
	50	50	S50C	1050	C1050	060A52	C50, Ck50
	60	60	S58C	1060	C1060	060A57	C60, Ck60
	15Mn	15Г	SB46	1115	C1115	080A15	14Mn4
20Mn	20Г	SGV42	1021、 1022	C1022 C1021	080A20,070M20	19Mn5, 20Mn5	
合 金 结 构 钢	15Cr	15X	SCr21	5015 5115	5015 5115	En206	15Cr3(7015)
	20Cr	20X	SCr22	5120	5120	527A19 527M20	20Cr4
	40Cr	40X	SCr4	5140	5140	530A40(En18)	
	30CrMn	30XM	SCM2	4130	4130	CDS13	25CrMo4 34CrMo4
	35CrMo	35XM	SCM3	4135 4137	4135 4137	708A37	34CrMo4 (7220)
	42CrMo	—	SCM4	4140	4142	708A42,708M40	42CrMo4

续表

材料类别	中国 GB 或 YB	前苏联 ГОСТ	日本 JIS	美国		英国 B · S	联邦德国 DIN
				SAE	AISI		
易切结构钢	Y12	A12	SUM21 (SUM1B)	1111 1112	B1111 B1112	En1A En1B	9S20(0711) 10S20(0721)
	Y15	A15	SUM32 (SUM2)	1115	C1115	En32M En7A	15S20
	Y20	A20	(SUM3)	1120	C1120	En7	22S20(0724)
	Y30	A30	(SUM4)	1132	C1132	—	35S20(0726)
弹簧钢	65	65	SUP2 SWRS67B	1065	C1065	060A67	C67(0761) CK67(1231)
	70	70	SWRS72B	1070	C1070	060A72, 070A72	Cf70(1249) CK67(1231)
	65Mn	65Г	—	A229 (ASTM)	—	En43E, En49A En49B	—
	60Si2Mn	60C2	SUP7	9260	9260	250A58, 250A61	65Si7(0906)
轴承钢	GCr6	ШХ6	—	50100	E50100	—	105Cr2(3501)
	GCr9	ШХ9	SUJ1	51100	E51100	En31	100Cr4 105Cr4(3503)
	GCr15	ШХ15	SUJ2	52100	E52100	534A99 535A99	100Cr6(3505) 105Cr5
碳素工具钢	T8	Y8	SK6	W1-0.8C Extra	W1-0.8C Extra	—	C75W3(1750) C85W2(1630)
	T10	Y10	SK4	W1-1.0C Extra	W1-1.0C Extra	BW1A	C100W2(1640)
	T8A	Y8A	SK6	W1-0.8C	W1-0.8C	—	C85W1(1530)
	T10A	Y10A	SK4	W1-1.0C	W1-1.0C	—	C100W1(1540)

续表

材料类别	中国 GB 或 YB	前苏联 ГОСТ	日本 JIS	美国		英国 B · S	联邦德国 DIN
				SAE	AISI		
合金工具钢	9SiCr	9XC	—	—	—	—	90CrSi5(2108)
	Cr12	X12	SKD1	D3	D3	BD3	X210Cr12(2080)
	Cr12MoV	X12M	SKD11	D2	D2	BD2, BD2A	X165CrMoV12 (2601)
	CrWMn	XBΓ	SKS31	O1	O1	BO1	105WCr6(2419)
	9CrWMn	9XBΓ	SKS3	O1	O1	BO1	105WCr6(2419)
	5CrMnMo	5XΓM	SKT6	—	6G (ASM)	—	40CrMnMo7 (2311)
	5CrNiMo	5XHM	SKT4	—	6F2 (ASM)	—	55NiCrMoV6 54NiCrMoV6
3Cr2W8V	3X2B8Φ	SKD5	H20	H20	BH21	X30WCrV9.3	
高速工具钢	W18Cr4V	P18 (PΦ1)	SKH2	T1	T1	BT1	S18-0-1 (3355), B18
	W9Cr4V2 *	P9 (ΦH262)	SKH6	T7	T7	—	S12-1-4 (3316), ABC II
	W6Mo5Cr4V2	P6M3	SKH9	M2	M2	BM2	S6-5-2(3348) EMo5

五、钢、铁的火花鉴别

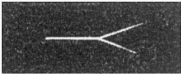

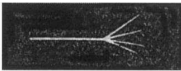
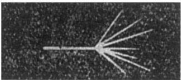
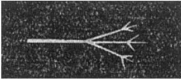
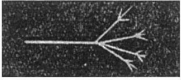
人们在实践中鉴别工程材料，一方面是借助于各种仪器设备，另一方面是根据在实践中积累的经验进行直观检查。借助于仪器设备可获得精确的数据，但在不便使用仪器设备的条件下根据经验对钢的断面、硬度、火花爆裂等现象进行鉴别也能获得有价值的结果。而且后者简单易行，在现场施工中较为适用。通过经验鉴别法可以大致判断钢的元素含量及其特性和牌号。

鉴别的一般步骤为：断面鉴别、试验硬度、火花鉴别。

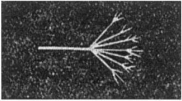
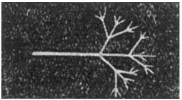
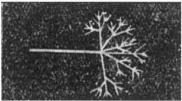
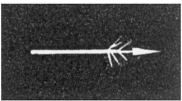
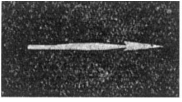
表 1-11 钢铁直观鉴别方法

步 骤	方 法
断面鉴别	<p>断面鉴别是从断面的晶粒大小、色泽、棱角鉴别钢的大致含碳量。含碳量低的钢，断面晶粒细致，色泽呈灰白色；含碳量高的钢，断面晶粒稍粗，色泽稍呈白色。合金钢的断口，一般晶粒都细。高速钢的断面，晶粒更细，和打破的细瓷差不多。铸钢件的断面晶粒较细，色泽银灰，棱角尖锐，而灰口铸铁的断面晶粒则很大，色泽呈灰色，有银色的小闪点，用细锉刀锉下来的细粉能在纸上画出黑色线条。渗碳层的厚度同样可以通过断面鉴别来判断：表面层的高碳组织断口是脆性断裂，呈光亮色；中心层的低碳组织断口是塑性断裂，不呈光亮色。</p>
硬度鉴别	<p>硬度在一定的程度上能反映钢的含碳量高低。硬度测定可以采用各种硬度测试仪器，也可以利用锉刀大致鉴定普通钢材的硬度，硬度大的锉削难，硬度小的锉削易，从而就能大致地判断出钢的含碳量。低硬度的钢材用任何锉刀都能锉动，中硬度的钢材只能用细锉或油光锉才能锉动，高硬度的钢材只有油光锉才能锉动。</p>
火花鉴别	<p>火花鉴别是观察火花现象鉴别钢的化学成分。钢在砂轮上打磨，被砂轮切削成细小的热粉末高速射到空中，在空气中急剧氧化，产生高热，甚至达到钢的熔点，处于熔融状态。粉末中的碳与氧化合生成一氧化碳气体，由于体积膨胀，产生很大的内压应力，当内压力超过熔融液体的表面张力时，便会爆裂产生火花。经一次爆裂后，若被粉碎的粉末中尚存在残留的碳元素，则将进行第二次或多次爆裂。</p> <p>钢材的牌号不同，火花的形状、色泽亦不同。钢中所含有的元素对火花的特性也有很大的影响。碳是引起火花爆裂的主要元素，随着含碳量的增加，花粉增多，亮度增加。当其他元素和碳共存时，有助长碳素爆裂的，有阻止碳素爆裂的，作用不一样。其中助长碳素爆裂的有锰、铬等元素，阻止碳素爆裂的有钨、硅、镍、钢等元素。这就是通过火花鉴别判断钢材的化学成分的依据。</p>

表 1-12 火花的分类与名称

碳元素引起的火花	火花图例	类别名称	对应元素
		二根爆裂	碳
		三根爆裂	碳
		四根爆裂	碳
		数根爆裂	碳
		三根爆裂两段开花	碳
		四根爆裂两段开花	碳

续表

	火花图例	类别名称	对应元素
碳元素引起的火花		数根爆裂两段开花	碳
		三根爆裂三段开花	碳
		数根爆裂三段开花	碳
合金元素引起的火花		箭头	钨
		箭头	钨

续表

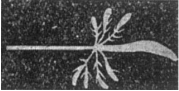

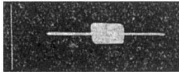



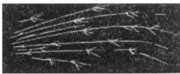
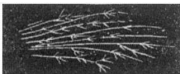
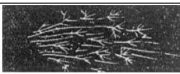
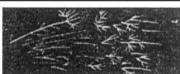
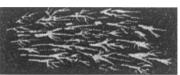

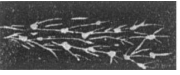


	火花图例	类别名称	对应元素
合金元素引起的火花		狐尾	钨
		狐尾	钨
		花苞	镍
		花苞	镍
		花苞	镍
		花苞	镍

表 1-13 常见钢的火花特征

牌 号	火花图例	火 花 特 征					
		流线	火束	亮度	色泽	花粉	爆裂形态
20 号		多	长	发光适中	略带红色	无	多根分叉 一次花
30 号		多而细	较长	稍亮	黄色	少量花粉	多根爆裂 两段开花少 量
45 号		多而细短	短	明亮	黄色	较多	三段开花 多量
T10		多而细密	短粗	根部暗淡	橙红	较多	多根分叉 三段开花
T12		多而极细密	短粗	根部暗淡	暗橙	多	多根分叉 三段开花
CrW Mn		中	细长	稍暗	红色	少量	狐尾花
GCr15		中	短粗	中度	橙黄	多量	三段爆裂 花心似火团

牌 号	火 花 图 例	火 花 特 征					
		流线	火束	亮度	色泽	花粉	爆裂形态
Cr12		尾 流 线 粗 大	细 而 极 短	较 暗	黄 色	多 量	多 根 分 叉 三 段 开 花
W18Cr4V		少	细 长	极 暗	赤 橙	无	狐 尾 花

六、铜

表 1-14 常用黄铜牌号、化学成分及用途

牌 号	化 学 成 分 (%)			用 途
	铜	铅	锌	
H68 H62 HPb60-1	67~70 60.5~63.5 59~61	0.6~1	余量 余量 余量	弹壳、冷凝器管、复杂的冷冲件和深冲件、垫圈、销钉、铆钉、支座、接头等结构零件

表 1-15 常用青铜牌号、化学成分及用途

牌 号	化 学 成 分 (%)			用 途
	锡	其他	铜	
QSn6.5-0.4 Qal9~4 Qbe2	6~7	P 0.3~0.4 Al 8~10 Fe 2~4 Be 1.9~2.2 Ni 0.2~0.5	余量 余量 余量	耐磨零件、弹簧及造纸工业用铜网；重要用途的耐磨抗蚀零件，轴承、轴套、齿轮、蜗轮、阀座等；重要用途的弹簧及弹性零件，在高速、高温、高压下工作的齿轮、轴承和轴套等

七、铝

表 1-16 常用铝的化学成分和用途

类别	牌号	化学成分 (质量分数) (%)					用途
		铜	镁	锰	其他	铝	
工业纯铝	L4					99.3	用于制造载荷低而要求具有较高的塑性、焊接性、耐蚀性或导电导热性的零件
	L6					98.8	
防锈铝	LF11		4.8~5.5	0.3~0.6	钛 0.02~0.1 或钒 0.02~0.2	余量	耐蚀性高, 塑性及焊接性好, 加工性差, 用于制造管道、容器、铆钉等
	LF21			1.0~1.6		余量	性能同 LF11, 焊接零件、线材、压延制品
硬铝	LY11	3.8~4.8	0.4~0.8	0.4~0.8		余量	耐蚀性中等, 焊接性好, 有效状态加工性良好, 制造中等强度的零件及冲压件
锻铝	LD5	1.8~2.6	0.4~0.8	0.4~0.8	硅 0.7~1.2 铬 0.01~0.2	余量	热状态下塑性高, 加工性好。用于制造形状复杂的冲压件及锻件
	LD8	1.9~2.5	1.4~1.8		铁 1.1~1.6 硅 0.5~1.2 镍 1~1.5	余量	塑性及加工性较差, 耐腐蚀性高, 用于制造高温下工作的零件, 如活塞
超硬铝	LC4	1.4~2.0	1.8~2.8	0.2~0.6	锌 5~7 铬 0.1~0.25	余量	塑性及耐腐蚀性中等, 加工性良好, 用于制造承受较高载荷的零件

八、工程塑料

表 1-17 常用工程塑料的用途

名 称	用 途
硬质聚氯乙烯 (PVC)	制品有管、棒、板、焊条及管件，除做日常生活用品外，主要用做耐磨蚀的结构材料或设备衬里材料（代有色合金、不锈钢和橡胶）及电气绝缘材料
软质聚氯乙烯 (PVC)	通常制成管、棒、薄板、薄膜、耐寒管、耐酸碱软管等半成品，供做绝缘包皮、套管，耐腐蚀材料、包装材料和日常生活用品
低压聚乙烯 (HDPE)	用做一般电缆的包皮，耐腐蚀的管道、阀、泵的结构零件，亦可喷涂于金属表面，作为耐磨、减磨及防腐蚀涂层
高压聚乙烯 (LDPE)	吹塑薄膜用做农业育秧、工业包装等
改性有机玻璃 (372)	可做要求有一定强度的透明结构零件
聚 丙 烯 (PP)	做一般结构零件，做耐腐蚀化工设备和受热的电气绝缘零件
改性聚苯乙烯 (204)	做透明零件，如汽车用各种灯罩和电气零件等
改性聚苯乙烯 (203A)	做一般结构零件和透明结构零件以及仪表零件、油浸式多点切换开关、电池外壳等
丙烯腈、丁二烯、 苯乙烯 (ABS)	做一般结构或耐磨受力传动零件和耐腐蚀设备，用 ABS 制成泡沫夹层板可做小轿车车身

续表

名 称	用 途
聚 砜 (PSU)	适于高温下工作的耐磨受力传动零件, 如汽车分速器盖、齿轮以及电绝缘零件等
尼龙 66	适用于中等载荷、使用温度 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ 、无润滑或少润滑条件下工作的耐磨受力传动零件
尼龙 6	在轻负荷、中等温度 ($\leq 80^{\circ}\text{C}$)、无润滑或少润滑、要求噪音低的条件下工作的耐磨受力传动零件
尼 龙 610	同尼龙 6, 宜做要求比较精密的齿轮, 用于湿度波动较大的条件下工作的零件
尼 龙 1010	轻载荷、温度不高、湿度变化较大、无润滑或少润滑的情况下工作的零件
单体浇铸尼龙 (MC 尼龙)	在较高载荷, 较高的使用温度 (使用温度小于 120°C), 无润滑或少润滑的条件下工作的零件
聚 甲 醛 (POM)	可用做轴承、齿轮、凸轮、阀门、管道螺帽、泵叶轮、车身底盘的小部件、汽车仪表盘、汽化器、箱体、容器、杆件以及喷雾器的各种代铜零件
聚碳酸酯 (PC)	可用做各种齿轮、蜗轮、齿条、凸轮、轴承、心轴、滑轮、传送链、螺帽、垫圈、泵叶轮、灯罩、容器、外壳、盖板等
氯化聚醚 (CPE)	做耐磨蚀设备与零件, 作为在腐蚀介质中使用的低速或高速低负荷的精密耐磨受力传动零件
聚 酚 氧	适用于精密的、形状复杂的耐磨受力传动零件, 仪表、计算机等零件

名 称	用 途
线型聚酯（聚对苯二甲酸乙二醇酯）（PETP）	做耐磨受力传动零件，特别是与有机溶剂接触的上述零件，增强的聚酯可以代替玻纤填充的酚醛、环氧等热固性塑料
聚苯醚（PPO）	适于做在高温工作下的耐磨受力传动零件和耐腐蚀的化工设备与零件，如泵叶轮、阀门、管道等，还可以代替不锈钢做外科医疗器械
聚四氟乙烯（PTFE、F-4）	主要用做耐化学腐蚀、耐高温的密封元件，如填料、衬垫、涨圈、阀座、阀片，也用作输送腐蚀介质的高温管道，耐腐蚀衬里，容器以及轴承、导轨、无油润滑活塞环、密封圈等。其分散液可以做涂层及浸渍多孔制品
填充聚四氟乙烯（PTFE）	用于高温或腐蚀性介质中工作的摩擦零件，如活塞环等
聚三氟氯乙烯（PCTFE、F-3）	做耐腐蚀的设备与零件，悬浮液涂于金属表面可做防腐、电绝缘防潮等涂层
聚全氟乙丙烯（FEP、F-46）	同 F-4，用于制做要求大批量生产或外形复杂的零件，并用注射成型代替 F-4 的冷压烧结成型
酚醛塑料（PF）	常用的为层压酚醛塑料和粉末状压塑料，有板材、管材及棒材等。可用做农用潜水电泵的密封件和轴承、轴瓦、皮带轮、齿轮、制动装置和离合装置的零件、摩擦轮及电器绝缘零件等
聚酰亚胺（PI）	适用于高温、高真空条件下做减磨、自润滑零件，高温电机、电器零件
环氧树脂塑料（EP）	制造金属拉延模、压形模、铸造模，各种结构零件以及用来修补金属零件及铸件

九、型 材

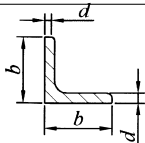
表 1-18 热轧圆钢、方钢及六角钢 (GB702-86、705-89)

理论质量 (kg/m)							
d 或 a (mm)	圆钢	方钢	六角钢	d 或 a (mm)	圆钢	方钢	六角钢
5.5	0.186	0.237	—	42	10.87	13.80	11.99
6	0.222	0.283	—	45	12.48	15.90	13.77
6.5	0.260	0.332	—	48	14.21	18.10	15.66
7	0.302	0.385	—	50	15.42	19.60	17.00
8	0.395	0.502	0.435	53	17.30	22.00	19.10
9	0.499	0.636	0.551	55	18.60	23.70	—
10	0.617	0.785	0.680	56	19.30	24.60	21.32
11	0.746	0.950	0.823	58	20.70	26.40	22.87
12	0.888	1.13	0.979	60	22.20	28.30	24.50
13	1.04	1.33	1.15	63	24.50	31.20	26.98
14	1.21	1.54	1.33	65	26.00	33.20	28.72
15	1.39	1.77	1.53	68	28.50	36.30	31.43
16	1.58	2.01	1.74	70	30.20	38.50	33.30
17	1.78	2.27	1.96	75	34.70	44.20	—
18	2.00	2.54	2.20	80	39.50	50.20	—
19	2.23	2.83	2.45	85	44.50	56.72	—
20	2.47	3.14	2.72	90	49.90	63.60	—

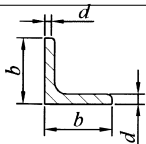
续表

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>							
理论质量 (kg/m)							
d 或 a (mm)	圆钢	方钢	六角钢	d 或 a (mm)	圆钢	方钢	六角钢
21	2.72	3.46	3.00	95	55.60	70.80	—
22	2.98	3.80	3.29	100	61.70	78.50	—
23	3.26	4.15	3.60	105	68.00	86.50	—
24	3.55	4.52	3.92	110	74.60	95.00	—
25	3.85	4.91	4.25	115	81.50	104	—
26	4.17	5.31	4.60	120	88.80	113	—
27	4.49	5.72	4.96	125	96.30	123	—
28	4.83	6.15	5.33	130	104.00	133	—
29	5.18	6.60	—	140	121.00	154	—
30	5.55	7.06	6.12	150	139.00	177	—
31	5.92	7.54	—	160	158.00	201	—
32	6.31	8.04	6.96	170	178.00	227	—
33	6.71	8.55	—	180	200.00	254	—
34	7.13	9.07	7.86	190	223.00	283	—
35	7.55	9.62	—	200	247.00	314	—
36	7.99	10.20	8.81	220	298.00	—	—
38	8.90	11.30	9.82	250	385.00	—	—
40	9.87	12.60	10.88				

表 1-19 热轧等边角钢 (GB9787-88)



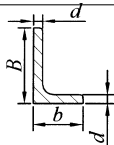
型号	尺寸 (mm)		理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)		理论质量 (kg/m)		
	b	d			b	d			
2	20	3	0.889	5.6	56	3	2.624		
		4	1.145			4	3.446		
2.5	25	3	1.124			5	4.251		
		4	1.459			8	6.568		
3	30	3	1.373			6.3	63	4	3.907
		4	1.786					5	4.822
3.6	36	3	1.656					6	5.721
		4	2.163					8	7.469
		5	2.654	10	9.151				
4	40	3	1.852	7	70	4	4.372		
						5	5.397		
						6	6.406		
						7	7.398		
4.5	45	3	2.088	7.5	75	8	8.373		
						4	2.736	5	5.818
						5	3.369	6	6.905
						6	3.985	7	7.976
5	50	3	2.332	8	80	8	9.030		
						4	3.059	10	11.089
						5	3.770	5	6.211
						6	4.465	6	7.376
						7	8.525		
						8	9.658		
						10	11.874		



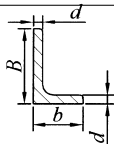
型号	尺寸 (mm)		理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)		理论质量 (kg/m)
	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>b</i>	<i>d</i>	
9	90	6	8.350	12.5	125	12	22.696
		7	9.656			14	26.193
		8	10.946	14	140	10	21.488
		10	13.476			12	25.522
		12	15.940			14	29.490
10	100	6	9.366	16	160	16	33.393
		7	10.830			10	24.729
		8	12.276			12	29.391
		10	15.120	14	33.987		
		14	20.611	16	38.518		
		16	23.257	18	180	12	33.159
11	110	7	11.928			14	38.383
		8	13.532			16	43.542
		10	16.690			18	48.634
		12	19.782	20	200	14	42.894
		14	22.809			16	48.680
12.5	125	8	15.504			18	54.401
		10	19.133	20	60.056		
				24	71.168		

注：等边角钢长度：2~9号，长3~12m；10~14号，长4~19m；16~20号，长6~19m。

表 1-20 热轧不等边角钢 (GB9787-88)



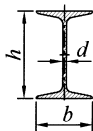
型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)			
	B	b	d			B	b	d				
2.5/1.6	25	16	3	0.912	7/4.5	70	45	4	3.570			
			4	1.176				5	4.403			
3.2/2	32	20	3	1.171				6	5.218			
			4	1.522				7	6.011			
4/2.5	40	25	3	1.484				(7.5/5)	75	50	5	4.808
			4	1.936							6	5.699
4.5/2.8	45	28	3	1.687							8	7.431
			4	2.203							10	9.098
5/3.2	50	32	3	1.908	8/5	80	50				5	5.005
			4	2.494							6	5.935
5.6/3.6	56	36	3	2.153				7	6.848			
			4	2.818				8	7.745			
			5	3.466								
6.3/4	63	40	4	3.185				9/5.6	90	56	5	5.661
			5	3.920							6	6.717
			6	4.638							7	7.756
			7	5.339	8	8.779						



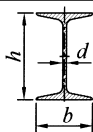
型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	B	b	d			B	b	d	
10/6.3	100	63	6	7.550	14/9	140	90	8	14.160
			7	8.722				10	17.475
			8	9.878				12	20.724
			10	12.142				14	23.908
10/8	100	80	6	8.350	16/10	160	100	10	19.872
			7	9.656				12	23.592
			8	10.946				14	27.247
			10	13.476				16	30.835
11/7	110	70	6	8.350	18/11	180	110	10	22.273
			7	9.656				12	26.464
			8	10.946				14	30.589
			10	13.476				16	34.649
12.5/8	125	80	7	11.066	20/12.5	200	125	12	29.761
			8	12.551				14	34.436
			10	15.474				16	39.045
			12	18.330				18	43.588

注：不等边角钢长度：2.5/1.6~9/5.6号，长4~12m；10/6.3~14/9号，长4~19m；16/10~20/12.5号，长6~19m。

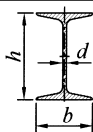
表 1-21 热轧工字钢



型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	
工字钢 (GB 706-88)					工字钢 (GB 706-88)				
10	100	68	4.5	11.261	30a*	300	126	9.0	48.084
12*	120	74	5.0	13.987	30b*	300	128	11.0	52.794
12.6	126	74	5	14.223	30c*	300	130	13.0	57.504
14	140	80	5.5	16.890	32a	320	130	9.5	52.717
16	160	88	6.0	20.513	32b	320	132	11.5	57.741
18	180	94	6.5	24.143	32c	320	134	13.5	62.765
20a	200	100	7.0	27.929	36a	360	136	10.0	60.037
20b	200	102	9.0	31.069	36b	360	138	12.0	65.689
22a	220	110	7.5	33.070	36c	360	140	14.0	71.341
22b	220	112	9.5	36.524	40a	400	142	10.5	67.598
24a*	240	116	8.0	37.477	40b	400	144	12.5	73.878
24b*	240	118	10.0	41.245	40c	400	146	14.5	80.158
25a	250	116	8.0	38.105	45a	450	150	11.5	80.420
25b	250	118	10.0	42.030	45b	450	152	13.5	87.485
27a*	270	122	8.5	42.825	45c	450	154	15.5	94.550
27b*	270	124	10.5	47.084	50a	500	158	12.0	93.654



型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	
工字钢 (GB 706—88)					工字钢 (GB 706—88)				
28a	280	122	8.5	43.492	50b	500	160	14.0	101.504
28b	280	124	10.5	47.888	50c	500	162	16.0	109.354
工字钢 (GB 706—88)					轻型工字钢 (YB 163—63)				
55a*	550	166	12.5	105.355	22	220	110	5.4	24.0
55b*	550	168	14.5	113.970	22a	220	120	5.4	25.8
55c*	550	170	16.5	122.605	24	240	115	5.6	27.3
56a	560	166	12.5	106.316	24a	240	125	5.6	29.4
56b	560	168	14.5	115.108	27	270	125	6.0	31.5
56c	560	170	16.5	123.900	27a	270	135	6.0	33.9
63a	630	176	13.0	121.407	30	300	135	6.5	36.5
63b	630	178	15.0	131.298	30a	300	145	6.5	39.2
63c	630	180	17.0	141.189	33	330	140	7.0	42.2
轻型工字钢 (YB 163—63)					36	360	145	7.5	48.6
					40	400	155	8.0	56.1



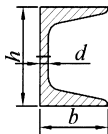
型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	
轻型工字钢 (YB 163-63)					轻型工字钢 (YB 163-63)				
10	100	55	4.5	9.46	45	450	160	8.6	65.2
12	120	64	4.8	11.5	50	500	170	9.5	76.8
14	140	73	4.9	13.7	55	550	180	10.3	89.8
16	160	81	5.0	15.0	60	600	190	11.1	104
18	180	90	5.1	18.4	65	650	200	12.0	120
18a	180	100	5.1	19.9	70	700	210	13.0	138
20	200	100	5.2	21.0	70a	700	210	15.0	158
20a	200	110	5.2	22.7	70b	700	210	17.5	184

注：①有*记号的型号，是须经供需双方协议供应的品种。

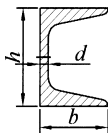
②工字钢长度：10~18号，长5~19m；20~63号，长6~19m。

轻型工字钢长度：≤18号，长5~19m；≥20号，长6~19m。

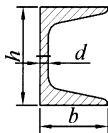
表 1-22 热轧槽钢



型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	
槽钢 (GB 707-88)					槽钢 (GB 707-88)				
5	50	37	4.5	5.438	24a*	240	78	7.0	26.860
6.3	63	40	4.8	6.634	24b*	240	80	9.0	30.628
6.5*	65	40	4.8	6.709	24c*	240	82	11.0	34.396
8	80	43	5.0	8.045	25a	250	78	7.0	27.410
10	100	48	5.3	10.007	25b	250	80	9.0	31.335
12*	120	53	5.5	12.059	25c	250	82	11.0	35.260
12.6	126	53	5.5	12.318	27a*	270	82	7.5	30.838
14a	140	58	6.0	14.535	27b*	270	84	9.5	35.077
14b	140	60	8.0	16.733	27c*	270	86	11.5	39.316
16a	160	63	6.5	17.240	28a	280	82	7.5	31.427
16	160	65	8.5	19.752	28b	280	84	9.5	35.823
18a	180	68	7.0	20.174	28c	280	86	11.5	40.219
18	180	70	9.0	23.000	30a*	300	85	7.5	34.463
20a	200	73	7.0	22.637	30b*	300	87	9.5	39.173
20	200	75	9.0	25.777	30c*	300	89	11.5	43.883



型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>			<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	
槽钢 (GB 707-88)					槽钢 (GB 707-88)				
22a	220	77	7.0	24.999	32a	320	88	8.0	38.083
22	220	79	9.0	28.453	32b	320	90	10.0	43.107
槽钢 (GB 707-88)					轻型槽钢 (YB 164-63)				
32c	320	92	12.0	48.131	16	160	64	5.0	14.2
36a	360	96	9.0	47.814	16a	160	68	5.0	15.3
36b	360	98	11.0	53.466	18	180	70	5.1	16.3
36c	360	100	13.0	59.118	18a	180	74	5.1	17.4
40a	400	100	10.5	58.928	20	200	76	5.2	18.4
40b	400	102	12.5	65.204	20a	200	80	5.2	19.8
40c	400	104	14.5	71.488	22	220	82	5.4	21.0
轻型槽钢 (YB 164-63)					22a	220	87	5.4	22.6
					24	240	90	5.6	24.0
					24a	240	95	5.6	25.8



型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)	型号	尺寸 (mm)			理论质量 (kg/m)
	h	b	d			h	b	d	
5	50	32	4.4	4.84	27	270	95	6.0	27.7
6.5	65	36	4.4	5.90	30	300	100	6.5	31.8
8	80	40	4.5	7.05	33	330	105	7.0	36.5
10	100	46	4.5	8.59	36	360	110	7.5	41.9
12	120	52	4.8	10.4	40	400	115	8.0	48.3
14	140	58	4.9	12.3					
14a	140	62	4.9	13.3					

注：①有*记号的型号，是须经供需双方协议供应的品种。

②槽钢长度：5~8号，长5~12m；10~18号，长5~19m；
20~40号，长6~19m。

表 1-23 钢板（钢带）的理论质量

厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$	厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$	厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$	厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$
0.20	1.570	2.2	17.27	15	117.8	65	510.3
0.25	1.963	2.5	19.63	16	125.6	70	549.7

续表

厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$	厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$	厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$	厚度 (mm)	理论 质量 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right]$
0.30	2.355	2.8	21.98	17	133.5	75	588.8
0.35	2.748	3.0	23.55	18	141.3	80	628.0
0.40	3.140	3.2	25.12	19	149.2	85	667.3
0.45	3.533	3.5	27.48	20	157.0	90	706.5
0.50	3.925	3.8	29.83	21	164.9	95	745.8
0.55	4.318	3.9	30.62	24	188.4	100	785.0
0.60	4.710	4.0	31.40	25	196.3	105	824.3
0.70	5.495	4.2	32.97	26	204.1	110	863.5
0.75	5.888	4.5	35.33	28	219.8	120	942.0
0.80	6.280	4.8	37.68	30	235.5	125	981.3
0.90	7.065	5.0	39.25	32	251.2	130	1021
1.00	7.850	5.5	43.18	34	266.9	140	1099
1.10	8.635	6.0	47.10	36	282.6	150	1178
1.20	9.420	6.5	51.03	38	298.3	160	1256
1.30	10.21	7.0	54.95	40	314.0	165	1295
1.40	10.99	8.0	62.80	42	329.7	170	1335
1.50	11.78	9.0	70.65	45	353.3	180	1413
1.60	12.56	10.0	78.50	48	376.8	185	1452
1.70	13.35	11	86.35	50	392.5	190	1492
1.80	14.13	12	94.20	52	408.2	195	1531
1.90	14.92	13	102.1	55	431.8	200	1570
2.00	15.70	14	109.9	60	471.0		

表 1-24 热轧（挤压、扩）无缝钢管品种
(GB8162、8163-87)

外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚
(mm)		(mm)		(mm)		(mm)	
32	2.5~8	76	3~19	152	4.5~36	377	9~75
38	2.5~8	83	3.5~19	159	4.5~36	402	9~75
42	2.5~10	89	3.5~24	168	5~45	406	9~75
45	2.5~10	95	3.5~24	180	5~45	450	9~75
50	2.5~10	102	3.5~24	194	5~45	(465)	9~75
54	3~11	108	4~28	203	6~50	480	9~75
57	3~13	114	4~28	219	6~50	500	9~75
60	3~14	121	4~28	245	6.5~50	530	9~75
63.5	3~14	127	4~30	273	6.5~50	(550)	9~75
68	3~16	133	4~32	299	7.5~75	560	9~24
70	3~16	140	4.5~36	325	7.5~75	600	9~24
73	3~19	146	4.5~36	351	8~75	630	9~24
壁厚系列 (mm)	2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, (24), 25, (26), 28, 30, 32, (34), (35), 36, (38), 40, (42), (45), (48), 50, 56, 60, 63, (65), 70, 75						

注：①GB8162-87《结构用无缝钢管》，GB8163-87《输送流体用无缝钢管》。

②括号内尺寸不推荐使用。钢管通常长度为3~12m。

表 1-25 冷拔轧无缝钢管品种
(GB8162、8163-87)

外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚
(mm)		(mm)		(mm)		(mm)	
6	0.25~2.0	24	0.40~7.0	53	1.0~12	100	1.4~12
7	0.25~2.5	25	0.40~7.0	54	1.0~12	102	1.4~12
8	0.25~2.5	27	0.40~7.0	56	1.0~12	108	1.4~12
9	0.25~2.8	28	0.40~7.0	57	1.0~13	110	1.4~12
10	0.25~3.5	29	0.40~7.5	60	1.0~14	120	1.5~12
11	0.25~3.5	30	0.40~8.0	63	1.0~12	125	1.8~12
12	0.25~4.0	32	0.40~8.0	65	1.0~12	130	2.5~12
(13)	0.25~4.0	34	0.40~8.0	68	1.0~14	133	2.5~12
14	0.25~4.0	(35)	0.40~8.0	70	1.0~14	140	3.0~12
(15)	0.25~5.0	36	0.40~8.0	73	1.0~14	150	3.0~12
16	0.25~5.0	38	0.40~9.0	75	1.0~12	160	3.5~12
17	0.25~5.0	40	0.40~9.0	76	1.0~14	170	3.5~12
18	0.25~6.0	42	1.0~9.0	80	1.4~12	180	3.5~12
19	0.25~6.0	44.5	1.0~9.0	(83)	1.4~12	190	4.0~12
20	0.25~6.0	45	1.0~10	85	1.4~12	200	4.0~12
21	0.40~6.0	48	1.0~10	89	1.4~14		
22	0.40~6.0	50	1.0~12	90	1.4~12		
23	0.40~6.0	51	1.0~12	95	1.4~12		
壁厚系列 (mm)	0.25, 0.30, 0.4, 0.50, 0.60, 0.80, 1.0, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.2, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10, 11, 12, 13, 14						

注：括号内尺寸不推荐使用。钢管通常长度为 2~10.5m。

表 1-26 冷拔或冷轧精密无缝钢管
(GB8639-83)

外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚
(mm)		(mm)		(mm)		(mm)	
4	0.5~1.0	22	0.5~5.0	48	1.0~10	120	2.0~12.5
5	0.5~1.0	25	0.5~5.0	50	1.0~10	130	3.0~12.5
6	0.5~1.2	(26)	0.5~6.0	55	1.0~12.5	140	3.0~12.5
8	0.5~2.5	28	0.5~6.0	60	1.0~12.5	150	3.0~12.5
10	0.5~2.5	30	0.5~6.0	63	1.0~12.5	160	4.0~12.5
12	0.5~3.0	32	0.5~6.0	70	1.0~12.5	170	4.0~12.5
14	0.5~3.0	35	0.5~7.0	76	1.0~12.5	180	5.0~12.5
15	0.5~3.0	38	0.5~8.0	80	1.0~12.5	190	6.0~12.5
16	0.5~4.0	40	0.5~8.0	90	1.5~12.5	200	6.0~12.5
18	0.5~4.0	42	1.0~10	100	1.8~12.5		
20	0.5~5.0	45	1.0~10	110	2.0~12.5		
壁厚系列 (mm)	0.5, (0.8), 1.0, (1.2), 1.5, (1.8), 2.0, (2.2), (2.5), (2.8), 3.0, (3.5), 4.0, (4.5), 5.0, (5.5), 6.0, (7.0), 8.0, (9.0), 10, 11, 12.5						

表 1-27 低压流体用焊接钢管和镀锌焊接管

公称口径		外径	普通钢管		加厚钢管	
(mm)	(in)		公称尺寸 (mm)	壁厚 (mm)	理论质量 (kg/m)	壁厚 (mm)	理论质量 (kg/m)
6	1/8	10.0	2.00	0.39	2.50	0.46
8	1/4	13.5	2.25	0.62	2.75	0.73
10	3/8	17.0	2.25	0.82	2.75	0.97
15	1/2	21.3	2.75	1.26	3.25	1.45
20	3/4	26.8	2.75	1.63	3.50	2.01
25	1	33.5	3.25	2.42	4.00	2.91
32	1 1/4	42.3	3.25	3.13	4.00	3.78
40	1 1/2	48.0	3.50	3.84	4.25	4.58
50	2	60.0	3.50	4.88	4.50	6.16
65	2 1/2	75.5	3.75	6.64	4.50	7.88
80	3	88.5	4.00	8.34	4.75	9.81
100	4	114.0	4.00	10.85	5.00	13.44
125	5	140.0	4.50	15.04	5.50	18.24
150	6	165.0	4.50	17.81	5.50	21.63

注：①公称口径表示近似的内径参考尺寸，它不等于外径减 2 倍壁厚之差；其外径决定于圆锥管螺纹的大径尺寸。

②钢管按管端形式，分不带螺纹和带螺纹两种；按表面情况，分焊接钢管（不镀锌）和镀锌焊接钢管两种。

③焊接钢管的通常长度为 4~10m，镀锌焊接钢管的通常长度为 4~9m，镀锌后钢管质量按表载加 3%~6%。

十、硬度对照表

表 1-28 各种硬度值对照表

洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏	
			HBS, (HBW) 30D ²	d, mm. 10/3000
70		1037	—	—
69		997	—	—
68	96.6	959	—	—
67	94.6	923	—	—
66	92.6	889	—	—
65	90.5	856	—	—
64	88.4	825	—	—
63	86.5	795	—	—
62	84.8	766	—	—
61	83.1	739	—	—
60	81.4	713	—	—
59	79.7	688	—	—
58	78.1	664	—	—
57	76.5	642	—	—
56	74.9	620	—	—
55	73.5	599	—	—
54	71.9	579	—	—
53	70.5	561	—	—
52	69.1	543	—	—
51	67.7	525	(501)	2.73
50	66.3	509	(488)	2.77
49	65	493	(474)	2.81
48	63.7	478	(461)	2.85
47	62.3	463	449	2.89
46	61	449	436	2.93
45	59.7	436	424	2.97

续表

洛氏 HRC	肖氏 HS	维氏 HV	布 氏	
			HBS, (HBW) 30D ²	d, mm. 10/3000
44	58.4	423	413	3.01
43	57.1	411	401	3.05
42	55.9	399	391	3.09
41	54.7	388	380	3.13
40	53.5	377	370	3.17
39	52.3	367	360	3.21
38	51.1	357	350	3.26
37	50	347	341	3.30
36	48.8	338	332	3.34
35	47.8	329	323	3.39
34	46.6	320	314	3.43
33	45.6	312	306	3.48
32	44.5	304	298	3.52
31	43.5	296	291	3.56
30	42.5	289	283	3.61
29	41.6	281	276	3.65
28	40.6	274	269	3.70
27	39.7	268	263	3.74
26	38.8	261	257	3.78
25	37.9	255	251	3.83
24	37	249	245	3.87
23	36.3	243	240	3.91
22	35.5	237	234	3.95
21	34.7	231	229	4.00
20	34	226	225	4.03
19	33.2	221	220	4.07
18	32.6	216	216	4.11
17	31.9	211	211	4.15

第二章 常用机械传动件、流体传动件

一、传动方式

常见的传动方式可以分为：带传动、齿轮传动、链传动、螺纹传动。

表 2-1 常见的传动方式及其特点

传动方式	特 点
带传动	利用张紧在带轮上的带,借助它们间的摩擦或啮合,在两轴(多轴)间传递运动或动力。带传动具有结构简单、传动平稳、造价低廉、不需润滑以及缓冲吸振等特点
链传动	属于具有中间挠动件的啮合传动,与齿轮传动相比,链传动的制造安装精度要求较低,链传动受力情况好,承载能力较大,有一定的缓冲和减振性能。一般应布置在铅垂面内,如需要布置在水平面或倾斜面内,应考虑加装托板或张紧轮等装置
螺纹传动	是将旋转运动变成直线运动或把直线运动变成旋转运动,同时进行能量和力的传递,或者调整零件的相互位置。根据螺纹副摩擦性质不同分为滑动螺旋、滚动螺旋、静压螺旋。根据用途不同分为传力螺旋(以传递能量为主,如螺旋压力机)、传动螺旋(以传递运动为主,要求有较高的传动精度,如金属切削机床的进给螺旋)、调整螺旋(调整零件的相互位置,如压力机的调整螺旋)
摩擦轮传动	是两个相互压紧的摩擦轮靠接触面间的摩擦传递运动和动力。结构简单、制造容易、运转平稳、过载可以打滑、能无级改变传动比


传动方式	特 点
齿轮传动	是依靠两个或多个相互啮合的齿轮来传递动力和运动。它的特点是瞬时传动比恒定、传动比范围大,可增速或减速、速度(节圆圆周速度)和传递功率的范围大、传递的效率高、结构紧凑,适合近距离传动、制造工艺复杂、成本高、无过载保护装置,传动时噪音、振动和冲击大,污染环境

二、三角带、多楔带、同步齿形带

V形带是应用最广泛的一种传动带,对V带的结构要求应该是曲挠性好,横向刚度大,承载能力高,寿命长。V带的工作面是两侧面。

同步齿形带是通过带齿与轮齿的啮合传递运动和动力,它兼具有带传动、链传动、齿轮传动的一些特点。具有传动比准确、效率高、传动平稳、噪音低、使用寿命长、中心距允许范围大、能承受一定的冲击、不需润滑、结构紧凑等优点。

表 2-2 带的类型、简图和结构特点

类型	简图及结构特点	应用	说明
普通V带	 <p>承载层为绳心或胶帘,楔角为40°,相对高度近似为0.7、梯形截面环形带</p> <p>当量摩擦系数大,工作面与轮槽附着好,允许包角小,传动比大,预紧力小,绳心结构带体较柔软,曲挠疲劳性好</p>	$v < 25 \sim 30$ m/s 、 $i \leq 10$ 、 $p < 700kW$ 的 轴间距小的传动	其截面尺寸规格见表 2-3

续表

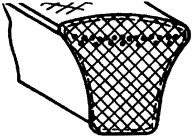

类型	简图及结构特点	应用	说明
窄 V带	 <p>承载层为绳心，楔角为40°，相对高度近似0.9的梯形截面环形带。具有普通V带的特点外，能承受较大的预紧力，速度高，传递功率大</p>	大功率结构紧凑的传动	分为基准宽度和有效宽度制。其截面尺寸规格见表2-6
多楔带	<p>在绳芯结构平带的基体下有若干纵向三角楔形的环形带，工作面是楔面，又分橡胶和聚氨酯两种。具有平带的柔软，V带的摩擦力大的特点，传动比平稳，外廓尺寸小</p>	结构紧凑的传动，特别是要求V带根数多或轮轴垂直地面的传动	其截面尺寸规格见表2-4
同步齿形带	 <p>工作面为梯形齿或弧齿，承载层为玻璃纤维绳心，传动比准确，轴压力小，结构紧凑，耐油耐磨性好，制造安装精度高</p>	$v < 50 \text{ m/s}$ 、 $p < 300 \text{ kW}$ 、 $i \leq 10$ 要求同步传动。也可用于低速传动	其齿形尺寸见表2-5

表 2-3 V 带的截面尺寸

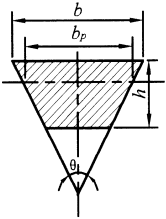
	带形	节宽 b_p	顶宽 b	高度 h	楔角 θ
	Y	5.3	6	4	40°
Z	8.5	10	6		
A	11.0	13	8		
B	14.0	17	10.5		
C	19.0	22	13.5		
D	27.0	32	19		
E	32.0	38	23.5		

表 2-4 多楔带的截面尺寸

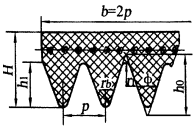
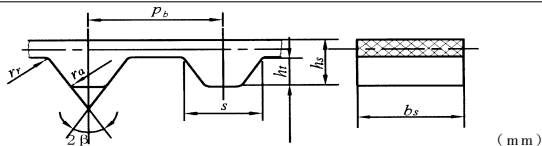
	带型	p	H	楔数 z	节线长度 L_p
	H	1.6 ± 0.02	3	2~8	200~1000
J	2.34 ± 0.02	4	2~36	400~2000	
L	4.7 ± 0.02	10	4~50	1250~4500	
M	9.4 ± 0.02	177	4~50	2000~5000	

表 2-5 同步齿形带的截面尺寸



(mm)

带型①	节距 p_b	齿形角 2β	齿根厚 s	齿高 h_t	带高② h_s	齿根圆角 半径 r_r	齿顶圆角 半径 r_a
MXL	2.032	40	1.14	0.51	1.14	0.13	0.13
XXL	3.175	50	1.73	0.76	1.52	0.20	0.30
XL	5.080	50	2.57	1.27	2.3	0.38	0.38
L	9.525	40	4.65	1.91	3.6	0.51	0.51
H	12.700	40	6.12	2.29	4.3	1.02	1.02
XH	22.225	40	12.57	6.35	11.2	1.57	1.19
XXH	31.750	40	19.05	9.53	15.7	2.29	1.52

注：①带型即节距代号，MXL—最轻型；XXL—超轻型；XL—特轻型；L—轻型；H—重型；XH—特重型；XXH—超重型。

②系单面带的带高。

表 2-6 窄 V 带（有效宽度制）截面尺寸及规格

	带型	顶宽 b	高度 h	楔角 θ
	9N (3V) 15N (5V) 25N (8V)	9.5 15.5 25.5	8.0 13.5 23.5		40°

三、渐开线圆柱齿轮几何尺寸

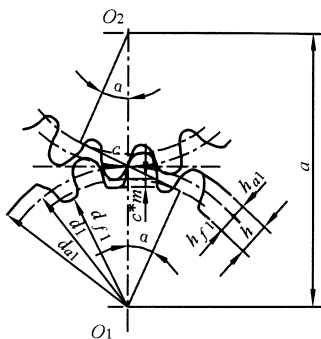


图 2-1 渐开线齿轮的几何尺寸

表 2-7 渐开线齿轮的几何尺寸表

名称	代号	直齿轮	斜齿(人字齿)轮
模数	m 或 m_n	m 由强度计算或结构设计确定并取标准值	m_n 由强度计算或结构设计确定并取标准值。 $m_t = m_n / \cos \beta$
压力角	α 或 α_n	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha_n = 20^\circ$, $\operatorname{tg} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta$
分度圆直径	d	$d = mz$	$d = m_t \cdot z = z \cdot m_n / \cos \beta$

续表

名称	代号	直齿轮	斜齿(人字齿)轮
齿顶高	h_a	$h_a = h_a^* \cdot m = m,$ ($h_a^* = 1$)	$h_a = h_{an}^* m_n = m_n,$ ($h_{an}^* = 1$)
齿根高	h_f	$h_f = (h_a^* + c^*) m$ $= 1.25 m$ ($h_a^* = 1, c^* = 0.25$)	$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n$ $= 1.25 m_n$ ($h_{an}^* = 1, c_n^* = 0.25$)
齿全高	h	$h = h_a + h_f = 2.25 m$	$h = h_a + h_f = 2.25 m_n$
齿顶圆直径	d_a	$d_a = d + 2 h_a = (z + 2) m$	$d_a = d + 2 h_a$
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - 2 h_f$ $= (z - 2.5) m$	$d_f = d - 2 h_f$
中心距	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$ $= \frac{(z_1 + z_2) m}{2}$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$ $= \frac{(z_1 + z_2) m_n}{2 \cos \beta}$
齿数比	μ	$\mu = \frac{z_2}{z_1}$	$\mu = \frac{z_2}{z_1}$

四、渐开线齿形样板的近似画法

已知：模数 m ，齿数 z ，压力角 α

解：按照标准圆柱齿轮的尺寸关系可算得：齿顶圆直径 $d_a = m \cdot (z + 2)$ ，分度圆直径 $d = zm$ ，齿根圆直径 $d_f = (z - 2.5) m$ ，基圆直径 $d_b = d \cos \alpha$ ，齿厚 $S = \frac{1}{2} P = 1.5708 m$

划法如下：

①以 O 为圆心，分别划出齿顶圆、分度圆、齿根圆、基圆；

②在分度圆周上，按齿距 P 所对应弦长 $AA_1 = d \sin \frac{180^\circ}{z}$ 的尺寸

等分分度圆，从等分点 A 为起点截取 $AA' = A'A_1 = \frac{1}{2} P$ ；

③求出 OA 的中点 O_1 ；

④以 O_1 为圆心、 O_1A 为半径作圆弧，交基圆于 O_2 点；

⑤以 O_2 为圆心、 O_2A 为半径作圆弧 CB ，弧 CB 就是基圆到齿顶圆之间的齿形轮廓线；

⑥从 C 点沿齿轮半径方向作直线 CM ；

⑦以 $0.2m$ 为半径，作齿根弧 r 相切于齿廓线与齿根圆线；

⑧按上述同样方法，可作出齿轮另一侧的齿形轮廓线。

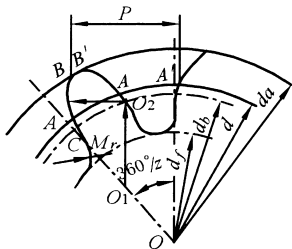


图 2-2 渐开线齿轮样板的近似画法

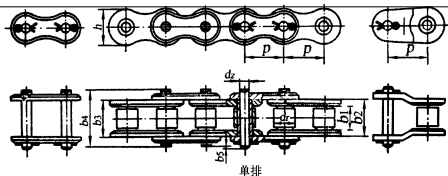
五、链条、链轮

链传动按用途不同分为：传动链、输送链、起重链。传动链一般在机械中用来传递运动和动力，输送链在运输机械中输送物料或机件，起重链在起重机械中用来提升重物。

1. 链条

链条分为滚子链传动和齿轮链传动。

表 2-8 滚子链基本参数和尺寸 (GB1243. 1-83)



链号	节距	排距	滚子 外径	内链节 内宽	销轴 直径	内链节 外宽	外链节 内宽	销轴 长度	止锁 端加 长量	内链板 高度	单排极限 拉伸载荷	单排每 米质量
	p	p_t	d_{rmax}	b_{1min}	d_{zmax}	b_{2max}	b_{3min}	b_{4max}	b_{5max}	h_{max}	Q_{min}	$q \approx$
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N	kg/m
05B	8.00	5.64	5.00	3.00	2.31	4.77	4.90	8.6	3.1	7.11	4400	0.18
06B	9.525	10.24	6.35	5.72	3.28	8.53	8.66	13.5	3.3	8.26	8900	0.40
08B	12.70	13.92	8.51	7.75	4.45	11.30	11.43	17.0	3.9	11.81	17800	0.70
08A	12.70	14.38	7.95	7.85	3.96	11.18	11.23	17.8	3.9	12.07	13800	0.60
10A	15.875	18.11	10.16	9.40	5.08	13.84	13.89	21.8	4.1	15.09	21800	1.00
12A	19.05	22.78	11.91	12.57	5.94	17.75	17.81	26.9	4.6	18.08	31100	1.50
16A	25.40	29.29	15.88	15.75	7.92	22.61	22.66	33.5	5.4	24.13	55600	2.60
20A	31.75	35.76	19.05	18.90	9.53	27.46	27.51	41.1	6.1	30.18	86700	3.80
24A	38.10	45.44	22.23	25.22	11.10	35.46	35.51	50.8	6.6	36.20	124600	5.60
28A	44.45	48.87	25.40	25.22	12.70	37.19	37.24	54.9	7.4	42.24	169000	7.50
32A	50.80	58.55	28.58	31.55	14.27	45.21	45.26	65.5	7.9	48.26	222400	10.10
40A	63.50	71.55	39.68	37.85	19.84	54.89	54.94	80.3	10.2	60.33	347000	16.10
48A	76.20	87.83	47.63	47.35	23.80	67.82	67.87	95.5	10.5	72.39	500400	22.60

注：①使用过渡链节时，其极限拉伸载荷按表列数值的 80% 计算。

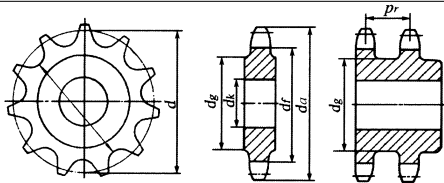
②对于多排链，除 05B、06B、08B 外，其极限拉伸载荷按表列单排链的数值乘以排数 m 计算，其销轴长度按 $b_4 + (m-1)p_t$ 计算。对于 B 系列的多排链可查 GB1243. 1-83。

③套筒与销轴之间的最小间隙应保证为 0.5mm。

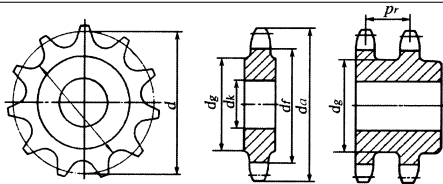
④标记示例：链号为 08A、单排、87 个链节长的滚子链标记为 08A-1×87 GB1243. 1-83。

2. 滚子链轮

表 2-9 滚子链轮基本参数和主要尺寸 (GB1244-85)



名称		符号	计算公式	说明
基本参数	链轮齿数	Z		
	配用链条的	节距	p	
		滚子外径 排距	d_r p_t	
主要尺寸	分度圆直径	d	$d = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$	
	齿顶圆直径	d_a	$d_{amax} = d + 1.25p - d_r$ $d_{amin} = d + \left[1 - \frac{1.6}{z} \right] p - d_r$ 若为三圆弧一直线齿形, 则 $d_a = p \left[0.54 + \cos \frac{180^\circ}{z} \right]$	可在 d_{amax} 与 d_{amin} 范围内选取, 但当选用 d_{amin} 时, 应注意用展成法加工时有可能发生顶切

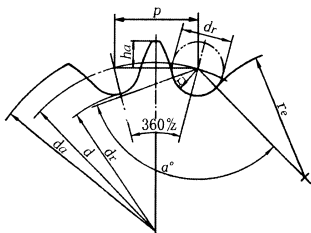


名称	符号	计算公式	说明
齿根圆直径	d_f	$d_f = d - d_r$	
主要尺寸	分度圆弦齿高 h_a	$h_{amax} = \left[0.625 + \frac{0.8}{z} \right] p - 0.5 d_r$ $h_{amin} = 0.5(p - d_r)$ 若为三圆弧一直线齿形, 则 $h_a = 0.27 p$	h_a 是为简化放大齿形图的绘制而引入的辅助尺寸, h_{amax} 相应于 d_{amax} , h_{amin} 相应于 d_{amin}
	最大齿根距离 L_x	奇数齿 $L_x = d \cos \frac{90^\circ}{z} - d_r$ 偶数齿 $L_x = d_f = d - d_r$	
	齿侧凸缘 (或排间槽)直径 d_g	$d_g < p \cos \frac{180^\circ}{z} - 1.04 h - 0.76$	h 为内链板高度

3. 齿槽形状

滚子链与链轮的啮合属于非共扼啮合，其链轮齿形设计可以有较大灵活性。最大和最小齿槽形状见表 2-10。

表 2-10 最大和最小齿槽形状 (GB1244-85)

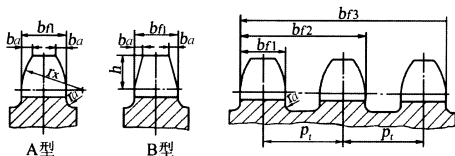


(mm)

名称	符号	计算公式	
		最大齿槽形状	最小齿槽形状
齿面圆弧半径	r_e	$r_{e\min} = 0.008 d_r (z^2 + 180)$	$r_{e\max} = 0.12 d_r (z + 2)$
齿沟圆弧半径	r_i	$r_{i\max} = 0.505 d_r + 0.069 \sqrt[3]{d_r}$	$r_{i\min} = 0.505 d$
齿沟角	α	$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z}$	$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z}$

4. 轴向齿廓

表 2-11 轴向齿廓及尺寸 (GB1244-85)



(mm)

名称	符号	计算公式		备注
		$p \leq 12.7$	$p > 12.7$	
齿宽 单排 双排、三排 四排以上	b_{f1}	0.93 b_1 0.91 b_1 0.88 b_1	0.95 b_1 0.93 b_1 0.93 b_1	$p > 12.7$ 时, 经制造厂同意, 亦可使用 $p \leq 12.7$ 时的齿宽 b_1 为内链节内宽
倒角宽	b_a	$b_a = (0.1 \sim 0.15) p$		
倒角半径	r_x	$r_x \geq p$		
倒角深	h	$h = 0.5 p$		仅适用于 B 型
齿侧凸缘 (或排间槽) 倒角半径	r_a	$r_a \approx 0.04 p$		
链轮齿总宽	b_{fm}	$b_{fm} = (m-1) p_t + b_{f1}$		m 为排数

六、液压元件

1. 泵

(1) 齿轮泵: 齿轮泵是一种广泛应用于低压、大流量液压装置上的液动力源, 它具有结构简单、体积小、工作可靠、对冲击负荷适应性强、维护方便等特点; 且具有较好的自吸性能及耐油液污染性; 但其流量和压力脉动较大、噪声较大、泵排量不可变。常用齿轮泵的技术规格见表 2-12。

表 2-12 常用齿轮泵的技术规格

名称	型号	排量 (ml/r)	压力 (MPa)		转速 (r/min)		容积效率	驱动功率 (kW)	质量 (kg)
			额定	最高	额定	最高			
CB 型	CB-32	31.8	10	12.5	1450	1650	90%	8.7	6.1
	CB-46	48.1						13	7
	CB-98	98.1						27.1	18.3
CB3 型	CB306	6	14	17.5	2000	3000	90%	3.1	2.15
	CB310	10					92%	5.7	2.35
	CB314	14					93%	8	2.5
CB-B 型	CB-B2.5	2.5	2.5		1450		70%	0.13	2.5
	CB-B4	4					80%	0.21	2.8
	CB-B6	6					0.31	3.2	
	CB-B10	10					0.51	3.5	
	CB-B16	16					90%	0.82	5.2
	CB-B20	20						1.02	5.4
	CB-B25	25						1.3	5.5
	CB-B32	32					94%	1.65	6.0
	CB-B40	40						2.1	10.5
	CB-B50	50						2.6	11.0
	CB-B63	63					95%	3.3	11.8
	CB-B80	80						4.1	17.6
	CB-B100	100						5.1	18.7
	CB-B125	125						6.5	19.5

(2) 叶片泵：叶片泵是一种中低压或高压液压泵。具有寿命长、噪声低、流量均匀、可以实现变量调节等优点。但其对油液污染比齿轮泵敏感。泵转速范围受到一定的限制，一般在 600~2000r/min 内使用。主要应用于机床、工程机械、船舶、压铸机和冶金设备。目前用的最多的是 YB 型双作用叶片泵。

表 2-13 常用叶片泵的技术规格

名称	型号	排量 (ml/r)	压力 (MPa)	转速 (r/min)	驱动功率 (kW)	外形尺寸 (mm)	质量(kg)	
中低 压叶 片泵	YB-A6B-L	6	7	800~2000	1.08	198 * 110 * 110	9~10.5	
	YB-A9B-L	9		600~2000	1.35			
	YB-A14B-L	14		600~1800	2.05			
	YB-A16B-L	16		600~1200	2.30			
	YB-A26B-L	26			3.57			
	YB-A36B-L	36			4.85			
	YB-A48B-L	48		600~1500	6.92	235 * 204 * 204		25~26
	YB-A60B-L	60			8.33			
	YB-A74B-L	74			10.17			
	YB-A92B-L	92		600~1200	12.33	425 * 356 * 356		113~120
	YB-A113B-L	113			15			
	YB-A129B-L	129			17.17			
	YB-A148B-L	148	19.58					
中高 压叶 片泵	YB-E6	6	16	1500	3.5	196 * 115 * 140	10	
	YB-E10	10			5.2			
	YB-E16	16			8			
	YB-E25	25			12			228 * 130 * 155	14
	YB-E32	32			15			
	YB-E40	40			20			
	YB-E50	50			20.5			
	YB-E63	63			26.2			
限压 式变 量泵 (内反 馈)	YBN-20N-JB	18.75	2~7	1450	1.43	197 * 192 * 124		
	YBN-20M-JB	22.5	1.4~3.5		0.86			
	YBN-20L-JB	22.5	0.7~1.8		0.45			
	YBN-40N-JB	37.5	2~7		2.86	295 * 258 * 171		
	YBN-40M-JB	45	1.4~3.5		1.72			
	YBN-40L-JB	45	0.7~1.8		0.88			

续表

名称	型号	排量 (ml/r)	压力 (MPa)	转速 (r/min)	驱动功率 (kW)	外形尺寸 (mm)	质量(kg)
限压 变量 泵 (外反 馈)	YBX-16	0~16	2~6.3	1450	3.5	165 * 237 * 135	19
	YBX-25	0~25			3.5	199 * 270 * 170	
	YBX-40	0~40				225 * 323 * 18	
	YBX-16B	0~16			3.5	167 * 228 * 129	20
	YBX-25B	0~25			3.5	199 * 272 * 170	
	YBX-40B	0~40				220 * 316 * 198	

(3) 柱塞泵：目前应用较多的是轴向柱塞泵。轴向柱塞泵具有结构紧凑、工作压力高、可实现变量，且有多种控制变量的形式，但其对油液的污染较敏感，过滤精度要求高，自吸性较齿轮泵、叶片泵差。多用于农村机械、工程机械、火炮及空间技术。轴向柱塞泵按结构特点分为斜盘式和斜轴式。斜盘式轴向柱塞泵技术规格见表 2-14。

表 2-14 斜盘式轴向柱塞泵技术规格

名称	型号	排量 (ml/r)	压力 (MPa)	转速 (r/min)	容积效率 (%)	驱动功率 (kW)	质量(kg)		
CY14 - 1B 斜盘 式轴 向柱 塞泵	2.5MCY14-1B	2.5	32	3000		6	4.5		
	10MCY14-1B	10		1500			10	16	
	10SCY14-1B	10						19	
	10CCY14-1B	10						22	
	10YCY14-1B	10						24	
	25MCY14-1B	25						24.6	27
	25SCY14-1B	25		34					
	25CCY14-1B	25		34					
	25YCY14-1B			36					
	25ZCY14-1B			34					
	63MCY14-1B	63						59.2	56
	63SCY14-1B							65	
	63CCY14-1B							70	
	63YCY14-1B							71	
63ZCY14-1B	68								

续表

名称	型号	排量 (ml/r)	压力 (MPa)	转速 (r/min)	容积效率 (%)	驱动功率 (kW)	质量 (kg)
CY14 - 1B 斜盘 轴向 柱塞	160MCY14-1B	160	32	1000	91.5	92	110
	160SCY14-1B						155
	160CCY14-1B						158
	160YCY14-1B						160
	160ZCY14-1B						155
	250MCY14-1B	250			148		210
	250SCY14-1B						240
	250CCY14-1B						245
	250YCY14-1B						255
	250ZCY14-1B						245

2. 其他液压元件

(1) 液压缸：是将液压能转化为直线运动或摆动的机械能的一种能量装置。根据其结构特点分为活塞式、柱塞式、回转式。按其作用来分有单作用式和双作用式。

(2) 控制阀：在液压系统中被用来控制液流的压力、流量和方向，保证执行元件按照负载的需求进行工作。

①方向控制阀：用来控制和改变液压系统中液流方向的阀类。

单向阀及液控单向阀：单向阀是只允许液流单方向流动的一种简单的方向控制阀；液控单向阀允许液流在一个方向上自由通过，在控制油压达到规定值时允许油液反向通过。

电磁换向阀和电液换向阀：电磁换向阀是电器和液压组成的元件，由电气系统的开关、时间继电器、行程开关等元件发出电信号，使电磁机构动作，推动阀心移动，以改变液流的流向，从而使执行机构做正向或反向运动，或使液压系统卸荷。电液换向阀由电磁换向阀和液动换向阀组成，电磁阀作为先导阀控制液动换向阀，使主油路液流换向，从而使执行机构改变运动方向。适用于大流量系统中。

②压力控制阀：

溢流阀：溢流阀是一种压力控制阀，可以调定系统的压力，起到安全保护作用。远程调压阀也是一种溢流阀，它和主溢流阀的遥控口

连接，在设定的范围内对主溢流阀实现远程压力调节。

减压阀：减压阀是利用液流流过缝隙产生压力损失使其出口压力低于进口压力的压力控制阀。

顺序阀：顺序阀是一种利用压力控制阀口通断的压力阀，因用于控制多个执行元件的动作顺序而得名。

压力继电器：压力继电器是一种将液压系统的压力信号转换为电信号输出的元件。

③ **流量控制阀：**流量控制阀是通过改变阀口的大小来改变液阻实现流量调节的阀，包括节流阀、调速阀、溢流节流阀和分流集流阀。

(3) **管件：**管件是用来连接液压元件，输送液压油的连接件。管件应具有足够的强度，没有泄漏，密封性好，压力损失小，拆装方便等特点。液压系统中常用的油管的种类及特点见表 2-15。

表 2-15 各种油管的特点及适用场合

种 类		特点和适用场合
硬 管	钢管	耐油、耐高压、强度高、工作可靠，但装配时不便弯曲，常在装拆方便处用作压力管道。中压以上使用无缝钢管，低压使用焊接钢管
	紫铜管	价高，承压能力低（6.5~10MPa），抗冲击和振动能力差，易使油液氧化，但易弯曲成各种形状，常用在仪表和液压系统装配不便处
软 管	塑料管	耐油，价低，装配方便，长期使用易老化，只适用于压力低于 0.5MPa 的回油管或泄油管
	尼龙管	乳白色透明，可观察流动情况，价低，加热后可随意弯曲、扩口，冷却后定型，安装方便，承压能力因材料而异（2.5~8MPa）
	橡胶软管	用于相对运动的连接。分高压和低压两种。高压软管由耐油橡胶加几层编织网（层数越多耐压越高）制成，价高，用于压力管路。低压软管由耐油橡胶夹帆布制成，用于回油管路

(4) 管接头：管接头是油管与液压元件、油管与油管之间可拆卸的连接件。常用管接头种类及特点见表 2-16。





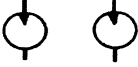
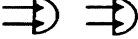
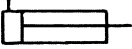
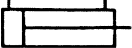
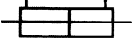
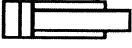
表 2-16 常用管接头种类及特点









种 类	特 点
扩口式管接头	结构简单，重复使用性好，适用于薄壁管件连接的中低压系统中
焊接式管接头	工作可靠，工作压力可达到 32 MPa，装配工作量大，焊接质量要求高
卡套式管接头	连接方便，密封性好，不用密封件，工作压力可达到 32 MPa。需进行预装配
橡胶软管接头	一般橡胶软管与接头集成提供。可根据压力和流量来选用
快速管接头	适用于经常接通或断开处，结构复杂，压力损失大

七、气压元件

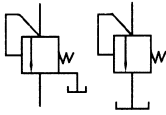





气压元件和液压元件的功能很类似，不同的只是使用的介质不一样，气压元件以压缩空气作为传递能量的介质。常用液压元件及气动元件的符号及作用见表 2-17。

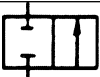
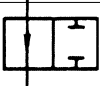
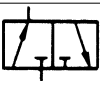
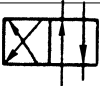

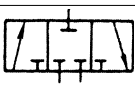
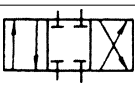
表 2-17 常用液压元件及气动元件的符号及作用






名 称	职能符号	作 用
单向定量泵		将机械能转换为液压能
单向变量泵		
双向定量泵		
双向变量泵		
单向定量马达		将液压能转换为驱动执行元件的机械能
摆动马达		
单作用单活塞杆 液压缸		
双作用单活塞杆 液压缸		
双作用双活塞杆 液压缸		
差动液压缸		

名 称	职能符号	作 用
手动杠杆控制		
弹簧控制		
机械控制		
先导液压控制		
单线圈电磁控制		
定位机构		
溢流阀		保证液压系统及泵的出口压力恒定或限制系统的压力
减压阀		利用流体流过缝隙产生压力损失, 使其出口压力低于进口压力

续表

名 称	职能符号	作 用
顺序阀		利用压力控制阀口通断，因用于控制多个执行元件的动作顺序而得名
压力继电器		将液压系统中的压力信号转化为电信号输出的元件
节流阀		最简单最基本的流量控制阀，借助于控制机构使阀心相对于阀体孔运动改变阀口过流面积，常用在定量泵节流调速系统中
调速阀		保证负载变化大的执行元件的速度稳定
单向阀		只允许油液单向通过
液控单向阀		当控制端压力小于某一值时，作为普通单向阀，当控制端压力大于某一值时，允许油液反向通过

名 称	职能符号	作 用
常闭式两位两通阀		控制系统中液流的方向
常开式两位两通阀		
两位三通阀		
两位四通阀		
两位五通阀		
三位三通阀		
三位四通阀		

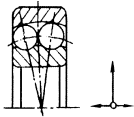
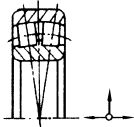
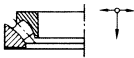
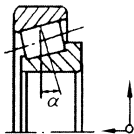
名 称	职能符号	作 用
粗滤油器		滤去油液中的杂质， 维护油液的清洁，防止 油液污染，保证液压系 统正常工作
精滤油器		
交流电机		
交流变速电机		
指针式压力表		指示系统的压力

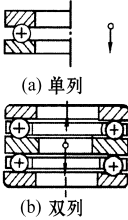
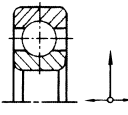
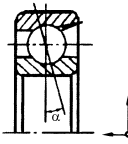
八、滚动轴承

滚动轴承具有摩擦系数小、效率高、启动灵活、润滑简单、成本低、互换性好、适用维护方便等优点。它的主要缺点是：抗冲击载荷能力差，高速时有噪声、工作寿命有限。

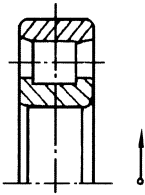
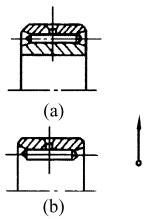
选择滚动轴承的类型非常重要，否则会使机器的性能得不到满足，或降低轴承的寿命。在选择轴承时，应从具体的工作条件出发，考虑各种轴承的特点和应用场合，从中选出合适的轴承类型。滚动轴承的类型和特性见表 2-18。

表 2-18 滚动轴承的类型和特性

名称、 类型代号	结构简图及承载方向	极限 转速	允许偏 转角	主要特性和应用
调心球 轴承		中	$2^{\circ} \sim 3^{\circ}$	主要承受径向 载荷，同时能承 受少量的轴向载 荷。允许偏转角 是在保证轴承正 常工作条件下内 外圈轴线间的最 大夹角
调心滚子 轴承		低	$0.5^{\circ} \sim 2^{\circ}$	能承受很大的 径向载荷和少量 的轴向载荷，滚 动体为鼓型，外 圈滚道为球面
推力调心 滚子轴承		低	$2^{\circ} \sim 3^{\circ}$	能同时承受很 大的轴向载荷和 不大的径向载荷， 滚子为腰鼓型， 外圈滚道为球面
圆锥滚子 轴承		中	$2'$	能同时承受较 大径向和轴向联 合载荷，因是线 接触，承载力大 于“7”类轴承。 内外圈分离，拆 装方便，成对使 用

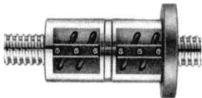
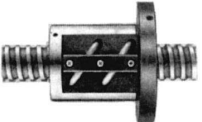
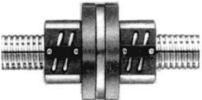
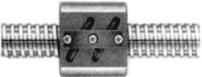
名称、 类型代号	结构简图及承载方向	极限 转速	允许偏 转角	主要特性和应用
推力球 轴承	 <p>(a) 单列</p> <p>(b) 双列</p>	低	不允许	只能承受轴向载荷，具体有两种类型，单列承受单向推力，双列承受双向推力。适用于轴向载荷大，转速不高处。紧圈内孔直径小，装在轴上；松圈内孔直径大，与轴之间有间隙，装在机座上
深沟球 轴承		高	$8' \sim 16'$	主要承受径向载荷，也能承受一定的轴向载荷。当转速很高而轴向载荷不太大时，可代替推力球轴承承受轴向载荷
角接触球 轴承		较高	$2' \sim 10'$	能同时承受径向和轴向联合载荷，公称接触角 α 越大，轴向承载能力越大。 $\alpha=15^\circ、25^\circ、40^\circ$ ，内部结构代号分别为C、AC、B。通常成对使用，可以分装于两个支点或同装于一个支点

续表

名称、 类型代号	结构简图及承载方向	极限 转速	允许偏 转角	主要特性和应用
圆柱滚子 轴承		较高	$2' \sim 4'$	能承受较大的 径向载荷，不能 承受轴向载荷。 线接触，内外圈 可分离
滚针轴承		低	不允许	只能承受径向 载荷，承载能力 大，径向尺寸小， 一般无保持架， 轴承极限速度低。 内外圈可分离， 可以不带内圈

九、滚珠丝杠

表 2-19 滚珠丝杠的类型及应用




名称	图例	用法及用途
端法兰双螺帽的 BNFN 型		<p>由两个螺帽组合，通过间座施加预紧力，从而防止齿隙，是最普通的形式。利用法兰上的螺栓孔进行装配</p>
端法兰单螺帽的 BNF 型		<p>是单螺帽的最简单的形式，利用法兰上的螺栓孔进行装配</p>
中央法兰双螺帽的 BN-FF 型		<p>是在两个螺帽的法兰之间，加入施加预紧力的间座，而防止齿隙的形成，利用贯穿于两个法兰的螺栓孔进行装配</p>
圆筒形单螺帽的 BN 型		<p>是单个的直螺帽形式，利用在圆筒面上的键槽防止转动，压紧螺帽的两个端面进行装配</p>

十、直线导轨

1. 滚珠衬套及轴

滚珠衬套及轴组成直线导向元件，其构造及应用特点见表 2-20。



表 2-20 滚珠衬套及轴

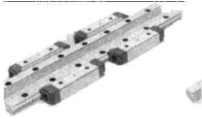
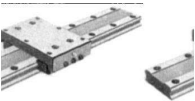

名称	图例	特点及用途
标准型		外形为精度最高的圆筒形状，适用范围很广
间隙可调型		与标准型尺寸相同，由于外筒有轴向方向上的槽，故改装在可调整的装配座上后，调整与轴之间的间隙十分方便
标准型衬套 专用轴		

2. 直线导轨

直线导轨见表 2-21, 只需有螺栓装配就能达到无间隙的高精度单元结构, 在与导轨成直角的方向上都能承受大载荷。

表 2-21 直线导轨的构造及特点

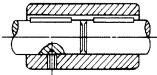
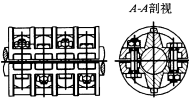
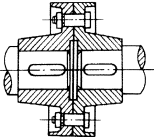
分类	型号	图 例	特点及用途
自动调整型式 (四个方向等负荷型式)	HSR CA		能承受大负荷, 超杠型, 增大了钢珠的直径和数量, 寿命长。四个方向等负荷型式具有广泛的用途, 在反径向也有足够的强度。主要用于机械加工中心、NC 车床, 重型切削机床的 XYZ 轴, 磨床的研磨台进给轴, 要求高精度、大力矩时
	HSR CR		


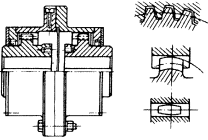
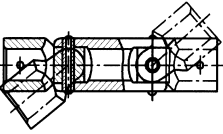
分类	型号	图 例	特点及用途
自动调整型式 (四个方向等负荷分离型式)	HR		<p>高刚性，极薄，适用于场所狭窄处，可调整预加载荷，可取代交叉导轨。用于放电加工机的XYZ轴、精密平台、组合机械手、运送机械</p>
	HRA		<p>可以一根导轨的方式使用，只需简单的装配便可组装成滚动平台，可预加压力，可用于印刷线路板组装机、测定仪器、工具交换装置，各种自动装配机</p>
	HRT		

十一、联轴器

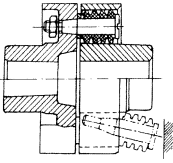
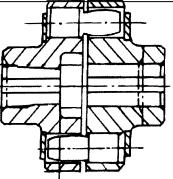
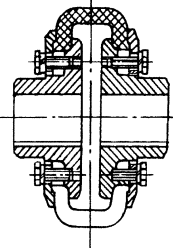
联轴器主要用作轴与轴之间的连接，以传递运动和转矩。联轴器必须在机器停车后经过拆卸才能使两轴结合或分离。常见联轴器的类型及应用见表 2-22。

表 2-22 常见联轴器的类型及应用

类 型	图 例	特 点	应 用
刚性联轴器 固定式	套筒联轴器 	结构简单，径向尺寸小，装拆时需要轴向移动	用于要求径向尺寸紧凑或空间受限的场合
	夹壳联轴器 	由纵向剖分的两个半联轴器、螺栓和键组成。径向尺寸小且装拆方便，克服了套筒联轴器装拆需轴向移动的不足。转动平衡型较差	常用于低速
	凸缘联轴器 	对两轴的对中性要求很高，结构简单，成本低，传递转矩大	在固定式刚性联轴器中应用最广

类型	图例	特点	应用
可移式		径向尺寸小，结构简单	用于低速
		齿面需要进行润滑，外形尺寸紧凑，工作可靠，结构复杂，成本高	常用于低速的重型机械中
		当一轴固定时，另一轴可以在任意方向上倾斜一定的角度，转速不太高	广泛应用于汽车、机床等机械中

续表

类型	图例	特点	应用
弹性套柱销联轴器		结构简单, 制造容易, 装拆方便, 成本较低	适用于转矩小、转速高、频繁正反转、需要缓和冲击的地方。在高速轴上应用广泛
弹性套柱销轴		靠尼龙柱销传递力, 并靠弹性变形来补偿径向位移和角位移。结构简单, 制造方便, 成本低	适用于转矩小、转速高、正反向变化多、起动频繁的高速轴
轮胎式联轴器		结构简单, 使用可靠, 弹性大, 寿命长, 不需润滑, 径向尺寸大	用于潮湿多尘、启动频繁的场所

第三章 划 线

一、划线的作用


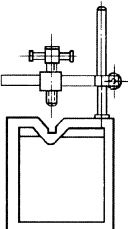
①按照图纸和技术文件的要求，在毛坯或工件上准确地划出加工界线、找正线、检查线，为机械加工提供依据和标志。

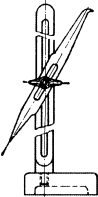
②检查毛坯外形与尺寸是否合格，余量是否均匀，通过划线借料予以补救，避免经济损失。

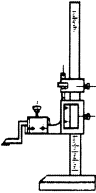

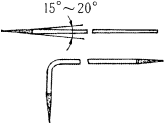
二、划线工具



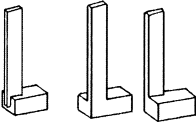
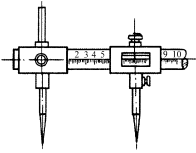
常用划线工具见表 3-1。

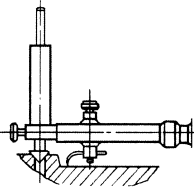
表 3-1 常用划线工具

名 称	规格及用途
划线平板 (mm) 	500×500, 600×1000, 1200×1300 用来支承工件 体现零件在水平面内的基准平面 供划线盘或高度尺在工件上划线时滑动
方箱 	150×150 200×200 300×300 用于小型，特别是异形工件在三个方向上的画线，如配合斜垫铁使用，则可在工件上划各种角度线

名 称	规格及用途
万能分度头 (mm) 	中心高 100, 125, 160 等。 用在小型轴类、盘类零件上进行分度划各种角度线及找圆心, 都极为方便
千斤顶 (螺旋式) 	根据需要分大、中、小三个号 调水平仪或三个一组支承工件划线时使用
划线盘 (mm) 	500、1000 与钢直尺配合使用, 近年来多为高度尺代替

名 称	规格及用途
高度尺 (mm) 	200、300、500，读数值 0.02、0.05 用于测量工件高度尺寸和钳工划线，加上测深附件可进行深度测量
划规 	用来在工件上划圆弧或找中心
划针 	根据需要自制。在工件上划直线，与钢直尺配合使用

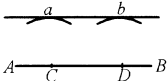
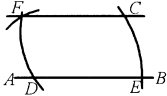
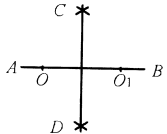
名 称	规格及用途
样冲 	根据需要自制，在划好线的工件上，打上冲眼，或以冲眼为中心，在工件上划圆弧
划卡 	用于按工件的内孔或外圆找中心，沿加工好的直面划平行线或沿加工好的圆弧面画同心圆弧
直角尺 	在平面划线中，按工件某一基准边或线，划出与它相垂直的线。在立体划线中，用来校正工件的某一基准面、边和线与平台的垂直度
游标划规 	游标划规可调整距离，另一划针可调整高低，适用于大尺寸划线和阶梯面上的划线

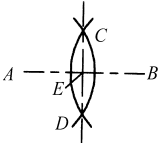
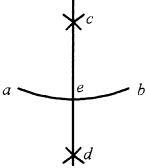
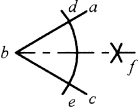
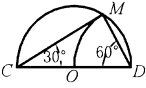
名 称	规格及用途
专用圆规 	类似于游标划规，利用零件上的孔为圆心，划同心圆或弧。还可以在阶梯面上划线
锤子	0.5~1kg 钉冲眼用，或敲击划线盘紧固用的蝶型螺母，以便调整划针高度
斜垫铁（或斜垫板）	根据需要可做成 15° 、 20° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 等，一般为自制。在被加工的零件上划角度线，经常与划线方箱配合使用，或用于支承铸件划线
V型架（ $^\circ$ ）	60、90、120，一般为自制。用来支承轴套类零件的划线

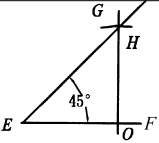
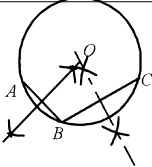
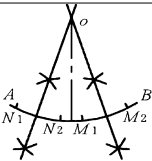
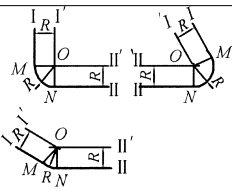
三、平面图形几何画法

平面图形的几何画法是划线的基础，常用几何画法见表 3-2。

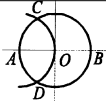

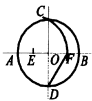

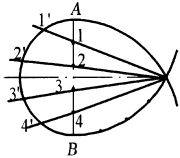
表 3-2 几何画法

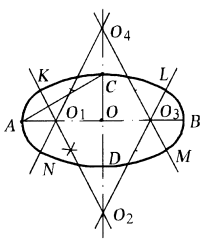
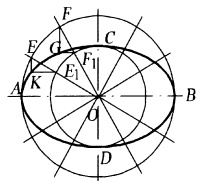
名称	图 例	划线方法说明
划定距离平行线		<p>划直线 AB。分别以 C 和 D 为圆心，以一定距离 R 为半径划弧 a 和 b，划两弧的公切线，就是所要求的平行线</p>
过线外一点划平行线		<ol style="list-style-type: none"> (1) 以点 C 为圆心，用较大半径划弧交直线 AB 于 D (2) 以 D 为圆心，以同样半径划弧交直线 AB 于 E (3) 以 D 为圆心，CE 为半径，划弧交第一次弧线于 F (4) 连线 CF 即为所求的平行线
划垂直直线		<ol style="list-style-type: none"> (1) 划直线 AB，并在 AB 上任意取两点 O、O_1 (2) 分别以 O、O_1 为圆心，划圆弧交于上下两点 C、D (3) 通过 C、D 连线，就是 AB 的垂直线

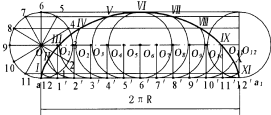
名称	图例	划线方法说明
划二等分直线		<p>(1) 分别以 AB 线两端点为圆心, 用适当长度为半径划弧, 交于 C 和 D</p> <p>(2) 连接 CD 交 AB 于 E, E 就是线 AB 的二等分点, CD 直线是 AB 的垂直线</p>
划二等分弧线		<p>(1) 分别以弧线两端点 a、b 为圆心, 用适当长度为半径划弧交于 c 和 d</p> <p>(2) 连接 c、d 和弧 a、b 相交于 e 点, e 点即为弧 ab 的二等分点</p>
划二等分已知角		<p>(1) 以角 abc 的顶点 b 为圆心, 任意长度为半径, 划弧与两边交于 d、e</p> <p>(2) 分别以 d、e 为圆心, 适当长度为半径, 划弧交 f</p> <p>(3) 连接 bf, 即为已知角的平分线</p>
划常用斜线		<p>30° 和 60° 斜线的画法:</p> <p>(1) 以 CD 的中心 O 为圆心, $CD/2$ 为半径划半圆</p> <p>(2) 以 D 为圆心, 同一半径划弧交于 M 点</p> <p>(3) 连接 CM 和 DM, 则角 DCM 为 30°, 角 MDC 为 60°</p>

名称	图 例	划线方法说明
常用角斜线		<p>45°斜线的画法:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1)划线段 EF 的垂线 OG (2)以 OE 为圆心划弧, 交 OG 于 H (3)连接 EH, 则角 FEH 为 45°
任意三点的圆心		<ol style="list-style-type: none"> (1)已知三点 A, B, C, 分别将 AB 和 CB 用直线相连 (2)分别划 AB 和 CB 的垂直平分线 (3)两垂直平分线的交点 O 即为 A, B, C 三点的圆心
圆弧的圆心		<p>在圆弧 AB 上任取 N_1, N_2 和 M_1, M_2 分别划弧 N_1N_2 和 M_1M_2 的垂直平分线, 两垂直平分线的交点 O 即为弧 AB 的圆心</p>
圆弧和两直线相切		<ol style="list-style-type: none"> (1)分别划距离为 R 并平行于直线 I, II 的直线 I', II', I' 和 II' 交于 O 点 (2)以 O 为圆心, R 为半径划圆弧 MN 和两直线相切

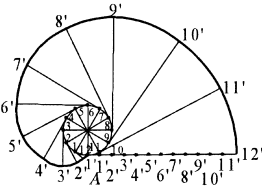
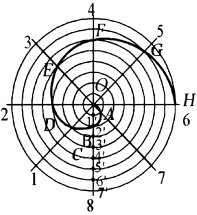
名称	图例	划线方法说明
划弧与两圆外切		<p>分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 以 $R+R_1$ 和 $R+R_2$ 为半径划弧交于 O 点; 以 O 为圆心, R 为半径划圆弧与两圆外切于 M、N 点</p>
划弧与两圆内切		<p>分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 以 $R-R_1$ 和 $R-R_2$ 为半径划弧交于 O 点; 以 O 为圆心, R 为半径划圆弧与两圆内切于 M、N 点</p>
划弧分别相切内外圆		<p>分别以 R_1+R (对于外切圆) 和 R_2-R (对于内切圆) 为半径, 以 O_1 和 O_2 为圆心划弧交于 O 点; 连接 OO_1 和 OO_2 分别与已知圆交于 M、N; 以 O 为圆心, R 为半径, 自点 M 至 N 划圆弧</p>

名称	图例	划线方法说明
划圆周三等分		以 A 为圆心, OA 为半径, 在圆周上截取 C 、 D 两点, B 、 C 、 D 三点就是圆周的三等分点
划圆周四等分		通过圆心划互相垂直的两条直线 AB 和 CD , A 、 B 、 C 、 D 四点就是圆周的四等分点
划圆周五等分		通过圆心划互相垂直的两条直线 AB 和 CD , 再划出 OA 的中点 E , 然后以 E 为中心, EC 为半径在 OB 上截取一点 F , DF 的长度就是五等分圆周弦长
划圆周六等分		六等分圆周弦长等于圆的半径, 以圆的半径在圆周上截取六点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 就是圆周的六等分点
划半圆的任意等分		把直线 AB 分为 N 等份; 分别以 A 、 B 为圆心, AB 为半径划弧交于 O 点, 从 O 点与 AB 上各点连线, 并延长交半圆于 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$... 各点, 就可以将半圆分成 N 等份。也可以用此方法划任意正多边形

名称	图 例	划线方法说明
扁圆的划法		<p>划互相垂直且平分的线段 AB(长轴)和 CD(短轴);连 AC,在 AC上截取 $CE = OA - OC$;划 AE的垂直平分线,与长、短轴各交于 O_1和 O_2;并找出 O_1和 O_2的对称点 O_3和 O_4;以 O_1、O_2、O_3和 O_4为圆心,O_1A(或 O_3B)和 O_2C(或 O_4D)为半径,划出四段圆弧,圆滑连接即为扁圆</p>
椭圆的同心圆划法		<p>以 O为圆心,长短轴的一半为半径分别划两个同心圆;通过 O点划一系列射线,使其与两个同心圆相交(圆中每隔 30°划一条射线)得 E、E_1、F、F_1各点,分别过 E、E_1划长短轴的平行线,各平行线的交点就是椭圆上的点 A、K、G、C,用曲线板圆滑连接这些点,即为椭圆曲线</p>

名称	图 例	划线方法说明
普通摆线		<p>用已知转圆半径 R 划转圆 O，同导线切在 a 点，从 a 点起分圆周成适当等份，得分点 1、2、3...12。在导线上截取 aa_1 等于圆周长度。把 aa_1 也等分（图中 12 等分），得分点 $1'$、$2'$、$3'$...$12'$，经过转圆圆心 O 划导线的平行线 OO_{12}；并从导线上等分点 $1'$、$2'$、$3'$...$12'$ 划导线的垂直线，同直线 OO_{12} 交在 O_1、O_2、O_3...O_{12} 等点，从转圆上各分点划导线的平行线。用 O_1 做圆心，R 做半径，划圆弧同经过点 1 所划导线的平行线相交在 I 点，用 O_2 做圆心，R 做半径，划圆弧同经过点 2 所划导线的平行线相交在 II 点，依照上述方法，继续求得 III、IV...XI 等各点，把这些点用曲线板圆滑连接起来，就是所要划的普通摆线</p>

名称	图例	划线方法说明
外摆线		<p>用 o' 为圆心, 已知导圆半径 R 为半径划导圆弧。在导圆弧上任取一点 a, 连 $o'a$ 并把它延长, 在 $o'a$ 的延长线上, 截取 $oa = R$ (已知转圆半径), 用 o 为圆心, R 为半径, 划圆 o。从 a 点起把转圆 o 适当等分 (图中为 12 等分), 得到分点 $1, 2, 3, 4 \dots 12$。使圆 o' 的中心角 $\alpha = R'/R \times 360^\circ$, 得到导圆弧 aa; 然后把导圆弧也 12 等分, 得到分点 $1', 2', 3' \dots 12'$ 等。并从 o' 同各分点连线, 并把它延长。用 o' 为圆心, $oo' = R' + R$ 为半径划圆弧并同各延长线相交在点 $O_1, O_2, O_3 \dots O_{12}$, 用 o' 为圆心, 划通过转圆上各分点的辅助圆弧。用 O_1 为圆心, R 为半径划圆弧同通过点 1 的辅助圆弧相交在点 I, 用 O_2 为圆心, R 为半径划圆弧同通过点 2 的辅助圆弧相交在点 II。依照上述方法划出 III、IV \dots XI 等点, 圆滑连接各点, 就是要划的外摆线</p>
内摆线		<p>内摆线的划法和外摆线相仿。只是在取转圆各位置的圆心 $O_1, O_2, O_3 \dots O_{12}$ 时, 用 o' 为圆心, oo' 为半径划圆弧, 其余的划法相同</p>

名称	图 例	划线方法说明
圆的渐开线		<p>分圆周围若干等份（图为12等分），得出各等分点1、2、3、4、…12，划出各等分点与圆心的连线；过圆上各点作圆的切线；在点12的切线上，取A—12'等于圆周长，并将此线段分成12等分，得各等分点1'、2'、3'…12'；在圆周各点的切线上分别截取线段，使其长度分别为1—1'等于A—1'，2—2'等于A—2'，…11—11'等于A—11'；用曲线板圆滑连接A、1'、2'、3'…12'各点，即得圆的渐开线第一圈</p>
阿基米德螺旋线		<p>将已知圆分为若干等分（图为8等分），各分点于中心点O连成直线；把线段O8分成与圆相同的等份，1'、2'、3'、4'、5'、6'、7'、8'；以O为圆心，分别以O8上的各分点为半径划同心圆，相交于相应的圆周等分线上；得交点A、B、C、D、E、F、G、H；用曲线板圆滑连接各交点，即可划出阿基米德螺旋线</p>

四、划线前的准备

1. 毛坯工件的清理

毛坯工件在划线前要经过清理，一般先用钢丝刷除去氧化皮和残留的型砂，再用棕刷扫清毛坯上的灰尘。对于划线部位，更要仔细清扫，以增强涂料的附着力，使划出的线条明显、清晰。

2. 毛坯工件的检查

清理后，要仔细检查毛坯上是否存在锻打和铸造的缺陷，如缩孔、气泡、裂纹、歪斜等，并与工件图纸上的技术要求相对照，对某些确实不合格的毛坯工件及早予以剔除。然后再按照图纸要求的尺寸检查毛坯各加工部位的实际尺寸，要求留有足够的加工余量。

3. 毛坯工件划线表面的涂色

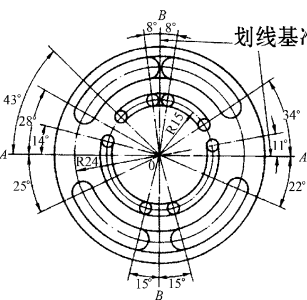
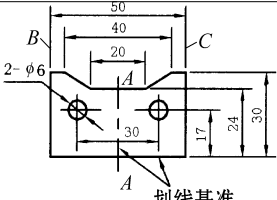
为使工件表面划出的线条清晰，划线前需在划线部位涂上一层薄而均匀的涂料，待涂料干燥后即可进行划线。

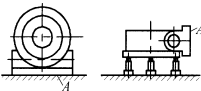
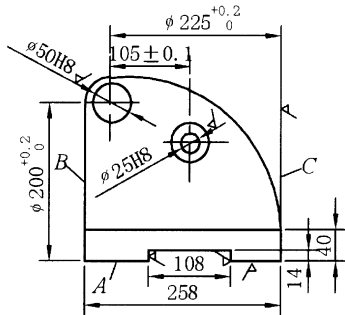
表 3-3 常用划线涂料

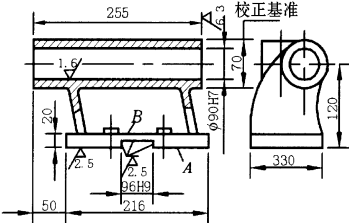
名称	规格	用途
大白(石灰)	白色	锻铸件毛坯表面清理干净便可涂抹大白(用胶水调好)，待干燥后便可在其上划线
底浆(底漆)	酱紫色	可代替大白，在铸锻件上涂抹后划线，不像大白容易脱落
紫色(品紫)	用酒精加品紫配置而成	在半成品上(即加工面)涂抹，以便划出的线条更清晰醒目
硫酸铜溶液	硫酸铜和水并加少量硫酸的溶液	用于已加工的零件

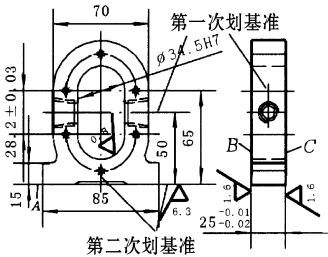
五、划线基准、借料

表 3-4 基准选择与借料

题目	方法	图示及说明
尺寸基准的选择	以和中心线为基准	 <p>在选择划线的尺寸基准时,应先分析图纸,找正设计基准,使划线的尺寸基准与设计基准一致,从而能够直接量取划线尺寸,简化换算手续。以点和中心线为基准,如图所示。划线时选择 A—A, B—B 中心线为角度射线的基准,中心线的交点 O 为同心圆的基准,划线基准与设计基准一致</p>
	以对称中心线为基准	 <p>以对称中心线为基准。常用于形状对称的工件,如图所示。以 A—A 中心线为基准,以保证各孔位置与毛坯边缘对称均匀,而不应以 B、C 为基准面(很难保证工件加工后的对称性)</p>
	以大平面为基准	<p>在划高度方向的尺寸线时,应以较大平面为划线基准。若以较小平面为基准,会因实际误差影响划线质量</p>

题目	方法	图 示 及 说 明
	确定第一划线位置	 <p data-bbox="569 210 922 560">工件放置在平台上，其第一面划线称为第一划线位置。它应该是需要划线最多的一面。选择第一划线位置时，应使工件上的主要中心线、加工线平行于平台面，以提高划线质量和简化划线过程。图中的第一划线位置的放置基准应选择 A 面，因为以 A 面为基准可以划出蜗杆孔和蜗轮孔的两条主要中心线</p>
放置基准的选择	以大而平的面作为放置基准	 <p data-bbox="248 1078 922 1176">选择较大的和平直的面作为放置基准，以保证划线时安全平稳。图中，第一划线位置的放置基准和尺寸基准都为 A 面；第二划线位置的放置基准取 B 面较合理</p>

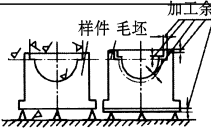
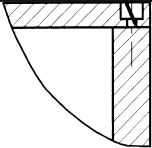
题目	方法	图 示 及 说 明
校正基准选择		 <p>The diagram shows a cross-section of a lathe tailstock assembly. Key dimensions include a total length of 255, a diameter of $\phi 90H7$, and a distance of 70 from the end face to a specific feature. Surface A is the bottom surface, and surface B is a top surface. A hole with diameter $\phi 100H9$ is shown with a distance of 216 from its center to the end face. Surface B is 20 units above the hole's top edge. A distance of 50 is shown from the left end to the hole's center. A distance of 216 is shown from the hole's center to the right end. A distance of 330 is shown for the overall width of the component. A distance of 120 is shown for the height of the top part. A distance of 1.6 is shown for a chamfered edge. A distance of 2.5 is shown for a chamfered edge. A distance of 6.3 is shown for a chamfered edge. The text '校正基准' (Correction Reference) is written above the diagram.</p> <p>(1) 以工件上与加工部位有关而且比较直观和重要的非加工表面作为校正基准，同时适当照顾其他非加工面。使非加工面与加工面之间的厚度均匀，并使其形状误差反映在次要部位或不显著部位。在如图所示的车床尾座简图中，由于铸造误差，$\phi 140\text{mm}$ 外圆与毛坯底面不平行。划线时，把底面 A 作为放置基准，$\phi 140\text{mm}$ 外圆作为校正基准，并适当照顾到 B 面。这样划线和加工后 $\phi 100\text{mm}$ 的孔与外圆之间的厚度均匀，外观好。形状误差反映到 B 面不显著部位</p> <p>(2) 选择校正基准时，有装配关系的非加工部位要优先考虑，以保证工件经划线和加工后装配顺利</p> <p>(3) 当工件完成第一划线位置，翻转 to 第二划线位置时，除应校正第一划线位置所划最长的线与平台面相垂直，还应校正第二划线位置的校正基准与平台面基本平行</p> <p>(4) 在用划线盘校正工件水平方向上的非加工面的同时，还要用 90° 角尺校正工件上与平台面垂直的非加工面</p>

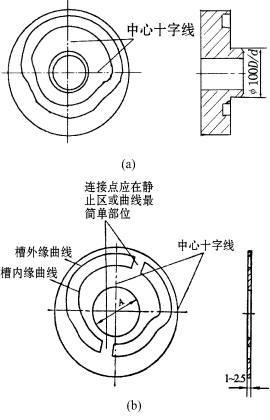
题目	方法	图 示 及 说 明
划线次数、顺序与基准		 <p data-bbox="243 756 927 1071">对工艺要求复杂的工件，需分几次划线来完成划线工作。把毛坯划线称为第一次划线。待加工完某些表面后再进行划线时，称为第二次划线、第三次划线等。根据划线次数的不同情况选择不同的划线基准。如图所示，规定的工艺过程为第一次划线→加工 A、B、C 面→第二次划线→加工成形。在第一次划线时，应选择 50mm 高的水平线和垂直对称中心线为基准划出 A、B、C 三面的加工线。在第二次划线时，应以底面 A 和 $\phi 34.5H7$ 对称中心线、B 面和 C 面的对称中心线为基准，划出其余各尺寸线</p>

题目	方法	图示及说明
划线与借料		<p>(a)</p> <p>(b)</p> <p>通过对工件的试划和调整,发现某些部位加工余量不够时,就要进行借料。借料主要是保证加工部位均有一定的加工余量,而使偏差反映在非加工部位的允许范围内,以提高毛坯工件的合格率,见图。2-$\phi 75H7$两孔中心距为150 ± 0.30mm,但由于铸造不慎,2-$\phi 65$mm孔距竟被铸成$\phi 144$mm,如以2-$\phi 125$mm凸台作为校正基准,则$\phi 75H7$两孔中的一个孔就没有加工余量了,造成废品。这时可用借料方法挽救,即将两孔分别向左右各借3mm,这样两孔便都有加工余量,而且也不影响8-M8的加工位置</p>

六、仿划线、配划线、样板划线


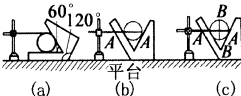
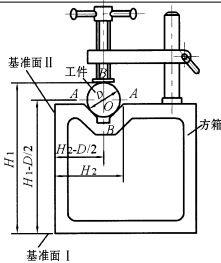
表 3-5 仿划线、配划线、样板划线

方法	图示及说明	
仿划线		<p>在机修工作中,经常遇到因大量磨损或因事故亟需更换的工件。为了节省时间,可以不再测绘图纸,而是直接照原样件进行仿划线,如图。仿划线时,将已损坏的零件和欲加工的毛坯件放在划线平台上,两件同时用千斤顶支撑。校正时先校正样件,使各加工表面与平台面平行。然后校正毛坯件,不仅要求各待加工表面与平台面平行,而且使各部位的加工余量均匀。然后即可在样件上直接量取尺寸,在毛坯件上的相应部位划出加工线</p>
配划线		<p>在装配或者小批量生产工件时,常采用配划线的方法。如法兰盘、箱盖、电动机底座等工件上的螺钉孔。配划线时配划在装配的主件上,装配起来很顺利</p> <p>用工件直接配划线,也称为围划法。适用于按螺钉过孔配划螺纹孔</p> <p>配划前先在工件需要划线的部位涂好显示剂,再把已钻出孔的配件放在上面,用目测或手感,使二者对正位置。对一些小而深的螺钉孔,围划一圈不易划出正确位置,需多划几圈,以重复的圆圈来确定孔位。对于配划件要求较高时,可线配划出 1~2 个孔,待钻孔、攻螺纹、用螺钉紧固后,再配划其他孔</p>
纸片拓印配划线	<p>纸片拓印配划线适用于不通的螺纹孔配划螺钉过孔。当配划的工件装卸不方便时,也可使用这一方法。即将一块强度高、薄而耐油的纸贴在工件上,用紫铜棒或圆头木锤沿着孔口边缘轻轻击穿。然后揭下纸片贴在配划的工件上来确定配划件上过孔的位置,冲上冲眼即可</p>	

方法	图示及说明
印配划线	<p>如电动机支座孔配划到电动机底板上。由于电动机支座孔底部与电动机底板相隔一段距离，如用划针围划容易产生较大的误差。这时采用印迹配划线。即：待电动机位置确定后，利用一根端面与孔轴线垂直、外径比孔小 $0.15 \sim 0.25 \text{ mm}$ 的空心套，在其端部涂上显示剂，插入电动机支座孔内，转动空心套，在电动机底板上显示出钻孔位置的印迹，然后去掉电动机，冲上样孔，即可开始钻孔</p>
单块样板划线	 <p>以左图为例。制作样板时，样板上的孔 A 必须与轴套外径 $\phi 100 \text{ mm}$ 配合定位，内、外缘曲线的连接点要留在推杆运动的静止区或曲线最简单的部位；划出中心十字线。划线时，将样板上的 A 孔装配在轴套上，对准工件上的中心十字线，即可用划针围划</p>
组合样板划线	<p>组合样板划线与单块样板划线原理基本相同，不同的是，组合样板的结构是组合式的，可以一次划出几个面的加工线</p>

七、圆形工件上划线

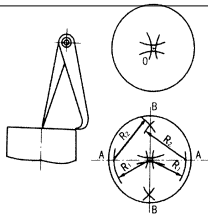
表 3-6 圆形工件划线方法

方法名称	图示与说明	
用定中心十字尺找中心		<p>定中心十字尺的直尺工作面 K 垂直平分两只定位脚的连线, 对于大于两定位脚距离的轴或孔, 只要将两定位脚紧贴圆柱表面或孔的内壁即可划出中心线。转动定中心十字尺, 用角尺测量, 实质转过 90°, 即可划出中心十字线</p>
用几何形铁找中心	 <p>(a) 校正划针高低位置; (b) 划水平中心线; (c) 划垂直中心线</p>	<p>如图所示, 先将工件置于几何 V 形铁的槽内, 调整划针盘的划针尖, 使之与工件的最高面等高。然后把几何 V 形铁转过 60°, 用已调好高度的划针盘在工件两端面上划出水平中心线 $A-A$。接着再把工件转过 90°, 划出另一条相垂直的中心线</p>
用方箱划中心线		<p>适合于中小型工件。先将工件的实际直径 D 测出, 然后在方箱的 V 形槽中将工件夹好, 用高度尺测出 H_1 的实际尺寸, 减去 $D/2$ 后即可划出轴的一条中心线 $A-A$。然后将方箱翻转 90°, 测出 H_2 的实际尺寸, 减去 $D/2$ 后又可划出轴的一条中心线 $B-B$, 交点 O 即为工件的轴中心线, 如图所示</p>

方法名称

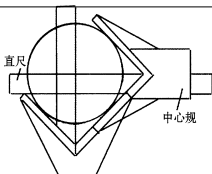
图示与说明

用单脚规找中心



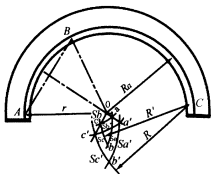
单脚规张开尺寸尽可能为轴半径尺寸。按图示在轴端面划弧,并冲样孔,然后以样孔为圆心,利用单脚规弯脚沿轴外径检查样孔是否准确,如有误差,应修正样孔。样孔 O 即为轴的中心。必要时,在轴的端面用几何作图法再划出中心线

用中心规找中心



如图,将中心规相邻的两工作面靠近轴的外圆,用划针沿中心规直尺划一条线,再将中心规转过约 90° 划一条线,这时工件两端面上的两个交点的连线即为轴中心线

大圆环找中心

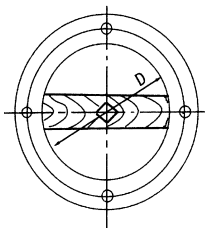


几何方法划缺圆环中心线

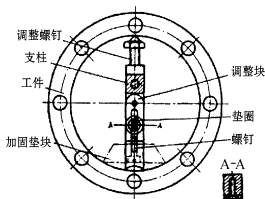
这种方法适用于大直径圆环工件的定中心。方法如下:在毛坯上选取 A, B, C 三点,分别以该三点为圆心, R 为半径划弧 Sa', Sb', Sc' ,若三弧交于一点 O ,此点即为圆环的圆心。通常三弧的交点有三个(如图中的 a', b', c'),此时再以 A, B, C 三点为圆心,以 R' 为半径($R' < R$)划弧 Sa, Sb, Sc ,亦得三个交点(如图中的 a, b, c),连接对应点 aa', bb', cc' ,延长任意两条连线得交点 O ,此点即为圆心

方法
名称

图 示 与 说 明

填
料
法
定
中
心

填料法定中心划十字线



可调定心器

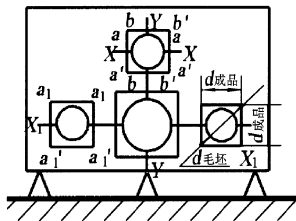
一般大孔填木块或可调的钢块，小孔填铅块。将竹片或较硬的木块楔紧在被划工件的毛坯孔内，并与孔的端面基本平齐。在竹片或木块的中心处镶嵌一块薄铁皮，使划出的中心十字线和冲上的样孔都在铁皮上。然后即可划出孔的位置线及其他加工线。如图所示

可调定心器适用于较大的孔划线定中心。它的结构如上右图。它备有几套不同长度的调整螺钉，针对不同的孔径，可以自由调换。校正时，用划规的一个划脚，顶住调整块中心样孔，另一划脚则对着校正基准转动，根据误差方向和大小，可以调整调整块，使中心样孔处于工件中心。以中心样孔为圆心，划出孔的位置线和其他线

方法名称

图示与说明

不填料法划加工界限



不填料法适用于孔径较大而孔数又较多的工件。其划法如下:将工件放在平台上校正,按图样尺寸先划出各孔的中心线 $x-x$ 、 x_1-x_1 、 x_1-x_1 …,然后在孔的上下端,以中心线为基准,孔半径为距

离,分别划出 $a-a$ 、 $a'-a'$ 、 a_1-a_1 、 $a_1'-a_1'$ …。这些线就是孔的上下加工界限,如上图所示。将工件翻转 90° ,校正最长的线 (x_1-x_1)与平台面垂直,按上述方法划出垂直方向的中心线 $y-y$ …和加工界限 $b-b$ 、 $b'-b'$ …。所划的加工界限不宜太长,对每个孔来说最好划出一个正方形。在中心十字线与 $a-a$ 、 $b-b$ …的交点处及加工界限上冲好样孔

用分度头划线

适用于盘类零件或较短的中小型轴类工件。将工件夹在分度头的三爪卡盘上,先用百分表找正。用划线高度尺量取分度头的中心高,在工件两端面上先轻划一条水平中心线,然后将工件旋转 180° ,仍用高度划线量爪沿该线检查,如发现不重合,则校正高度尺的划线量爪高度,直到两线重合为止。重划第一条中心线。这时转动分度手柄,再将工件旋转 90° ,划出另一条中心线。两中心线的交点则为工件的中心

八、箱体划线

表 3-7 箱体划线方法及注意事项

题目	图 示 与 说 明	
<p>箱体划线注意的问题</p>	<p>箱体划线除按照一般划线方法找正和选择基准面外，还应注意以下几点：</p> <p>(1) 分析图样：箱体划线比前面介绍的划线方法要复杂，所以在划线之前要认真分析图样要求、检查毛坯质量、研究加工工艺、确定划线次数，避免划出的线被加工掉而重划</p> <p>(2) 划十字校正线：箱体划线一般都要划出十字校正线，即在划每一条线时，在四面都要划出，供下道划线和车、刨、铣等切削加工时校正工件位置用。十字校正线必须划在长而平直的部位，线条越长，校正越准确。所划平面越平直，校正越方便。实践中常以基准轴孔的轴线划在箱体的四面上，作为十字校正线</p> <p>(3) 找正箱体内壁：某些箱体内壁不需要加工，且装配齿轮等零件的空间又较小，在划线时要特别注意找正箱体内壁，以保证经过划线和加工后的箱体能够顺利的装配</p>	
<p>垂直划线盘的使用</p>		<p>垂直划线盘是箱体划线的重要工具，其构造如左图</p> <p>使用时，划线盘安放在所划线的对应位置，底座固定在平台上，紧固划针螺钉，将划针固定在转筒上，松开滑块手柄，使滑块在夹板划槽中上下移动，转筒可绕其心轴回转，因此可以划出任意位置平面和曲线上的垂直线</p>

九、大件划线

1. 大件划线方法

表 3-8 大件划线的几种方法

名 称	方 法 说 明
工件位移法	划线工件的长度超过平台的 1/3 时,先在工件中部划所有能够划到部位的线,然后将工件左右移位,经过校正使其基准与平台面平行,即可划出大件左右端所有的线
平台接长法	以最大平台为基准,用较长的平台和平尺接出基准平台的外端。注意不要让工件接触接长的平台和平尺,否则由于承受压力将影响它们的高低尺寸和平行度
走条与平尺调整法	走条与平尺调整法:将大件置于坚实的水泥地的调整垫铁上,用两根走条相互平行的置于大件两端。在两根走条端部靠近大件的两边分别放置两根平尺,并将平尺面调整成同一水平
水准法拼凑平台	将大件置于坚实的水泥地的调整垫铁上,在大件需要划线的部位放置相应的平台,然后用水准法校正各平台之间的平行和等高,即可进行划线
拉线与吊线法	适用于特别大件划线。采用拉线($\phi 0.5 \sim 1.5 \text{mm}$ 的钢丝,通过拉线支架和线坠拉成的直线)、吊线、线坠、角尺和钢尺互相配合通过投影来引线的方法。它只需一次吊装、校正就能完成整个工件的划线任务

2. 大件划线实例

这类工件长而笨重,在划线时宜平放,以确保安全。首先研究图纸,Ⅰ、Ⅱ孔之间的距离要求较高,应首先划出。然后划Ⅲ、Ⅳ孔,此时需要大型平台,需要校正各平台之间的水平和等高。防止划线过

程中产生位移。其具体划法如下：

(1) 将工件置于水泥地上的三个可调支承座上，调整支承座，用划针盘弯钩校正 B 面与平台面基本平行，检查 B 、 C 面的中心 480mm 处与Ⅲ孔凸台中心对称，并检查它至Ⅳ孔 180mm 和至Ⅰ、Ⅱ孔 730mm 以及 A 面，应都留有加工余量，随后依据 B 、 C 面和Ⅲ孔凸台划出Ⅲ孔第一位置线 I—I，并从 I—I 线下移 180mm，划出

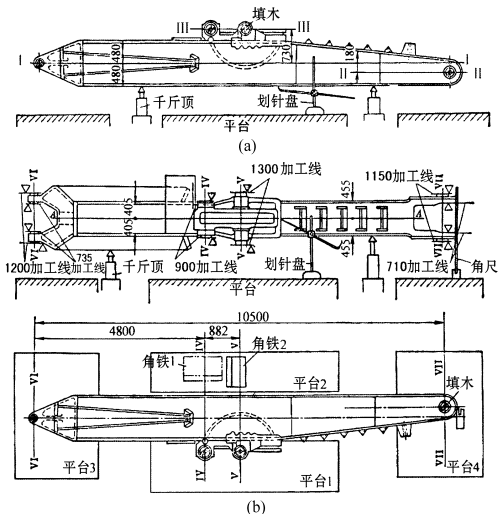


图 3-23 起重臂划线

(a) 第一划线位置 (b) 第二划线位置

Ⅳ孔第一位置线Ⅱ—Ⅱ，然后从Ⅰ—Ⅰ线上移730mm，划出Ⅰ、Ⅱ孔的第一位置线Ⅲ—Ⅲ，Ⅲ—Ⅲ线也是A面的加工线。

(2) 将工件翻转 90° ，调整支承座，用角尺在工件两端校直Ⅰ—Ⅰ线使与平台面垂直，确定图示前后位置。并用划针盘找正810、910mm的中线，保证1150、1300、900、1200mm厚度留有加工余量，划出校正线A—A。然后在中间平台上装夹一块角铁1，划针盘底座置于角铁面上，校正角铁面与Ⅰ—Ⅰ线平行；再装上角铁2，用角尺校正角铁2与角铁1垂直，拆除角铁1，即可依据Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ孔外缘凸台，首先划出Ⅱ孔的第二位置线Ⅳ—Ⅳ，Ⅳ—Ⅳ线与Ⅲ—Ⅲ线的两交点的连线即为Ⅱ孔轴线。同时将Ⅳ—Ⅳ线划在平台面上，随后拆除角铁2。依据平台面上的Ⅳ—Ⅳ线右移882mm，用角尺和角铁引划出Ⅰ孔的第二位置线Ⅴ—Ⅴ，Ⅴ—Ⅴ线与Ⅲ—Ⅲ线的两交点的连线即为Ⅰ孔轴线。然后依据平台上的Ⅳ—Ⅳ线两端分别向左移4600mm，划在3、4平台上，得到与Ⅳ—Ⅳ线相距4600mm且又平行的线，依据此线，用角尺和钢尺配合引划Ⅲ孔第二位置线Ⅵ—Ⅵ线，Ⅵ—Ⅵ线与Ⅰ—Ⅰ线两交点的连线即为Ⅲ孔轴线。用同样方法划出Ⅳ孔第二位置线Ⅶ—Ⅶ，Ⅶ—Ⅶ线与Ⅱ—Ⅱ线两交点的连线即为Ⅳ孔轴线。

(3) 划Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ孔的两端面加工线，即依据A—A线分别划出距它 $1300/2$ 、 $900/2$ 、 $1200/2$ 、 $1150/2$ mm的各孔上端端面的加工线，然后再分别以1300、900、1200、1150mm，划出各孔下端端面的加工线。

(4) 经过校对，确认无误，即以各孔位置线交点为圆心，用划规划圆，并用样冲将所有的位置线、校正线和加工线都均匀的冲上样孔。

第四章 钻（扩、铤、铰）孔、攻丝、套丝

一、孔加工刀具

1. 刀具的几何角度与结构

刀具的工作部分就是产生和处理切屑的部分，包括刀刃、使切屑断碎或卷拢的结构、排屑或容储切屑的空间、切削液的通道等结构要素。有的刀具的工作部分就是切削部分，如车刀、铣刀等。有的刀具的工作部分则包含切削部分和校准部分，如钻头、扩孔钻、铰刀、丝锥等。切削部分的作用是用刀刃切除切屑。校准部分的作用是修光已切削的加工表面和引导刀具。刀具工作部分的结构有整体式、焊接式和机械加固定式。

表 4-1 钻头的几何角度与结构

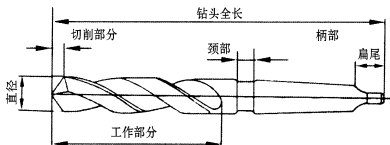
题 目	图 示 及 说 明
刀具的几何角度	<p>The diagram illustrates the geometry of a drill bit through several views and labels:</p> <ul style="list-style-type: none">O-O' 剖面 (O-O' Section): Shows the side view of the drill bit with labels for 副切削平面 (Secondary cutting plane), 基面 (Base), 副前角 (Secondary rake angle), and 副后角 (Secondary clearance angle).O-O 剖面 (O-O Section): Shows the end view of the drill bit with labels for 主切削平面 (Primary cutting plane), 基面 (Base), 前角 (Rake angle), and 后角 (Clearance angle).主偏角 (Main cutting angle): Indicated as θ in the side view.副偏角 (Secondary cutting angle): Indicated as θ' in the side view.切削深度 (Cutting depth): Indicated as s in the side view.进给方向 (Feed direction): Indicated as S 向 (S direction) in the side view.刃倾角 (Cutting edge angle): Indicated as λ in the side view.刀尖角 (Cutting edge angle): Indicated as 2θ in the side view.其他标注 (Other labels): 前面 (Front face), 副切 (Secondary cutting), 副后面 (Secondary flank), 刀尖 (Cutting edge), 底面 (Bottom face), 主后面 (Primary flank), 主切削刃 (Primary cutting edge).

题 目	图 示 及 说 明
刀具的几何角度	<p>在分析各种刀具时，都可以把它当成只有一个切削部分的车刀来分析。因此，通过车刀来介绍钻头、铰刀等孔加工刀具切削部分的名称及几何参数</p> <p>刀具的切削部分主要由主切削刃、副切削刃、刀尖、前面、后后面和副后面组成（如图）。为了确定刀面与刀刃在空间的位置，选择主剖面系参考平面作为基准。主剖面系由3个平面组成。基面 P_r：通过切削刃上某选定点，且平行或垂直于刀具在制造、刃磨和测量过程中适于定位或定向的平面或轴线。车刀的基面是平行刀杆底面的平面。切削平面 P_2：和切削刃上的选定点相切，并垂直于基面的平面。主剖面 P_0：通过主切削刃上某选定点，同时垂直于基面和切削平面的平面</p> <p>在参考平面确定之后，刀面和主切削刃的方位只要用4个不同类型的角度就可以表达，即前角、后角、刃倾角、主偏角。前角 γ_0：在主剖面中测量的前面与基面间的夹角。后角 α_0：在主剖面中测量的后面与切削平面间的夹角。主偏角 K_r：主切削刃与进给运动方向在基面上投影间的夹角。刃倾角 λ_1：主切削刃与基面间的夹角</p>
几何角度与切削性能	<p>增大前角，可减小前刀面挤压切削层时的塑性变形，减小切屑流经前面的摩擦阻力，从而减小切削力和切削热。但增大前角，同时会降低切削刃的强度，减小刀头的散热体积。后角的作用是减小刀具在切削过程中后面与加工表面之间的摩擦。各种刀具的后角一般为 $5^\circ \sim 12^\circ$。刃倾角影响切削时切屑流出的方向，也影响刀具的强度和散热条件。负的前角有利于加强刀尖强度和散热。在加工淬硬钢和刀具承受冲击载荷时，应采用负的前角。主偏角影响切削加工残留面积高度和切削力的大小、比例关系。主偏角大时，径向分力小，轴向分力则大。在选择刀具的角度时，需要考虑多种因素的影响，如工件材料、刀具材料、加工性质（粗加工、精加工）等</p>
刀具的材料	<p>刀具材料必须具有高的硬度、耐磨性，必要的抗弯强度、冲击韧性和化学稳定性，良好的工艺性并不易变形。高速钢因具有很高的抗弯强度和冲击韧性，以及良好的可加工性，仍是现在应用最广的刀具材料，其次是硬质合金，碳素工具钢和合金工具钢现在只用作手动工具。然而，刀具的材料、涂层技术、刀具结构都在迅速发展，新型刀具的应用会给钳工工作带来更大的方便</p>

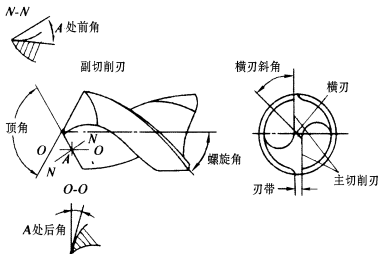
题 目

图 示 及 说 明

麻花钻的基本构造



麻花钻的切削部分



麻花钻的螺旋角主要影响切削刃上前角的大小、刃瓣强度和排屑性能，通常为 $25^{\circ}\sim 32^{\circ}$ 。标准麻花钻的切削部分顶角为 118° ，横刃斜角为 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，后角为 $8^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。由于结构上的原因，前角在外缘处大，向中间逐渐减小，横刃处为负前角（可达 -55° 左右），钻削时起挤压作用。为了改善麻花钻的切削性能，可根据被加工材料的性质将切削部分修磨成各种形状（如群钻）

2. 常用钻头、扩孔钻、铤钻、铰刀

表 4-2 钻头

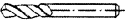

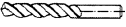

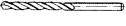
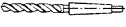

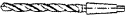
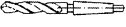
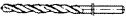
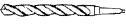


标准号	类型	直径范围 (mm)	简图及用途
GB6134-85	直柄小麻花钻	0.2~1.95	 在台钻床或车床上用钻卡头装夹麻花钻钻孔, 可用钻模
GB6135-85	粗直柄小麻花钻	0.1~0.35	 在自动机床上可用同一种规格的弹簧卡头装夹不同直径的麻花钻微孔
GB1435-85	直柄短麻花钻	0.5~40.0	 在自动机床、六角车床或手动工具上钻浅孔或打中心孔, 左旋麻花钻按订货生产, 用在主轴左旋的自动机床上钻孔
GB1436-85	直柄麻花钻	2.0~20.0	 在各种机床上, 用钻模或不用钻模钻孔
GB1437-85	直柄长麻花钻	1.0~31.5	 在各种机床上用钻模钻孔或不用钻模钻较深孔
GB1438-85	锥柄麻花钻	3.0~100.0	 在各种机床上用钻模或不用钻模钻孔
GB1439-85	锥柄长麻花钻	5.0~50.0	 在各种机床上用钻模钻孔或不用钻模钻较深孔
GB1440-85	锥柄加长麻花钻	6.0~30.0	 在各种机床上用钻模钻较深孔或不用钻模钻深孔
GB1441-85	粗锥柄麻花钻	12.0~76.0	 在有振动和较强负荷的条件下钻孔用
GB6136-85	直柄超长麻花钻	2.0~14.0	 在用一般直柄麻花钻钻削不到的箱体零件上钻较浅孔
GB6137-85	锥柄超长麻花钻	6.0~50.0	 在用一般锥柄麻花钻钻削不到的箱体零件上钻较浅孔
	中心钻		
	扁钻		

表 4-3 扩孔钻、铰钻



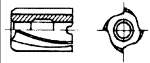
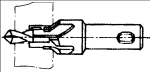
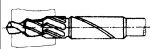


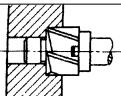
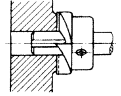




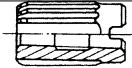





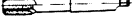
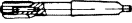


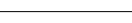
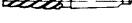
标准号	类型	尺寸范围 (mm)	简 图	用 途
GB4256-84	直柄扩孔钻	3~19.7		用于扩大工件上已钻削、冲制或铸造的孔的孔径，或提高孔的精度，如作铰孔前的预加工
GB1141-84	锥柄扩孔钻	7.8~50		
GB1142-84	套式扩孔钻	25~100		
	钻扩铰组合刀具			依次完成孔的钻、扩和倒角
	钻扩铰组合刀具			依次完成同一孔的钻、扩、铰获得精加工表面
GB4258-84	直柄锥面铰钻	8~25		用于在工件上铰钻 60°、90°、120° 的锥面孔（沉头孔）
GB1143-84	锥柄锥面铰钻	16~80		
	铰沉孔刀具			在预制孔的一端面铰沉孔
	铰孔口刀具			在预制孔的一端面铰平面或球面

表 4-4 铰 刀

标准号	类型	尺寸范围 (mm)	简 图	用 途
GB1131-84	手用铰刀	1.0~75		在单件或小批生产的加工和装配工作中使用
JB3869-85	可调节手用铰刀	6.25~100		修理、装配工作中,手工铰制工件上一定孔径尺寸范围内的孔
GB1132-84	直柄机用铰刀	1.0~20		成品生产条件下在机床上使用
GB1133-84	锥柄机用铰刀	5.3~50		成品生产条件下在机床上使用
GB1135-84	套式机用铰刀 (内孔 1:30 锥度)	23.6~100		铰刀套在专用的 1:30 锥度心轴上铰较大的孔。在机床上进行
GB1139-84	莫氏圆锥(公制圆锥)铰刀	莫氏 0~6 号 公制 4~6 号	 粗绞刀  精绞刀	在成批生产条件下,在机床上铰莫氏圆锥和公制圆锥孔
GB1136-84	手用 1:50 锥度销子铰刀	0.6~50		在装配工作中,专用于铰制 1:50 锥度销子孔
GB4243-84	锥柄长刃机用铰刀	6.7~50		成批生产条件下在机床上加工较深孔
GB4251-84	硬质合金直柄机用铰刀	5.3~20		成批或大量生产条件下在机床上使用
GB4252-84	硬质合金锥柄机用铰刀	7.5~40		成批或大量生产条件下在机床上使用
厂标	硬质合金胀压可调节铰刀	18~41		成批或大量生产条件下在机床上使用
GB4247-84	锥柄机用桥梁铰刀	6~50.8		用于桥梁铰铆钉孔
厂标	1:8 锥形铰刀		 	在机床上铰 1:8 锥度孔
GB1138-84	锥柄机用 1:50 锥度销子铰刀	5~50		装配工作中在机床上铰削较大直径圆锥销的锥度孔

二、一般钻孔方法

1. 钻削过程

钻削是从钻头和工件作相对接触运动开始的，由于这种运动连续地进行，工件上多余的材料被一层一层地“切”下来。钻孔（包括扩孔、铰孔、铰孔等）时的切削运动包括主运动和辅助运动。主运动是一种回转运动，即切削时，将切屑“切”下来所必须的基本运动。在立式钻床上。这个运动是由钻头旋转来完成的。辅助运动是一种直线运动，使新的金属不断地投入切削，以便完成整个儿的加工。这个运动一般是由钻头向工件作直线进刀来体现的。

钻削运动的快慢，直接由吃刀深度（ t ）、走刀量（ s ）、切削速度（ v ）这三个切削用量来决定。钻孔时，钻头每转一转，一个切削刃所切下来的金属层，其断面尺寸如图 4-1。图中： a 代表切削厚度， b 代表切削宽度，下同。

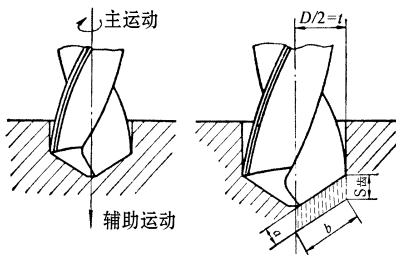


图 4-1 切削用量

吃刀深度：从图 4-1 中可知，吃刀深度等于钻头的半径，即 $t = \frac{D}{2}$ mm。扩孔、铰孔、铰孔时，因已有一个预加工孔 D_0 ，所以 $t =$

$$\frac{1}{2} (D - D_0) \text{ mm}。$$

走刀量：是刀具每转一转沿走刀方向送进的行程。因标准钻头、铤钻、扩钻、铰刀都有两个或两个以上的刀齿，所以每个刀齿的走刀量为：

$$s_{\text{齿}} = \frac{s}{z} \text{ mm/r}$$

式中： z ——刀齿（切削刃）数。

通常说的走刀量，是全部切削刃走刀量的总和（即 s ）。刀具的切削刃愈多，分配在每个切削刃上的负荷就愈小。

切削速度：切削中刀具和工件相对运动时，刀具外径上某一点主运动的速度，与刀具外径及每分钟转数成正比：

$$v = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \text{ m/min}$$

式中： D —刀具外径（mm）

n ——刀具转数（r/min）

如已知切削速度 v ，需要选择每分钟转数时，可以下式换算：

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ m/min}$$

2. 钻孔切削用量

表 4-5 碳素结构钢钻孔切削用量

（碳素结构钢 $\sigma_b = 650 \text{ MPa}$ ，高速钢钻头 W18Cr4V，加冷却液）

s	$D = 2 \text{ mm}$				s	$D = 10 \text{ mm}$			
	v	n	p	M		v	n	p	M
≤ 0.03	70.7	11240	14	7.5	0.08	59.6	1900	138	411
0.04	57.8	9185	17	9.4	0.10	51.1	1625	162	491
0.05	44.9	7160	20	11.3	0.12	44.9	1430	184	569
0.06	43.5	6920	23	13.1	0.14	40.3	1285	204	641

续表

<i>s</i>	<i>D</i> =2mm				<i>s</i>	<i>D</i> =10mm			
	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>M</i>		<i>v</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>M</i>
0.07	39.1	6210	26	14.8	0.16	36.8	1170	224	712
0.08	35.6	5655	28	16.4	0.18	33.8	1075	244	784
0.09	32.8	5210	30	18.1	0.20	31.4	1000	263	855
0.10	30.4	4840	32	19.7	0.25	28.0	894	307	1023
0.12	26.8	4260	37	22.7	0.30	25.6	815	349	1183

<i>s</i>	<i>D</i> =20mm				<i>s</i>	<i>D</i> =50mm			
	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>M</i>		<i>v</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>M</i>
≤0.12	59.3	943	277	2270	0.20	48.3	308	922	21400
0.14	53.2	847	307	2560	0.25	42.9	273	1160	25600
0.16	48.5	772	337	2850	0.30	39.2	249	1320	29600
0.18	44.7	711	367	3130	0.35	36.3	231	1470	33500
0.20	41.5	660	397	3420	0.40	33.9	216	1610	37200
0.25	37.0	590	464	4090	0.45	32.0	204	1750	40850
0.30	33.8	538	527	4730	0.50	30.3	193	1880	44500
0.35	31.3	498	587	5350	0.55	28.9	184	2010	48000
0.40	29.3	466	645	5960	0.60	27.7	176	2140	51500
0.45	27.6	440	700	6540	0.70	25.6	163	2380	58200
0.50	26.2	417	753	7120	0.80	24.0	153	2620	64800

表 4-6 灰铸铁钻孔切削用量

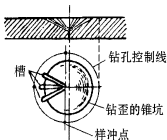
(灰铸铁 HB195, 高速钢钻头 W18Cr4V)

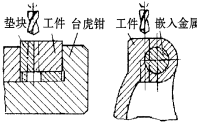
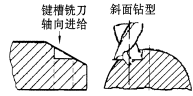
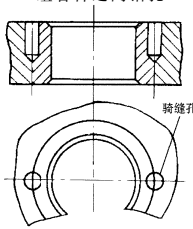
s	$D=2\text{ mm } (p)$				s	$D=10\text{ mm } (p)$			
	v	n	p	M		v	n	p	M
≤ 0.04	61.2	9735	8.8	6.5	0.12	45.6	1450	106	394
0.05	54.1	8615	10.5	7.8	0.15	40.4	1285	127	470
0.06	48.9	7790	12.5	8.9	0.18	36.5	1160	147	544
0.08	41.8	6650	15.6	11.3	0.20	34.4	1095	159	590
0.10	37.0	5885	18.7	13.6	0.25	30.5	970	190	708
0.12	33.5	5230	21.2	15.8	0.30	27.5	877	222	818
0.15	29.6	4710	25.0	18.8	0.35	25.0	797	249	925
0.18	26.8	4260	29.4	21.8	0.40	23.8	756	278	1030
0.20	25.3	4020	32.3	23.6	0.45	22.6	721	305	1130
0.25	—	—	—	—	0.50	21.8	694	332	1230
0.30	—	—	—	—	0.6	20.2	643	384	1420
s	$D=20\text{ mm } (\text{sh})$				s	$D=50\text{ mm } (\text{sh})$			
	v	n	p	M		v	n	p	M
≤ 0.15	—	—	—	—	≤ 0.2	49.7	316	600	14800
0.20	45.3	721	240	2360	0.25	43.9	280	716	17700
0.25	40.1	638	287	2820	0.3	39.7	253	830	20400
0.30	36.3	577	332	3270	0.4	34.2	218	1004	25700
0.35	32.9	524	375	3700	0.5	31.4	200	1250	30800
0.40	31.2	497	418	4120	0.6	29.1	185	1450	35600
0.45	29.7	473	459	4520	0.7	27.3	174	1630	40100
0.50	28.7	457	499	4920	0.8	25.9	165	1820	44700
0.6	26.5	423	578	5700	0.9	24.7	158	2000	49100
0.7	24.9	397	652	6440	1.0	23.7	151	2170	53500
0.8	23.7	376	728	7170	1.2	22.1	141	2530	62000
0.9	22.6	359	800	7860	1.4	20.7	132	2840	70000
1.0	21.6	344	870	8560	1.6	19.7	125	3160	77800
1.2	20.1	320	1010	9910	1.8	18.8	119	3480	85600
1.4	—	—	—	—					

3. 一般钻孔方法与步骤

表 4-7 一般钻孔方法与步骤

操作内容	方法与步骤
钻孔前的准备工作	<p>(1) 将工件按图纸要求划好线, 检验后打样冲眼, 或按工艺要求准备好钻模</p> <p>(2) 检查钻床各部分是否正常, 调整好切削用量, 准备好切削液</p> <p>(3) 刃磨好钻头, 压紧定位好工件, 并使其平稳牢固, 准备好量具</p>
按划线找正钻孔	<p>划线钻孔时, 钻尖对准样冲眼先铤一个小窝。如偏移则要纠正, 可用尖錾或样冲在偏移的相反方向錾几条槽来纠偏。直到钻出的圆窝完整, 与所划出的孔边圆同心, 才可正式钻孔</p> <p>在孔快要钻穿时, 必须减小进给量, 变自动进刀为手动进刀, 以避免钻穿瞬间因进给量剧增而发生“啃刀”, 影响加工质量和损坏钻头</p>
钻盲孔	<p>方法与普通孔的相同, 但需要按钻孔深度调整好钻床上的挡块、深度标尺寸或采用其他控制方法, 以免钻得过浅或过深, 同时要注意经常退屑</p>
钻深孔	<p>一般钻削深度达到 3 倍直径时, 钻头必须退出排屑。此后, 每钻进一些就应退屑, 并注意冷却润滑, 防止切屑堵塞, 钻头过热退火</p>
钻大孔	<p>直径超过 $\phi 30\text{mm}$ 的孔, 一般分两次钻削, 第一次用 0.6~0.8 倍孔径的钻头, 第二次用所需直径的钻头扩孔。扩孔钻头应使两条主切削刃长度相等、对称, 否则会使孔径扩大</p>

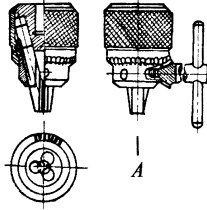
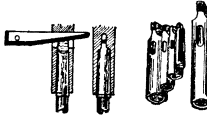
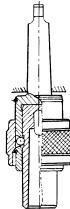
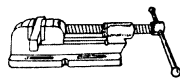


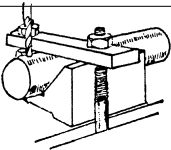
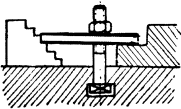
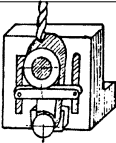
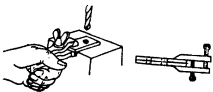
操作内容	方法与步骤
钻小孔	<p>钻 $\phi 1\text{mm}$ 以下的小孔,开始时进给力要轻,防止钻头弯曲和滑移,以保证钻孔试切的正确位置。钻削过程要经常退出排屑和加注切削油。切削速度可在 $2000\sim 3000\text{r}/\text{min}$,如钻床精度很高,可在 $3000\sim 10000\text{r}/\text{min}$ 以上。进给力应小而平稳,不宜过大过快</p>
<p>钻半圆孔</p>  <p>垫块 工件 台虎钳 工件 嵌入金属</p>	<p>可用同样材料的物体与工件合在一起,先在结合处找出中心,钻出一个圆孔,去掉拼合物即为半圆孔。或嵌入工件内同样材料来钻圆孔</p>
<p>钻斜面孔</p>  <p>键槽铣刀 轴向进给 斜面钻型</p> <p>(a) (b)</p>	<p>可将钻头刃磨成钻斜面孔的钻型,或在工件斜面上先铣出或镗出一个与钻头相垂直的平面,或将工件安装成水平位置,钻出一个浅窝后,再进行钻孔</p>
<p>组合件之间钻孔</p>  <p>骑缝孔</p>	<p>若两个工件的材料相同,则比较容易钻削。若不同时,一硬一软,则钻孔前,孔中心的样冲眼要打在硬材料工件上,即钻头先往硬材料工件一边借,好使钻削过程中,钻头会向软材料一边偏移来纠正</p>

4. 常用钻孔设备及辅助工具

表 4-8 常用钻孔设备及辅助工具

名称	图 示	用 途
台钻	(图略)	最大钻孔直径为 12mm。 由于转速高,使用方便, 因而在零件加工、装配和 修理工作中常用
手电钻	(图略)	多用于钻 12mm 以下的 孔,常用在不便于使用钻 床钻孔的情况下
摇臂钻床	(图略)	一般钻孔直径为 50mm 以下 主轴变速级数为 18 级, 其范围在 32~1700r/min。 进给变速级数为 18 级,其 范围在 0.03~1.2mm/r
立式钻床	(图略)	一般钻孔直径为 25mm 以下 主轴变速级数为 9 级, 其范围在 97~1360r/min 进给变速级数为 9 级, 其范围在 0.1~0.8mm/r

名称	图 示	用 途
钻夹头		<p>钻夹头用来装夹圆柱直柄钻头</p>
钻套和楔铁		<p>钻套用来装夹锥柄钻头。 楔铁用来从钻套中卸下钻头</p>
快换夹头		<p>使用快换夹头，能在主轴旋转的情况下更换刀具，装卸迅速，减少更换刀具的时间</p>
平口虎钳		<p>平口虎钳用来装夹平整的工件</p>

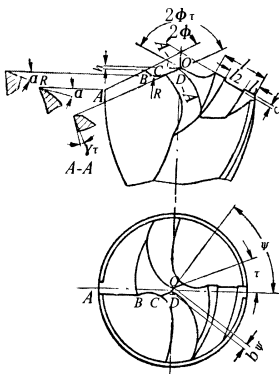
名称	图 示	用 途
V 型 铁		V 型铁主要用来夹持圆柱型工件
压 板 垫 铁 和 螺 丝		压板、垫铁和螺丝是配合 V 型铁或在机床工作台上直接夹持工件用
弯 板		利用弯板可将工件竖立地装夹
手 虎 钳 和 平 行 夹 板		手虎钳和平行夹板用来夹持小型工件和薄板件

5. 标准群钻

随着生产的发展，新材料的不断出现，对钻头的性能提出了更高的要求。人们在研究普通麻花钻切削角度和结构方面的缺点的同时，

不断探讨从刃磨方面改进钻头切削性能的方法。多年来，总结出很多高效、长寿、优质、安全的新钻型。其中突出的代表是各型群钻。例如标准群钻由于采用了月牙形槽、横刃磨短、开分屑槽等先进结构，在加工碳钢和合金结构钢时，生产效率、加工质量、钻头耐用度都显著提高。几何形状及参数如图 4-2。结构特点可总结为：

三尖七刃锐当先，月牙弧槽分两边，
一侧外刃再开槽，横刃磨低窄又尖。



- $2\phi_{\tau} \approx 125^{\circ}$;
- $2\phi_{\pi} \approx 135^{\circ}$;
- $\psi \approx 85^{\circ}$;
- $\tau \approx 25^{\circ}$;
- $\gamma_{\tau} \approx -15^{\circ}$;
- $\alpha \approx 10^{\circ} \sim 15^{\circ}$;
- $\alpha_R \approx 12^{\circ} \sim 18^{\circ}$;
- $l \approx (0.2 \sim 0.3) d$;
- $l_1 \approx l/3$;
- $l_2 \approx l/2.5 \sim l/3$;
- $R \approx 0.1 d$;
- $h \approx 0.04 d$;
- $b_{\psi} \approx 0.03 \sim 0.04 d$;
- $c \approx 1.5 s$;
- d . 钻头直径;
- s . 走刀量

图 4-2

6. 钻头刃磨

钻孔前，要检查钻头的切削部分是否磨损，切削部分的形状是否满足切削要求，否则必须进行刃磨。

手工刃磨钻头是在砂轮机上进行的，砂轮机的粒度一般为 46~80，砂轮的硬度最好采用中软级（ZR₁~ZR₂）。

刃磨前应用砂轮割刀粗粒度超硬的砂轮碎块对砂轮进行修整，以

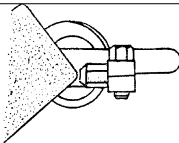
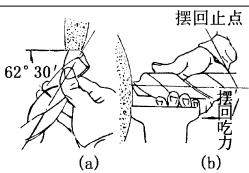
保证砂轮旋转时跳动量较小。为了修磨横刃、开分屑槽，还要把砂轮的一个棱边修出圆角。圆角的半径要满足磨小圆角的需要。

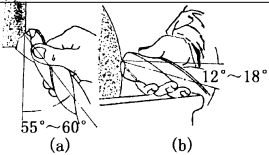
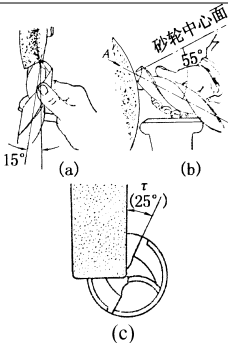
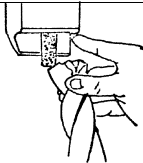
标准麻花钻的刃磨只磨主刀刃。刃磨时，要将主刀刃置于水平位置，大致在砂轮中心平面上进行刃磨，钻头的轴心线与砂轮圆柱面母线在水平面内的夹角，应等于钻头所需顶角 2ϕ 的一半。

刃磨时，右手握住钻头的前部，食指尽可能靠近切削部分作为定位支点，并掌握好钻头绕轴心线的转动和加在砂轮上的压力，左手握住柄部，做上下摆动。钻头绕轴心线转动的目的是使整个后刀面都能磨到，而上下摆动则是为了磨出一定的后角。由于钻头主刀刃上各处的后角是不相同的，所以两手的动作必须很好配合，而且摆动的角度应随所需后角的大小而变化。

为了改善钻头的切削性能，常将钻头磨成特殊形状，例如群钻。群钻主要结构的手工刃磨方法见表 4-9。

表 4-9 群钻的刃磨方法

步骤	刃磨手法及角度	要领
修整砂轮		砂轮要求不特殊，通用砂轮就满足。外圆、轮侧修平整，圆角可小月牙弧
磨外直刃		主刃摆平轮面靠，钻轴左斜出锋角。由刃向背磨后面，上下摆动尾别翘

步骤	刃磨手法及角度	要领
磨 月 牙 槽	 <p>(a) (b)</p>	主刃摆平轮角靠， 钻尾压下弧后角(α_R)， 轮侧、钻轴夹 55(度)， 上下勿动平进刀
修 磨 横 刃	 <p>(a) (b) (c)</p>	钻轴左斜 15 度， 尾柄下压约 55(度)， 外刃、轮侧夹“ τ ”角， 钻心靠近轮角处
磨 小 分 屑 槽		片砂轮或小砂轮， 垂直刃口两平分， 开槽选在高刃上， 槽侧后角要留心

7. 钻孔中常见问题及主要原因

表 4-10 钻孔中常见问题及主要原因

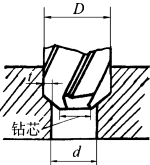
出现问题	主要原因
孔大于规定尺寸	(1) 钻头中心偏, 角度不对称 (2) 机床主轴摆动, 钻头弯曲
孔壁粗糙	(1) 钻头不锋利, 角度不对称 (2) 后角太大 (3) 走刀量太大 (4) 切削液选用不当和切削液供给不足
孔位移	(1) 工件划线不正确 (2) 工件安装不当或未紧固 (3) 钻头横刃太长, 找正不准、定心不良 (4) 开始钻孔时, 孔钻偏而没有校正
孔歪斜	(1) 工件与钻头不垂直, 钻床主轴与台面不垂直 (2) 横刃太长, 或走刀量太大, 使钻头轴向力过大造成钻头弯曲 (3) 工件内部组织不均、有砂眼(气孔)
钻头折断	(1) 钻头磨钝, 仍继续钻孔 (2) 钻头螺旋槽被切屑堵住, 没有及时排屑 (3) 孔快钻通时, 没有减小走刀量; (4) 钻黄铜等易扎刀材料, 没有减小钻头前角 (5) 钻刃修磨的过于锋利, 产生崩刃现象, 而没能迅速退刀
切削刃迅速磨损或碎裂	(1) 切削速度过高, 切削液选用不当或切削液供给不足 (2) 没有根据材料的特性和工艺特性来刃磨钻头的切削角度 (3) 工件内部硬度不均或有砂眼 (4) 钻刃过于锋利, 走刀量过大 (5) 怕钻头安装不牢, 用钻刃往工件上部


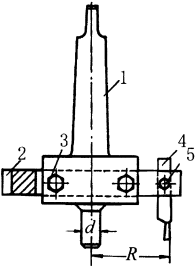
三、扩孔、铰孔方法

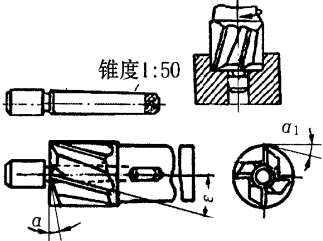
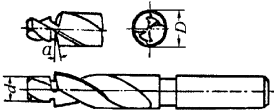
为了提高加工孔的尺寸精度和形位精度，提高孔壁的表面光洁度，或者为孔的进一步精加工做准备，常采用钻削扩孔的加工方法。另外在大直径孔的加工时，由于机床及刀具承载能力的限制，一次成孔有困难，或者对锻、铸件毛坯扩大也可能采用钻削扩孔的方法。扩孔后，一般孔的精度可达 IT10—11 级、粗糙度为 $Ra6.3\sim 3.2$ 。

用铰钻头对工件的孔口进行各种铰削，称为铰孔。常用扩孔、铰钻方法及刀具特点见表 4-11。铰钻孔时，最常见的弊病是因铰钻头振动而使铰出的端面或锥面产生一条条的振纹，使锥面呈多角形。为了避免这种现象，铰孔时必须注意做到以下几点：1. 铰钻头的前后角不能太大，在刃口处应磨出一条后角为零度的狭窄刃带，以避免产生扎刀现象；2. 铰削速度应比钻孔速度低（一般为钻孔速度的 $1/2\sim 1/3$ ），也可以点车进行；3. 铰削钢件材料时，应选用合适的切削液，并在定位导柱和工件原有孔之间加注适量的机油或牛油；4. 铰钻和工件的装夹应牢固稳妥，以免铰削时产生振动；5. 用麻花钻头改制的铰钻头要尽量短，切削刃要刃磨对称，以保持切削平稳。

表 4-11 扩孔、铰孔方法及刀具特点

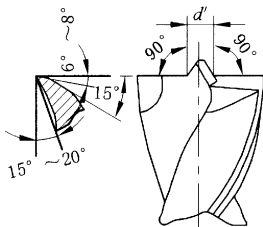
名称	图例、特点和用途
用扩孔钻头扩孔	 <p>扩孔钻的外形与麻花钻头相似，所不同的是它的容屑槽较浅，切削刃较多，一般为 3~4 条，扩孔钻头的刚性与导向性都很好，扩孔时可以采用较大的切削量，扩孔的光洁度和精度都比直接钻孔要高，直径 10~32mm 范围的扩孔钻做成整体式，直径 25~80mm 范围的扩孔钻做成套式</p>

名称	图例、特点和用途	
用麻花钻头扩孔		<p>普通麻花钻头也可以用于扩孔。扩孔时,由于已存在预孔,从而可以采用较大的走刀量来提高生产率。同时,由于吃刀深度减小,使切屑容易排出。因此扩孔后,孔的表面光洁度也有一定的提高,扩孔中,如果钻头的两主切削刃不对称或预孔不规则,切削不平稳</p>
割刀薄板套		<p>生产中,经常要在薄铁板上制作直径较大的圆孔,此时可采用割刀套扩工具</p> <p>刀体1的下部开有一横向方孔。与刀杆2外形相配,刀杆能在刀体的方孔中横向移动,以调整所扩孔的直径,当调整到所需位置后,可用紧定螺钉3固定。刀杆的一端开有方孔,与割刀柄相配。并可在上下调整到一定高度后,用紧定螺钉5固定。套扩前应在板上先钻一个直径与刀体下端定位圆柱直径相同的小孔。套扩时用来引导定位圆柱,以避免套扩工具晃动</p> <p>套扩薄板大孔时,板料必须预先校平,压牢,板下要垫上一块两面平行的木板。当将要割穿时,用刀要小,以防割刀突然切穿板料,造成割刀折断和工件损坏的事故</p>

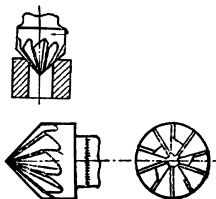
名称	图例、特点和用途
柱形铤钻头	 <p>柱形铤钻头主要用来铤圆柱形埋头,其结构形式如图。柱形铤钻头的端面刀刃起主切削作用,容屑槽的螺旋角ω就是它的前角γ($\omega=\gamma=15^\circ$),后角$\alpha=8^\circ$。外圆刀刃是副切削刃,起修光作用,其副后角$\alpha_1=8^\circ$。铤钻头前端有定位导柱,铤钻时可用来与原有的孔相配。以保证铤出的孔与原有孔同心。定位导柱与铤钻头可制成一体。但为了刃磨方便,也可以把定位导柱做成可装卸式的,如图所示</p>
麻花钻改制柱形铤钻	 <p>可以用麻花钻头改制成铤钻,作为标准型铤钻的代用刀具,如图所示。定位导柱直径d应与原有的孔相配。端面刀刃用锯片砂轮磨出,后角$\alpha=8^\circ$左右。由于定位导柱上有两条残存的螺旋槽。铤削时槽口容易把工件上的小孔刮伤</p>

名称

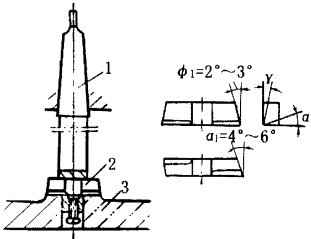
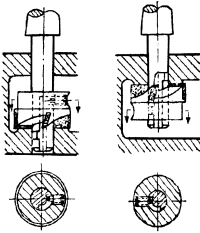
图例、特点和用途

平底
改制
铤钻

为了避免改制铤钻铤削时残留螺旋槽对工件的小孔刮伤问题,也可改制成左图所示的不带定位导柱的平底铤钻头。这种铤钻不能保证铤削部位与工件小孔同心,切削不平稳

锥形
铤钻
头

锥形铤钻头用来铤锥形埋头孔,其结构形式如图。锥形铤钻头的锥角 2φ 有 60° 、 75° 、 90° 及 120° 四种,其中 90° 锥形铤钻头用得最多,一般,市场上出售的锥形铤钻头,直径 d 在 $12\sim 60\text{mm}$ 之间,齿数为 $4\sim 12$ 个。为了改善钻头尖处的容屑条件,一般每隔一齿将刀刃切去一块,前角 $\gamma=0^\circ$,后角 $\alpha=6^\circ\sim 8^\circ$

名称	图例、特点和用途
简单 端面 钻头	 <p>简单端面钻头用来镗孔的搭子端面,其结构如图。它由刀杆 1 和刀片 2 组成。刀杆上的方孔与刀片尺寸相配,并与刀杆轴线垂直。刀杆头部外圆最好能与工件原有孔滑配,以保证具有良好的引导作用,使镗出的端面与孔垂直。</p>
多 齿 端面 钻头	 <p>多齿端面钻头用来镗孔的上下搭子端面。其结构如图</p> <p>多齿端面钻头的刀体为套式,使用时可与刀杆相配,靠刀杆上的紧定螺钉来带动旋转。由于端面钻头的加工对象主要是铸铁件,为了提高钻头的耐用度,一般刀体上都镶有硬质合金刀片</p>

选择扩孔切削用量可参考表 4-12。

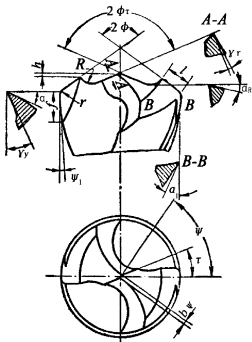
表 4-12 扩孔切削用量
(高速钢钻头 W18Cr4V)

D	结构碳钢 $\sigma_b=650\text{ MPa}$, 加冷却液						灰 铸 铁 HB195							
	s	d=10mm		d=15mm		d=20mm		s	d=10mm		d=15mm		d=20mm	
		v	n	v	n	v	n		v	n	v	n	v	n
25	≤0.2	45.7	581	48.8	621	—	—	0.2	43.9	559	45.7	581	—	—
	0.3	37.3	474	39.9	507	—	—	0.3	37.3	475	38.8	495	—	—
	0.4	32.3	411	34.5	439	—	—	0.4	33.2	423	34.6	441	—	—
	0.5	28.8	368	30.9	392	—	—	0.6	28.3	360	29.5	375	—	—
	0.6	26.3	336	28.1	359	—	—	0.8	25.2	320	26.3	334	—	—
	0.8	22.8	290	24.4	310	—	—	1.0	23.1	294	24.0	305	—	—
	1.0	20.4	260	21.8	278	—	—	1.2	21.4	272	22.3	284	—	—
	1.2	18.6	237	19.9	254	—	—	1.4	20.1	256	21.0	267	—	—
								1.6	19.1	243	19.8	253	—	—
	s	d=15mm		d=20mm		d=30mm		s	d=15mm		d=20mm		d=30mm	
40	≤0.2	43.4	346	48.6	387	55.8	444	0.3	38.2	304	39.1	311	41.9	334
	0.3	35.5	282	39.7	316	45.6	363	0.4	34.1	271	34.8	277	37.4	297
	0.4	30.7	245	34.4	273	39.5	314	0.6	28.9	231	29.6	236	31.8	253
	0.5	27.5	219	30.7	245	35.3	281	0.8	25.8	206	26.4	210	28.3	225
	0.6	25.1	199	28.0	223	32.2	256	1.0	23.6	188	24.1	192	25.9	206
	0.8	21.7	173	24.3	193	27.9	223	1.2	22.0	174	22.4	179	24.0	191
	1.0	19.4	155	21.7	173	25.0	198	1.4	20.6	165	21.1	168	22.6	180
	1.2	17.7	142	19.8	158	22.8	182	1.6	19.6	156	20.0	159	21.4	171
								1.8	18.7	149	19.0	152	20.5	163
	s	d=30mm		d=40mm		d=50mm		s	d=30mm		d=40mm		d=50mm	
60	0.3	39.3	208	42.6	226	49.1	261	0.4	35.0	186	36.4	193	39.1	207
	0.4	34.1	180	36.9	196	42.5	225	0.6	29.7	158	31.0	165	33.2	176
	0.5	30.4	162	33.0	175	38.0	202	0.8	26.5	141	27.6	147	29.6	157
	0.6	27.8	148	30.2	160	34.7	184	1.0	24.2	129	25.3	134	27.1	143
	0.8	24.1	128	26.1	139	30.1	159	1.2	22.5	119	23.5	125	25.2	134
	1.0	21.5	114	23.3	124	26.9	142	1.4	21.2	112	22.1	117	23.7	125
	1.2	19.7	104	21.4	113	24.6	130	1.6	20.1	107	20.9	111	22.4	119
	1.4	18.2	96	19.8	105	22.7	120	1.8	19.1	101	19.9	106	21.4	113
1.6	17.1	90	18.4	98	21.3	113	2.0	18.4	98	19.1	101	20.5	109	

四、有机玻璃钻孔

在有机玻璃板上钻孔，为了使孔壁有较高的透明度，可采用有机玻璃群钻。其钻型如表 4-13。

表 4-13 有机玻璃群钻

有机玻璃群钻的几何形状及参数	钻削特点
 <p> $2\phi = 110^\circ$ $2\phi_r = 135^\circ$ $\phi_1 \approx 150^\circ$ $\psi \approx 65^\circ$ $Y_y \approx 5^\circ$ $\tau \approx 20^\circ \sim 25^\circ$ $\alpha \approx 25^\circ \sim 27^\circ$ $\alpha_R \approx 18^\circ \sim 20^\circ$ $a_I \approx 25^\circ \sim 27^\circ$ $h \approx 0.03 d$ $R \approx 0.1 d$ $b_\psi \approx 0.02 d$ $l \approx 0.2 d$ $r \approx 0.1 d$ d 钻头直径 </p>	<p>(1) 钻有机玻璃的主要问题是：</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 难以得到满意的透明度，严重时孔壁烧伤 ② 孔壁产生“银斑”状裂纹 ③ 孔两端有时发生崩块 <p>(2) 钻有机玻璃群钻的特点：有机玻璃孔发乌，刃带磨窄、修圆弧。加大倒锥、前、后角，刃口背光、冷却足</p>

五、薄板钻孔

薄板钻孔的突出问题是钻心先钻穿工件后立即失去定心作用，以致突然使轴向力减小，加上工件的弹动，使钻出的孔不圆，出口处毛

刺很大。甚至突然扎刀，致使钻头折断或工件飞出伤人。

薄板群钻为三尖钻（表 4-14），钻心尖略高于两切削刃尖，钻削过程中不会失去定心作用。所钻孔圆整光洁，操作也很安全。

表 4-14 薄板群钻

薄板群钻的几何形状及参数	钻削特点
<div style="text-align: center;"> </div> <p> $2\phi_r \approx 90^\circ \sim 110^\circ$, $\epsilon \approx 30^\circ \sim 40^\circ$; $r_r \approx -10^\circ$ $aR \approx 12^\circ \sim 15^\circ$, $\psi \approx 65^\circ$ $\tau \approx 20^\circ \sim 30^\circ$; </p> <p> $h \approx 0.5 \sim 1$ (mm); $h_1 \approx \delta + 1$ (mm); δ. 料厚; $h_\psi \approx 0.02 d$; R: 可用单圆弧连接或双圆弧连接; d. 钻头直径 </p>	<p>(1) 钻薄板的主要问题是：</p> <p>①孔形不圆，出多角形</p> <p>②孔口毛刺大，出飞边，严重时孔不成形，被钻头撕坏，特别是钻黄铜皮时很容易把孔划坏</p> <p>③有时手扶薄板零件钻孔，当钻头出孔时，零件会发生抖动，手扶不住，容易出事故</p> <p>④零件在钻削力作用下容易产生扭曲变形</p> <p>(2) 钻薄板群钻的特点：</p> <p>套料切削靠三尖，内定中心外切圆，压力减轻变形小，孔形圆整又安全</p>

六、橡胶钻孔

在橡胶上钻孔采用橡胶群钻，表 4-15 所示钻型，切削用量： $n=1000$ r/min， $f=0.3$ mm/r，效果较好。

表 4-15 橡胶群钻

橡胶群钻的几何形状及参数	钻削特点
	<p>(1) 钻橡胶的主要问题是：</p> <p>① 孔收缩量很大，易成锥形、上大下小、严重时孔壁撕伤，甚至不成孔形</p> <p>② 钻削温度高时，橡胶变质有臭味</p> <p>(2) 钻橡胶群钻的特点：</p> <p>橡皮钻孔易收缩，内定中心、外切削，外缘磨出切向刃，快转、慢进、大后角</p>

七、手扳钻钻孔

在特殊场所施工，由于空间限制，不能用钻床也不能用电钻、风钻等其他钻孔机械，只能用手扳钻。手扳钻的结构及操作方法见表 4-16。

表 4-16 手扳钻结构

图 示	结构特点
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 弹簧撑片； 2. 扳手； 3. 撑片架； 4. 钻夹头； 5. 棘轮； 6. 螺母； 7. 螺杆； 8. 垫块； 9. 工件

手扳钻用的钻头，一般是很短的方柄麻花钻（方柄可由手工磨出）或扁钻，装在钻夹头 4 内。当扳手 2 来回扳动时，弹簧撑片 1 就推动棘轮间歇地按箭头方向转动。棘轮和钻夹头是固定连接的，所以钻头就进行切削。扳钻的进刀是靠螺母 6 与螺杆 7 相对转动来得到的。撑片架 3 是空套在螺母 6 与钻夹头体外的，而螺母 6 与棘轮是一体的。钻孔时在螺杆 7 头部小孔中插入一根细杆，用手握住这个杆，不让螺杆转动，当棘轮和螺母转动时，螺母就从螺杆上旋出来，钻头便向下走刀。如不要走刀，就把螺杆放掉，这时螺杆与螺母一起转动。手扳钻工作时往往钻头转几圈，握住插入螺杆上的细杆使它走刀，然后再放掉几圈，再握住，如此循环。垫块 8 上有一个很浅的小孔，用来支持螺杆的尖端，不使工件上压出凹坑。

八、钻方孔

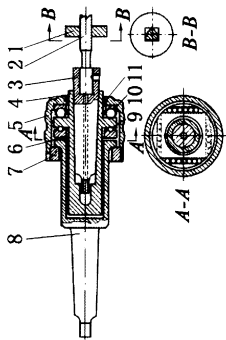
钻方孔的原理。设方孔的边长为 $a \times a$ (图 4-3)，在方孔边中点 A 以方孔边长 a 为半径做圆弧 ($r=a$)，交另二边于从 B、C 点，

表 4-17 钻方孔工具

名称

图示及说明

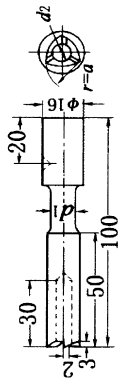
钻方孔工具如图所示。本体 8 装在钻床主轴上。方孔钻装在钻套 3 中用螺钉顶紧。钻套 3 装在游动体 4 中。游动体其本体 8 之间夹着一块游动块 6。游动块 6 的两端面上各有二条平行槽，两端面上平行槽互相垂直(见图 A-A 剖面，正面是实线槽，反面是虚线槽)。槽子中排有许多个滚珠 9。游动体 4 相对于本体 8 可以做纵、横平面运动。游动体 4、游动块 6、本体 8、滚珠 9 靠带槽螺帽 7 旋在外套 5 中拧紧(拧紧到轴向没有窜动，但游动体 4 能做纵横平面运动)。方钻 2 伸进方孔靠模 1 中，靠模放在工件上。一起固定在工作台上。工作时靠嵌在槽中的滚珠将扭转力矩从本体 8 供给钻套 3 带动方钻旋转。方钻在靠模中一面旋转一面游动以得到方孔轨迹



钻方孔
工具

图示及说明

方孔钻头如图
所示。它的工作
部分是弧边三角
柱体,三个圆弧中
心在顶点上,半径
等于正方形边长,
它只在端面有三
个切削刃。前角
 $\gamma=0^\circ$,后角 $\alpha=5^\circ$
 $\sim 8^\circ$ 。为了刃磨
方便,其中心部分
有直径为 d_2 的
方孔。方孔钻头用
高速钢制成,工作
部分淬硬至
HRC61~64。其
结构尺寸见表



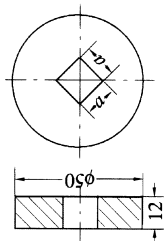
方孔钻头

方孔钻头结构尺寸

方孔边长	α	9	10	11	12	14	16	17	18	19	20	22	24
圆弧半径	γ	8.9	9.8	10.8	11.8	13.8	15.8	16.7	17.7	18.7	19.7	21.7	23.7
钻头轴颈	d_1	5	6	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14
钻头内径	d_2	4	5	5	6	7	8	8	9	9	10	11	12

名称

图示及说明



靠模板

靠模如图所示，由低碳钢制成，方孔表面渗碳淬火。方孔柱体的弧边三角套入靠模内取得引导。靠模放在工件上，一起固定在工作台上。

再分别以 B 、 C 点为中心作圆弧，该三圆弧组成以 A 、 B 、 C 为顶点的弧边三角形。若将刀具做成弧边三角形 ABC ，在 $a \times a$ 的靠模方孔中转动和滑移，则刀具上 A 、 B 、 C 三个刀尖就能切出靠模下的工件上边长为 $a \times a$ 的方孔。

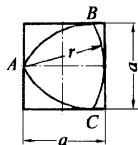


图 4-3

九、手动铰孔、机动铰孔

铰削是利用铰刀从已加工的孔壁切除薄层金属，以获得精确的孔径和几何形状以及较低的表面粗糙度的切削加工。铰削一般在钻孔、扩孔或镗孔以后进行，用于加工精密的圆柱孔和锥孔，加工孔径范围一般为 $3 \sim 100 \text{mm}$ 。由于铰刀的切削刃长，铰削时各刀齿同时参加切削，生产效率高，在孔的精加工中应用较广。

铰削的工作方式一般是工件不动，由铰刀旋转并向孔中做轴向进给。铰削过程中铰刀前端的切削部分进行切削，后面的校准部分起引导、防振、修光和校准作用。铰孔的尺寸和几何形状精度直接由铰刀决定。铰削可分粗铰和精铰，一般在车床、镗床或钻床上进行，称为机铰，由钳工手工进行称为手铰。粗铰的切削深度（单边加工余量）为 $0.3 \sim 0.8 \text{mm}$ ，加工精度可达 $\text{IT}10-9$ ，表面粗糙度为 $R_a 1.0 \sim 1.25 \mu\text{m}$ 。精铰的切削深度为 $0.06 \sim 0.3 \text{mm}$ ，加工精度可达 $\text{IT}8-6$ ，表面粗糙度为 $R_a 1.25 \sim 0.08 \mu\text{m}$ 。铰孔的切削速度较低，例如用硬质合金圆柱形多刃铰刀对钢件铰孔时，切削速度为 $6 \sim 12 \text{m/min}$ ，进给量为 $0.3 \sim 2 \text{mm/r}$ 。正确选用煤油、机械油或乳液等切削液可提高铰孔质量和刀具寿命，并有利于减小振动。

1. 铰刀

钳工所用的铰刀，分为手用铰刀和机用铰刀两种。常用的标准圆柱手铰刀、机铰刀的结构和几何参数以及铰刀的结构和几何参数对铰刀工作性能的影响见表 4-18。

表 4-18 铰刀结构、几何参数与性能

名称	图示	说明
<p>手工铰刀</p>	<p>校准部分 工作部分 切削部分 颈部 柄部</p> <p>A-A B-B</p>	<p>铰刀的组成： 工作部分、颈部、柄部。 工作部分包括： 切削部分 校准部分（校准部分前部为圆柱部分，其后部磨成倒锥形）。</p> <p>主要结构参数有： 直径 (D)； 切削锥角 (2φ)； 切削部分和校准部分的前角 (γ)； 后角 (α)； 校准部分的刃带 (f)； 齿数 (z)； 容屑槽</p>
<p>机用铰刀</p>	<p>圆柱部分 倒锥部分 切削部分 工作部分 校准部分 颈部 柄部</p> <p>莫氏锥度</p> <p>A-A B-B</p>	<p>主要结构参数有： 直径 (D)； 切削锥角 (2φ)； 切削部分和校准部分的前角 (γ)； 后角 (α)； 校准部分的刃带 (f)； 齿数 (z)； 容屑槽</p>

续表

名 称	图 示	说 明
结构、几何参数与性能		
齿数		<p>在无其他条件干扰的情况下，铰刀的齿数愈多，铰孔的精度和光洁度则愈高，同时，齿数多，分布在每个切削刃上的负荷也就小，有利于减少铰刀的磨损。但是，当齿数增多后，却相应地降低了刀齿的强度，容屑槽也减小了。这样在切削时，切屑就不易排出，特别是铰深孔和切削余量大时，比较多的切屑积聚在槽内，往往将刀齿刃口挤崩；切屑随着铰刀转动时，也会刮伤加工表面，严重时会将铰刀挤住，甚至扭断铰刀。因容屑槽被切屑堵塞，冷却润滑油流不进去，致使铰刀和工件因产生热量而变形，影响加工质量</p>
刃带		<p>刃带的作用主要是引导铰刀方向和光整孔壁；同时，也为了便于测量铰刀的直径，标准铰刀的齿数多，刃带的积累宽度也大，因此有利于孔壁光洁度，铰刀直径也不容易变小。但是当刃带较宽或积累宽度过大时，对铰孔质量也会产生一些不利的影响，如增加磨擦力矩和切削热，对孔壁的挤压比较严重，容易将孔径涨大等</p>
倒锥量		<p>磨出倒锥量的目的，是为了避免铰刀校准部分后面擦伤孔壁。然而在实践中，有时发现具有倒锥量的标准铰刀，也有擦伤已加工面的现象，这是因为细而碎的铁屑在排除过程中，容易被挤在倒锥的棱面和已加工面之间，从而破坏了孔壁的光洁度。特别是在铰削铸铁孔时，这种现象更较明显</p>
后角		<p>标准铰刀切削部分的后角较大，可以提高切削刃的锐利程度；但却降低了刀齿强度。在切削过程中，容易产生震动和磨损</p>
主偏角		<p>适当减小铰刀（主要指标准机铰刀）的切削锥角（2φ），是获得较高光洁度的重要条件，同时，随着不同的加工材料，以及所铰孔系通孔或盲孔等情况，对切削锥角来说，亦应有所区别。标准铰刀的切削锥角都是一致的，因此不能适应个别情况的需要，应采取相应措施</p>

2. 铰刀直径 (D) 与铰孔直径 (D_0)

用标准铰刀铰孔存在质量问题, 因标准铰刀结构和几何参数是一定的, 不可能适用所有加工条件和加工对象。可能造成质量不合格的因素很多。因此经常采用修磨铰刀尺寸的方法来保证孔的尺寸精度。

铰刀直径是根据加工孔的公称尺寸 (D_0) 和公差, 铰孔的扩张量或收缩量, 铰刀的磨损和制造公差等因素决定的, 其精确程度, 直接影响到铰孔精度。

标准铰刀按直径公差分一、二、三号, 直径尺寸一般均留 $0.005 \sim 0.02 \text{ mm}$ 的研磨量, 未经研磨的铰刀, 其公差及适用于铰孔的精度, 以及研磨后的铰刀适用于铰孔的精度见表 4-19。

铰刀直径在研磨时, 其公差按表 4-20 规定的内容, 经简单的计算就可以确定。

铰刀直径的公差的分布见图 4-4。

表 4-19 未经研磨铰刀直径的公差 (μm)

铰刀公称直径 (mm)	一号铰刀			二号铰刀			三号铰刀		
	上偏差+	下偏差+	公差	上偏差+	下偏差+	公差	上偏差+	下偏差+	公差
3~6	17	9	8	30	22	8	38	26	12
6~10	20	11	9	35	26	9	46	31	15
10~18	23	12	11	40	29	11	53	35	18
18~30	30	17	13	45	32	13	59	33	21
30~50	33	17	16	50	34	16	68	43	25
50~80	40	20	20	55	35	20	75	45	30
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		

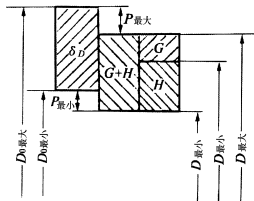


图 4-4 铰刀直径的公差分布

表 4-20 铰刀直径的公差

铰刀精度等级	公差组成	符号	铰刀公称直径 (mm)							
			1~3	3~6	6~10	10~18	18~30	30~50	50~80	80~120
			公差 (μm)							
2	2级精度孔公差	δD	10	13	16	19	23	27	30	35
	最大扩涨量	$P_{\text{最大}}$	4	5	6	7	8	9	10	12
	最小扩涨量	$P_{\text{最小}}$	3	4	4	5	5	6	7	8
	铰刀制造公差	G	3	4	5	6	8	9	10	12
	铰刀磨损公差	H	6	8	9	11	12	15	17	19
4	4级精度孔公差	δD	20	25	30	35	45	50	60	70
	最大扩涨量	$P_{\text{最大}}$	7	8	10	12	15	17	17	20
	最小扩涨量	$P_{\text{最小}}$	3	4	4	5	5	6	7	8
	铰刀制造公差	G	7	9	10	12	15	18	18	20
	铰刀磨损公差	H	9	12	14	16	20	21	22	28

例：铰削 $\phi 20\text{mm}$ 的孔时，铰刀直径各部分的公差从表 4-19 查得为： $G=0.008$ ， $H=0.012$ ， $P_{\text{最大}}=0.008$ ， $P_{\text{最小}}=0.005$ ， $\delta D=0.023$ ，所以铰刀的研磨极限尺寸，以及铰刀磨损后尚能使用的极限尺寸，按下式计算为：

$$D_{\text{最大}} = D_{0\text{最大}} - P_{\text{最大}} = 20.023 - 0.008 = 20.015 \quad \text{mm}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{最小}} &= D_{0\text{最大}} - P_{\text{最大}} - G = 20.023 - 0.008 - 0.008 \\ &= 20.007 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

$$D_{\text{磨最小}} = D_{0\text{最小}} - P_{\text{最小}} = 20 - 0.005 = 19.995 \quad \text{mm}$$

铰刀直径在图纸上的标注为 $\phi 20.015 - 0.008$ 。

铰孔的孔径也有可能收缩，如使用硬质合金铰刀、无刃铰刀，或处于工件材料坚硬的情况下，铰削中产生的挤压比较严重，因而铰孔的孔径有缩小现象。这样即应在上述计算式中，以最大或最小收缩量，代替相应的最大或最小扩涨量，前面的“-”号改“+”号。

目前收缩量的大小尚无统一规定，一般应根据实际情况来决定铰刀的直径，如用硬质合金铰刀铰钢料孔时。孔径上偏差加 0.01mm 和孔径上偏差减 0.005mm ，即分别为铰刀直径的上偏差和下偏差。铰铸铁孔时，孔径上偏差加 0.02mm 和孔径上偏差加 0.005mm ，即分别为铰刀直径的上偏差和下偏差。

影响铰孔扩涨量的因素很多，如工件材质，机床和工艺装备的刚性及精度。铰刀刀刃的径向跳动和安装偏差，预加工孔的质量，切削用量，冷却润滑液，操作方法等。如确定铰刀直径无把握时，尚可通过试铰，按实际情况，修正铰刀直径或采取其他技术措施。

3. 铰孔的方法

表 4-21 铰孔的方法与步骤

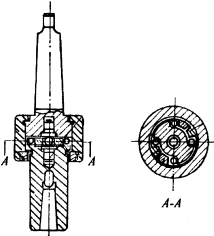
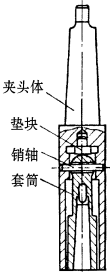
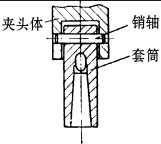
工作方式	方法、步骤及注意事项
手动铰孔	<p>(1) 将工件夹正,使操作者在铰削时,对铰刀的垂直方向,有一个正确的视觉和标志,对薄壁零件的夹持不要用力过大,以免将孔夹扁,在铰后产生椭圆度</p> <p>(2) 铰刀的中心要与孔的中心尽量保持重合,不得歪斜,特别是铰削浅孔时,如果导正性不良,使铰刀发生歪斜,很容易将孔铰偏</p> <p>(3) 在铰削过程中,两手用力要平衡,旋转铰杠的速度要均匀,铰刀不得左右摇摆,以保持其稳定性,避免在孔的进口处出现喇叭口,或将孔径扩大</p> <p>(4) 铰削进刀时,不要猛力压铰杠,要随着铰刀的旋转轻轻加力,这样,才能掌握进刀均匀,使铰刀缓慢地引伸进孔内,以保证良好的加工光洁度</p> <p>(5) 在铰削过程中,铰刀被卡住时,不要猛力扳转铰杠,以防止铰刀折断,而是应该将铰刀取出,清除切屑,检查铰刀是否崩刃,如有轻微磨损或崩刃,可进行研磨,再涂上润滑油,继续铰削</p> <p>(6) 注意变换铰刀每次停歇的位置,以消除铰刀常在同一处停歇所造成的振痕</p> <p>(7) 工件孔处于水平位置铰削时,为了不使铰刀在铰杠的压力下产生偏斜,应用手轻轻托住铰杠,使铰刀中心与孔中心保持重合。当工件结构限制铰杠做整圆周旋转时,一般是用扳手扳转铰刀,每扳一次使做少量的旋转。这时,须用一只手轻轻按住铰刀,起到进刀和保持铰刀中心与铰孔中心重合的作用,一只手托住扳手柄部,慢慢转动铰刀进行铰削</p> <p>(8) 当一个孔快铰完时,不能让铰刀的校准部分全部出头,以免将孔的下端划伤。如果铰刀的校准部分全部出头以后,再从孔的上方退出铰刀,就会将已加工孔的表面刮伤,损坏孔的精度和光洁度</p> <p>(9) 铰刀退出时,不能反转,因为铰刀有后角,反转会使切屑塞在铰刀刀齿后面和孔壁之间,将孔壁划伤;同时,铰刀也容易磨损</p> <p>(10) 铰刀使用完毕,要清擦干净,涂上机油,最好装在塑料袋内,以免混放时碰伤刃口</p>

工作方式	方法、步骤及注意事项
机动 铰孔	<p>(1) 选用的钻床, 其主轴锥孔中心线的跳动, 主轴中心线对工作台平面的垂直度, 均应在规定的范围内</p> <p>(2) 装夹工件时, 应保证欲铰孔的中心线垂直于钻床工作台平面, 偏差不大于 $0.002/100\text{mm}$。铰刀中心与工件预钻孔中心需要重合, 偏差不大于 0.02mm</p> <p>(3) 开始铰削时, 为了引导铰刀铰进, 可采用手动进给, 当铰进 $2\sim 3\text{mm}$ 时, 即改用机动走刀, 以获得均匀的进刀量</p> <p>(4) 采用浮动夹头夹持铰刀时, 在未吃刀之前, 最好用手扶正铰刀慢慢引导使其接近孔缘, 以防止铰刀与工件发生撞击。否则, 由于受到撞击, 可能使铰刀切削刃产生凹痕或将工件孔口啃切出过深的刀痕, 使在继续铰削时, 发生振动</p> <p>(5) 铰削过程中, 特别是铰盲孔时, 可分几次不停车退出铰刀, 以清除铰刀上的沾屑和孔内切屑, 防止切屑刮伤孔壁; 同时也便于输入冷却润滑液</p> <p>(6) 在铰削过程中, 输入冷却润滑液要充分, 其成分根据工件材料选择</p> <p>(7) 铰刀在使用中, 要注意保护两端的中心孔, 以备刃磨时使用</p> <p>(8) 铰孔完毕, 应不停车退出铰刀, 否则会在孔壁上留下刀痕</p> <p>(9) 整个铰削过程中不能反转, 反转会划伤孔壁, 同时, 铰刀也容易磨损</p> <p>(10) 铰刀使用完毕, 要清擦干净, 涂上机油, 最好装在塑料袋内, 以免混放时碰伤刃口</p>

4. 机动铰孔刀具与工件的装夹

机动铰刀的装夹有固定和浮动两种。当机床主轴的振摆较小时, 且机床主轴、铰刀及其辅助工具(包括锥套、卡头等)、工件预加工孔三者的中心偏差不大时可采用固定装夹方式。当上述条件满足不了铰孔的精度要求时, 则必须采用浮动装夹的方法, 借以调整铰刀和工件孔的中心线位置。常用的浮动铰刀夹头及工件浮动夹具见表 4-22。

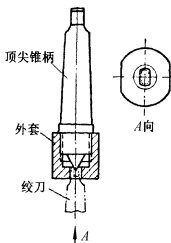
表 4-22 机动铰孔工具

名称	图示及说明	
浮动铰刀夹头 I		<p>夹头体和套筒之间，装有一个大钢球，四个小钢球，钢球位置由隔板控制，夹头体上的卡爪 <i>a</i> 和套筒上的卡爪 <i>b</i> 插在隔板和四个小钢球之间。上、下两个垫块为淬火件，以传递轴向压力，分别装夹在夹头体和套筒上。上述诸零件用外套和螺纹挡圈连接组装在一起，并保持轴向和径向间隙。工作时，扭矩和轴向力通过卡爪、大小钢球传给套筒和铰刀。倘使钻床、主轴摆较大，或铰刀与工件孔的中心不一致时，套筒即以大钢球为支点，灵活地向任意方向做微小的偏移和歪斜，以达到调整铰孔中心的目的</p>
浮动铰刀夹头 II		<p>夹头体与套筒，销轴与套筒之间保持一定的间隙。工作时扭矩和轴向力通过销轴和垫块传给套筒和铰刀。由于有垫块的控制，使销轴和套筒之间，在工作时也保持一定的间隙，这样如果需要调整铰削中心的偏差，铰刀就可以向任意方向做微小的偏移和歪斜</p>
浮动铰刀夹头 III		<p>这种夹头为浮动铰刀夹头 II 的简单形式。因为在工作时，销轴与套筒压紧在一起，故使铰削中心偏差的调整受到了一个方向的限制，铰刀只能绕销轴做微小的转动</p>

名称

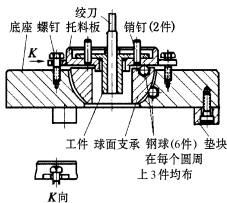
图示及说明

浮动铰刀夹头Ⅳ



夹头的顶尖锥柄与外套以右旋螺纹连接在一起，外套中有一腰圆形孔。工作时，机动铰刀柄部的扁尾插在腰圆形孔内，两者之间存在一定的间隙，铰刀的中心孔被顶尖顶住，以确定铰刀中心和传递轴向力。当需要调整铰削中心的偏差时，铰刀可以在很小的范围内歪斜。这种夹头仅适应于铰小孔

装夹工件的浮动夹具



当小型工件铰孔前的预加工工序，已在其他机床上完成，需要在钻床上进行铰孔，可采用浮动夹具装夹工件。铰孔时，铰刀采用固定装夹，工件采用如图所示的浮动夹具夹持，即可弥补铰削中心所出现的偏差。夹具上的两个销钉是根据工件的具体情况设置的，以卡住工件，使其在铰削时不能转动。由于托料板与球面支承及螺钉之间有一定的间隙，并有三个钢球的支承，因而工件可以在平面内向任意方向移动；球面支承的球面与底座凹球面上均布的三个钢球接触，故可向任意方向歪斜。这样，在铰削中工件就可以随着铰削中心的变化自由转动，以保证铰刀与工件孔中心的重合，而且，不受铰刀振摆的影响。夹具安装时，底座上均布的三个垫块与钻床工作台平面接触，校正后。用压板将底座压牢

5. 铰孔余量、铰削进给量

表 4-23 铰孔余量

单位 (mm)

铰孔直径	<5	5~20	20~32	32~50	50~70
铰削余量	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3	0.5	0.8

表 4-24 铰削进给量

铰刀直径 (mm)	高速钢铰刀				硬质合金铰刀			
	钢		铸 铁		钢		铸 铁	
	$a_b = 0.883$ GPa	$a_b > 0.883$ GPa	HB<170 铸铁铜及 铝合金	HB>170	未淬火钢	淬火钢	HB<170	HB>170
<5	0.2~0.5	0.15~0.35	0.6~1.2	0.4~0.8	—	—	—	—
>5~10	0.4~0.9	0.35~0.7	1.0~2.0	0.65~1.3	0.35~0.5	0.25~0.35	0.9~1.4	0.7~1.1
>10~20	0.65~1.4	0.55~1.2	1.5~3.0	1.0~2.0	0.4~0.6	0.30~0.40	1.0~1.5	0.8~1.2
>20~30	0.8~1.8	0.65~1.5	2.0~4.0	1.3~2.6	0.5~0.7	0.35~0.45	1.2~1.8	0.9~1.4
>30~40	0.95~2.1	0.8~1.8	2.5~5.0	1.6~3.2	0.6~0.8	0.40~0.50	1.3~2.0	1.0~1.5
>40~60	1.3~2.8	1.0~2.3	3.2~6.4	2.1~4.2	0.7~0.9	—	1.6~2.4	1.25~1.8
>60~80	1.5~3.2	1.2~2.6	3.75~7.5	2.6~5.0	0.9~1.2	—	2.0~3.0	1.5~2.2

- 注 ①表内进给量用于加工通孔。加工盲孔时进给量应取为 0.2~0.5mm/r。
 ②大进给量用于在钻或扩孔之后,精铰孔之前的粗铰孔。
 ③中等进给量用于:a.粗铰之后精铰 H7 级精度(GB1801-79)的孔;b.精镗之后精铰 H7 级精度的孔;c.对硬质合金铰刀,用于精铰(H8~H9)级精度的孔。
 ④最小进给量用于:a.抛光或研磨之前的精铰孔;b.用一把铰刀铰(H8~H9)级精度的孔;c.对硬质合金铰刀,用于精铰 H7 级精度的孔。

6. 铰孔常见问题及原因

表 4-25 铰孔常见问题及原因

出现问题	产生原因
粗糙度达不到要求	<p>(1) 铰刀的切削部分及校准部分粗糙度不高; 铰刀刀齿不锋利, 刃口磨损超过允许值; 刃口上有崩裂、缺口或毛刺等</p> <p>(2) 铰刀刀齿校准部分后端有尖角; 铰刀切削刃与校准部分过渡处未经过研磨</p> <p>(3) 铰刀后角过大, 钻床精度低, 转速较快时, 容易产生振动</p> <p>(4) 铰刀切削刃有较大的偏摆, 铰刀中心与工件孔中心不重合, 切削不均匀, 切削少的一边不能消除原来留下的刀痕</p> <p>(5) 铰刀容屑槽锈蚀或原有的黏屑没有清除干净。在铰孔时, 切屑容易在这些地方停滞、黏附而不能及时排除, 故刮伤孔壁。铰孔完毕, 铰刀以反转退出时, 细碎的切屑挤在刀齿的后面和孔壁之间, 将孔壁刮出痕迹</p> <p>(6) 加工余量太大, 使切屑变形严重, 切削热增高</p> <p>(7) 加工塑性较大材料时, 铰刀前角过小, 使切屑变形严重</p> <p>(8) 切削液不充足或选择不适当, 使工件和刀刃得不到及时的冷却与润滑</p>
孔径扩大	<p>(1) 铰刀校准部分的直径大于铰孔所要求的直径; 研磨铰刀时没有考虑铰孔扩大量的因素; 机铰时, 钻床主轴的振摆过大, 而铰刀又未留倒锥量</p> <p>(2) 铰刀切削部分和校准部分的刃口径向振摆过大; 各条切削刃和校准部分交接处的圆弧刃高度修磨得不一致, 这样当铰刀在旋转时, 实际上等于加大了铰刀直径。</p> <p>(3) 铰刀刃口上黏附着切屑瘤, 增大了铰刀直径。</p> <p>(4) 加工余量和进刀量过大时, 在铰削中金属被撕裂下来。</p> <p>(5) 手铰孔时, 两手用力不均匀, 使铰刀左右晃动。</p> <p>(6) 铰锥孔时, 没有及时用锥销检验, 将孔铰的过深。</p> <p>(7) 机动铰孔时, 转速较快, 切削液不充足, 铰刀直径由于受热而增大</p>

出现问题	产生原因
孔径缩小	<p>(1) 铰刀校准部分直径已经磨损</p> <p>(2) 铰刀切削刃磨钝, 切削能力降低, 对一部分加工余量产生挤压作用。当铰刀退出铰孔时, 金属又恢复其弹性变形</p> <p>(3) 用硬质合金铰刀高速铰孔, 或用无刃铰刀铰孔, 铰刀对金属都有挤压作用, 但在确定铰刀直径时, 没有考虑铰孔产生收缩量的因素</p>
中心不直	<p>(1) 铰孔前的预加工孔不直, 孔径较小时尤为突出, 因铰刀直径小, 刚性差, 不能使原有的弯曲度纠正过来</p> <p>(2) 铰刀的切削锥角太大, 导向不良, 铰刀在铰削中容易偏离方向, 使铰孔产生弯曲</p> <p>(3) 铰刀校准部分倒锥量太大, 不能起到良好的校正和引导作用, 使铰刀在工作时产生晃动, 造成孔壁不直</p> <p>(4) 手铰孔时, 在一个方向上用力过大, 迫使铰刀向一边偏斜, 因而破坏了铰孔的垂直性</p>
出现多棱形的孔	<p>(1) 铰削余量太大, 铰刀刃口又不锋利时, 在铰削过程中铰刀有“啃切”现象, 发生振动</p> <p>(2) 铰孔前钻孔不圆, 加工余量有大有小, 铰削负荷不一致, 容易产生弹跳现象</p> <p>(3) 钻床精度不高, 主轴振摆太大, 铰削时铰刀产生抖动</p>
孔出现喇叭口	<p>(1) 铰刀切削锥角太大, 始切时不易铰进, 因而铰刀产生晃动, 将孔口刮成喇叭口</p> <p>(2) 机铰刀切削刃径向摆动太大, 铰削时由于铰刀切削刃部分与工件之间楔的较紧, 使铰刀头部不易摆动。但由于钻床主轴有振摆, 相应地使铰刀尾部产生晃动, 因此将孔口刮大</p> <p>(3) 手工铰孔时, 铰刀放的不正, 或用力不平衡, 使铰刀左右晃动, 将孔口处铰大</p>

出现问题	产生原因
铰刀过早的磨损和崩刃	(1) 铰刀在刃磨时, 切削刃被灼伤, 从而降低了铰刀原有的硬度, 使铰刀容易磨损 (2) 铰刀切削刃的光洁度不高, 从而降低了铰刀的耐用度 (3) 切屑堆积在孔内, 切削液不能顺利流入加削区, 使铰刀得不到及时的冷却与润滑, 故而加快了铰刀的磨损或将铰刀刃口挤崩 (4) 加工余量和切削用量太大, 工件材料过硬, 超过了铰刀的切削能力, 使之过早的磨损和崩刃 (5) 机动铰孔时, 铰刀的切削刃偏摆过大, 造成切削负荷不均匀, 使刃口容易崩裂 (6) 铰刀的前、后角太大, 使切削刃的强度减弱, 故而容易崩刃 (7) 铰刀在刃磨时, 刀齿产生了轻微的裂缝, 未予注意。铰削时很快就会崩裂

十、铰刀修磨

1. 铰刀的磨损

铰刀在使用中磨损最严重的地方是切削部分与校准部分的过渡处, 如图 4-5。当此处因磨损而破坏了刃口之后 (一般规定后面的磨损高度 h : 高速钢铰刀 $h=0.6 \sim 0.8\text{mm}$; 硬质合金铰刀 $h=0.3 \sim 0.7\text{mm}$, 加工淬火工件的铰刀, $h=0.3 \sim 0.35\text{mm}$), 就应在工具磨床上进行修磨。

2. 铰刀的研磨

新的标准圆柱铰刀, 直径上一般均留有 $0.005 \sim 0.02\text{mm}$ 的研磨量, 刃带的光洁度也不高,

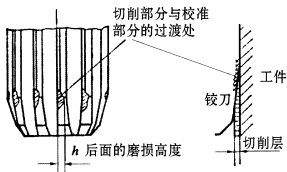
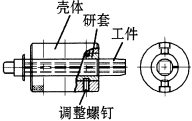
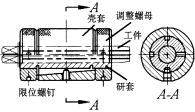
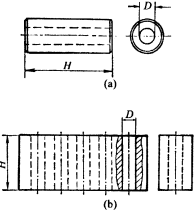


图 4-5 铰刀的磨损

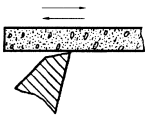
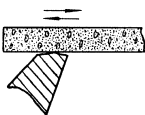
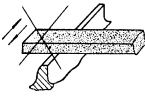
只适用于铰削 IT8 级以下的孔。若用来铰削 IT7 级以上精度的孔时，则先要研磨铰刀直径到合适的尺寸。

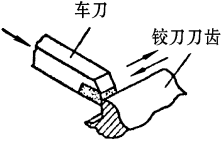
使用中，为了保证铰刀良好的切削性能，需要进行手工研磨。铰刀的研磨方法见表 4-26。

表 4-26 研磨方法

操作内容	方法及工具	图示及说明
新铰刀研磨	径向调整式研具	 <p>研具由壳体、研套、调整螺钉组成。制造方便，使用灵活。但由于通过螺钉来调整孔径，因此不易将孔径调整到一致</p>
	轴向调整式研具	 <p>研具由壳体、调整螺母、研套、限位螺钉组成。旋动端面的调整螺母，带槽的研套在限位螺钉的带动下，做轴向移动，以调整孔径。这种研具的膨胀量均衡、准确，适用于研磨精密铰刀</p>
	整体式研具	 <p>直接在铸铁棒(a图)或铸铁块(b图)钻小于直径 0.2mm 的孔，然后用需要研磨的铰刀将孔铰出，即可使用。由于它没有调整量，一个套孔一般只能用来研磨一把不大精确的铰刀。这种研具适用与研磨单件生产的铰刀</p>

操作内容	方法及工具	图 示 及 说 明
新 铰 刀 研 磨	研 磨 剂	<p>根据铰刀的材料来选择磨料。制造铰刀的材料一般有:高速钢、合金工具钢和硬质合金等三种。常用的铰刀多为高速钢和合金工具钢制成。这类铰刀,研磨时,可用氧化物磨料与机油、煤油的混合液或纯净的柴油调成膏状,做研磨剂。硬质合金铰刀,研磨时,可用金刚石或碳硼粉,按上述方法用油调成稀糊状作为研磨剂,或直接采用金刚石研磨膏。但是,由于金刚石磨料价格昂贵,研磨一般精度的硬质合金铰刀时,应尽量采用碳化硼之类的磨料来代替</p>
新 铰 刀 研 磨	研 磨 方 法	<p>研磨时,如使用可调的研具,应先将研套孔径调整到大于铰刀的外径,接着在铰刀表面涂上研磨剂,塞入研套孔内,再调整铰刀与研套的研磨间隙,使研套能在铰刀上自由滑动和转动。然后把铰刀装夹在机床上,开反车,使铰刀以与铰削回转相反的方向旋转,同时用右手或双手捏住研具,沿铰刀轴向往复移动和缓慢地作正向(与车头转向相同)转动。机床速度以40~60转/分为宜,如铰刀直径较大,则取机床的最低速度。在研磨过程中,要随时停车把沟槽内的研垢揩干净,并重新涂上研磨剂去研磨,以免这些脏物影响研磨效果。研磨时要随时注意质量检验。铰刀一般都是对称齿,可用千分尺与杠杆千分尺直接测量直径尺寸。对于非对称齿的铰刀,则需要用辅助的方法进行间接测量。最简便的间接测量方法是:当此铰刀研磨到一定程度,即以此铰刀去铰孔,随后用量具测量所铰孔的直径,来验证研磨的铰刀质量是否合格</p>

操作内容	方法及工具	图 示 及 说 明
铰刀在使用的研磨	铰刀后面磨损后用油石研磨	 <p>切削刃后面磨损不严重时,可用油石沿切削刃的垂直方向轻轻推动,加以修光 研磨高速钢铰刀时,一般可用 W14、中硬(Y)或硬的白色氧化铝油石;研磨硬质合金铰刀时,可用碳化硅油石</p>
	用油石研磨铰刀窄带	 <p>为将铰刀刃带宽度磨窄,可用图示的方法将原刃带研出一度左右的小斜面,得到需要的刃带宽度 研磨高速钢铰刀时,一般可用 W14、中硬(Y)或硬的白色氧化铝油石;研磨硬质合金铰刀时,可用碳化硅油石</p>
	刀齿前面的研磨	<p>当刀齿前面需要研磨时,应将油石紧贴在前面,沿齿槽方向轻轻地推动。特别注意不要损伤刃口</p>
	错误的研磨方法	 <p>要克服这种习惯性错误,不能将油石沿切削刃方向推动。这样推动,容易使油石产生沟痕,稍有不慎就可能使刀齿刃口磨圆,从而降低切削性能</p>

操作内容	方法及工具	图 示 及 说 明
	用挤压法恢复铰刀直径	 <p>当铰刀直径小于允许的磨损极限尺寸时(高速钢铰刀比被加工孔径的下偏差小0.005mm),就不能用了,为了延长铰刀的使用寿命,可用挤压刀齿的方法恢复铰刀直径尺寸,具体方法如图</p> <p>用一把硬质合金车刀,将后面研磨至$Ra0.2$粗糙度。对铰刀刀齿施加压力。操作时,应将铰刀柄垫上木片夹在虎钳上,然后,用手紧握车刀,使光滑的车刀后面平整地靠在铰刀刀齿前面上。在挤压中,所施加的压力要均匀,一般沿刀齿前面挤压$3\sim 4$次,即可使铰刀尺寸增大。经过挤压的铰刀,要用上述新铰刀研磨的办法,用手握持铰刀和研磨套研磨铰刀外径,以达到所要求的直径尺寸,再用油石把刀齿前面研磨好。应用这种方法修复的铰刀,一般可使铰刀直径增大$0.005\sim 0.01\text{mm}$,一把铰刀可挤压$2\sim 3$次</p>
修磨过渡尖角	修磨	<p>无论是研磨或修磨后的铰刀,为了使切削刃顺利地过渡到校准部分,都需要用油石仔细地将过渡处的尖角修成小圆角,并要求各齿大小一致,以免因小圆弧大小不一致而产生径向偏摆</p>

十一、螺纹底孔直径

1. 螺纹底孔直径计算式

螺纹底孔直径可参照表 4-27、表 4-28 的公式计算，也可查表 4-29 至表 4-37。

表 4-27 加工米制普通螺纹底孔钻头直径 d_z 的计算公式

公 式		适 用 范 围
1	$d_z = d - t$ 式中 d . 螺纹的公称直径； t . 螺距	(1) 螺距 $t < 1$ ； (2) 工件材料塑性较大； (3) 孔扩张量适中
2	$d_z \approx d - (1.04 \sim 1.08)t$	(1) 螺距 $t < 1$ ； (2) 工件材料塑性较小； (3) 孔扩张量较小

表 4-28 加工英制螺纹底孔钻头直径的计算公式

(mm)

螺纹公称直径(英寸)	铸铁与青铜	钢与黄铜
$3/16'' \sim 5/8''$	$D = 25 \left[d - \frac{1}{n} \right]$	$D = 25 \left[d - \frac{1}{n} \right] + 0.1$
$3/4'' \sim 1^{1/2}''$	$D = 25 \left[d - \frac{1}{n} \right]$	$D = 25 \left[d - \frac{1}{n} \right] + 0.2$

注：n. 每英寸牙数。

2. 螺纹底孔直径表

表 4-29 米制粗牙螺纹攻丝前用的钻头 (mm)

		螺 纹				钻 头 直 径
公称直径	螺 距	小 直 径 级 别				
		5H max	6H max	7H max	5H、6H、7H min	
1	0.25	0.785			0.729	0.75
1.2	0.25	0.985			0.929	0.95
1.6	0.35	1.301	1.321		1.221	1.25
2	0.4	1.657	1.679		1.561	1.60
2.5	0.45	2.112	2.138		1.013	2.05
3	0.5	2.571	2.599	2.639	2.459	2.50
4	0.7	3.382	3.422	3.466	3.242	3.30
5	0.8	4.294	4.334	4.384	4.134	4.20
6	1	5.107	5.153	5.217	4.917	5.00
8	1.25	6.859	6.912	6.982	6.647	6.80
10	1.5	8.612	8.676	8.751	8.376	8.50
12	1.75	10.371	10.441	10.531	10.106	10.20
14	2	12.135	12.210	12.310	11.835	12.00
16	2	14.135	14.210	14.310	13.835	14.00
18	2.5	15.649	15.744	15.854	15.294	15.50
20	2.5	17.649	17.744	17.854	17.294	17.50
22	2.5	19.649	19.744	19.854	19.294	19.50
24	3	21.152	21.252	21.382	20.754	21.00

表 4-30 米制细牙螺纹攻丝前用的钻头 (mm)

		螺 纹				钻 头 直 径
公称直径	螺 距	小 直 径 级 别				
		5H max	6H max	7H max	5H、6H、7H min	
2.5	0.35	2.201	2.221		2.121	2.15
3	0.35	2.701	2.721		2.621	2.65
4	0.5	3.571	3.599	3.639	3.459	3.50
5	0.5	4.571	4.599	4.639	4.459	4.50
6	0.75	5.338	5.378	5.424	5.188	5.70
8	0.75	7.338	7.378	7.424	7.188	7.20
10	0.75	9.338	9.378	9.424	9.188	9.20
8	1	7.107	7.217	7.217	6.917	7.00
10	1	9.107	9.217	9.217	8.917	9.00
12	1	11.107	11.217	11.217	10.917	11.00
14	1	13.107	13.217	13.217	12.917	13.00
16	1	15.107	15.217	15.217	14.917	15.00
18	1	17.107	17.217	17.217	16.917	17.00
20	1	19.107	19.217	19.217	18.917	19.00
22	1	21.107	21.217	21.217	20.917	21.00
24	1	23.107	23.217	23.217	22.917	23.00
10	1.25	8.859	8.912	8.982	8.647	8.80
12	1.25	10.859	10.912	10.982	10.647	10.80
14	1.25	12.859	12.912	12.982	12.647	12.80
12	1.5	10.612	10.676	10.751	10.376	10.50
14	1.5	12.612	12.676	12.751	12.376	12.50
15	1.5	13.612	13.676	13.751	13.376	13.50
16	1.5	14.612	14.676	14.751	14.376	14.50
18	1.5	16.612	16.676	16.751	16.376	16.50
20	1.5	18.612	18.676	18.751	18.376	18.50
22	1.5	20.612	20.676	20.751	20.376	20.50
24	1.5	22.612	22.676	22.751	22.376	22.50
25	1.5	23.612	23.676	23.751	23.376	23.50

续表

螺 纹		小 直 径 级 别				钻 头 直 径
公称直径	螺 距	5H max	6H max	7H max	5H、6H、7H min	
18	2	16.135	16.210	16.310	15.835	16.00
20	2	18.135	18.210	18.310	17.835	18.00
22	2	20.135	20.210	20.310	19.835	20.00
24	2	22.135	22.210	22.310	21.835	22.00
25	2	23.135	23.210	23.310	22.835	23.00

表 4-31 英国标准粗牙惠氏螺纹
B、S、W、攻丝前用的钻头 (mm)

螺纹直径 (英寸)	每英寸牙数	钻 头 直 径 d_2	
		铸铁、青铜、黄铜	钢、可锻铸铁
3/16	24	3.8	3.9
1/4	20	5.1	5.2
5/16	18	6.6	6.7
3/8	16	8	8.1
1/2	12	10.6	10.7
5/8	11	13.6	13.8
3/4	10	16.6	16.8
7/8	9	19.6	19.7
1	8	22.3	22.5
1 ¹ / ₈	7	25	25.2
1 ¹ / ₄	7	28.2	28.4
1 ¹ / ₂	6	34	34.2
1 ³ / ₄	5	39.5	39.7
2	4 ¹ / ₂	45.3	45.6

表 4-32 英寸制统一粗牙螺纹 UNC 攻丝前用的钻头 (mm)

公称直径 英寸	每英寸螺 纹牙数	螺 距	小直径级别			钻 头 直 径
			2B	3B	2B、3B	
			max	max	min	
No. 1	64	0.397	1.582	1.582	1.425	1.55
No. 2	56	0.454	1.872	1.872	1.694	1.85
No. 3	48	0.529	2.146	2.146	1.941	2.10
No. 4	40	0.635	2.385	2.385	2.156	2.35
No. 5	40	0.635	2.697	2.697	2.487	2.65
No. 6	32	0.794	2.896	2.896	2.642	2.85
No. 8	32	0.794	3.531	3.528	3.302	3.50
No. 10	24	1.058	3.962	3.950	3.683	3.90
No. 12	24	1.058	4.597	4.590	4.343	4.60
1/4	20	1.270	5.268	5.250	4.976	5.10
5/16	18	1.411	6.784	6.680	6.411	6.60
3/8	16	1.588	8.164	8.082	7.805	8.00
7/16	14	1.814	9.550	9.441	9.149	9.40
1/2	13	1.954	11.013	10.881	10.584	10.80
9/16	12	2.117	12.456	12.301	11.996	12.20
5/8	11	2.309	13.868	13.693	13.376	13.50
3/4	10	2.540	16.833	16.624	16.299	16.50
7/8	9	2.822	19.748	19.520	19.169	19.50
1	8	3.175	22.598	22.344	21.963	22.25
1 1/8	7	3.629	25.349	25.082	24.648	25.00
1 1/4	7	3.629	28.524	28.258	27.823	28.00
1 3/8	6	4.233	31.120	30.851	30.343	30.75
1 1/2	6	4.233	34.295	34.026	33.519	34.00
1 3/4	5	5.080	39.814	39.560	38.951	39.50
2	4 1/2	5.644	45.598	45.367	44.689	45.00

表 4-33 英寸制统一细牙螺纹 UNF 攻丝前用的钻头 (mm)

螺 纹						钻头 直径
公称直径 英 寸	每英寸 牙 数	螺 距	小直径级别			
			2B max	3B max	2B、3B min	
No. 0	80	0.318	1.306	1.306	1.181	1.25
No. 1	72	0.353	1.613	1.613	1.473	1.55
No. 2	64	0.397	1.913	1.913	1.755	1.90
No. 3	56	0.454	2.197	2.197	2.024	2.15
No. 4	48	0.529	2.459	2.459	2.271	2.40
No. 5	44	0.577	2.741	2.741	2.550	2.70
No. 6	40	0.635	3.023	3.012	2.819	2.95
No. 8	36	0.706	3.607	3.597	3.404	3.50
No. 10	32	0.794	4.166	4.168	3.962	4.10
No. 12	28	0.907	4.724	4.717	4.496	4.70
1/4	28	0.907	5.580	5.563	5.367	5.50
5/16	24	1.058	7.038	6.995	6.792	6.90
3/8	24	1.058	8.626	8.565	8.379	8.50
7/16	20	1.270	10.030	9.947	9.738	9.90
1/2	20	1.270	11.618	11.524	11.326	11.50
9/16	18	1.411	13.084	12.969	12.761	12.90
5/8	18	1.411	14.671	14.554	14.348	14.50
3/4	16	1.588	17.689	17.546	17.330	17.50
7/8	14	1.814	20.663	20.493	20.262	20.40
1	12	2.117	23.569	23.363	23.109	23.25
1 ¹ / ₈	12	2.117	26.744	26.538	26.284	26.50
1 ¹ / ₄	12	2.117	29.919	29.713	29.459	29.50
1 ³ / ₈	12	2.117	33.094	32.888	32.634	32.75
1 ¹ / ₂	12	2.117	36.269	36.063	35.809	36.00

表 4-34 (GB7307-87) 非螺纹密封的管螺纹攻丝
(ISO228/1-1982)
前用的钻头 (mm)

螺 纹					钻头 尺寸
公称直径 (英寸)	每英寸 牙 数	螺 距	小直径		
			max	min	
1/8	28	0.907	8.848	8.566	8.80
1/4	19	1.337	11.890	11.445	11.80
3/8	19	1.337	16.395	14.950	15.25
1/2	14	1.814	19.172	18.631	19.00
5/8	14	1.814	21.128	20.587	21.00
3/4	14	1.814	24.658	24.117	24.50
7/8	14	1.814	28.418	27.877	28.25
1	11	2.309	30.931	30.291	30.75
1 $\frac{1}{4}$	11	2.309	39.592	38.952	39.50
1 $\frac{1}{2}$	11	2.309	45.485	44.845	45.00
1 $\frac{3}{4}$	11	2.309	51.428	50.788	51.00
2	11	2.309	75.296	56.556	57.00

表 4-35 (GB7306-87) 用螺纹密封的管螺纹攻丝
(ISO7/1-1982)
前用的钻头 (mm)

螺 纹					钻头 直径
公称直径 (英寸)	每英寸 牙 数	螺 距	小直径		
			max	min	
1/8	28	0.907	8.637	8.495	8.60
1/4	19	1.337	11.549	11.341	11.50
3/8	19	1.337	15.054	14.846	15.00
1/2	14	1.814	18.773	18.489	18.50
3/4	14	1.814	24.259	23.975	24.00
1	11	2.309	30.471	30.111	30.25
1 ¹ / ₄	11	2.309	39.132	38.772	39.00
1 ¹ / ₂	11	2.309	45.025	44.665	45.00
2	11	2.309	56.836	56.476	56.50

表 4-36 美标 (NPT) 管螺纹底孔推荐的麻花钻直径 (英寸)
(NPSC)

公称尺寸	锥 螺 纹				直管螺纹	
	使用铰刀		不用铰刀			
1	2		3		4	
$\frac{1}{16}$.....	.....	* 0.240	.....	* 0.246	$\frac{1}{4}$	* 0.250
$\frac{1}{8}$	$\frac{21}{64}$	* 0.328	.....	* 0.332	$\frac{11}{32}$	* 0.344
$\frac{1}{4}$	$\frac{27}{64}$	* 0.422	$\frac{7}{16}$	* 0.438	$\frac{7}{16}$	* 0.438
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	* 0.562	$\frac{9}{16}$	* 0.562	$\frac{37}{64}$	* 0.578
$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	* 0.688	$\frac{45}{64}$	* 0.703	$\frac{23}{32}$	* 0.719
$\frac{3}{4}$	$\frac{57}{64}$	* 0.891	$\frac{29}{32}$	* 0.906	$\frac{59}{64}$	* 0.922
1.....	$1 \frac{1}{2}$	* 1.125	$1 \frac{9}{64}$	* 1.141	$1 \frac{5}{32}$	* 1.156
$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{15}{32}$	1.469	$1 \frac{31}{64}$	1.484	$1 \frac{1}{2}$	1.500
$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{23}{32}$	1.719	$1 \frac{47}{64}$	1.734	$1 \frac{3}{4}$	1.750
2.....	$2 \frac{3}{16}$	2.188	$2 \frac{13}{64}$	2.203	$2 \frac{7}{32}$	2.219
$2 \frac{1}{2}$	$2 \frac{19}{32}$	2.594	$2 \frac{5}{8}$	2.625	$2 \frac{21}{32}$	2.656

注：* 为美国标准麻花钻尺寸。

表 4-37 美标 ^(NPTF) 干密封管螺纹底孔推荐的麻花
(NPSI)
钻头直径 (英寸)

公称尺寸	锥 螺 纹				直管螺纹	
	使用铰刀		不用铰刀			
1	2		3		4	
$\frac{1}{16}$.....	.....	* 0.234	.....	* 0.246	$\frac{1}{4}$	* 0.250
$\frac{1}{8}$	$\frac{21}{64}$	* 0.328	.....	* 0.339	$\frac{* 11}{32}$	* 0.344
$\frac{1}{4}$	$\frac{27}{64}$	* 0.422	$\frac{7}{16}$	* 0.436	.....	0.444
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	* 0.562	$\frac{27}{64}$	* 0.578	$\frac{27}{64}$	* 0.578
$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{16}$	* 0.688	$\frac{45}{64}$	* 0.703	$\frac{23}{32}$	* 0.719
$\frac{3}{4}$	$\frac{57}{64}$	* 0.891	$\frac{59}{64}$	* 0.922	$\frac{* 59}{64}$	0.922
1.....	$1 \frac{1}{8}$	* 1.125	$1 \frac{5}{32}$	* 1.156	$1 \frac{5}{32}$	* 1.156
$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{15}{32}$	1.469	$1 \frac{1}{2}$	1.500	.....	.....
$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{45}{64}$	1.703	$1 \frac{47}{64}$	1.734	.....	.....
2.....	$2 \frac{3}{16}$	2.188	$2 \frac{7}{32}$	2.219	.....	.....
$2 \frac{1}{2}$	$2 \frac{19}{32}$	2.594	$2 \frac{41}{64}$	2.641	.....	.....
3.....	$3 \frac{7}{32}$	3.219	$3 \frac{17}{64}$	3.266	.....	.....

注：* 为美国标准麻花钻尺寸。

十二、手动攻丝、机动攻丝

1. 攻丝工具

表 4-38 常用丝锥的种类与用途

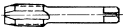

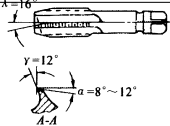
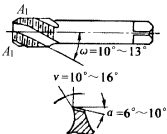

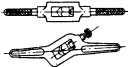
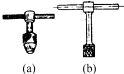
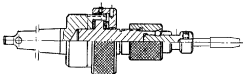
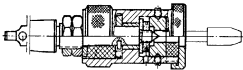
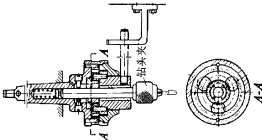
名称	图 例 及 用 途	
手用普通丝锥		<p>是钳工经常使用的一种手用公制螺纹丝锥，分粗牙、细牙两类，可以攻通孔或不通孔的螺纹</p>
机用普通丝锥		<p>是用于攻削数量较多或孔径较大的螺纹孔的一种公制螺纹丝锥，分粗牙、细牙两类，可以攻削通孔或不通孔螺纹</p>
带刃倾角 λ 的丝锥		<p>在普通直槽丝锥的切削部分前端修磨出刃倾角斜槽，它可使切屑向未加工表面方向顺利排出，有利于提高螺纹孔的光洁度和提高丝锥的切削性能</p>
螺旋槽丝锥		<p>这是一种带有螺旋角的螺旋槽丝锥，螺旋角 ω 和前角 γ 根据加工材料确定，一般钢材 $\omega = 10^\circ \sim 20^\circ$、$\gamma = 10^\circ$，轻合金 $\omega = 30^\circ$、$\gamma = 16^\circ$</p> <p>攻丝时，切屑成带状往丝锥柄部方向顺利排出，适于加工公称直径 $d = 3 \sim 20\text{mm}$、螺距 $t = 0.35 \sim 2.5\text{mm}$ 范围的深的不通孔螺纹，以及有凹槽或缺口孔的螺纹，其加工精度稳定</p>

表 4-39 攻丝辅具

名称	图 示	应用特点
固定式 铰手		攻 M5 以下螺纹孔
可调式 铰手		攻 M6 - M24 以上 螺纹孔
丁字铰 手		a 为可调式, 可攻 以下螺纹。b 为固定 M5 式, 用于攻较大 尺寸螺纹
快换攻 丝安全 夹头		可以快速更换不同 直径的丝锥。攻丝当 中, 当攻削负荷超过 丝锥能承受的扭矩时, 可以起安全保护作用
弹性摩 擦攻 安全 夹头		当切削力大于夹头 摩擦力时丝锥不再转 动, 从而起到安全作 用。摩擦力可调
小型倒 顺攻 丝 夹头		工作完毕提起主轴 丝锥做反向旋转, 于 是丝锥自动退出工件。 适用于成批攻削较小 直径的螺纹孔

2. 手动攻丝方法

表 4-40 手动攻丝方法及注意事项

操 作	操作方法及注意事项
工件的装夹	工件装夹要正,一般情况下,应将工件需要攻丝的一面,置于水平或垂直的位置。这样在攻丝时,就能够比较容易地判断和保持丝锥垂直于工件的方向
起攻	在开始攻削时,尽量把丝锥放正,然后用手压住丝锥的轴心方向,用另一手轻轻转动铰杠。当丝锥旋转 1~2 圈后,从正面和侧面观察丝锥是否和工件平面垂直。必要时可用 90°角尺进行校正。一般在攻削 3~4 圈螺纹后,丝锥的方向就可以基本确定。如果开始丝孔攻的不正,可将丝锥旋出,用二锥加以纠正,然后再用头锥攻削。当丝锥的切削部分全部进入工件时,就不需要再施加轴向力,靠螺纹自然旋进即可
润滑与冷却	在攻削过程中,对塑性材料来说,需经常保持足够的切削液
攻进	<p>攻丝时,每次扳转铰杠,丝锥的旋进不应太多,一般每次旋进 1/2~1 转为宜。M5 以下的丝锥一次旋进不得大于 1/2 转;加工细牙螺纹或精度要求高的螺纹时,每次的进刀量还要减少。攻削铸铁比攻削钢材时的速度可以适当加快一些。每次旋进后,再倒转约为旋进的 1/2 的行程,攻削较深的螺纹孔时,回正的行程还要大一些,并需往复拧转几次。这样可以折断切屑,有利于排屑;减少切削刃黏屑的现象,以保持锋利的刃口。同时使切削液顺利地进入切削部位,起到冷却和润滑的作用</p> <p>扳转铰杠时,两手用力要平衡。切忌用力过猛和左右晃动,否则容易将螺纹牙型撕裂,导致螺纹孔扩大及出现锥度</p> <p>进攻时,如感到很费力时,切不可强行转动,应将丝锥倒转,使切屑排除,或用二锥攻削几圈,以减轻头锥切削部分的负荷,然后再用头锥继续攻削。如继续攻削仍然很吃力或断续发出“咯咯”的声响,则说明切削不正常,或丝锥磨损。应立即停止攻削,查找原因,否则丝锥就有折断的危险</p>

操 作	操作方法及注意事项
退出	<p>攻削不通的螺纹孔时,当末锥攻完,用铰杠带动丝锥倒旋松动以后,应用手将丝锥旋出。不宜用铰杠旋出丝锥,尤其不能用一只手快速拨动铰杠来旋出丝锥。因为攻完的螺纹孔和丝锥的配合较松,而铰杠又重,若用铰杠旋出丝锥,容易产生摇摆和震动,从而破坏螺纹的光洁度。攻削通孔螺纹时,丝锥的校准部分尽量不要全部出头,以免扩大或损坏最后几扣螺纹。丝孔攻完之后,也要参照上述方法旋出丝锥</p>
成组丝锥攻丝	<p>用成组丝锥攻丝时,在头锥攻完以后,应先用手将二锥或三锥旋进螺纹孔内,一直到旋不动时,才能使用铰杠操作,防止对不准前一丝锥攻的螺纹面产生乱扣的现象</p>
盲孔攻丝	<p>攻削不通的螺纹孔时,要经常把丝锥退出,将切屑清除,以保证螺纹孔的有效长度。攻完后也要将切屑清除干净</p>
小孔攻丝	<p>攻削 M3 以下的螺纹孔时,如工件不大,可用一只手拿着工件,一只手拿着带动丝锥的铰杠,或特制的短柄铰杠进行攻丝,这样可以避免硬劲攻削,防止丝锥折断</p>
收尾工作	<p>丝锥用完后,要清洗干净,涂上机油,隔开放好,妥善保管,不可混装在一起,以免将丝锥刃口碰伤</p>

3. 机动攻丝方法

表 4-41 机动攻丝方法及注意事项


操 作	操作方法及注意事项
丝锥的装卡	<p>丝锥装夹在机床主轴上时的径向振摆, 一般应在 0.05mm 之内, 攻削二级精度以上的螺纹孔时, 应不大于 0.03mm。装夹工件的夹具定位支承面与钻床主轴中心或丝锥中心的垂直度偏差, 应不大于 $0.05\text{mm}/100\text{mm}$。工件螺纹底孔与丝锥的不同心度允差, 应不大于 0.05mm。</p> <p>螺纹孔的深度超过 10mm, 或攻不通的螺纹孔时, 应采用攻丝安全夹头。安全夹头能承受的攻削力, 必须按照丝锥的大小来进行调节。</p>
起攻	当丝锥即将进入螺纹底孔时, 送刀要轻要慢, 以防止丝锥与工件发生撞击。
进刀	在丝锥切削部分长度的攻削行程内, 应在钻床进刀手柄上施加均匀的压力, 以协助丝锥进入工件, 这样可以避免由于靠开始几扣不完整的螺纹, 向下拉钻床的主轴时, 将螺纹刮烂。当校准部分进入工件时, 上述压力即应解除, 靠螺纹自然旋进, 以免将牙型切瘦。
切削速度	攻丝的切削速度主要根据切削材料、丝锥直径、螺距、螺纹孔的深度而定, 当螺纹孔的深度在 $0\sim 30\text{mm}$ 内, 工件为下列材料时, 其切削速度大致如下: 钢材 $6\sim 15\text{m}/\text{min}$; 调质后的钢材或较硬的钢材 $5\sim 10\text{m}/\text{min}$; 不锈钢 $2\sim 7\text{m}/\text{min}$; 铸铁 $8\sim 10\text{m}/\text{min}$ 。在同样条件下, 丝锥直径小取高速, 丝锥直径大取低速。
润滑与冷却	按螺纹加工切削液表适当选用切削液。
退出	攻通的螺纹孔时, 丝锥的校准部分不能全出头, 否则在开倒车退出丝锥时, 将会产生乱扣。

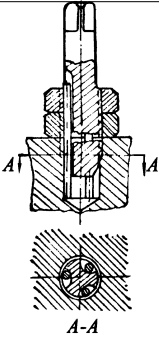
4. 取出折断丝锥的方法

表 4-42 丝锥损坏的形式及产生原因

损坏形式	损坏原因
丝锥崩牙或折断	<ul style="list-style-type: none">(1) 工件材料中夹有硬物。(2) 断屑、排屑不良，产生切屑堵塞现象。(3) 丝锥位置不正，单边受力太大或强行纠正。(4) 两手用力不均匀。(5) 丝锥磨钝，切削阻力太大。(6) 底孔直径太小。(7) 攻不通孔螺纹时，丝锥已到底仍继续旋转。(8) 攻丝时用力过猛

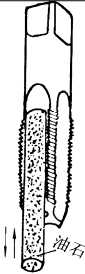
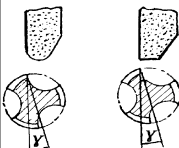
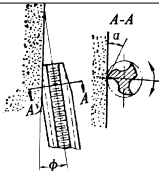
表 4-43 取出损坏丝锥的方法

方法	图示及说明
做准备工作	在取出断丝锥前，应先把孔中的切屑和丝锥碎屑清除干净，以防轧在螺纹与丝锥之间而阻碍丝锥的退出
自制旋出工具	 <p>将自制工具插入断丝锥容屑槽中，按退出方向轻轻旋出断丝锥</p>

方 法	图 示 及 说 明
插入钢丝 取丝锥	 <p>丝锥折断部分在孔内时，可在带方榫的断丝锥上拧上两个螺母，用钢丝（根数与丝锥槽数相同）插入断丝锥和螺母的空槽中，然后用铰手按退出方向扳动方榫，把断丝锥取出</p>
用钳子拧出	当丝锥折断部分露出孔外时，可用钳子拧出
用尖錾剔出	当丝锥折断部分露出孔外不多时，可用尖錾沿退出方向轻轻地打击，使丝锥旋出
焊螺母	当丝锥折断部分露出孔外时，也可以在断丝锥上焊上一个六角螺母，然后，用扳手轻轻地扳动六角螺母将断丝锥退出
将丝锥退火	用乙炔火焰或喷灯使断丝锥退火。然后，用钻头钻去。此时，钻头直径应比底孔直径略小，钻孔时也要对准中心，防止将螺纹钻坏。孔钻好后打入一个扇形或方形冲头，再用扳手旋出断丝锥
电火花腐蚀	用电火花加工设备将断丝锥腐蚀掉
硝酸腐蚀	当攻削不锈钢材料时，因不锈钢能抗硝酸腐蚀，而用高速钢制成的丝锥在硝酸溶液中却能很快地受到腐蚀，所以可用将工件放入硝酸溶液中进行腐蚀的方法取出断丝锥

5. 手工修磨丝锥

表 4-44 修磨丝锥的方法

方法	图 示 及 说 明	
用柱形油石 研磨前面		用圆柱形油石研磨切削刃的前面，如图所示。研磨时在油石上涂一些机油，油石要掌握平稳，注意不要将刀齿的刃尖磨出小圆角。研磨后将丝锥清洗干净
在砂轮机上 用片形砂轮 研磨前面		在砂轮机或工具磨上安装片状砂轮。手持丝锥刃磨。刃磨前将砂轮修出合适的圆角，使与丝锥容屑槽的圆弧面相吻合。否则刀齿前面会磨出沟棱，影响切屑的卷曲和排除。还要注意每条刀槽的前角要一致。磨后再用柱形油石按上面方法进行研磨，以提高光洁度
一般砂轮上 修磨切削刃 后面		丝锥切削刃严重损坏，可在一般砂轮机上修磨切削刃的后面。修磨时，要注意各切削刃形状和角度的一致性。转动丝锥时要注意，下一刀齿的刃尖不要接触砂轮，以免将刀齿的刃尖磨掉

十三、手动套丝

1. 套丝工具

手工套丝的工具是圆板牙和板牙架。圆板牙有可调与不可调之分，通过板牙架的调节螺钉微量调整可微量改变加工直径。

2. 板牙套丝时圆杆的直径

表 4-45 板牙套丝时圆杆的直径 (mm)

粗牙普通螺纹				英制螺纹			圆柱管螺纹		
螺纹直径 d	螺距 t	螺杆直径 d_G		螺纹直径 (英寸)	螺纹直径 d_G		螺纹直径 (英寸)	管子外径 d_G	
		最小 直径	最大 直径		最小 直径	最大 直径		最小 直径	最大 直径
M6	1	5.8	5.9	1/4	5.9	6	1/8	9.4	9.5
M8	1.25	7.8	7.9	5/16	7.4	7.6	1/4	12.7	13
M10	1.50	9.75	9.85	3/8	9	9.2	3/8	16.2	16.5
M12	1.75	11.75	11.9	1/2	12	12.2	1/2	20.5	20.8
M14	2	13.7	13.85	—	—	—	5/8	22.5	22.8
M16	2	15.7	15.85	5/8	15.2	15.4	3/4	26	26.3
M18	2.5	17.7	17.85	—	—	—	7/8	29.8	30.1
M20	2.5	19.7	19.85	3/4	18.3	18.5	1	32.8	33.1
M22	2.5	21.7	21.85	7/8	21.4	21.6	1 1/8	37.4	37.7
M24	3	23.65	23.8	1	24.5	24.8	1 1/4	41.4	41.7
M27	3	26.65	26.8	1 1/4	30.7	31	1 3/8	43.8	44.1
M30	3.5	29.6	29.8	—	—	—	1 1/2	47.3	47.6
M36	4	35.6	35.8	1 1/3	37	37.3	—	—	—
M42	4.5	41.55	41.75	—	—	—	—	—	—
M48	5	47.5	47.7	—	—	—	—	—	—
M52	5	51.5	51.1	—	—	—	—	—	—
M60	5.5	59.45	59.7	—	—	—	—	—	—
M64	6	63.4	63.7	—	—	—	—	—	—
M68	6	67.4	67.7	—	—	—	—	—	—

3. 套丝方法

表 4-46 手动套丝操作方法及注意事项

操 作	操作方法及注意事项
工件的装夹	套丝时切削力矩很大，圆杆要用硬木的 V 型块或厚铜板做衬垫，才能可靠地夹紧。圆杆套丝部分离钳口也要尽量近
起套	<p>为了使板牙容易对准工件和切入材料，圆杆端部要倒成 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的斜角，锥体的最小直径要比螺纹内径小，使切出的螺纹起端避免出现锋口，否则，螺纹起端容易发生卷边而影响螺母的拧入</p> <p>开始时为了使板牙切入工件，要在转动板牙时施加轴向压力，转动要慢，压力要大，待板牙面旋入切出的螺纹时，就不要再加压力，以免损坏螺纹和板牙</p>
套进	<p>套丝时应保持板牙的端面与圆杆轴线垂直，否则切出的螺纹牙齿一面深一面浅，螺纹长度较大时，甚至因切削阻力太大而不能再继续扳动铰杠，烂牙现象也特别严重</p> <p>为了断屑，板牙也要时常倒转一下，但与攻丝相比，切屑不易产生堵塞现象</p>
润滑与冷却	在钢料上套丝要加润滑冷却液，以提高螺纹光洁度和延长板牙寿命。一般用加浓的乳化液或机油，要求较高时用菜油或二硫化钼

十四、孔加工及螺纹加工切削液

表 4-47 孔加工切削液

加工材料		切 削 液
钻	碳钢、合金结构钢	(1) 3%~5%乳化液； (2) 5%~10%极压乳化液
	不锈钢及高温合金	(1) 10%~15%乳化液； (2) 10%~20%极压乳化液； (3) 含氯（氯化石蜡）的切削油； (4) 含硫、磷、氯的切削油
	铸铁及黄铜	(1) 一般不加； (2) 3%~5%乳化液；
孔	紫铜、铝及其合金	(1) 3%~5%乳化液； (2) 煤油； (3) 煤油与矿物油的混合油
	青 铜	3%~5%乳化液
	硬橡皮、胶木、硬纸板	(1) 干钻； (2) 风冷
	有 机 玻 璃	10%~15%乳化液
铰 孔	钢	(1) 10%~20%的乳化油水溶液； (2) 铰孔要求高时，采用30%菜油加70%肥皂水； (3) 孔精度和光洁度要求更高时，可用茶油、柴油、猪油等
	铸 铁	(1) 煤油。注意：煤油会引起孔径收缩，最大收缩量达0.02~0.04mm； (2) 低浓度的乳化油水溶液
	铝	煤油
	铜	乳化油水溶液

表 4-48 螺纹加工切削液

加工材料	切 削 液	使用条件
钢	机加工可用浓度较大的乳化油或含硫量在 1.7% 以上的硫化切削油；工件光洁度要求高时，可加菜油及二硫化钼等；手加工用机油	8~12L/min
灰铸铁	一般不用；如工件光洁度要求高或材料较硬时，可用煤油；机加工速度在 8m/min 以上时，可用浓度为 10%~15% 的乳化液	不少于 4L/min
可锻铸铁	浓度 15%~20% 的乳化液	不少于 6L/min
青铜、黄铜、锌合金、铝合金	手加工时可不用冷却润滑液；机加工时用浓度为 15%~20% 的乳化液	不少于 6L/min
不锈钢	(1) 硫化切削油 60%；油酸 15%；煤油 25%； (2) 黑色硫化油； (3) 30 号机油； (4) F-43 号机油	不少于 6L/min

第五章 刮 削

刮削是钳工的基本操作方法之一，是利用刮刀、基准表面、测量工具和显示剂，以手工操作的方法，边研点测量，边刮削加工，使工件达到工艺上规定的尺寸、几何形状、表面粗糙度和密合性等要求的一项精加工工序。


一、刮削的一般过程

1. 一般过程

可分为粗刮、细刮、精刮和刮花纹等。

表 5-1 刮削过程

名 称	说 明
粗刮	首先要通过测量和显点以确定刮削部位，并要知道这个部位应刮去多少金属层。如果某一部位的刮削量很大，可集中在这个部位重刮数遍，但刀纹要交错进行，才能保证每遍的刮量均匀，防止刮出一个深凹。用这种方法进行粗刮，能减少显点次数，从而提高了工效，刮过一遍后，再次研点修刮。当粗刮到每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 面积内有 46 个点时，就可进行细刮
细刮与精刮	经过粗刮后的工件表面，其直线性误差基本上已达到要求，显点也稀稀落落的分布于整个平面。因此进行细刮时，只挑选大而亮的显点，而且每刮一次，显点一次，显点也逐渐地由稀到密，由大到小，直至达到每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 内显点若干的要求。精刮在细刮的基础上进行，刮削方法与细刮相同，仍旧是挑选磨得最亮的点子来刮削，刀纹要短要细，使达到更高的精度

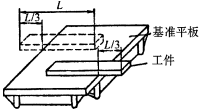
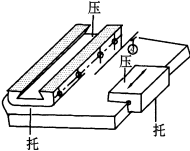
名 称	说 明
刮花纹	<div style="text-align: center;">  <p>(a)地毡花纹 (b)斜花纹 (c)月牙花纹 (d)链条花纹</p> </div> <p>工件经过刮削后，其表面已经形成了花纹，但这种花纹是不规则的，而且不美观，所以一般对刮削后的工件表面，或经过精刨、精磨以后的表面，还要再刮一层花纹，这样如对导轨来说，就能够增加其表面的润滑条件，减少摩擦阻力，从而提高了它的耐磨性能，延长了使用寿命。并且在维修时，可根据花纹的消失情况来判断导轨表面的磨损程度。如在非运动表面上刮一层花纹，则可提高机床的外观质量。常见的花纹如图所示</p>

2. 刮削显点

将工件上较高的部位显示出来，这些较高的部位即为刮削显点。显点是刮削工作中判断误差的基本方法。显点工作的正确与否直接关系到刮削的进程和质量。显点方法见表 5-2。

表 5-2 显点方法

名 称	图 示 及 说 明
显点剂的使用方法	<p>显点剂一般用红丹粉和蓝粉加适量的机油和蓖麻油调和而成，均匀呈糊状。使用时根据粗精刮等不同要求，分别涂在工件待加工的表面上。通常粗刮的工件表面涂红色，基准面涂蓝色，显点十分清楚。精刮时要涂的薄一些。涂色时分布要均匀，并要保持清洁，防止切屑和其他杂质或沙粒等掺入，推磨时容易划伤工件的表面</p>

名称	图示及说明
中小型工件的显点	 <p>中小型工件的显点,一般是基准平板固定不动,工件被刮面在平板上推磨。如被刮面等于或稍大于平板面,则推磨时工件超出平板的部分不得大于工件长度 $1/3$。小于平板的工件推磨时最好不出头,否则其显点不能反映出真实的不平度</p>
大型工件的显点	<p>当工件的被刮面长于平板若干倍的时候(如机床导轨),一般是以平板在工件被刮面上推磨,采用水平仪与显点相结合来判断被刮面的误差,通过水平仪可以测出工件的高低不平度,而刮削则仍按照显点分轻重进行操作</p>
重量不对称的工件的显点	 <p>对于这类工件的显点需特别注意,如果两次显点出现矛盾,应分析原因。如图所示工件,其显点可能里多外少或里少外多,出现这种情况,如不做具体分析,仍按显点刮削,则刮出来的表面很可能中间凸出。压和托用力要得当,才能反映出正确的显点</p>
薄板工件的显点	<p>薄板工件的刚性差,容易产生变形,所以只能靠其自身的重量在平板上推磨,以反映真实的显点</p>

3. 刮削余量

刮削是繁重的体力劳动，而每次所刮的金属层又很少，所以机械加工后留下的余量不能太多。一般可参考表 5-3 和表 5-4 所列值。

表 5-3 平面的刮削余量 (mm)

平面宽度	平 面 长 度				
	100~500	500~1000	1000~2000	2000~4000	4000~6000
≤100	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30
100~500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

表 5-4 曲面的刮削余量 (mm)

孔径 ϕ	孔 长		
	≤100	100~200	200~300
≤80	0.05	0.08	0.12
80~180	0.10	0.15	0.25
180~360	0.15	0.25	0.35

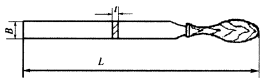
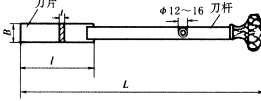
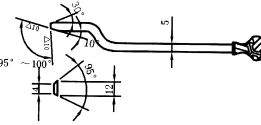
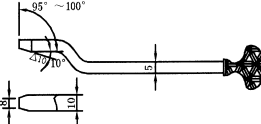
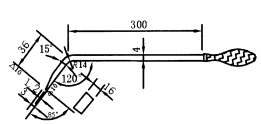
二、刮 刀

刮刀是刮削的主要工具，必须具有较高的硬度和锋利的刀口。一般刮刀的材料为碳素工具钢 (T8、T10、T12、T12A) 和滚珠轴承钢 GCr15。当刮削硬度很高的表面时，用硬质合金钢镶在刀杆上使

用。

表 5-5 常用刮刀的特点及应用

分类	名称	图 例	特点及应用
----	----	-----	-------

平面刮刀	手握刮刀		利用废旧锉刀磨光两面锉齿改制而成,刀体较短,刮削时由双手一前一后推压进行。刮削平面时应用广泛
	挺刮刀		具有较好的弹性,在刮削时,随着运动的起伏能发生跳跃,刮削效果好
	精刮刀		刮削出来的工件表面光洁度高,刮削点平整美观,最适合于刮削精密的铸铁导轨,刮削花纹较浅,并有压光作用
	压花刀		
	钩头刮刀		操作方法与其他刮刀相反,左手紧握钩头部分用力往下压,右手抓住刀柄用力往后拉。这种拉刮方法在提高精度和降低劳动强度方面优于推刮


续表

分类	名称	图例	特点及应用
----	----	----	-------

平面刮刀	双刃刮花刀		专用于刮削交叉花纹
曲面刮刀	内孔三角刮刀		是刮削曲面的主要工具，用途较为广泛
	三棱刮刀		可用旧三角锉刀磨制而成
	半圆头刮刀		刀头圆头的曲率可按粗刮的要求而改变，粗刮时曲率半径较大，精刮时曲率半径可小些
	柳叶刮刀		有两个刀刃，刀尖为精刮部分，后部为强力刮削部分，适合于刮削铜套和对开轴承等

续表

分类	名称	图例	特点及应用
----	----	----	-------

曲面刮刀	长柄蛇头刮刀		适合于刮深孔，但刃磨较复杂
------	--------	---	---------------

三、刮削用辅助工具

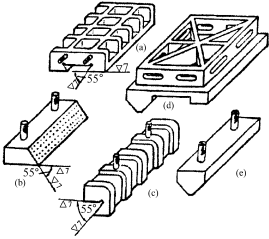
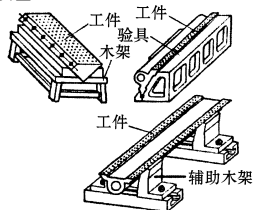
为了使刮削工作顺利进行，并保证工件达到一定的精度，除采用合适的刮刀外，还需制备各种辅助工具。

表 5-6 刮削辅助工具

名称	分类	规格、用途及图例
通用平板		<p>100×200，200×200，200×300，300×300，300×400，400×400，450×600，500×800，750×1000，1000×1500，接触显点 25mm×25mm 检验平导轨的不直度及两平导轨的不平行度；作为测量、检查零件的尺寸精度及零件的形位偏差的基准平面</p>

续表

名称	分类	规格、用途及图例
----	----	----------

型 面 平 板	<p>也叫专用平板，用于中间凸台隔开的两平面的刮削时涂色研点</p>  <p>(a) 刮削凸燕尾导轨用的平板；(b) 刮削 55°单燕尾凹导轨用的平板；(c) 刮削 55°单燕尾凸导轨用的平板；(d) 刮削 V 形与平面组合导轨用的平板；(e) 刮削单条 V 形导轨用的平板</p>
胎 具 和 支 架	<p>牢固支撑工件使其处于自然状态下，既保证人身安全，又提高工件质量</p>  <p>工件 工件 验具 木架 工件 辅助木架</p>

续表

名 称	分类	规格、用途及图例
--------	----	----------

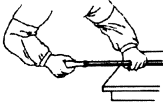

刮削用工具	圆棒 工字尺 平铁	检查 V 型导轨对平面导轨平行用
水平仪 垫板	百分表座	检查工作台斜面在垂直面内的水平度
	检查方导轨、燕尾导轨对另一工作面平行与否	
显示剂		通过用基准面对被刮削表面的研磨显点来判断被刮削表面的精度

四、刮削方法

1. 平面刮削操作



平面刮削的对象是平面，平面刮削是刮削工作的主要部分。

表 5-7 平面刮削操作姿势

姿势名称	姿势要领	姿势图示
手推式 (常用)	(1) 右手握刀柄，左手握刀杆，离刀口 50~75mm (2) 刮削时，左手向下压并控制刮刀的方向 (3) 左脚向前跨，上身向前倾，右手向前推时，身体也向前摆动 (4) 刮一段刀花后，左手立即将刀提起（适应性强，要求臂力大，两手配合要灵活）	 A line drawing showing a person's hands and arms in a hand-pushing scraping posture. The right hand holds the handle of a刮刀 (scraping tool) against a workpiece, while the left hand holds the shaft of the tool, pressing down to control its direction. The person's body is slightly leaning forward.
挺刮式 (力大)	(1) 刀柄放在小腹右侧肌肉处 (2) 双手握刀杆离刀口 80mm (3) 利用腿力和腰部的力量向前推挤，双手向下压刮刀并掌握方向 (4) 双手和臀部密切配合动作，当刮一段刀花后，左手立即将刀提起	 A line drawing showing a person's torso and arms in a挺刮式 (powerful) scraping posture. The person is wearing overalls. The handle of the刮刀 is held against the right side of the abdomen. Both hands grip the shaft of the tool, pressing down on the workpiece. The posture is more upright and powerful than the hand-pushing style.

续表

姿势名称	姿势要领	姿势图示
------	------	------

<p>拉刮式 (力小)</p>	<p>右手抓住刀柄用力向后拉,左手紧握刀杆部分往下压(适于凹槽平面的刮削,可刮出花纹齐整而且质量较高的表面,刮削阻力比较小,操作比推刮容易)</p>	
<p>肩挺式</p>	<p>(1) 刀柄顶在右肩处,双手握住刀杆离刀口 80mm 处 (2) 用右手和上身的力量向前挺刮,双手下压刀杆刮一段刀花后立即将刀提起(适用于工件较高而面积不大时)</p>	

2. 刮削质量检查

平面刮削的质量有两个指标,一个是属于几何形状的,如与相关表面的垂直度、平行度和厚度尺寸;另一个指标是表面质量,刮削后的表面质量常用研点法来检查,称为研点检查法。利用标准平板对刮削的工作表面进行研点,按工件表面上显出点子的多少,作为表面质量指标之一。其方法是利用一块硬纸或薄铁皮,挖出一个 25mm×25mm 的方块,将它覆盖在被检查平面上,在方孔内数点子的数目。在整个平面内的任何位置都应进行抽检,应达到表 5-8 规定的点数,对研点显示出的接触点面积的比率也应符合表 5-8 的要求。

表 5-8 平面刮研的表面质量要求

测试项目	精度等级				
	000	00	0	1	2
单位面积上接触点面积的比率 (不小于)%	20		16		10
25mm×25mm 正方形面积中的研 点数	25 点		20 点		12 点

对于不便采用对研法进行检验接触斑点时，应检验平板工作面的平面波动量，其值应不大于表 5-9 的规定。

表 5-9 平板工作面的平面波动量

精度等级	000	00	0	1	2	3
平板工作面的平面波动量	2	4	8	16	32	80

五、基准平板的刮削

基准平板是用三块精刨后的平板，互相交替地推研配刮，按刮标准平面的要求，如图 5-1，其刮削的步骤如下：

- ①将三块平板分别标注上 A、B、C 的标志。
- ②三块平板各自粗刮一遍。
- ③平板 A 与 B 进行对研对刮，点子接触均匀后，选用较好的一块作为基准（假定它为 A）来刮削另一块（C）。
- ④再把 B 和 C 两块平板进行对研对刮，对两块平板的刮削量基本相似，逐步刮削点子均匀。
- ⑤在 B、C 两块之间再选择较好的一块作为基准（假定它为 B），

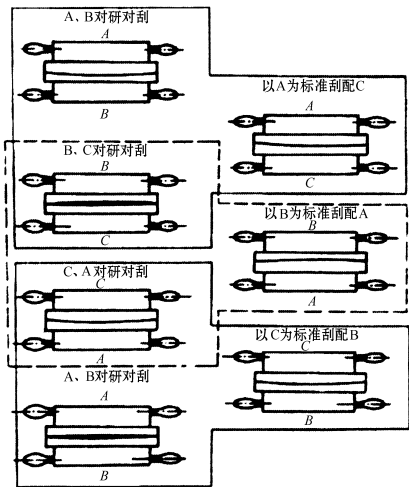


图 5-1 基准平板的配刮

用它来配刮 A。

⑥再把 A 和 C 进行对研对刮，两块同时修点子。

⑦然后按上述 A 和 C 两块中选择较好的一块作为基准（假定它为 C），用它来配刮 B。

⑧用 A、B 两块再次进行对研对刮。

⑨然后再在上述两块中选择较好的一块作为基准，用它来配刮另一块。

以此类推，反复轮换刮削，可将平板越刮越接近标准平面。使用

任何两块平板进行研点时，应达到相同的点子，而点子的密度又达到规定的质量指标，才算合格。

各种规格的平板按精度等级，其平面度公差如表 5-10 所示。

平板刮削时的注意事项：

①要经常注意改变推研的方法，仅用图 5-2 的纵向研点法往往会出现平面两对角高而另两角低的扭曲现象，一般要用水平仪来检查，才能发现扭曲现象。此时可用图 5-3 的横向研点法和用图 5-4 的对角研点法来纠正。

②避免直射的阳光，而且要远离热源，以防止产生热变形。

③平板底下的支承点要在同一个平面上，在研点时要使每个支承点都受力。

六、基准角尺的刮削

基准角尺的刮削是利用三块角尺和一块平板刮削，其步骤如下：

①把三个角尺的表面先粗刮一遍。

②把每个角尺的一个长边先在平板上研点刮平，表面点子也刮至要求。

③把 A、B 两个角尺刮平的一面对合起来靠紧，在平板上以 A 为基准（假定 A 的垂直度误差较小），刮削 B 的底面（图 5-5a），再用 C 代替 B 在平板上刮削 C（图 5-5b）。

④把 B、C 两个对合起来紧靠，在平板上研点，两块同时刮，使两块刮去的分量相同，这时 B、C 的情况相同，角尺的垂直度已初步校正（图 5-5c）。

表 5-10 平板平面度公差值

规格(mm)	对角线 d (mm)	精度等级					
		000	00	0	1	2	3
		平面度公差(μm)					
160×100	189	1.5	2.5	5.0	10	—	—
160×160	226						
250×160	297		3.0	5.5	11	22	
250×250	353							24
400×250	472			6.0	12		
400×400	566	2.0	3.5	6.5	13	25	62
630×400	746			7.0	14	28	70
630×630	891		4.0	8.0	16	30	75
800×800	1131			9.0	17	34	85
1000×630	1182				18	35	8787
1000×1000	1414	2.5	5.0	10.0	20	39	9696
1250×1250	1786	3.0	6.0	11.0	22	44	111
1600×1000	1887			12.0	23	46	115
1600×1600	2262	3.5	6.5	13.0	26	52	130
2500×1600	2968		8.0	16.0	32	64	158
4000×2500	4717		—		46	92	228

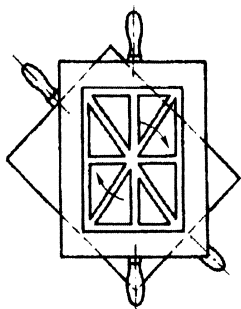


图 5-2 纵向研点

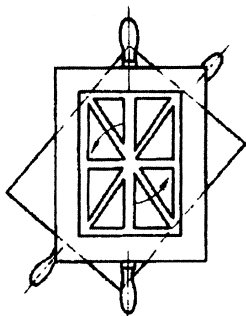


图 5-3 横向研点

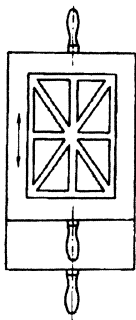
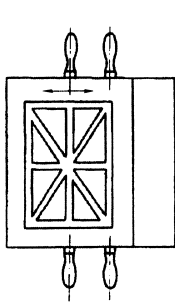


图 5-4 对角研点

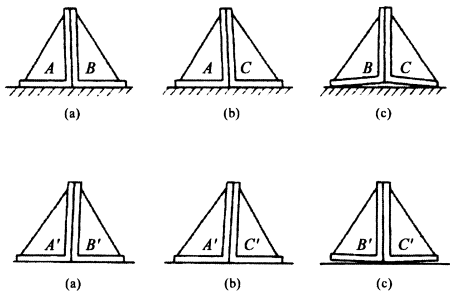


图 5-5 角尺的刮削顺序

七、曲面刮削、轴瓦刮削

1. 曲面刮削

曲面刮削就是对内孔进行圆周刮削，以轴为基准。对研后，利用内孔刮刀进行刮削。滑动轴承内孔通过刮削后，可使轴与轴承受压均匀，提高内孔的几何精度，使轴运行平稳，不易发热。孔在刮削前的加工余量参考表 5-4。

刮削姿势与角度：在用三角刮刀刮削内孔时，一般采用图 5-6 的两种姿势。刮削的角度见表 5-11，目前刮削内孔大多采用舌头式刮刀，利用刮刀圆头部分的刃口，刀花成 45 度交叉形。

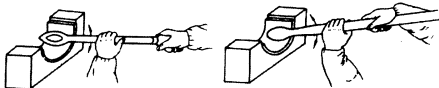


图 5-6 三角刮刀刮削内孔的姿势

表 5-11 刮削的角度和特点

刮削精度	刮削特点	刮削方法图例
粗刮内孔	正前角刮削，可刮去较厚的切屑，但易刮出深坑	
细刮内孔	小前角刮削，刮下的金属层较薄，能把小点子很好的刮去	
精刮内孔	负前角刮削，刮去极微的金属，对表面起修光的作用，不会产生凹坑	

2. 轴瓦刮削

轴瓦的刮削是曲面刮削的典型应用，常见轴瓦的刮削方法如下：

①对合轴瓦的刮削：对合轴瓦在一般简单的传动机械和工程机械中得到广泛的应用。对合轴瓦有上下轴瓦、盖、座、垫片等零件组成。对合轴瓦大都采用铜合金和巴氏合金制造，也有采用铸铁的，根据不同的用途，选用的材料也不同，但刮削和显点的方法基本相同。粗刮两片轴瓦时，可将上轴瓦或下轴瓦分别涂好显示剂后，在主轴上转动研点（图 5-7），或将轴搁在轴瓦上研点（图 5-8）。显示斑点

后，将轴瓦夹在镶有胶木板的台虎钳或专用夹具上（图 5-9），用刮刀刮去高点，反复研点和修刮。刮削时，前后两次的刀花要互成 45° 交叉，一直刮至显示的斑点均匀（图 5-10a~d）。当上下轴瓦分别粗刮后，再将上轴瓦盖与下轴瓦座装配好，并装上机座。调整上下轴瓦间的垫片厚度（即调整轴承与轴的配合间隙），在轴瓦表面涂上薄而均匀的显示剂，将轴装入前后轴承中研点，再进一步进行细刮和精刮。前后轴瓦要同时修刮，研削几遍后，轴瓦表面的研点细密而均匀（图 5-10e~h），既提高了孔的表面质量，增加了支承面，同时也消除了前后轴瓦的同轴度误差，使主轴的运转达到正常。

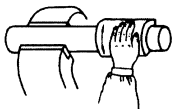


图 5-7 轴瓦在轴上研点

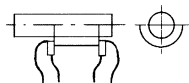


图 5-8 轴在轴瓦上研点

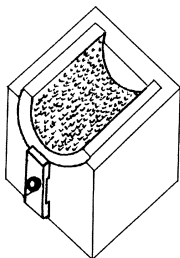


图 5-9 刮削轴瓦的专用夹具

②三块拼圆轴瓦的刮削：三块拼圆轴瓦，简称三片瓦，这种轴瓦

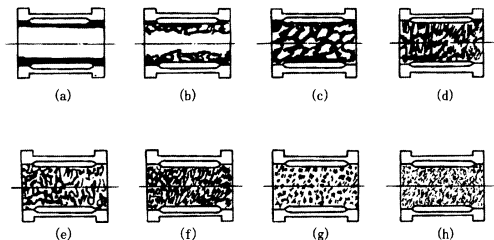


图 5-10 两块瓦接触斑点扩展示意图

用于磨床主轴轴承，虽然承受的负荷不大，但却直接关系到加工工件的不圆度和光洁度。刮削时需注意以下问题：

a. 刮削时为了防止轴瓦被夹坏或变形，可在虎钳钳口部分垫上胶皮，也可制造刮削这类轴瓦的专用夹具。

b. 采用半圆头刮刀。这种刮刀刮出的点子不会产生棱角，可向前推刮，也可沿着左右或成 45° 方向刮削，比用其他形状的刮刀显得优越。

c. 为使显点清晰，最好在标准棒上涂上蓝色，不宜涂红丹（因红丹与铜合金显点不明显），显点时以双手拇指按平轴瓦左右研动。如图 5-11。

d. 刮削时的显点，要求在每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 内显示 $18 \sim 20$ 点为宜，若超过 25 点容易磨损，且油膜很难形成。刮削点要求小而深，无棱角，分布均匀。

e. 轴瓦进油端刮出深 $0.5 \sim 1\text{mm}$ ，宽 $3 \sim 4\text{mm}$ ，距两端面 $5 \sim 6\text{mm}$ 的封闭进油槽，如图 5-12，使在主轴启动后，能把润滑油引入轴瓦内，以形成油膜。如油槽已机加工好，则不必刮削。

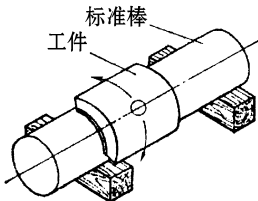


图 5-11 三片瓦刮削时的显点图

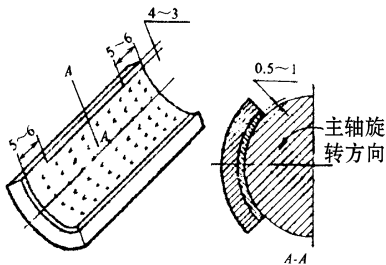


图 5-12 轴瓦油槽图

八、导轨的刮削

1. 导轨刮削的共同原则

① 选择合适的导轨作为刮削中的基准导轨。通常基准导轨应比沿其表面移动的工件导轨长。

②刮削基准导轨，然后根据基准导轨刮削与其组合的另一导轨。

③对于在基准导轨面上滑动的其他工件导轨，只需进行相应的配刮，不作独立的精度检查。

④对相同形状的组合导轨，如双平面导轨，双V导轨等，应以原设计基准或磨损量较小的作为基准导轨，进行先刮。

⑤装配过程中，为了使两个部件上的导轨位置互相平行或垂直，需要通过刮削来调整的面，应是两部件的接触面。

⑥被刮工件上如果有已经精加工好的基准孔，应根据基准孔的中心线来刮削导轨。

⑦被刮导轨的误差分布情况应根据导轨的受力情况与运动情况来定。

⑧导轨的刮削精度和允差，应根据机床的几何精度来确定。

⑨刮削导轨时，一般都应将工件置于能调整的支承垫铁上，便于调整平直度和扭曲的水平位置。

刮削导轨时，根据上述基本原则和具体情况制定合理的刮削方案，能提高导轨的精度和达到提高效率的目的。

2. 双平面导轨的刮削

在刮削时应选择尺寸合适的标准平板配墨显点，平板的宽度应小于导轨面总宽，长度应大于导轨面长度，但也不能太长。刮削双平面导轨副时，如果只考虑从单条平面导轨上刮下最少的金属层，就会使两条平面导轨之间出现不平行度（即扭曲）。当把两条平面导轨的测量曲线绘在同一图上按测量曲线进行，使两平面导轨经过刮削后，即能保证它们本身的平直度，又能保证它们互相之间的平行度。

第六章 研 磨

研磨是在其他金属切削加工方法未能满足工件精度和光洁度要求时采用的一种精密加工工艺。研磨通常采用手工操作，在研磨工具与研磨面之间加上磨料，从零件表面研去极薄的金属层，使工件获得高精度和高光洁度的表面。随着机械工业的发展，研磨也逐步趋向机械化。

一、研磨原理及特点

1. 研磨工艺的基本原理

研磨工艺的基本原理是磨粒通过研具对工件进行微量切削，这种微量切削包含着物理和化学的综合作用。

2. 研磨加工方法

研磨的设备简单，操作方便，造价较低，便于维修。研磨加工方法有以下两种，我们在进行研磨加工时，应根据工件的不同技术要求来进行选择。对光洁度要求高的工件，研磨后可进行抛光。

①压嵌研磨法：适用于尺寸精度在 $1\mu\text{m}$ 左右，表面光洁度在 $Ra1.6$ ($12j$ 级) 以上的工件。它以物理作用为主，兼有化学作用。工作时，预先将细微粉粒均匀的撒在两研具表面，使两研具互相对研将细微粉粒嵌入研具工作表面，构成具有一定牢度的多刃研削面。工件经过这种嵌附微粒的研具研磨后，表面纹络细密，能得到准确的尺寸精度和很高的表面光洁度。研磨效率不及下述涂敷研磨法，而且对工作场地的清洁等有一定的要求。因此研磨一般精度的工件，宜采用涂敷研磨法。

②涂敷研磨法：一般精度的工件，在磨削的基础上，再通过涂敷研磨法研磨即可达到要求。它以物理作用为主，兼有化学作用。工作时把涂敷研磨剂涂敷在研具或工件表面上进行研磨，磨粒在研具和工

件表面间处于浮动的半运动状态，从而对工件表面起着滚挤、摩擦和研削的综合作用。采用涂敷研磨法研磨时，研具的使用时间不能过长，且需保证足够的润滑液，否则磨粒将由浮动逐步变为呆滞和静止，对于工件的作用变为“刮削”为主，不仅使工件达不到预期的质量要求，而且会使加工面出现划痕等质量瑕疵。加工精度不及压嵌研磨法高。

3. 研磨运动及其轨迹

研磨时，研具与工件之间的相对运动，称为研磨运动。在研磨运动中，研具（或工件）上的某一点在工件（或研具）表面上所走过的路线，就是研磨运动的轨迹。研磨时选用不同的运动轨迹能使工件表面各处都受到均匀的研削。因此选择研磨运动轨迹应满足下列要求。

①要使运动轨迹均匀地遍布于整个研磨面，这样工件表面各处就有相同的研磨机会。从而使研磨均匀，质量提高。

②工件表面上的研磨痕迹（轨迹）要紧密而排列整齐，尽可能不做直线重选。这样能使工件表面纹络细致，避免划痕。

③工件表面上的痕迹最好互相交错，若在较大面积上研磨更应避免都是同一方向的平行轨迹，因这样易出现重选研削，影响加工表面光洁度。

由于研磨方法及工件形状不同，研磨的运动轨迹也要随着改变。研磨时，选择合理的运动轨迹，对提高研磨效率、工件的表面质量和研具的耐用度都有直接的影响。

手工研磨的运动轨迹，一般采用直线、摆线、螺旋线和仿“8”字形等几种。不论哪一种轨迹的研磨运动，其共同特点是工件的被加工面与研具工作面做相密合的平行运动。这样的研磨运动既能获得比较理想的研磨效果，又能保持研具的均匀磨损，提高研具的耐用度。

圆柱和圆锥体工件的研磨加工，往往采用手工与机械配合的研磨运动形式。用机械带动工件做旋转运动，用手握持研具做轴向移动；并在轴向移动的同时做缓慢转动，以防止研具因自重下垂，而将工件研磨成椭圆形。

表 6-1 研磨轨迹

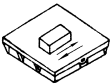

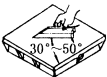

轨迹及图示	应用和效果
<p>直线形</p> 	<p>直线研磨运动的轨迹不能相互交错，否则容易直线重迭，使工件难以得到高的光洁度，但可获得较高的几何精度。所以它适用于阶台的狭长平面工件的研磨</p>
<p>螺旋形</p> 	<p>通常用来研磨圆片形或圆柱形工件的端平面，如修整千分尺和卡尺的研磨器时，能获得较高的表面光洁度和平面度</p>
<p>摆线形</p> 	<p>由于某些量具的研磨（如研磨双斜面平尺和平样板角尺等的圆弧测量面）主要要求的是平直度，即在左右摆动的同时，做直线往复移动</p>
<p>8 字形</p> 	<p>通常用来研磨平板的修整或小平面工件的研磨，它能使相互研磨的面保持均匀接触，既有利于产品质量的提高，且可使研具保持均匀地磨损</p>

表 6-2 常用研磨粉的性能及应用

名称	代号	化学成分	颜色	硬度	用途	
					加工方法	工件材料
棕钢玉	A	87% ~ 91% Al_2O_3	灰褐、暗褐、粉红、暗红	具有较高的硬度和韧性, 锋利	粗研磨	各种碳钢、合金钢、可锻钢
白钢玉	WA	97% Al_2O_3	白色	比棕钢玉硬, 锋利, 韧性低	粗研和半精研	淬硬钢、高速钢
绿碳化硅	GC	95% ~ 97% SiC	绿色	比黑碳化硅硬, 但次于人造金刚石和碳化硼, 锋利, 性脆	粗研和精研	淬硬钢、硬质合金钢、工具钢
氧化铬		Cr_2O_3	绿色	极细的抛光剂	精研及抛光	铜、紫铜、软青铜、脆硬钢和铸铁
碳化硼	BC	85% ~ 95% B_4C	灰色至黑色	比绿碳化硅硬, 但次于人造金刚石, 颗粒能自行修磨保持锋利, 高温时易氧化	粗研和精研	硬质合金、硬铬、宝石、硬钢

续表

名称	代号	化学成分	颜色	硬度	用途	
					加工方法	工件材料
氧化铁		Fe_2O_3	红色至暗红色、紫色	极细的抛光剂	抛光	硬钢玻璃、水晶、铜
人造金刚石	JR	C	黑色、淡绿色、白色	最硬的研磨剂	粗研和精研	硬质合金和光学玻璃等

二、研磨用磨料

磨料在研磨中起切削作用。研磨加工的效率、精度和表面光洁度都与磨料有关。常用的磨料有研磨粉、研磨膏和研磨液。选用磨料的主要依据是工件的精度、表面粗糙度要求、工件材料的性质（软和硬）、生产效率的高低及加工余量大小等。

1. 研磨粉

常用研磨粉的性能及应用见表 6-2。研磨粉颗粒标记对照表见表 6-3。一般说来，软的研磨粉效率要比硬的研磨粉效率低，由于软则易变钝变细，反而提高表面加工质量，常用研磨粉的粒度与表面粗糙度的关系见表 6-4。

表 6-3 研磨粉颗粒标记对照表

研磨粉颗粒大小(μm)	53~42	42~28	28~20	20~14	14~10	10~7	7~5
研磨粉标记			W28	W20	W14	W10	W7
以沉淀时间标记(min)	5	10	15	30	60	120	240
粒度号	280#	320#	400#	500#	600#		

表 6-4 研磨粉的粒度与表面粗糙度的关系

应用	加工方法	粒度	能达到的表面粗糙度 $Ra(\mu m)$
一般产品零件	粗研	100# ~ 200#	1.25
	精研	200# ~ W14	1.25 ~ 0.16
精密零件	粗研	W14 ~ W10	0.16 以上
量具、刀具	精研	W5 以下	0.04 以上

2. 研磨膏

表 6-5 研磨膏的成分及其应用

加工种类	研磨粉		研磨粉的比例		油酸的比例		混合脂的比例		凡士林的 比例		煤油的比例	
	规格	名称	质量 (kg)	百分比 (%)	质量 (kg)	百分比 (%)	质量 (kg)	百分比 (%)	质量 (kg)	百分比 (%)	质量 (kg)	百分比 (%)
粗研	W10~ W14	Al ₂ O ₃	0.437	52	0.062	7	0.218	26	0.128	12		
半精研	W7	Al ₂ O ₃	0.625	45	0.302	22.4	0.437	31.5			0.015	1.1

续表

加工种类	研磨粉		研磨粉的比例		油酸的比例		混合脂的比例		凡士林的比例		煤油的比例	
	规格	名称	质量(kg)	百分比(%)	质量(kg)	百分比(%)	质量(kg)	百分比(%)	质量(kg)	百分比(%)	质量(kg)	百分比(%)
精研	W5	Al ₂ O ₃	0.320	40.8	0.156	20.5	0.281	36.7			0.015	2
			0.031	19.4	0.140	29	0.218	45.1			0.031	6.5
抛光	W3.5	Cr ₂ O ₃	0.062	19.4	0.140	29	0.218	45.1			0.031	6.5
	W1~W3.5	Cr ₂ O ₃	0.046	11.6	0.128	31	0.218	54			0.015	3.4
	W1~W3.5	Cr ₂ O ₃	0.093	19.4	0.156	32.2	0.218	45.1			0.015	3.3
	W1~W3.5	Cr ₂ O ₃	0.070	56	0.010	8	0.015	12	0.030	24		
	W2.5~W3.5	Cr ₂ O ₃	0.109	23.3	0.628	26.7	0.218	46.7			0.015	3.3

3. 研磨液

使用研磨液进行研磨，能防止磨粒过早变钝，减少工件及研具的发热变形，使研磨颗粒均匀分布，冲去失效的磨粒及研磨下来的金属粉末。常用研磨液及其应用见表 6-6。

表 6-6 常用研磨液及其应用

研磨液名称	应用
航空气油	它与研磨膏混合后，涂于铸铁或其他材料制成的研具上，用于研磨高精度的平面及圆柱面
煤油	一般用于粗研

研磨液名称	应 用
机油	应用较普遍，一般为 N15、N32 机油，也有采用 1:3 机油煤油混合物
油脂	一般用于研磨螺纹
猪油	猪油含有油酸，可提高研磨表面质量，应用于极精密的研磨
水	应用于玻璃、水晶的研磨。一般配在研磨膏中用于研磨精密零件

三、研磨工具

在研磨中，研具是保证研磨工件几何精度的重要因素。因此对研具的材料、精度和光洁度都有较高的要求。

1. 对研磨工具的要求

①制造研磨工具的材料要组织均匀，硬度应比工件软，且具有弹性。材料的研磨性能要高，寿命要长，变形要小。

②研磨工具的制造精度要尽可能比工件精度高或相等，表面粗糙度值应不高于被研工件表面粗糙度值，且表面无裂纹、斑点和铸造缺陷等。

由上所述，在研磨时，工具硬度低于工件硬度才能保证磨粒只嵌入工具而不嵌入工件。但工具硬度过低又会使研具过早磨损产生变形。因此正确选择和制造研磨工具，对研磨起着重要的作用。

2. 常用的研磨工具材料

①灰铸铁、球墨铸铁、高磷铸铁，一般用于淬火钢件的研磨。

②巴氏合金用于研磨铜及其他软金属，如螺纹磨床主轴轴瓦。

③软钢比铸铁硬，一般用于复杂型面的研磨，如螺纹型面等。

④铜和铝用于较大余量的粗研，效率高，但研具磨损大。

⑤毛毡及皮革，用于软金属的研磨或抛光。


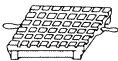
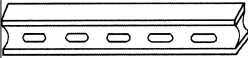
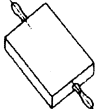
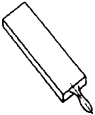
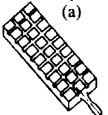
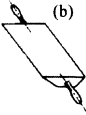
3. 研磨工具的种类

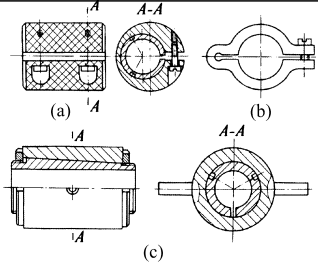

研磨工具可分成手用和机械用两种，修理工作中常用的是手用研磨工具。

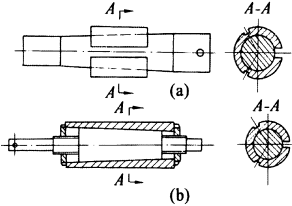
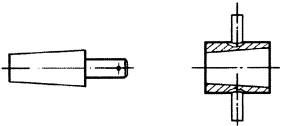
平面研磨工具：在精修工作中，平面研磨工具有研磨平板、研磨平尺，均由灰铸铁制成。

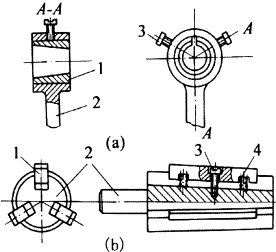
在研磨平板中有开沟槽和不开沟槽的。

表 6-7 研 具

分类	名称	图例及应用
	研磨平板	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">(a)不开槽 (b)开槽</p> <p>开沟槽的目的是把多余的研磨剂刮去,使零件与平板接触均匀,减小工件的平面度误差。但在极细研磨中由于要获得极高的表面粗糙度,此时不能开槽</p>
平面研具	研磨平尺	 <p>一般呈工字型,上下两面经细微的研磨,以保持较高的直线度要求,研磨平尺多用于研磨机床的导轨</p>
	板条形研具	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(c)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(d)</p> </div> </div> <p>(a)板形研具 (b)条形研具 (c)带沟槽的研具 (d)带角度的研具</p>

分类	名称	图例及应用
外圆柱研具	研磨套	 <p>(a)、(b)开式外圆研磨套 (c)锥度调整外圆研磨套 采用研磨套可减小被研工件的圆柱度误差,提高工件的几何精度</p>
	研磨板	<p>研磨板可减小被研磨工件母线直线度误差,但不能减小被研工件的圆柱度误差,相反有增大的可能,选用时要特别注意。凡精密零件被研的表面有油槽、沟槽等不规则形状时,严禁使用研磨板</p>
内孔研具	整体研磨棒	 <p>(a)不带螺旋沟槽 (b)带螺旋沟槽 用于特别精密的孔(如坐标镗床主轴箱孔;磨窗砂轮主轴轴瓦)和 $\phi 3\text{mm}$ 以下的小孔,制造简便,成本高,一般不用</p>

分类	名称	图例及应用
内孔研具	可调研磨棒	 <p>(a)小孔径研磨棒 (b)大孔径研磨棒</p> <p>能消除孔的腰鼓形,多用在孔的粗研中。用来研磨成批生产的工件较为经济,因为它能在一定范围内进行调整,可延长使用寿命,但结构复杂</p>
圆锥体研具	圆锥体整体研具	 <p>(a)研锥孔用研磨棒 (b)研外锥用研磨棒</p> <p>圆锥体研具不但应与被刮零件形状一致,而且还要有准确的几何形状,制作这类工具时常用锥度量轨着色检查,接触面积不少于85%</p>

分类	名称	图例及应用
圆锥体研具	可调节圆锥体研具	 <p>(a)可调外圆锥研磨套 (b)可调内锥孔研磨棒</p>
其他类型研具		不同形状的工件,可用不同形状的研具去研磨

四、润滑剂及研磨剂

润滑剂在研磨加工中占有重要的地位,它起到调和磨料、冷却和润滑的作用。常用于研磨的润滑剂和研磨剂见表6-8和表6-9。

表6-8 常用于研磨的润滑剂

类别	名称	在研磨中起的作用
液态	煤油 汽油 机油	煤油在研磨中润滑性能好,能粘吸研磨剂;汽油稀释性能好,能使研磨剂均匀的吸附在平板研磨工具上;机油润滑性能好,粘吸性能好
固态	硬脂酸 石蜡 脂肪酸	能使零件与平板或研磨工具之间产生一层极薄的较硬的润滑油膜

表 6-9 常用于研磨的研磨剂

类别	配比组成	数量	用途
液态	研磨粉 (Al_2O_3) 硬脂酸 航空汽油	20g 0.5g 200ml	压嵌法研磨
	研磨粉 (Al_2O_3) 硬脂酸 航空汽油 煤油	15g 8g 200ml 15ml	平板互研
固态 (研磨膏)	氧化铬 硬脂酸 石蜡 蜂腊 煤油	60% 11% 22% 4% 3%	光泽研磨 (抛光)
	金刚砂 氧化铬 硬脂酸 电熔汽油 煤油	40% 20% 25% 10% 5%	研磨

五、平直面的研磨

平直度和平行度是精密机械零件的基本精度指标，也是研磨工作经常遇到的加工项目。

(1) 当零件的尺寸较小，研磨要求不太高时，可用精确的研磨平板进行研磨，先将研磨平板和零件表面清洗、擦拭干净，均匀涂上研磨剂。把零件放在研磨平板上，用手按住进行研磨。研磨时的运动轨迹尽量不要重复，每研磨一段时间后，要变动零件在研磨板上的位置，以便平板磨损均匀和零件研去的量相等。

(2) 研磨长形零件时，可采用研磨平尺进行研磨。

(3) 研磨平板时用湿磨法，一般可按下列顺序由粗到细更换磨料：W20→W10→W7→W3.5→W1.5…。先用 W20 研磨粉磨削刀

痕，并保证基本的平面度的要求，再用 W10 和 W10 以下的的研磨粉来提高表面质量和修整板面的微量误差。

(4) 90°角尺的研磨实例：它需要研磨四个面，其中 A 面和 C 面、B 面和 D 面应互相垂直，A 面和 B 面、C 面和 D 面应互相平行。

研磨时的步骤和方法如下：研磨 A 面时，用双手扶持角尺的两侧面，平稳地推动角尺做纵向和横向移动，进行研磨（图 6-1a）。在研磨过程中，要随时观察和检验研磨的效果。平直度用斜面平尺以光隙法检验，垂直度用平样板角尺或标准矩形角尺配合标准平尺进行检验，这样有利于随时纠正 A 面与 C、D 面的垂直度误差，为 C、D 面的均衡研磨打下良好的基础。研磨 B 面的方法如图 6-1b，并需要靠铁靠住工件侧面。B 面因不能在平板上做遍及板面的研磨运动，故其平整度及光洁度较难达到要求。解决这一矛盾的方法：使涂敷研磨剂的方向与工件研磨运动成一定角度，使工件的研痕得到改变；用小板型研具做补偿研磨，即用皮革垫盖工件两侧面，将工件夹在平口钳或虎钳上，手握板条研具做直线往复运动，从而修整和提高质量。研

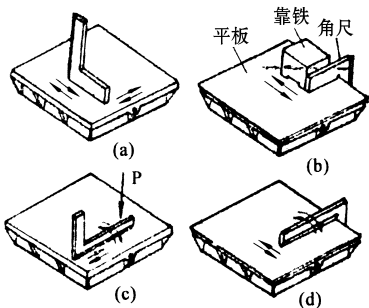


图 6-1 平样板角尺的研磨

磨 C 面的方法如图 6-1c, 用双手捏持工件做横向摆动和纵向移动。C 面系由尖刀状研成 $R \leq 0.2\text{mm}$ 的圆弧面, 其研磨量很少, 故应在研磨过程中随时检验, 以防止研磨过量。由于工件的直角边一端重量大于另一端, 所以施于靠直角边一端的工作压力应小于另一端的工作压力, 使工件保持平衡, 保证整个 C 面得到均匀的研磨。研磨 D 面的方法如图 6-1d, 围绕刃部做左右摆动。由于 D 面是内角中的圆弧面, 且和 B 面一样, 只能在平板的边缘板面上研磨, 因此需用软而薄的金属皮作夹套, 护住已研好的 B 面, 使 B 面不被碰撞和擦伤。

平样板角尺是一种精度较高的量具, 其形状又不对称, 研磨中由于作用力和温度所引起的变形量有可能超过精度的规定范围。为了减少这些不良影响, 在换用细磨料作精研时, 需采用“间歇法”, 即将工件研磨到一定精度时停下来降温, 待其定型后进行检验, 根据检验的偏差再继续加工, 这样有利于控制质量。

六、圆柱、圆锥面的研磨

圆柱面的研磨主要包括外圆和内孔, 大多数采用涂砂研磨法, 工件或研具不但做旋转运动, 而且做一定速度的往复运动, 以使各处研磨均匀。得到网状研磨痕迹的光滑表面及较高的几何精度。通常这种往复的直线运动速度和圆周速度的选择是使网纹交角大约为 $20^\circ \sim 45^\circ$ 为宜。

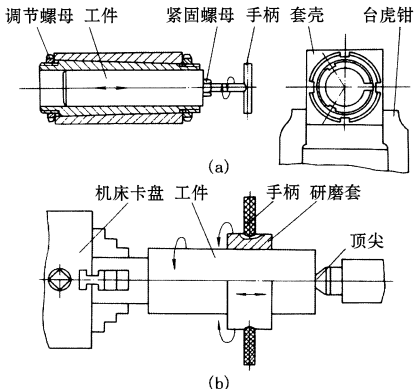
1. 外圆柱体工件的研磨

纯手工研磨法和机床配合手工研磨法两种。当采用机床配合手工研磨法时, 外圆柱体工件研磨的程序如下:

- ① 将工件和研磨工具用煤油清洗, 并用布擦干。
- ② 把工件装夹在车床主轴上。
- ③ 调整研磨工具与工件做适当配合。一般为间隙配合 ($H7/h6$)。
- ④ 调整主轴转速至所需速度, 约为 100r/min 以下。
- ⑤ 用软毛刷将稀释了的研磨剂均匀涂在工件和工具表面上。
- ⑥ 将配磨工具套在工件表面上, 启动机床进行研磨, 手握住工具沿工件紧表面做轴向的往复运动。

- ⑦在研磨过程中要经常添加研磨剂，以保持研磨效率。
- ⑧在研磨过程中不断的调整工具与工件的配合。
- ⑨当即将达到要求前，应停止添加研磨剂，利用颗粒细划作用继续研磨一段时间，以得到表面粗糙度较细的表面。
- ⑩停机取下研具并擦洗干净，待冷却后测量，若未达到要求应继续研磨。

对于精度要求较高及表面粗糙度要求较细的工件应分粗研和精研，随后再用研板加氧化铬进行抛光以进一步减小表面粗糙度值。



(a) 纯手工研磨法 (b) 机床配合手工研磨法

图 6-2 圆柱体工件的研磨

2. 内圆柱体的研磨

研磨内圆柱体的程序与研磨外圆柱体的程序大致相同，但研磨内

圆柱体时容易产生喇叭口。其原因是孔口淤积磨料，而孔内又不易进入磨料。所以当孔口磨料愈积愈多时必须设法清除，内孔出现圆柱度及圆度误差，是因为研磨棒与孔的配合间隙过松以及研磨剂涂抹不均匀所致。因此要经常注意调整研磨棒与孔的配合松紧程度，如磨料要薄而匀，并且还要经常改变研具与工件的相对位置。

3. 锥体研磨

用研磨棒研内圆锥孔时，圆锥体大小端直径不同，如图 6-3 所示，因此大端大于小端的滑运速度，所以大端的磨损较小端要多些。在实际操作时把工具放入工件孔中用手来回旋转并经常把工具稍稍拔出，使研磨剂分布均匀，再推入继续研磨。如图 6-4 所示，如果发现锥孔与主轴中心有偏差，则可以单面加压来修整。

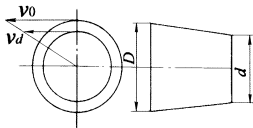


图 6-3 研内圆锥孔

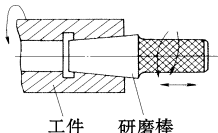


图 6-4 实际操作示意图

七、钢球的研磨

在一般情况下对钢球只做提高几何精度的研磨，因此以下仅介绍一些简易的方法。研磨钢球时，将有沟槽的平板平稳的放置在钳工台上，然后把研磨几何钢球放入平板的沟槽内，上面覆一块无沟槽的平板，用双手推动无沟槽平板作平面往复旋转运动来进行研磨。在同一批钢球中其直径不可能完全一致，在放入沟槽前必须用精确量具按大小进行分类。而后将直径较大的和较小的钢球间隔开来，放入沟槽中，大钢球要放的对称，让两块平板在研磨中保持平行状态。首先是均匀的研磨大钢球，待大钢球接近或等于小钢球直径时，全部钢球即能得到均衡一致的研磨。

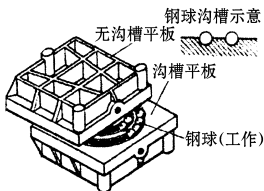


图 6-5 钢球的研磨

八、螺纹环规、螺纹塞规的研磨

1. 细牙螺纹环规的研磨

细牙螺纹环规在研磨前，首先应清除牙底杂物，清除牙底杂物的螺纹研具如图 6-5。其中径应小于环规预加工中径，即研具的牙扣应瘦于环规预加工时的牙扣，外径也应略小些。接着用两根直径不同的研具研磨内径，第一根应略小于螺纹环规的底径；第二根应等于螺纹环规的内径的下公差尺寸。当上述两道工序完成以后，即可开始研磨和抛光。研磨时的操作方法见图 6-6。研具装夹在有正、反转的

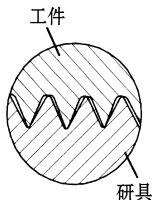


图 6-6 清除牙底杂物的螺纹研具

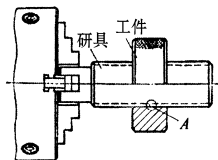


图 6-7 螺纹环规的研磨

研磨头或车床上，涂上研磨剂，环规旋到研具上，然后低速转动机床，在机床的正反转运动中进行研磨。研磨时工件要掌握平稳，工作压力要均匀，既保证工件能自然的进退，又要赋予它一个反方向的轴向作用力，使相互的牙形单边接触。如用整体式研具研磨螺纹环规，需随时观察研磨间隙，并根据研磨间隙更换适当的研具。否则会使牙形研磨变形，而变形的牙形要修整过来很困难。螺纹环规精研磨后还需要抛光。抛光与研磨除研磨剂不同以外，在工艺上基本一样。研磨用的研磨剂采用煤油、机油或柴油与金刚砂混合，调成稀糊状涂敷在研具上；抛光则是把金刚砂直接撒在研具的螺纹槽内，对工件进行干的抛光研削，以提高其光泽度。

2. 粗牙螺纹环规的研磨

大规格的粗牙螺纹环规一般都采用螺纹磨床直接磨削。不再进行研磨和抛光。只有中小规格的粗牙螺纹环规要经过研磨或抛光来提高它们的精度和光洁度。其具体方法与研磨和抛光细牙螺纹环规相同。

3. 螺纹塞规的研磨

螺纹塞规只是在最后一道工序时由钳工来进行抛光，其他各道工序及精度都有螺纹磨床来加工和保证。

九、软质材料的研磨

研磨软质材料工件的平面时，可采用压嵌法先将磨料压入研具，并在研磨中涂以保持湿润的研磨液，做1~2次遍及研具的研磨。而后用汽油洗涤研垢，再涂入研磨液继续研磨。为了避免磨粒残留在研磨过的工件表面上，选择研具材料的原则时要求硬度低于工件。研磨或抛光铜工件时，大多采用巴氏合金作研具，磨料用氧化物磨料。研磨或抛光铝工件时，大多采用铅作研具。磨料用一般的金刚砂。研磨或抛光不锈钢工件时，大多采用铸铁作研具，磨料用金刚石磨料，氧化铬也可用于不锈钢的抛光。

十、脆材料的研磨

硬质合金、玻璃、钻石、玛瑙及陶瓷等高硬材料的研磨加工工

艺，与淬火钢相比较主要是应用磨料不同。无论粗研或半精研磨，均可采用碳化硼、碳硅硼和碳化硅磨料；精研或抛光时，可采用金刚石粉或金刚石研磨膏。抛光玻璃件的磨料，可采用氧化铁和氧化铈，其中氧化铈比氧化铁的效果好。

十一、超精研磨和抛光

超精研磨和借助研具的型面抛光是一种特殊的精研方法。它可以使直径 300mm 的平晶平面性偏差达到 $0.01\mu\text{m}$ 的精度，使厚度 10mm 以下的块规达到 $0.03\mu\text{m}$ 的精度。它对工件的预加工质量和研磨中的客观条件要求十分严格。

超精研磨采用压嵌法预先把磨料嵌附在研具上，而后用于研磨。通过多次对研，使工件表面达到平整光洁的状态。用这种研具对工件进行研磨，是以物理作用为主兼有化学作用的研磨过程。

抛光加工的工件可分为两种：一种是装饰件的抛光，只要求美观不要求高的精度，如钟表的外壳或其他生活用品。另一种是量具、刃具和机械零件的抛光，不但要求表面光洁度，还要求很高的尺寸精度。在这我们主要指后一种。

抛光加工是物理作用和化学作用对加工表面的综合。抛光是借助研具精确型面对工件进行仿型加工的一种方法。要求研具具有一定的化学成分，而且要求有很高的制造精度。抛光研具与所采用的抛光剂有关。一般用混合抛光剂抛光精密表面时，多采用高磷铸铁作研具；用氧化铬抛光精密表面时，则用玻璃作为研具。抛光方法是在研具表面均匀涂一层薄抛光剂，用研磨加工的操作方法对工件进行抛光。

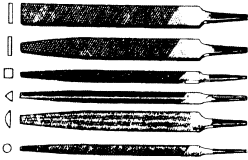

第七章 手工制作

一、锉 削

用锉刀从工件上锉掉一层金属，这种加工方法称为锉削。锉削是一种手工操作方法，生产效率不高。但在当前生产中仍是不可缺少的加工方法。

锉削分为粗锉削和精锉削，锉削后的表面光洁度，主要取决于锉刀齿的粗细。锉刀是锉削的惟一工具。

表 7-1 锉刀的种类及用途

名称	图示及用途	
钳工锉		<p>用于锉削或修整金属工件的孔和槽</p> <p>锉纹的粗细分为粗、中、细、双细、油光五号</p> <p>形状及截面形状如左图。长度（不连柄）100~450mm</p>
整形锉 (什锦锉)	<p style="text-align: center;">整形锉</p>  <p>扁锉 圆边扁锉 方锉 三角锉 单面三角锉 圆锉</p> <p>半圆锉 双半圆锉 椭圆锉 刀形锉 棱形锉</p>	<p>用于锉削小而精细的金属零件，为制造模具、工夹具时的必要工具。习惯上成组购置使用，故称为组锉。每组根数分为 5、8、10、12 支。锉的全长 100~180mm</p>

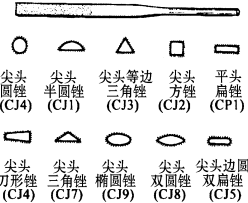
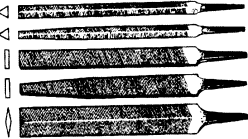



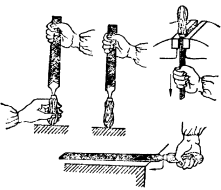

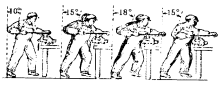
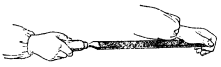
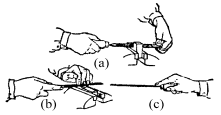
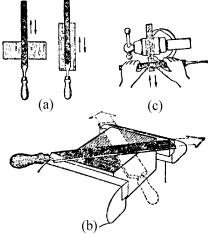
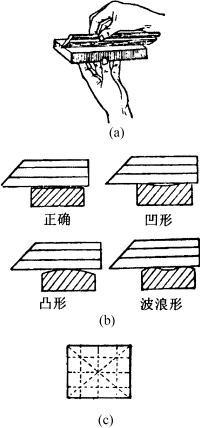
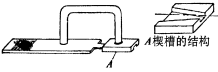
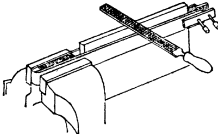
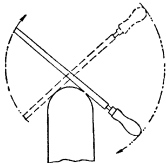
名称	图示及用途	
电镀金 刚石什 锦锉	 <p>尖头 圆锉 (CJ4)</p> <p>尖头 半圆锉 (CJ1)</p> <p>尖头等边 三角锉 (CJ3)</p> <p>尖头 方锉 (CJ2)</p> <p>平头 扁锉 (CP1)</p> <p>尖头 刀形锉 (CJ4)</p> <p>尖头 三角锉 (CJ7)</p> <p>尖头 椭圆锉 (CJ9)</p> <p>尖头 双圆锉 (CJ8)</p> <p>尖头边圆 双扁锉 (CJ5)</p>	<p>适用于锉削硬度较高的金属，如硬质合金、经淬火或渗碳的工具钢、合金钢刀具、模具、工夹具等，工效较高，习惯上成组购置</p>
锯锉		<p>专门用于修整各种木工锯的锯齿用</p>
刀锉		<p>用于锉削和修整金属工件上的凹槽，也可用于木工锯条</p>
锡锉		<p>用于锉削或修整锡制品及其他软性金属制品的表面</p>
铝锉		<p>用于锉削和修整铝、铜等软性金属或塑料制品的表面</p>

表 7-2 锉削方法

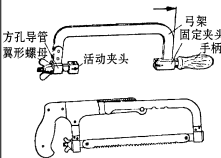
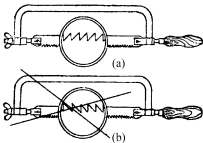

操作方法	图 示 及 说 明
装卸锉刀柄	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>装柄时用左手扶柄，用右手将锉舌插入锉柄内，然后放开左手，用右手在钳台上沿垂直方向将锉刀柄轻轻敲紧。插入的长度约为锉舌长度的四分之三</p> <p>卸锉刀可在虎钳或钳台上进行，如左图所示。在虎钳口或钳台边上沿箭头方向急速冲击，因惯性作用锉刀脱离手柄</p> </div> </div>
清理锉屑	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>用铜丝锉刷、铜片或软铁片沿锉纹方向清刷锉屑</p> </div> </div>
锉削姿势	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>锉削时双手及全身协调动作，两手用在锉刀上的力，应保证锉刀的平衡。开始推锉时，左手压力大，右手压力小而推力大，随着锉刀的推进，左手压力减小，右手压力增大。锉削中，锉刀保持水平直线运动。锉刀回程时不加压</p> </div> </div>
较大锉刀的握法	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>习惯的左右手握法如图所示。左手方法比较随便，以锉时得力为佳</p> </div> </div>
中、小型锉的握法	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>中、小型锉的握法如图所示。(a)中型锉刀的握法；(b)小型锉刀的握法；(c)最小型锉刀的握法</p> </div> </div>

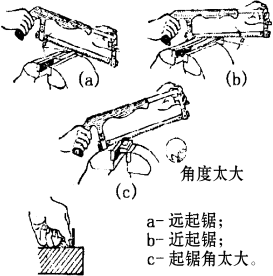
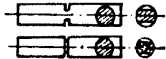
操作方法	图 示 及 说 明
平面锉削的方法	<p>平面锉削的方法如图所示。(a) 顺向锉；(b) 交叉锉；(c) 推锉</p> 
锉削平面的检查	<p>用普通直尺或刀口直尺以透光法来检查已锉削表面的平整度。</p> <p>(c) 为检查刀口放置的方向和各种位置</p> 

操作方法	图 示 及 说 明
大平面的锉削方法	 <p data-bbox="422 329 523 357">A 楔槽的结构</p> <p data-bbox="547 291 925 385">工件表面的长度和宽度都超过锉刀的长度，可采用弓形锉刀柄，如图所示</p>
锉薄板窄面的夹持方法	 <p data-bbox="547 501 925 595">用夹板夹持薄板，再把夹板夹在虎钳中。这样可以减少锉削中工件的抖动</p>
锉削外圆弧面	 <p data-bbox="547 870 925 964">锉削外圆弧面，锉刀要同时完成两种运动：前进运动、锉刀绕工件中心的转动</p>

二、切割

表 7-3 切割工具及方法

工具及操作	图 示 及 说 明
弓锯	<p>弓锯的构造如图所示。上图为固定式弓锯，下图为可调整式弓锯。可调整式弓锯适合于几种长度规格的锯条，且把手形状便于用力，应用较广泛</p> 
安装锯条	<p>手锯是在向前推的时候才起切削作用的，所以锯齿的安装方向 a 为正确 锯条安装后要适当张紧</p>  <p>锯条装上弓架的方向 (a) 正确的；(b) 错误的</p>
弓锯的把握姿势	<p>弓锯的把握姿势如左图所示</p> 

工具及操作	图 示 及 说 明
起 锯	 <p>起锯是锯割工作的开始。起锯质量的好坏，直接影响锯割的质量。起锯有远起锯、近起锯两种。一般情况下采用远起锯较好，因为此时锯齿是逐步切入材料，锯齿不易卡住，起锯比较方便。如要用近起锯，用力要轻，以免锯齿由于突然较深地切入材料而被工件棱边卡住，甚至崩断</p> <p>无论用远起锯或近起锯，起锯的角度要小 (α 不超过 15° 为宜)。如果起锯角太大，则锯不易平稳，但起锯也不宜太小，太小则易切入材料，而发生偏离</p> <p>为了起锯平稳和准确，可用手指挡住锯条，使锯条保持在正确的位置上</p> <p>a-远起锯; b-近起锯; c-起锯角太大。</p>
棒 料 的 锯 割	 <p>如果要求锯割的断面比较平整，应连续锯到结束。若锯出的断面要求不高时可改变几次方向，使棒料转过一定角度锯，这样，由于锯割面变小而容易锯入，可提高工作效率。锯毛坯材料时，断面质量要求不高，为了节省锯割时间，可分几个方向锯割。每个方向都不锯到中心，然后折断</p>

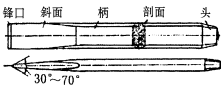
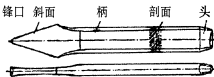

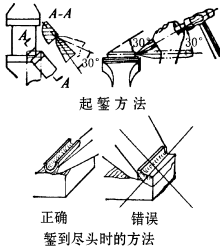
工具及操作	图 示 及 说 明	
管子的锯割	 <p style="text-align: center;">管子的夹持</p> <p style="text-align: center;">正确 不正确</p>	<p>锯割管子的时候首先要做好管子的夹持。对于薄壁管子和精加工的管件，放在有 V 形槽的木垫之间，以防夹扁和夹坏表面</p> <p>锯割时不要只在一个方向上锯，要多转几个方向，每个方向只锯到管子的内壁至锯断为止</p>
薄板料的锯割		<p>锯割薄板料时，尽可能从宽的面上锯下去。这样，锯齿不易产生钩住现象。要在板料的窄面锯下去时，应该把它夹在两块木块之间，连木块一起锯下。避免锯齿钩住，同时也增加了板料的刚度，割时不会颤动</p>
深缝的锯割		<p>当锯缝的深度超过锯弓的高度时，锯条转过 90° 安装后再锯，装夹时，应处于钳口附近，以免因工件颤动影响锯割质量和损坏锯条</p>
型材切割机		<p>用纤维增强薄片砂轮作为切割工具。适合于切割各种型材。切割面可与型材纵向垂直或在 45° 范围转向</p>

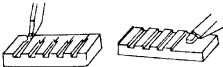

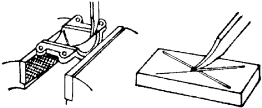
三、 鍔 切

用手锤打击鍔子对金属进行切削加工称为鍔切，操作方法见表7-4。这是一种强体力操作。现代生产中，只有不便机械操作的特殊条件下才采用这种操作方法。鍔削使用的工具主要是手锤和鍔子。鍔子的构造较简单（见表7-4），钳工可以自制。鍔子可以用圆钢、六棱钢、八棱钢锻造而成，钢的材质为碳素工具钢、高速工具钢等。

锻好的鍔子，一定要经过淬火后才能使用。为了防止淬火后在刃磨时再退火，并便于淬火时观察，一般把锻好的鍔子粗磨头部后进行淬火。碳素工具钢热处理时，把鍔子切削刃部加热（呈暗樱红色）后取出，迅速垂直地放入冷水中约4~6mm，并沿水面微微做水平移动。移动的的目的是为了加速冷却，提高淬火硬度，并使淬硬部分与不淬硬部分不致有明显的界线。如果有明显的界线存在，则鍔子易在此线上断裂。当鍔子露出水面的部分呈黑色时，由水中取出，利用上部热量进行余热回火。这时要注意观察鍔子的颜色，一般刚出水时的颜色是白色的，刃口的温度逐渐上升后，颜色也随着改变，由白色变为黄色，再由黄色变为蓝色。当呈现黄色时，把鍔子全部放入冷水中冷却，这种回火温度称为“黄火”。当鍔子呈现蓝色时，把鍔子全部放入冷水中冷却，这种回火温度称为“蓝火”。一般采用黄、蓝火之间的鍔子硬度效果最好。鍔子出水后，由白色变为黄色，再由黄色变为蓝色的时间很短，只有几秒钟，必须很好地掌握。因为第二次把鍔子全部淬入冷水中时间的早晚，对刃口硬度关系极大。太早，刀口太脆；太晚，刃口又太软。只有经过不断地实践，才能熟练地得到理想的鍔子硬度。

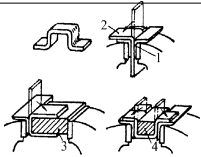
表 7-4 鑿切工具、鑿切方法

工具及操作方法	说明及图示	
<p>扁鑿 (扁铲)</p>	<p>用以鑿切平面、铸件毛边和分割薄板、钢筋</p>	
<p>狭鑿 (尖鑿)</p>	<p>用以鑿槽和分割曲线形板料</p>	
<p>油槽鑿</p>	<p>用来鑿削润滑油槽</p>	
<p>鑿切平面</p>	<p>用扁鑿每次鑿切掉材料厚度为 0.5 ~ 2mm。起鑿可在工件中部或两端进行，起鑿后要把切削角度调整到能顺利地鑿掉厚度均匀的材料，并在鑿切中尽力保持这个切削角度，以得到光滑平整的表面，每次鑿切快到尽头时，应从另一头鑿掉余下部分，以免材料被撕裂</p>	

工具及操作方法	说明及图示	
鍍切大平面	鍍切大平面，先用尖鍍开槽，再以扁鍍平	
鍍切键槽	按已划好的线鍍切，两端带圆弧的键槽，可在两端钻两个孔径等于槽宽的孔，用尖鍍鍍切，每次鍍切量要小，用力要轻	
鍍切油槽	选用宽度等于油槽宽度的油槽鍍鍍切，如果是在曲面上鍍切油槽，鍍子的倾斜角度要随曲面的变化而变化，以使在不同的鍍切点保持相同的切削角度，从而保证油槽尺寸、深浅和光洁度的要求	 <p>(a) 鍍曲面油槽；(b) 鍍平面油槽</p>

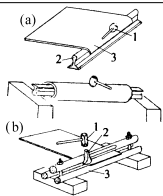
四、手工弯曲 U 卡

表 7-5 手工弯曲 U 形卡

零件形状图示	操作要点
 <p>1. 角钢;2. 板料;3、4. 垫铁或木块</p>	<p>先把板料划上线,在虎钳上用垫铁或木块夹紧,边用手扳边锤击弯角处</p>

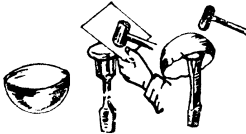
五、手工卷圆

表 7-6 手工卷圆

零件形状图示	操作要点
 <p>(a)薄板弯圆 (b)厚板弯圆 1. 木锤;2. 钢轨; 1. 大锤;2. 弧锤; 3. 板料 3. 压料装置</p>	<p>薄板弯圆筒,若是咬扣,则先将两端咬扣制出,再将两端与钢轨对平行,用木锤或拍板从两端逐渐向中间敲,接口重合即将咬扣压紧或焊成,然后修圆</p>

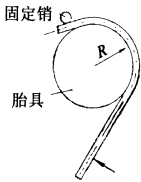
六、手工拱曲

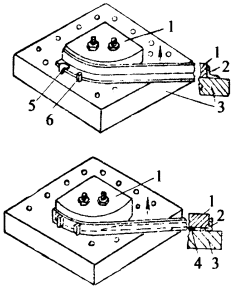
表 7-7 手工拱曲

零件形状图示	操作要点
	板料周边起皱向里收,中间打薄向外拉。反复捶击力均匀,冷作硬化要焖火

七、型材弯曲

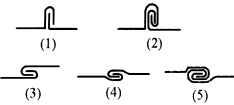
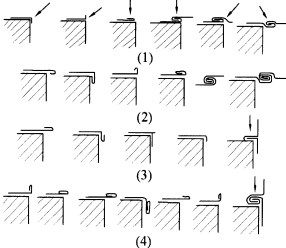
表 7-8 型材弯曲基本方法

名称	图 示	操作要点
手工弯管		将空心管子装满沙(或灌铅、塞钢丝螺圈),塞好两端轻轻弯。如要加热需留孔。大型管一般要加热。焊缝要处于中性层

名称	图 示	操作要点
型钢 煨弯	 <p data-bbox="222 763 559 833">1. 板型胎; 2. 角钢; 3. 平台; 4. 垫板; 5. 大弯卡; 6. 卡铁</p>	<p data-bbox="606 217 922 357">弯曲角钢(如图所示)需型胎,不论内弯或外弯,加热之后迅速夹紧,边扳边敲紧贴胎</p> <p data-bbox="606 371 922 434">槽钢、工字钢煨弯方法类似</p>

八、薄板卷边、咬缝

表 7-9 薄板卷边、咬缝的种类和方法

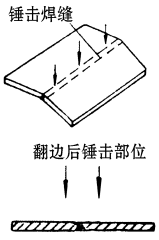
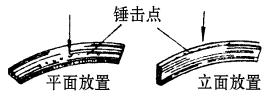
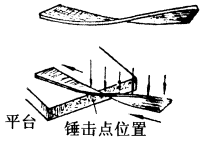
名称	图 示	说 明
咬 缝	 <p>(1) (2)</p> <p>(3) (4) (5)</p> <p>咬缝的种类</p> <p>(1)站缝单扣 (2)站缝双扣 (3)卧缝挂扣 (4)卧缝单扣 (5)卧缝双扣</p>	<p>咬缝种类虽很多,操作基本差不多,下料留出咬缝量,缝宽×扣数差不多</p> <p>根据咬缝种类留余量,决不可以搞平均。一弯一翻做好扣,二板扣合再压紧,边部敲凹防松脱</p>
	 <p>(1)</p> <p>(2)</p> <p>(3)</p> <p>(4)</p> <p>咬缝过程</p> <p>(1)卧缝单扣 (2)卧缝双扣 (3)站缝单扣 (4)站缝双扣</p>	

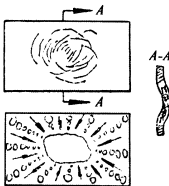


名称	图 示	说 明
卷边		<p>先把板料划出二条卷边线, $L = 2.5d$ 和 $L_1 = \frac{1}{4}L \sim \frac{1}{3}L$</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 把板料放到平台上, 露出 L_1 长并弯成 90° 2、3. 边向外伸料边弯曲, 直到 L 为止 4. 翻转板料, 敲打卷

九、板金校正

表 7-10 板金校正基本操作

项目	图 例	矫 正 要 点
型材弯曲变形		<p>各种型材弯曲变形, 根据弯曲的情况, 弯曲部位中间空搁, 锤击立筋</p>

项目	图 例	矫 正 要 点
焊缝角变形	 <p>锤击焊缝</p> <p>翻边后锤击部位</p>	<p>两板焊接角变形,直接锤击焊缝,翻过来再锤击相邻部位</p>
扁料立弯变形	 <p>锤击点</p> <p>平面放置</p> <p>立面放置</p>	<p>平放,立收,交叉锤击</p>
扁料扭曲变形	 <p>平台</p> <p>锤击点位置</p>	<p>可先在虎钳上夹紧,向扭曲的反方向扳,扭曲变小后放在平台上,锤击支撑点外侧的扭边。此即为落空法</p>

项目	图 例	矫 正 要 点
薄板中间凸起变形		<p>板料中间凸起变形,用锤敲打凸起的圆周逐渐向外移放,锤击力由轻到重</p>
板料波浪变形		<p>锤击弓形两端,由重到轻向内收。直线连续锤击,不能乱击</p>
板料压凸周边变形		<p>四周松,要锤击圆角部分,沿角向外放</p>

十、钣金展开图的基本方法

1. 做展开图的三种基本方法

①平行线法。按照棱柱体的棱线或圆柱体的素线，将棱柱面或圆柱面划分成若干四边形，然后依次摊平，得出展开图。这种方法就叫平行线法。

凡属素线或棱线互相平行的几何形体，如矩形管、圆管等，都可用平行线法进行表面展开。

②放射线法。在锥体的表面展开图上，有集束的素线或棱线，这些素线或棱线集中锥顶一点，利用锥顶和放射线素线或棱线画展开图的方法，称为放射线法。

放射线法是各种锥体的表面展开法，不论是正圆锥、斜圆锥以及棱锥，只要有一个共同的锥顶，就能用放射线法展开。

③三角形法。根据制件形体的特点和复杂程度，将制件表面分成一组或多组三角形，然后求出每组三角形的实形，并将它们依次毗连排列，画出展开图，这种作展开图的方法叫三角形法。

放射线法也是将制品表面分成一系列三角形来展开的，它和三角形法不同的地方主要是三角形的排列方式不一样。放射线法是将一系列三角形围绕一个共同的中心，（锥顶）拼成扇形来作展开图的；而三角形法是根据产品的特征来划分三角形的，这些三角形不一定围绕一点来进行排列，很多情况下是按 W 形来排列的。另外，放射线法只适用于锥体，而三角形法则适用于任何形体。三角形法虽然适用于任何形体，但由于此法比较繁琐，所以只有在必要时才采用。如当制件表面无平行的素线或棱线，不能用平行线法展开。又无集中所有素线或棱线的顶点，不能用放射线法展开时，才采用三角形法作表面展开图。

2. 典型钣金展开图例

表 7-11 正圆锥台

名称	展 开 图 例	简 要 说 明
正圆锥台的展开		<p>先作圆锥的展开图,截去圆锥的顶部即得锥台展开图</p>

表 7-12 正四棱台

名称	展开图例	简要说明
正四棱台展开		<p>梯形各边实长分析:以左、右两个正垂面为例。梯形上下两底是正垂线,水平投影显示实长。梯形的高是正平线,正面投影显示实长</p> <p>作图有两种方法:</p> <p>(1)根据实长作出一个侧面实形 $ABED$,其余各侧面可用圆弧作图法求得</p> <p>(2)用旋转法求出棱线实长,以此实长为半径作扇形,在扇形上截取四个等腰梯形</p>

表 7-13 两节圆管 90 度弯头

名称	展 开 图 例	简 要 说 明
等径直角弯头		<p>由两段斜截圆柱组成。将一段旋转 180° 可与另一段接成一直圆柱。接在一起展开可以充分利用材料。接缝线可以设在 1, 也可以设在 4</p>

表 7-14 天圆地方接头

名称	展 开 图 例	简 要 说 明
天圆地方渐变接头		<p>接头由四个四分之一斜锥面和四个全等的等腰三角形平面组成。形体对称。为了使内壁光滑,三角形平面须和它相邻的斜锥面处于相切的状态。由图可看出,三角形二顶点已知,另一点在圆口处找出即可</p>

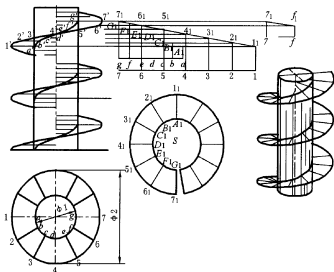
表 7-15 搅龙展开

名称

展开图例及简要说明

搅

龙



搅龙是直螺旋面,是不可展曲面,只能作近似展开。误差大小与下列数值有关:

- (1)螺距大,误差大;
- (2)内径小,误差大;
- (3)内外径差值大,误差大。

近似展开可用三角形法;锥台法;图解法等。现只介绍图解法近似展开

(1)用 D 、 d 、 H 求外螺线长 L_1 及内螺线长 L_2 。

(2)用 L_1 、 L_2 、 $\frac{D-d}{2}$ 定 a 、 b 两点。由 ab 定 o 点,即得展开图

十一、手工制弹簧

用手工方法可以制作一些结构简单,工作性能要求较低的弹簧,方法见表 7-16 至 7-19。

表 7-16 拉伸弹簧卷绕方法

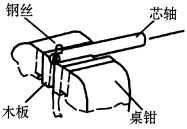
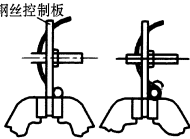
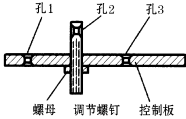
方法	图示及说明	
方法一		<p>(1)把钢丝和木板夹在桌钳中,夹紧力要适度</p> <p>(2)放好芯轴,孔或口套在钢丝头上</p> <p>(3)按要求方向谨慎绕好最初几圈后即可顺延绕成</p>
方法二		<p>(1)把控制板垂直夹在桌钳中,使孔₃稍高于芯轴</p> <p>(2)把钢丝穿入控制板孔和芯轴开口或孔中</p> <p>(3)谨慎绕好最初几圈即可顺延绕成</p> <p>(4)截去多余簧圈</p>
控制板	 <p style="text-align: center;">钢丝控制板</p> <p style="text-align: center;">控制板上孔₁和孔₂的直径和它们的距离应随钢丝直径的大小而变化。</p> <p style="text-align: center;">调节螺钉用来调整对钢丝的牵引力</p>	

表 7-17 圆钩环的制作方法




图 解	方 法 说 明
 <p style="text-align: center;">1</p>	<p>把簧置于平板上,钢丝头处于下边,将秃头 錾子敲入簧圈之间,使端圈和后面产生间隙</p>
 <p style="text-align: center;">2</p>	<p>用铁板垫在间隙中,再将錾子敲入,扩大间隙</p>
 <p style="text-align: center;">3</p>	<p>一手持錾子,一手将铁板用力向外扭压端 圈,使间隙扩大到约 40°</p>

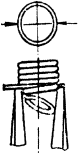

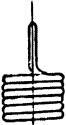
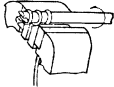
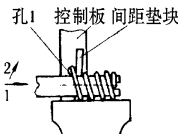
图 解	方 法 说 明
 <p style="text-align: center;">4</p>	<p>用手钳(钢丝直径粗时用桌钳)夹在箭头所指位置,把簧圈向中心移动,直到与手钳接触止</p>
 <p style="text-align: center;">5</p>	<p>用铁棒插入簧内,一手持铁棒,一手用扁口手钳扳扭簧圈,把间隙扩到约 50°</p>
 <p style="text-align: center;">6</p>	<p>重复 4 和 5 的操作,使端圈逐步立直并达到中心</p>

表 7-18 压缩弹簧卷绕方法

方法	图 示 及 说 明	
方法一		<p>(1)将钢丝和木板夹在桌钳中,夹紧力要适度</p> <p>(2)放好芯轴,孔套在钢丝头上</p> <p>(3)按要求方向边绕边推,谨慎绕好最初几圈即可顺延绕成(也可在开头和结尾绕成死圈)</p>
方法二	 <p>孔₁ 控制板 间距垫块</p>	<p>(1)把控制板和间距垫块一同夹在桌钳中,间距垫块的倾斜角度应相似于螺旋角,并和孔₁的边缘相切</p> <p>(2)钢丝穿过控制板各孔和芯轴开口(或孔)</p> <p>(3)开始可绕一二个死圈(以防钢丝由开口中脱出),然后按箭头1方向边绕边推,使间隙出现并跨在间距垫块上,再继续顺延绕成(如钢丝较粗时可按箭头2方向摆开一些,间隙就容易出现)</p>

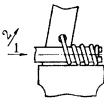
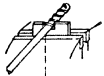
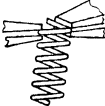

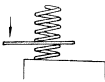
方法	图 示 及 说 明
方法三	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; padding-right: 10px;">方法三</div> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>(1)准备控制板,控制板孔₃的边缘到板侧的距离应等于弹簧的间距</p> <p>(2)把控制板夹在桌钳中,其倾斜角度应相似于螺旋角</p> <p>(3)钢丝穿入控制板各孔和芯轴孔或口</p> <p>(4)开始为防止钢丝脱落,可绕一二个死圈,然后边推边绕,使间隙出现并跨在板侧边上,再继续顺延绕成(如钢丝较粗时,可将芯轴按箭头2的方向摆开一些,间隙就容易出现)</p> </div> </div>
方法四	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; padding-right: 10px;">方法四</div> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>(1)将导板和钢丝夹在桌钳口中,夹紧力要适当。为避免擦伤钢丝,导板和钳口应用钢或铝等软质材料制成</p> <p>(2)使芯轴的孔(或开口)套在突出的钢丝头上,先卷绕一圈,向前推芯轴,使这一圈跨在导板前面。再绕2~3圈</p> <p>(3)放松芯轴,检查外径和簧距,符合要求时可继续卷绕成。若直径稍小或稍大,可改变夹紧力来调整。簧距大小可使芯轴向左或向右偏斜来调整</p> </div> </div>

表 7-19 端圈并紧的方法

方法	图 示 及 说 明
方法一	<p>用扁嘴手钳两个,由钢丝头部开始逐步将端圈扭平、并紧。这种方法适用于钢丝直径较细时</p> 
方法二	<p>将簧圈夹在桌钳角上,外露部分由小到大逐步敲平,要注意开头就要打好基础,否则最后不易并紧。这种方法适用于钢丝直径较粗时</p> 
方法三	<p>用薄铁板插在簧圈间隙中(约在第二至第三圈间),垂直压向事先烧热的小铁块上,并紧端圈。注意停留时间不能过长,以防严重退火。这种方法适用于细钢丝弹簧</p> 

十二、铆 接

铆接分为热铆和冷铆两种,热铆多用于大规格铆钉的铆接。冷铆是一种形状锁紧连接,热铆是力锁紧连接。几种典型的铆法如图 7-1。

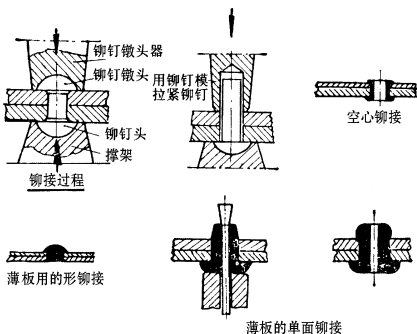


图 7-1 铆接方法

表 7-20 铆钉长度计算 (mm)

名 称	简 图	计算公式
半圆头铆钉		$L = 1.5d \sim 1.75d + 1.1 \sum \delta$

名 称	简 图	计算公式
沉头铆钉	<p>A 型半圆埋头铆钉 B 型埋头铆钉</p>	<p>A 型 $L=1.1d+1.1\sum\delta$</p> <p>B 型 $L=0.8d+1.1\sum\delta$</p>

第八章 装配、机修

一、机械装配一般过程

机械装配是按设计时的技术要求将零件和部件配合和连接成机械产品的过程。机械装配是机械制造中最后决定机械产品质量的重要工艺过程。即使是全部合格的零件，如果装配不当，往往也不能形成质量合格的产品。简单的产品可由零件直接装配而成，复杂的产品则须先将若干零件装配成部件，称为部件装配，然后将若干部件和另外一些零件装配成完整的产品，称为总装配。产品装配完成后要进行各种检验和试验，以保证其装配质量和使用性能，有些重要的部件装配完成后还要进行测试。

1. 装配工艺

常用的装配工艺有：清洗、平衡、刮削、螺纹连接、过盈配合连接、胶接、校正等(表 8-1)。此外，还可应用其他装配工艺，如焊接、铆接、滚边、压圈和浇铸连接等，以满足各种不同产品结构的需要。

表 8-1 常用装配工艺

工艺名称	工 艺 内 容
清洗	清洗是应用清洗液和清洗设备对装配前的零件进行清洗，去除表面残存油污，使零件达到规定的清洁度。常用的清洗方法有浸洗、喷洗、气相清洗和超声波清洗等。浸洗是将零件浸渍于清洗液中晃动或静置，清洗时间较长。喷洗是靠压力将清洗液喷淋在零件表面上。气相清洗则是利用清洗液加热生成的蒸汽在零件表面冷凝而将油污洗净。超声波清洗是利用超声波清洗装置使清洗液产生空化效应，以清除零件表面的油污

工艺名称	工 艺 内 容
平衡	平衡是对旋转零部件应用平衡试验机或平衡试验装置进行静平衡或动平衡,测量出不平衡量的大小和相位,用去重、加重或调整零件位置的方法,使之达到规定的平衡精度。大型汽轮发电机组和高速柴油机等机组往往要进行整机平衡,以保证机组运转时的平稳性
刮削	刮削是在装配前对配合零件的主要配合面进行刮削加工,以保证较高的配合精度。部分刮削工艺已逐渐被精磨和精刨等代替
螺纹连接	螺纹连接是用扳手或电动、气动、液压等拧转工具紧固各种螺纹连接件,以达到一定的紧固力矩
过盈配合连接	过盈配合连接是应用压合、热胀(外连接件)、冷缩(内连接件)、液压等方法,使配合面的尺寸公差为过盈配合的连接件能得到紧密的结合
胶接	胶接是应用工程胶粘剂和胶接工艺连接金属零件或非金属零件,操作简便,且易于机械化
校正	校正是装配过程中应用长度测量工具测量出零部件间各种配合面的形状精度如直线度和平面度等,以及零部件间的位置精度如垂直度、平行度、同轴度和对称度等,并通过调整、修配等方法达到规定的装配精度。校正是保证装配质量的重要环节

2. 零件装配的配合方法

根据产品的装配要求和生产批量,零件的装配有修配、调整、互换和选配4种配合方法(表8-2)。

表 8-2 配合方法

配合名称	配 合 方 法
修配法	<p>装配中应用锉、磨和刮削等工艺方法改变个别零件的尺寸、形状和位置,使配合达到规定的精度。装配效率低,适用于单件小批生产,在大型、重型和精密机械装配中应用较多。修配法依靠手工操作,要求装配工人具有较高的技术水平和熟练程度</p>
调整法	<p>装配中调整个别零件的位置或加入补偿件,以达到装配精度。常用的调整件有螺纹件、斜面件和偏心件等;补偿件有垫片和定位圈等。这种方法适用于单件和中小批生产的结构较复杂的产品,成批生产中也有少量应用</p>
互换法	<p>所装配的同一种零件能互换装入,装配时可以不加选择,不进行调整和修配。这类零件的加工公差要求严格,它与配合件公差之和应符合装配精度要求。这种配合方法主要适用于生产批量大的产品,汽车、拖拉机的某些部件的装配</p>
选配法	<p>对于成批、大量生产的高精度部件如滚动轴承等,为了提高加工经济性,通常将精度高的零件的加工公差放宽,然后按照实际尺寸的大小分成若干组,使各对应的组内相互配合的零件仍能按配合要求实现互换装配</p>

3. 装配生产组织

按照装配过程中装配对象是否移动,分为固定式装配和移动式装配两类。

①固定式装配:在一个工作位置上完成全部装配工序,往往由一组装配工完成全部装配作业,手工操作比重大,要求装配工的水平高,技术全面。固定式装配生产率较低,装配周期较长,大多用于单

件、中小批生产的产品以及大型机械的装配。

②移动式装配：把装配工作划分成许多工序，产品的基准件用传送装置支承，依次移动到一系列装配工位上，由各工序的装配工分别在各工位上完成，按照传送装置移动的节奏形式不同，有自由节奏装配和强制节奏装配。前者在各个装配工位上工作的时间不均衡，所以各工位生产节奏不一致，工位间应有一定数量的半成品贮存以资调节；后者的装配工序划分较细，各装配工位上的工作时间一致，能进行均衡生产。移动式装配生产率高，适用于大批量生产的机械产品。

4. 装配的环境条件

为保证机械产品的装配质量，有时要求装配场所具备一定的环境条件，如装配高精度轴承或高精度机床（如坐标镗床、螺纹磨床等）的环境温度必须保持 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 恒温；对于装配精度要求稍低的产品，装配环境温度要求应降低。如按季节变化规定为：夏季 $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，冬季 $(17 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。既可保证装配精度，又可节约能源。装配环境湿度一般要求为 $45\% \sim 65\%$ 。有些特别精密产品的装配对空气净化程度有特殊要求，如超精微型轴承的装配，要求每升空气中含大于 $0.5\mu\text{m}$ 尘埃的平均数不得多于3个。

装配场所的采光应满足装配中识别最小尺寸的需要。还应按照不同情况采取防振、防噪声和电磁屏蔽等特殊措施。对于重型精密机器，要求装配基座有坚固的地基，以防止装配过程中出现变形。装配重型或大型零部件时，为了精确吊装就位应设置有超慢速的起重设备。

5. 发展趋势

机械装配的发展方向是：①根据生产批量改进产品的结构设计，改善产品的装配工艺性；②应用大功率超声波清洗技术和装置有效地清洗大型零件，以提高产品的清洁度；③推广提高胶接技术，发展光孔上丝（螺钉直接拧入光孔）、无孔上丝（不另加工孔，螺钉直接拧入连接件）等加工与装配相结合的新工艺；④在检测和校正工作中，推广应用光学、激光等先进技术，以提高产品质量及其稳定性；⑤提高装配工作的机械化自动化程度。

6. 清洗方法

表 8-3 清洗方法

方法	清 洗 液	特 点	适用范围
刷洗	汽油、煤油、柴油、乙醇和化学清洗液	操作简单,装备简单,生产率低	单件或小批生产中的中小型零件和大件的局部清洗
浸洗	常用的各种清洗液均适用	操作简单,但时间长,宜多步洗	批量较大和形状复杂的工件。清洗轻度黏附的油垢
气相清洗	三氯乙烯蒸气	效果好,装备复杂,劳动保护要求严格	适于中批或大量生产。清洗黏附较严重的污垢和半固体状油垢
超声波清洗	汽油、煤油、柴油及化学清洗液或三氯乙烯	效果好,生产率较高,装配维修管理较复杂	适于成批生产形状复杂、清洁度高的小件。清洗污垢或半固体油垢
喷洗	汽油、煤油、柴油、化学清洗液、碱液或三氯乙烯	清洗效果好,生产率高,装备较复杂	中小型工件。清洗中等黏附程度的油垢

注：还可采用联合式的清洗方法。

7. 平衡

零件或部件，由于内部组织不均匀、加工制造和装配误差或本身形状不对称等原因，在旋转时，由于重心与旋转中心发生偏移，产生离心力，引起机器工作时振动，使零件的寿命和机器的工作精度降低。它的危害程度随着机器本身的大小、重量、转速高低等因素而不同。平稳的目的在于消除零部件的不平衡质量，从而消除因此而引起的机器旋转时的振动。平衡方法分静平衡和动平衡，动平衡的平衡精度高。一般零件在动平衡时，可视为刚性体进行平衡。但也有不少物体，例如轴类挠性零件，平衡时，不能忽略其旋转弹性变形的影响。

对不平衡量可用下述方法校正：用补焊、喷镀、胶接、铆接、螺纹连接等方法加配质量；用钻、磨、铣、锉等方法去除质量；在预制的平衡槽中改变平衡块的位置和数量。

①静平衡 静平衡装置如表 8-4 所示。用改变平衡块在平衡槽中位置实现静平衡的方法如表 8-5 所示。

表 8-4 静平衡装置

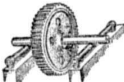

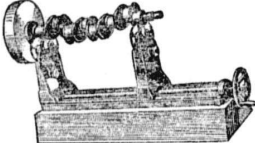
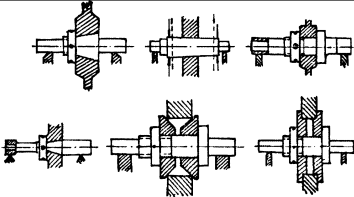
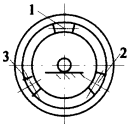
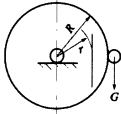
名 称	图 示
圆柱式平衡架	
菱形平衡架	
滚轮式平衡架	
平衡心轴	

表 8-5 静平衡方法

图 例	平 衡 方 法
	<p>将被平衡的零件连同心轴,放在已经调好水平的平衡架上。将平衡块按三等分均布,并初步旋紧螺钉</p> <p>使任意一块处于最高点(例如平衡块 1),当零件左右转动时,调整该块,到零件能静止为止。此时另外两块置于原处,不得调动。将零件转过 120°,使块 2、3 轮流处于最高点,用原方法进行调整。后者调整时,不动前者。如此依次调整,直至零件平衡达到要求,最后紧固好螺钉</p>
	<p>将被平衡的零件连同心轴放在已调好水平的平衡架上</p> <p>用试验的方法,确定零件的不平衡位置和大小(较小的试验载重可用胶质物,较大的试验载重可用夹类结构将金属物挂在零件上)</p> <p>根据最后的试验载重的质量和位置,经过计算,确定在校正点上应去除或增加的质量 G_y:</p> $G_y = G \frac{R}{r}$ <p>式中 G.最后使零件达到平衡的试验载重的质量(连同夹类结构); R.由转动轴心到最后试验载重的距离; r.由转动轴心到选定校正点的距离(在轴心和载重的连线上)</p>

②动平衡 对长度和直径比很小的零件,进行静平衡就可以了;对长度和直径比较大的旋转零件和部件,只进行静平衡是不够的,还必须进行动平衡。

动平衡是在零件旋转时进行的。在动平衡时,不但要平衡偏重所产生的离心力,而且要平衡离心所产生的力偶,因此动平衡包括了静平衡。但在动平衡前一般先要校正好它们的静平衡,以减少它们的静不平衡。

动平衡须在动平衡机上进行。动平衡机有机械式和电动式两类。关于动平衡机及其使用可参阅有关资料。

8. 压入法装配

过盈连接一般属于不可拆卸的固定连接。其装配方法有压入法、加热法、过冷法。压入法及其应用见表 8-6。

表 8-6 压入法及其应用

装配方法	设备或工具	工艺特点	应用举例
冲击压入	用手锤或重物冲击	简便,但导向性不易控制,易出现歪斜	适用于配合要求低、长度短的零件装配。如销、短轴等。多用于单件生产中
工具压入	螺旋式、杠杆式、气动式压入工具	导向性比冲击压入好,生产率较高	适用于小尺寸连接件的装配,如套筒和一般要求的滚动轴承等。多用于中小批生产
压力机压入	齿条式、螺旋式、杠杆式气动压力机或液压机	压力范围由 $(1 \sim 1000) \times 10^4 \text{N}$ 配合夹具使用,可提高导向性	适用于采用轻、中型静配合的连接件,如齿圈、轮毂等。成批生产中广泛采用

9. 加热装配

加热装配是过盈配合的一种，又称为红套装配，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，使之胀大，然后将轴套入胀大的孔中，待冷缩后，轴与孔就形成能传递轴向力、扭矩的结合体。

加热装配的优点是结构简单，比迫击配合和压入配合能承受更大的轴向力和扭矩，所以有较广泛的应用。

①加热方法 工件加热装配时，可根据其尺寸及过盈量采取不同的加热方法。

一般中小型零件选用油煮法。将油倒入与加热套装零件大小相适应的容器里，加热至所需的温度，即可取出零件与轴套合。

这种加热装配工艺可使零件得到整体加热，受热均匀，仅产生很小的内应力。因此可以不变形或少变形，同时表面不产生氧化皮，故应用较为广泛。

大型零件加热装配时，往往受到加热油池容积的限制，同时零件又必须竖放，采用上述油加热的方法显然不适应。可自制或购买井式加热炉，也可采用煤气加热或中频电加热。

②加热装配的过盈量 加热装配过盈量的经验公式如下：

$$\delta \approx \frac{d}{25} \times 0.04 \text{ (mm)}$$

式中 δ . 轴、孔间的过盈量 (mm)；

d . 轴或孔的公称直径 (mm)。

③加热装配应注意的问题：

a. 热装后的连接件要有足够的强度，其各表面间均应保持良好的位置精度和尺寸精度。

b. 热装的整个操作过程中对零件的尺寸、形状、毛刺、过渡角半径、倒棱等应严格注意。套合后如有角度、方向要求的，则需事先做好角度定位夹具。加热与冷却，既要合理控制温度和时间，又要密切注意安全。

10. 过冷装配


过冷装配也是过盈配合一种。它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，把轴过冷，使之缩小，然后将轴放入常温的套中，轴与孔就紧密结合在一起，并能够传递轴向力和扭矩。过冷装配的方法及应用特点见表 8-7。

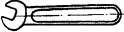
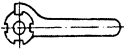
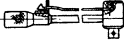
表 8-7 过冷装配方法及应用特点

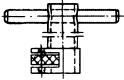
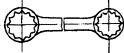
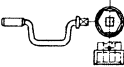
方法	设 备	应 用 特 点
干冰冷缩	干冰冷缩装置,或用酒精、丙酮、汽油为介质	可冷到 -78°C ,操作简便 适用于过盈量小的小型件或薄壁件等
低温冷缩	各种类型低温箱	可冷到 $-40\sim-140^{\circ}\text{C}$,冷缩均匀,表面洁净,易控制温度,生产率高 适用于表面精度高的零件,在热态下工作的薄壁件等
液氮冷缩	固定式或移动式液氮槽	可冷到 -195°C ,时间短,效率高 适用于过盈大的零件

二、螺纹连接的拆装

表 8-8 螺纹连接手用工具

名 称	简 图 及 说 明
螺钉旋具	 <p>俗称起子或改锥。头端分一字形和十字形。适用于装配一字形和十字形螺钉、木螺钉、自攻螺钉等。手柄有木制和塑料两种，一字形起子还有旋杆通心式，便于轻微敲打</p>

名称	简图及说明
单(双)头扳手	 <p data-bbox="632 239 926 487">俗称死扳手或呆扳手。适于装配六角和方头螺栓、螺钉及螺母用。可成套供应,以便装配不同尺寸的螺栓、螺母。使用时要认真选择扳手的开口尺寸,以防损坏被拧紧件的棱角</p>
钩形扳手	 <p data-bbox="632 575 926 823">这类扳手除钩形的外,还有 U 形扳手和套筒形扳手。U 形扳手有圆销式和方销式,分别用来装拆周边有缺口的和端面有圆窝的螺母。钩形和 U 形扳手还有可调整式的</p>
扭力扳手	 <p data-bbox="632 935 926 1145">配合套筒扳手头使用。应用时,指针在刻度盘上指示旋紧力的大小。适用于有紧固力矩要求的螺纹连接。属于这类的还有专用的定扭矩扳手</p>

名称	简图及说明
双头螺栓专用 扳手	 <p data-bbox="634 249 926 403">除图示带有偏心轮的套筒式扳手外, 还有长螺母带制动螺钉式的和长螺母带横楔式的, 但都不及图示方法方便</p>
梅花扳手	 <p data-bbox="634 509 926 789">十二角形梅花扳手, 只要转过30°就能调换方向, 容易在狭窄的地方工作。可成套供应。因受力面积大, 所以比开口扳手强度高。属于这类整体形扳手的, 还有正方形或六角形扳手孔的形式</p>
套筒扳手	 <p data-bbox="634 893 926 1139">成套套筒扳手是由一套尺寸不等的梅花套筒和不同接杆组成。可以用在普通扳手难于接近的螺钉(栓)或螺母的装配场合。与套筒配合使用的还有棘轮扳手和万向接杆</p>



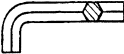
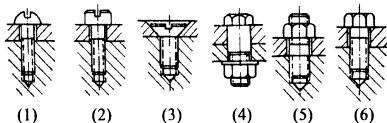
名 称	简 图 及 说 明
活扳手	 <p data-bbox="634 259 927 539">使用活扳手应让固定扳手口受主要作用力, 否则会损坏扳手。扳手口尺寸要调得与被拧紧件相适应, 否则会损坏被拧紧件的棱角。多用于单件生产或修理工作的场合, 一般最好不选用它</p>
管子钳	 <p data-bbox="634 651 927 875">适用于管子和管路附件螺纹的装配和一些特殊场合的装拆工作。使用管钳装拆零件一般都会在表面上造成较严重伤痕。管钳只能在单方向锁住工件</p>
内六角扳手	 <p data-bbox="634 1000 927 1127">由六角扳手成套供应, 可根据螺钉的规格选择扳手。用于装拆各种六角螺钉和螺塞</p>

表 8-9 常见螺纹连接型式



图号	名 称	特 点
1 2 3	半圆头螺钉连接 圆柱头螺钉连接 沉头螺钉连接	多为小尺寸螺钉，螺钉头上有一字形或十字形槽，便于用起子装卸。适用受力不大及一些轻小零件的连接。一般不用螺母，直接用螺钉拧入工件螺纹孔中。这类螺钉还有半沉头螺钉
4	小六角头铰制孔用螺栓连接	螺栓杆部与工件通孔配合良好，起紧固与定位作用，能承受侧向力，一般用于不必打销钉而又有定位要求的连接
5	双头螺栓连接	装配时一端拧入固定零件的螺纹孔中，再把被连接件用螺母夹紧。这种连接，适用于被连接件的厚度较大或经常需要拆卸的地方
6	六角头螺栓连接	使用时不需螺母，通过零件的孔，拧入另一零件的螺纹孔中。适用于不经常拆卸的地方。螺钉头还有小六角、内六角和方形等

表 8-10 螺纹连接拧紧顺序

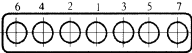
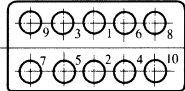
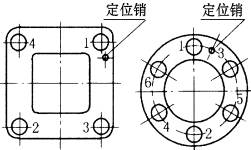
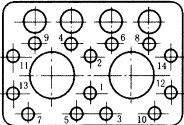

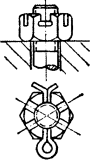
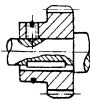
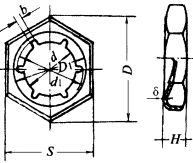
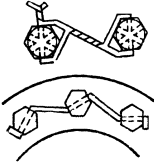
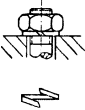
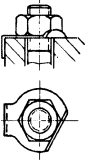
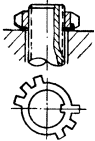
分布型式	图 示	拧紧方法
一字型		<p>视分布情况和工件形状,按 1、2、3…顺序逐步(分 2~3 次)拧紧</p>
平行型		<p>视分布情况和工件形状,按 1、2、3…顺序逐步(分 2~3 次)拧紧</p>
四边型、圆型		<p>视分布情况和工件形状,按 1、2、3…顺序逐步(分 2~3 次)拧紧</p>
多孔型		<p>视分布情况和工件形状,按 1、2、3…顺序逐步(分 2~3 次)拧紧</p>

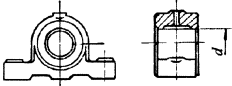
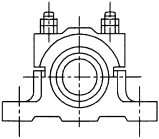
表 8-11 螺纹连接防松

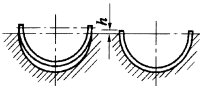
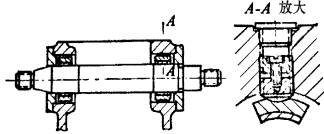
防松方法	简图及说明
锁紧螺母防松	 <p>依靠两螺母间产生的摩擦力来防松。这种方法会增加被连接件的重量和占用空间，在高速和振动时使用不够可靠</p>
开口销防松	 <p>用开口销插入六角槽形螺母的槽和螺栓的孔中防松。使用时注意，开口销的两脚分开的角度一般不宜过大</p>
钢丝卡圈防松	 <p>紧定螺钉拧紧之后，并使一字形起子口和连接件的环形槽重合，套上钢丝卡圈防松。注意卡圈缺口处于螺钉相反位置，缺口宽度越小越好</p>
扣紧螺母防松	 <p>用扣紧螺母防松比较可靠，但拆卸时，应先将紧固螺母向下旋紧 $60^\circ \sim 90^\circ$ 后，再旋出扣紧螺母。扣紧螺母由 65Mn 钢带冲制并经热处理而成</p>

防松方法	简图及说明
铁丝防松	 <p>用铁丝来防止成对或成组的螺栓松动，必须把铁丝拧得较紧，并注意正确安排铁丝的穿入方向</p>
弹簧垫圈防松	 <p>依垫圈的弹力使螺母稍许偏斜，增加了螺纹之间的摩擦力，并且垫圈的尖角切入螺母的支撑面，阻止螺母放松。类似的还有波形垫圈</p>
单耳止动垫圈防松（还有双耳形式的垫圈）	 <p>拧紧螺母后，将垫圈的一边弯到螺母的侧边上，另一边弯到被连接件的侧边，这样直接锁住了螺母</p>
止动垫圈防松	 <p>应用于圆螺母的防松。垫圈内翅插入螺杆槽中，圆螺母拧紧后，再把一个外翅弯到圆螺母的一个槽中。这种方式多用于滚动轴承结构中</p>

三、滑动轴承的装配与调整

表 8-12 滑动轴承的装配

类型	图示、装配方法及注意事项
整体圆式轴承 (轴套)	 <p>(1) 根据轴套的过盈量大小, 选择装配方法 (压入法或温差法)</p> <p>(2) 去除边角、毛刺, 清洗干净。使用压入法时, 应涂抹润滑油</p> <p>(3) 压入时防止倾斜, 最好采用导向装置</p> <p>(4) 应用手锤敲击方法时, 要在轴套端部垫上平垫片, 以防损坏轴承</p> <p>(5) 压入后尺寸变形, 可用铰、刮研、滚挤等方法修整</p>
厚壁对开式轴承 (轴瓦)	 <p>(1) 去除边角、毛刺, 清洗干净。瓦背与座孔接触应均匀, 必要时, 应按座孔配刮瓦背</p> <p>(2) 宜将瓦面按轴颈或工艺轴粗刮后, 将下瓦装在机体上, 调整好相对位置, 再进行上下瓦的精刮</p> <p>(3) 瓦的中间区域刮的接触点稀一些, 以利存润滑油。受力区域刮的接触点密一些, 以利于提高接触刚度</p> <p>(4) 配刮应按实际使用方向和位置进行, 并做好配对标记</p> <p>(5) 刮好的轴瓦, 应再一次清洗干净。以对口面上的垫片调整与轴颈的配合间隙到规定值</p>

类型	图示、装配方法及注意事项
薄壁对开轴瓦	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="flex: 1;"> <p>(1)薄壁对开轴瓦具有互换性。更换轴瓦时,宜按实际轴颈尺寸严格进行选配。瓦面不宜进行配刮</p> <p>(2)当轴瓦压入座孔后,轴瓦的边缘应高出结合平面,其值为 h。拧紧轴承盖后,便有一定的过盈 i;</p> $i = 4h / \pi \text{ mm}$ <p>h 值一般采用 $0.05 \sim 0.10 \text{ mm}$</p> </div> </div>
扇形孔轴承	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="flex: 1;"> <p>(1)装配时,将已配研好和清洗干净的扇形瓦按旋转方向标记。与球面螺钉成对装入</p> <p>(2)为使主轴中心线与壳体中心线一致,一般应采用工艺套定心,如图所示</p> <p>(3)主轴中心调好,再调整球面螺钉,使主轴与扇形瓦达到规定的间隙(一般为 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$,测量时取出工艺定心套)</p> <p>(4)用通孔螺钉拉紧螺钉把球面螺钉紧固。对主轴的间隙进行复校,直至符合规定</p> </div> </div>

四、滚动轴承的拆装、间隙调整

滚动轴承的安装、拆卸、调整应注意以下问题；

①安装前，应把轴承和有关零件清洗干净。宜用干净的煤油或汽油清洗。不要用压缩空气吹，因其中有杂质和水分。

②对于精密的主轴部件，装配前要测量轴承和相关零件的配合尺寸，以便选配。

③装配时，要保持环境和工具的清洁，精密部件的装配，应在防尘和恒温室内进行。

④应注意所用润滑油或润滑脂的清洁。

⑤精密部件的装配宜采用温差法。过盈较大时，采用压力机压入。过盈量小或单件生产时，如果采用手锤敲击法，应注意不能直接敲击轴承端面或施力在夹持架和钢珠上。压入法采用的工具见图 8-1。

⑥轴承端面应与轴肩或支承面贴实。单件生产时，宜事先检查轴肩根部圆角尺寸。

⑦一般都可以有不同程度的预紧，以提高主轴部件的回转精度、系统刚性。但对于负荷小、转速高的使用情况，须考虑主轴热膨胀，应留有适当游隙（预紧和游隙的调整方法见表 8-13、表 8-14、表 8-15）。

⑧试车前，必须做好充分的润滑，并通过温度和声音，判断轴承

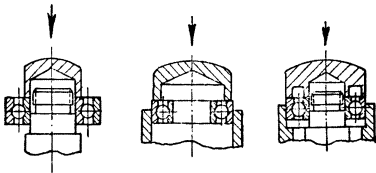


图 8-1 压入法装配轴承专用工具

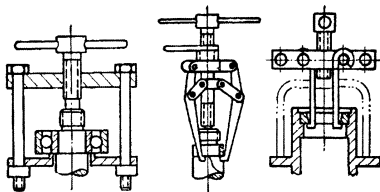
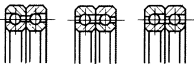
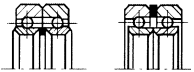


图 8-2 轴承拆卸工具

装配是否正常。

⑨对于拆卸后可能要重复使用的轴承，应用图 8-2 所示专用工具进行。

表 8-13 实现轴向预紧的方法

预紧方法	图 例 及 说 明
<p>采用成对向心推力球轴承</p>	 <p>不需进行调整，装配后即能获得精确的预紧力。适用于成批生产及精度要求较高的轴承部件</p>
<p>在成对安装的轴承外圈或内圈之间置以衬垫</p>	 <p>成对组合的轴承并排安装在部件内时采用。应用不同厚度的衬垫能得到不同的预紧力</p>

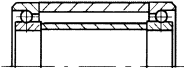
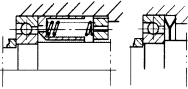
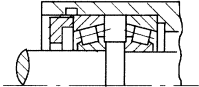
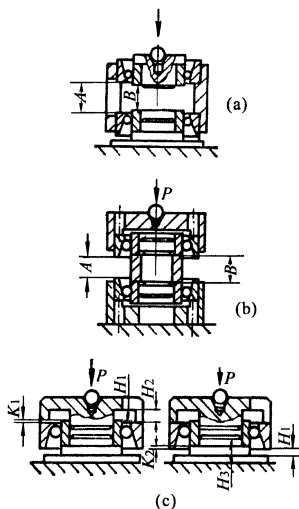
预紧方法	图例及说明
<p>在成对安装的轴承内圈和外圈中间配置不同厚度的间隔套</p>	 <p>为提高成对组合轴承的刚性，在两轴承有一定的轴向距离时采用。改变内外间隔套的厚度，能得到不同的预紧力</p>
<p>利用经常作用于轴承外圈上的弹簧</p>	 <p>不受轴承磨损和轴向热变形的影响，能保持一定的预紧力。预紧力大小靠弹簧调整</p>
<p>用螺母或带螺纹的端盖使轴承内外圈做相对轴位移</p>	 <p>调整螺母轴向位置，即可得到所需要的预紧力</p>

表 8-14 衬垫或间隔套预紧量测定方法

简 图

说 明



用工具测量轴承预紧后的测量量：图（a）中， A 为定值，用块规测量 B ；图（b）中， B 为定值，用块规测量 A ；图（c）中，分别测量二轴承的 K_1 和 K_2 ：

$$K_1 = H_2 - H_1$$

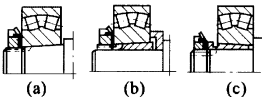
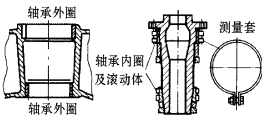
$$K_2 = H_3 - H_4$$

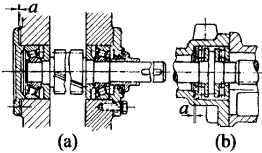
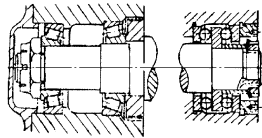
测量应在互成 120° 的三点上进行，取其平均值。

预加负荷力 P 的大小应当适当，过大的负荷会使在高速下运转的轴承发热而加快磨损

注：除表中介绍的方法外，还有应用弹簧测量装置或手感法来进行预紧调整的。

8-15 安装轴承时游隙的测量和调整

轴承类型	图例及说明
双列向 心球面滚 子轴承	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) (b) (c)</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>轴承的内孔锥度为$1 \ast 12$的锥孔</p> <p>安装前的游隙可用千分表或塞尺检查</p> <p>如安装后不便于测量时, 可以安装前的径向游隙为依据, 由安装时调整轴向位移量换算求得, 轴向移动量 s 和游隙减少量 A 之间的关系为:</p> $A \approx \frac{1}{15} s$ </div> </div>
双列向 心短圆柱 滚子轴承	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>将轴承外圈装入壳体中, 测量外圈的实际内孔直径尺寸 D</p> <p>内圈与滚动体装于主轴锥颈上, 调整内圈的轴向位移, 使其涨大</p> <p>利用夹圈或钢丝, 把滚动体贴紧在内圈上, 测量滚动体外切圆尺寸 d, 反复将该尺寸调整到:</p> $d = D - \delta \quad (\delta \text{ 为规定的游隙})$ </div> </div>

轴承类型	图例及说明
向心推力轴承 推力轴承	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>用垫圈调整轴承的轴向间隙，垫圈厚度 a 可按下式确定：</p> $a = a_1 \pm U_a$ </div> </div> <p>式中 U_a . 规定的轴向游隙； a_1 . 消除轴承间隙后，端盖与壳体端面的缝隙。 测量 a_1 时，必须先使端面与中心线的不垂直度均符合要求，取互成 120° 三点的平均值。 垫圈的不平行度应 < 0.03</p>
向心推力轴承 推力轴承	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>用锁紧螺母调整轴承的轴向间隙时，先旋紧螺母以消除间隙，然后再松开一定角度 α，使轴承</p> </div> </div> <p>得到规定的间隙。α按下式计算：</p> $\alpha = \frac{U_a}{t} \times 360^\circ$ <p>式中 U_a . 规定的轴向游隙； t . 螺距。</p> <p>此种方法一般用于内径与轴颈过盈量较小的情况下，螺母的端面与螺纹中心线的不垂直度要求不高的场合</p>

五、齿轮的装配

各种类型的齿轮传动、蜗杆传动机构的装配应包含以下几个方面的工作内容。

表 8-16 齿轮机构装配方法

操 作	操 作 内 容
检查	装配前,各零件的有关尺寸均应进行严格检查,误差应符合规定。用于精密传动部件的装配,应把零件误差相位做好标记,以便定向装配,抵消零件误差,提高装配精度
清洗、去毛刺	全部零件转入装配前,要清洗干净,齿轮齿面应无碰伤、边缘倒角,去除毛刺
定位、调整	<p>圆锥齿轮装配时的轴向定位,常以小齿轮的安装距离为依据,先用专用量具调整好小齿轮的轴向位置,大齿轮一般以侧隙决定其轴向位置。用背锥作基准的锥齿轮副,应将背锥面对齐来保证两齿轮的装配位置。轴向的调整,一般由更换垫圈或修磨垫圈的方法达到</p> <p>用途不同对齿轮的装配要求各有侧重,高精度传动侧重于运动精度及侧隙;低速动力传动侧重于接触精度;高速动力传动侧重于工作平稳性、接触精度和侧隙</p> <p>蜗杆副的齿面接触精度,可经调整垫圈改变蜗轮的轴向位置来改善接触状况。球面蜗杆时,还应调整蜗杆的轴向位置来配合改善接触状况</p> <p>蜗杆副装配间隙改善的方法,一般由蜗杆径向可调装置进行。具有可调装置的蜗杆,还可用来改善接触状况</p>
跑合、复装	<p>装配后须进行空载和加载跑合的齿轮及蜗杆传动部件,跑合后应进行严格清洗。须拆卸的零件应做好标记。清洗后复装、调整然后复检</p> <p>对于某些特殊用途的齿轮,例如行星齿轮机构中的齿轮和发动机定时齿轮,装配时必须按工艺标记配置</p>

六、滑动丝杠副的装配与调整

1. 螺旋机构装配的技术要求

螺旋机构装配时为了提高丝杠传动精度和定位精度，必须认真调整丝杠螺母副的配合精度。一般应满足以下要求：

- ① 保证丝杠与螺母副有正确的配合间隙。
- ② 丝杠与螺母同轴度和丝杠轴心线与导轨面的平行度应符合规定的要求。
- ③ 丝杠的全跳动必须符合规定的要求。
- ④ 丝杠与螺母转动应灵活。

2. 螺旋机构的装配

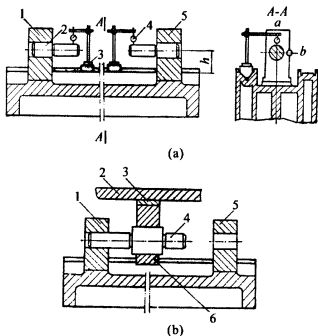
表 8-17 滑动丝杠副装配方法

操作项目	图示及说明
丝杠螺母副径向配合间隙的测量	<p>丝杠螺母副的配合间隙包括径向和轴向两种。轴向间隙直接影响丝杠螺母的传动精度，因此需采用消除机构予以调整。但测量时径向间隙比轴向间隙更易准确反映丝杠螺母副的配合精度，所以配合间隙常用径向间隙表示</p> <p>径向间隙的测量方法是：将丝杠螺母副置于两顶尖之间，使百分表测头抵在螺母上，轻轻抬动螺母，百分表指针的摆动差即为径向间隙值</p>
丝杠螺母副轴向配合间隙的测量	<p>轴向间隙的调整形式有单螺母结构或双螺母结构</p> <p>单螺母结构中消除机构的消除力方向与切削分力方向必须一致，以防进给时产生爬行，影响进给精度</p> <p>双螺母结构是通过调整两螺母轴向相对位置，以消除轴向间隙并实现预紧</p>

操作项目

图示及说明

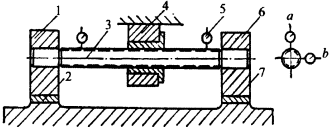
用专用
量具校正
丝杠螺母
副同轴度
及丝杠轴
线平行度



(a) 1、5. 前后轴承孔；2. 专用芯棒；3. 百分表座；4. 百分表

(b) 1、5. 前后轴承孔；2. 拖板；3. 垫片；4. 专用芯棒；6. 螺母座孔

用专用量具校正，以平行于导轨面的丝杠两轴承孔中心的连线为基准，校正螺母孔的同轴度。校正方法如下：先校正两轴承孔中心连线使之在同一直线上，且与V形导轨平行，如图(a)所示。校正时，根据实测数值修刮轴承座结合面，并调整前后轴承的水平位置，以达到要求。再以此中心连接为基准，校正螺母中心，如图(b)所示。校正的方法是：将检验棒4装于螺母座孔6中，移动工作台2，如检验棒4能顺利插入前、后轴承座孔中，即符合要求，否则应根据尺寸 h 修磨3的厚度

操作项目	图示及说明
用丝杠直接校正丝杠螺母副同轴度及丝杠轴线与导轨面的平行度	<div style="text-align: center;">  </div> <p>1、6. 前后轴承 2、7. 垫片 3. 丝杠 4. 螺母座 5. 百分表</p> <p>用丝杠直接校正两轴承孔与螺母孔的同轴度。校正方法是：修刮螺母座4的底面，并调整其水平位置，使丝杠上母线a和侧母线b均与导轨面平行；修磨垫片2和7，并在水平方向调整前、后轴承座1和6，使丝杠两端轴颈能顺利插入轴承孔，且丝杠3转动灵活</p>
校正丝杠螺母副同轴度时应注意的问题	<p>校正丝杠螺母副同轴度时应注意以下几个方面：</p> <p>在校正丝杠轴线与导轨面的平行度时，各支承孔中检验棒的“抬头”或“低头”方向应一致。在测量时，为了消除检验棒在各支承孔中的安装误差，可将其转过180°后再测量一次，取其平均值</p> <p>在校正中间支承的丝杠螺母副时，应考虑丝杠有自重挠度，中间支承孔中心位置校正时应略低于两端</p> <p>对检验棒应满足如下要求：测量部分与安装部分的同轴度为丝杠螺母副同轴度的$2/3 \sim 1/2$；测量部分直径允差为$0.005 \sim 0.01\text{mm}$，圆度、圆柱度允差$0.002 \sim 0.005\text{mm}$，表面粗糙度$Ra > 0.32 \sim 0.63\mu\text{m}$；安装部分直径与各支承孔配合间隙为$0.005 \sim 0.01\text{mm}$</p>

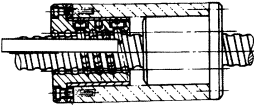
操作项目	图示及说明
丝杠回转精度的调整	<p>回转精度主要由丝杠全跳动（径向跳动和轴向窜动）的大小来表示。根据支承（滚动轴承或滑动轴承）的不同，调整方法也有所区别</p> <p>用滚动轴承支承时，先测出影响丝杠径向跳动的各零件最大径向跳动量的方向，然后按最小累积误差进行定向装配，同时消除轴承间隙或预紧滚动轴承，使丝杠全跳动为最小，从而达到要求的回转精度</p> <p>用滑动轴承支承时，装配应保证丝杠上各相配零件的配合精度、垂直度和同轴度等符合要求</p>

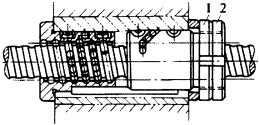
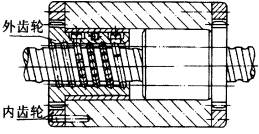
七、滚珠丝杠副的装配与调整

1. 滚珠丝杠副的间隙调整和预紧

滚珠丝杠副可以通过调整间隙的办法消除反向间隙，提高传动精度。还可以预紧，使它工作在过盈的条件下，提高传动刚度。预紧有三种方法，基本原理都是使一对螺母产生轴向位移，以消除它们之间的间隙和施加预紧力。预紧的方法见表 8-18。

表 8-18 滚珠丝杠副调整间隙及预紧的方法

预紧方法	图 示 及 说 明	
改变垫片厚度调整		<p>通过改变调整垫片的厚度，使螺母产生轴向位移实现预紧。结构简单、刚性好。调整费时，不能在工作中随意调整</p>

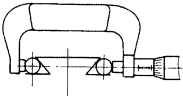
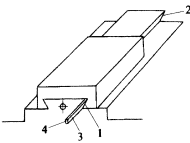
预紧方法	图 示 及 说 明	
利用螺母调整		<p>两个螺母以平键与外套相联，其中右边螺母外伸部分有螺纹。用锁紧螺母 1、2 使螺母相对丝杠做轴向移动。结构紧凑、调整方便，预紧力控制不精确</p>
齿差式调整		<p>在两个螺母的凸缘上分别切出齿数为 Z_1、Z_2 的两个齿轮，而且相差一个齿。两个齿轮分别与两端相应的内齿啮合。内齿圈固定在螺母座上。预紧时脱离内齿圈，使两个螺母同时转过相同的齿数，然后合上内齿圈。这样两个螺母产生了轴向位移。同时转过一个齿的轴向位移量为 $s = t / Z_1 Z_2$，t 为丝杠螺距</p>

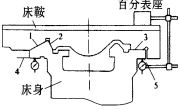
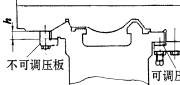
2. 滚珠丝杠的预拉伸

滚珠丝杠工作时难免发热，其温度高于床身。丝杠的热膨胀将使导程加大，影响定位精度。为了补偿热膨胀，可以将丝杠预拉伸。预拉伸量略大于热膨胀量。预拉伸的方法比较简单，通过调整滚珠丝杠轴向支承处垫片的厚度即可实现轴向预拉伸。

八、滑动导轨的装配与调整

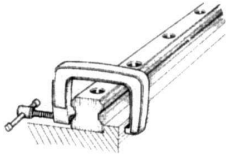
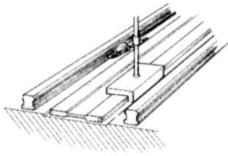
表 8-19 滑动导轨主要部位的装配与调整

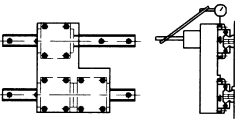
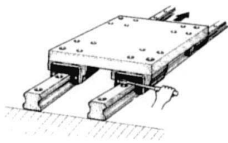
项目	操作步骤	图示及说明
燕尾导轨的刮	检查燕尾导轨面的平行度误差	 <p>用千分尺测量燕尾导轨面的平行度误差，全长上不超过 0.015mm；燕尾导轨与镶条接触的平面着色检查其接触率为每 25mm×25mm 面积内不应低于 5~6 点</p>
	粗刮镶条基面	<p>(图略)</p> <p>在标准平板上着色刮削，其接触率一般为每 25×25mm 面积内保持 6~8 点</p>
	粗刮镶条滑动面	 <p>如左图所示，粗刮镶条滑动面 4 时，在面 4 上涂上红丹粉，然后用水锤将镶条敲入燕尾槽中。取出镶条进行刮削。接触率为每 25mm×25mm 面积内不低于 6 点。为保证斜度要多次将滑动面 4 的大端的未插入部分在标准平板上着色刮去</p>
	精刮镶条滑动面	<p>(图略)</p> <p>精刮镶条滑动面 4。此时，镶条与滑板一起拖研，在燕尾导轨 2 全长上移动，然后再把镶条取出，精研镶条面 4，直到全长上感觉轻重均匀，灵活自如</p>
	调整镶条间隙	<p>(图略)</p> <p>塞尺法：如 0.02~0.04mm 的塞尺，在镶条的两侧试插，插入深度一般不少于 25mm。</p> <p>表测法：用千分表触及滑板一侧，在另一侧横向推拉滑板，观察千分表读数，保证侧隙 0.02~0.04mm</p>

项目	操作步骤	图示及说明
压板刮配与调整	检查床身的精度	 <p>首先按机床验收标准检查、调整床身导轨在水平面和垂直面内的直线度误差和床身导轨的横向扭曲。然后,用百分表沿全长检查压板导轨面4、5的平行度误差(如左图),一般不超过0.02mm为宜</p>
	测量压板高	 <p>如图所示测量出压板高 h, 配刨不可调压板, 高度尺寸应为 $h=0.05\text{mm}$</p>
	拖研、刮削压板	<p>(图略)</p> <p>先将任一可调压板调好, 然后在其对角上装一不可调压板, 逐渐收紧压板螺钉。拖研压板配合面直至全部接触, 一般接触率为每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 面积内不少于 $8 \sim 12$ 点。然后拖研另一对压板达到同样的要求。着色拖研压板时应在床身导轨最松一段上进行, 推动长度 $200 \sim 300\text{mm}$ 为宜, 一段拖研灵活自如后逐渐扩展到全长</p>
修理常见弊病的查找	弊病的现象	移动不灵活、阻力大、摇动调整费力
	检查导轨	<p>床身导轨面安装变形, 使导轨面产生弯曲</p> <p>床身导轨或燕尾导轨有锥度, 使工作台或滑板移动出现松紧不均现象</p> <p>床身导轨面与传动杆(如丝杠、光杠等)轴线不平行或传动杆弯曲超差, 卡住工作台、滑板等</p>
	检查接触情况	<p>导轨面表面粗糙度较大, 有刮削或磨削毛刺, 或导轨面间的接触面过少, 降低了导轨面的有效承压面积, 使油膜破坏</p> <p>可调压板间隙过大, 使床鞍在溜板箱的重力作用下产生偏转现象, 形成单边间隙, 使导轨面接触不良</p>
	检查镶条	镶条斜度不合格、镶条弯曲

九、滚动直线导轨的装配与调整

表 8-20 直线导轨装配

项目	图示、操作方法说明
基准侧导轨的装配	 <p>装配螺栓非正式紧固后，用小型虎钳等将装配螺栓的位置紧紧的固定到横向基准处，再正式的紧固螺栓</p>
从动侧导轨的装配	 <p>直线块规法装配： 将排列于两根导轨间的直线块规，根据千分表指示的读数，调整到与基准侧导轨的横向基准平行。以直线块规为基准，按表头数字，从导轨的一端开始，沿从动侧按直接顺序用装配螺栓紧固</p>

项目	图示、操作方法说明
	<p>移动平台法：</p> <p>将基准侧的两个滑块固定于平台，而将从动侧的导轨和滑块都非正式的紧固到床身和平台上，根据固定于平台上的带支架的千分表读数，校准从动侧滑块的侧面，从导轨的一端开始边测量平行度边按顺序紧固螺栓</p> 
从动侧导轨的装配	<p>校准基准侧导轨的方法：</p> <p>将平台放到按正确法装配好的基准侧导轨及非正规紧固的从动侧导轨的滑块上，然后将基准侧的两个滑块和从动侧的一个滑块用螺栓正式紧固，余下的从动侧另一个滑块非正式紧固，接着让平台移动，边确认滚动阻力，边用装配螺栓按顺序紧固从动侧导轨</p> 

十、联轴器的装配与调整

联轴器的种类很多，其装配要求大致可归纳为两个方面。第一，应严格保证两轴的同轴度。否则两轴传动时产生憋扭现象，严重时会使联轴器或轴变形和损坏，因此在装配时应认真用直尺或百分表找正。第二，装配时应保证连接件均可靠连接，不容许有自动脱落的现象，否则容易产生事故。

图 8-3 为凸缘式联轴器的装配，先在轴 1 和轴 5 上装上键 4 并安装上圆盘，然后用直尺 a 靠紧基准圆盘的凸缘（例如圆盘 2）上母线 and 侧母线。移动轴 5 并使它的圆盘 3 也紧贴着直尺进行找正。然后再转动轴 5，并用塞尺测量间隙 Z ，一转内各点的间隙 Z 应当相同。

初步找正后，将百分表固定在圆盘 2 上，并使百分表的测头压在圆盘 3 的凸缘上，找正圆盘 3，使它的径向摆动在允许范围之内。然后移动轴 5，使圆盘 2 的凸肩少许插进圆盘 3 的台阶孔内。最后转动轴 5 检查两个圆盘端面间的间隙。若间隙均匀，则移动轴 5 使两圆盘端面靠紧，最后用螺栓紧固。

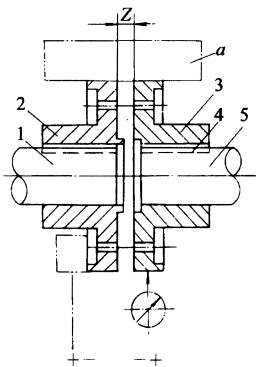


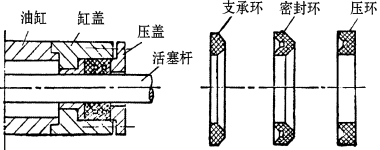
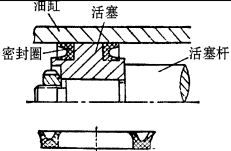
图 8-3 凸缘式联轴器的装配
1、5. 轴 2、3. 圆盘 4. 键

十一、密封的拆装

密封的种类很多，按密封的结构可分为固定密封和动密封两大类。其中，以工作在压力状态和运动件之间的密封要求最高。对密封装置的基本要求是：密封性好，泄漏小，泄漏不随压力变化；密封件

的摩擦力要小，且能自动膨胀补偿磨损；使用、维护、制造简单。常见密封结构见表 8-21。油封装配注意事项见表 8-22。

表 8-21 常用密封方式

名称	图 示 及 说 明
间隙密封	<p>间隙密封是活塞与油缸直接构成密封，活塞上环形槽用以蓄油减小摩擦，是一种最简单的密封方式。它是利用活塞与油缸的配合间隙来封油的，其密封的性能取决于配合间隙的大小、压力差、封油面的长度，以及配合表面的加工质量（如光洁度和椭圆度等）。这种密封方式的优点是：摩擦小，结构简单；其缺点是：加工精度要求高，磨损后不能补偿，适用于低压、低速</p>
V 型密封圈密封	 <p>The diagram illustrates the V-ring seal assembly. On the left, a cross-sectional view shows the V-ring (V型密封圈) installed between the cylinder head (缸盖) and the piston rod (活塞杆). Labels include: 油缸 (oil cylinder), 缸盖 (cylinder head), 压盖 (cover), 活塞杆 (piston rod), 支承环 (support ring), 密封环 (sealing ring), and 压环 (pressure ring). On the right, three individual components are shown: the support ring, the sealing ring, and the pressure ring, all with a V-shaped profile.</p> <p>这种密封圈一般用于活塞杆处的密封，必须成套三件并用，包括压环、密封环、支承环。其优点是：耐高压，密封性与耐久性均好，适用于密封困难的场合；其缺点是：摩擦力大，难于调整，安装空间大</p>
Y 型密封圈密封	 <p>The diagram shows the Y-ring seal assembly. The top part is a cross-sectional view of the Y-ring (Y型密封圈) seated in a groove on the cylinder head (油缸) to seal against the piston rod (活塞杆). Labels include: 油缸 (oil cylinder), 活塞 (piston), 密封圈 (sealing ring), and 活塞杆 (piston rod). Below the cross-section is a detailed view of the Y-ring component, showing its characteristic Y-shaped profile.</p> <p>这种密封圈的特点是：密封性能好，能自动补偿磨损，并能随压力增加自动提高密封性，摩擦较小且稳定，拆装方便，使用也较为广泛</p>

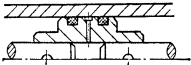
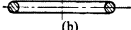


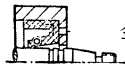
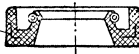
名称	图示及说明
O 型 密 封 圈 密 封	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;">   </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;"> (a)密封形式; (b)密封圈断面; (c)挤出现象; (d)挡环 </p> <p style="margin-top: 10px;"> O 型密封圈的断面为一正圆。这种密封圈可用作动密封亦可用于静密封。用于动密封时压力可达 10 MPa, 用作静密封时压力可达 20~35 MPa。它的优点是: 结构简单, 装拆方便, 摩擦力较小, 能自动补偿磨损, 目前已得到广泛应用。其缺点是: 当压力过高, 或活塞与油缸间隙过大时(大于 0.25 mm)容易产生挤出现象(如图 9-40c)。当压力超过 10 MPa 时, 可在油封圈两边加上厚度 2 mm 以上的聚四氟乙烯挡环(如图 9-40d)。使用 O 型密封圈径向应具有一定的压缩量, 推荐用作静密封时压缩量为 20%~25%, 用作动密封时约为 8%~14%, 安装槽尺寸应参考有关标准 </p>
回 转 密 封 圈 密 封	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>金属壳</p>  </div> </div> <p>带金属壳的回转密封圈如图所示, 它是一种低压轴用密封, 压力一般适用于 1 MPa 的场合, 常常用于润滑油的密封</p>

表 8-22 油封装配注意事项

序号	注 意 事 项
1	<p>在密封技术中, 保护密封圈的唇边 (即与金属接触处) 是很重要的, 如果唇边拉伤, 即使是新的密封圈, 也不能防止漏油。保护的措施: 当密封圈过螺纹时, 应采用胎具或用胶布包上并涂以黄油; 当密封圈过沟槽时, 可用保险丝等物填上; 当密封圈过油缸、活塞、活塞杆的台肩时, 应做出导向锥, 倒角等; 对于 O 型密封圈容纳槽, 锐边应倒出 $R=0.1\sim 0.2\text{mm}$ 的圆角, 但不能过大, 以防密封圈挤出</p>
2	<p>装配时, 应注意密封圈的方向, 如果装反, 会失去封油效果</p>
3	<p>装配时要防止油封的过分拧扭, 不应任意采用螺丝刀、划针等挑拨油封, 最好用胎具压入</p>
4	<p>装配时, 应将零件仔细清洗, 不得有细微的砂粒、切屑等, 防止损伤密封圈</p>
5	<p>在洗净的密封圈表面上和油缸内孔、活塞、活塞杆工作表面上, 涂以润滑脂, 然后装配, 这对于保护密封圈有显著效果</p>
6	<p>在活塞杆处压紧油封圈时, 必须仔细观察。既要防止渗漏, 又要使活塞杆伸出时, 表面保存一层薄薄的油膜, 如果压得太死, 会使活塞杆与油封圈产生干摩擦, 引起发热、烧坏或拉伤。由于活塞杆伸出时允许有油膜, 在缩回时必然会被擦下。引起少许滴油现象, 应当认为这是正常现象, 有利于活塞杆的润滑</p>

十二、机械设备的修理

1. 修理准备工作

钳工修理的机械主要分动力机械和工作机械两类。动力机械如柴油机、汽油机、蒸汽机和水轮机等；工作机械如空气压缩机、制氧机、压力机等以及大量的金属切削机床。金属切削机床修理具有一定代表性。因此，以机床修理为例介绍修理技术。修理准备工作见表 8-23。

表 8-23 修理准备工作的项目及内容

项目	内 容
对修理设备做现场调查	<p>认真听取操作者对机床修理的要求，并详细了解机床的主要毛病。例如：精度丧失情况、主要件的磨损程度、机床传动系的精度、外观缺损以及根据生产需要机床是否需做必要的改装等，这样才能使修理工作符合实际。避免在修理工作中漏项或个别项目修非所用，是防止造成交车返工的必要措施</p> <p>在操作工人的配合下，对必要的项目进行修前的试车检查。如主轴精度、导轨磨损程度、传动机构的振动情况、进给机构的准确性、操纵机构的灵活性等，要逐项检查，并做好记录</p> <p>对机床的特殊工具和附件与操作工人做好交接记录，并确定是否需要修理，以避免遗失与漏修</p> <p>了解机床在修理时需要搬迁的情况，并做出必要的安排，使修理机床能安全顺利地运到修理场地</p>

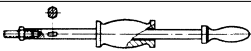
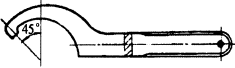
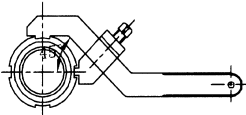
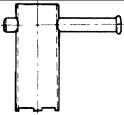
项目	内 容
熟悉有关技术资料	<p>查阅设备说明书和历次修理记录。对机床的结构、传动、规格性能、转速范围、最大行程、最大负荷能力、进给范围、传动系统等作详细了解，遇到缺少技术资料的旧式机床，可走访经常维修、操作过或大修过该机床的有关人员，以便掌握必要的情况和数据</p> <p>了解机床修理的精度检验标准。根据现场调查所得的数据，仔细研究确定达到各项精度要求的措施。机床修理的精度检验标准有下述几种：</p> <p>按照国家规定的该类机床的全部精度项目修复交车。一般情况下，这是指通用性要求较高的车间。如工模具制造车间、机修车间等的机床修理以及生产车间部分必要机床设备的修理</p> <p>按生产车间的工艺要求确定该机床修理精度检验标准。这种情况一般适应于生产车间某些通用设备而又是加工专门零件的机床，其精度检验项目，可以只修理其中用到的几项，对于不使用的项可以可不修。对于专门用来进行粗加工的机床，部分精度项目也可以低于国家检验标准进行验收，这样可以加快修理工作的进度，节省修理工时</p> <p>一般组合机床的精度标准不如通用机床严格，因为大部分组合机床的工艺精度主要依靠工夹模具来保证</p>
准备工、量具	<p>根据机床的实际情况，准备必要的通用和专用工、量具特别是自制的特殊工具及量具</p>
安排进度	<p>向有关人员了解备件的库存及在制作的情况；整理机床修理场地；做必要的分工；安排修理工作的进度</p>

2. 机床的拆卸

机床设备虽然种类繁多，结构复杂，精度要求高。但是，它们都是由若干零、部件，按照一定的顺序装配起来的。因此，拆卸工作也必须遵循一定的顺序来进行。拆卸基本原则：就是按照与装配相反的顺序和方向来进行，即先装的零件后拆，一般情况下，可以按照先上后下，先外后内的方向进行。如果拆卸不当，不但会造成设备零件的损坏，精度损失，甚至卡住使整个修理工作造成重大损失。

拆卸的常用工具见表 8-24。这些工具看来十分简单，一般由钳工自制，但很实用。实践证明，在拆卸工作中，往往因为缺乏合适的工具，影响了拆卸的质量和进度。

表 8-24 拆卸工具

名称	图 示	用 途
拔销器		用于拉出带内螺纹的轴、锥销、直销
单头钩形扳手 (圆螺母扳手)		拆、装过程中，用于旋动圆螺母
可调式钩形扳手		拆、装过程中，用于旋动不同尺寸的圆螺母
管子圆螺母扳手		用于埋入孔内的圆螺母、磨床主轴轴瓦锁紧螺母的装卸

续表


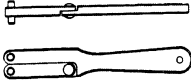
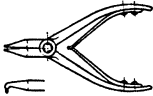
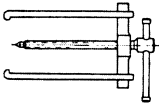
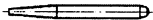

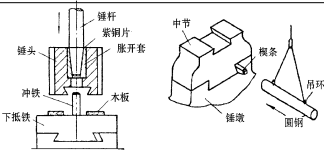
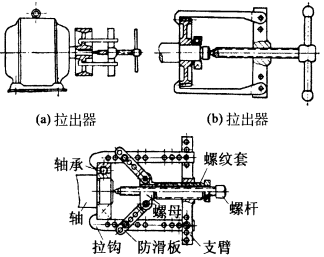
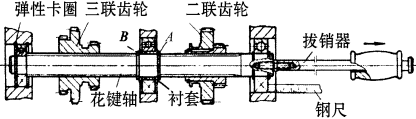
名称	图 示	用 途
木锤		拆卸或装配中，用于敲击零件
双叉销扳手		用于安装或拆卸端面带孔的圆螺母。销距可以调节
弹性卡环钳		专门用于拆装弹性挡圈。由于弹性挡圈有孔用、轴用之分及安装部位不同，可根据需要分别选用直嘴式或弯嘴式、孔用与轴用挡圈钳
拉出器		用于拆卸带轮、轴承、齿轮等
销子冲头		拆卸孔中的销子用
铜棒		拆卸或装配中用于撞击零件用

表 8-26 机床拆卸的方法

项 目	方 法
拆卸程序	<p>(1)由电工拆除机床上的全部电器设备,包括电器箱、按钮站、照明、指示装置等</p> <p>(2)放出所有油箱、油池、传动箱中的液压传动油和润滑油</p> <p>(3)拆除所有的护罩、观察板等并仔细观察机床部件的结构情况</p> <p>(4)拆卸机床上的附件、冷却润滑水泵等</p> <p>(5)拆卸部件的联系零、部件,如丝杆、传动杆、操纵杆、联系床头箱与进给箱的挂轮箱等</p> <p>(6)进行基本部件拆卸,如尾座、拖板箱、刀架拖板、主轴箱、进给箱等</p> <p>(7)分解基础结构体。如床身、油盘、床脚等</p>
部件拆卸要注意的问题	<p>部件是构成机床的基本单位,它总是以一定的形式与其他部件联系起来,执行一定的机能。同时,部件本身还具有自身的紧固与定位形式。拆卸时,要注意:</p> <p>(1)部件与其他部件间的关联情况</p> <p>(2)部件本身的紧固与定位方式和拆出的方法</p> <p>(3)部件拆离与吊运中的安全措施</p>

项 目	方 法
零 件 的 榔 头 击 卸	<p>击卸是拆卸工作中最常见的一种方法;它是利用榔头或其他重物的冲击能量,把零件拆卸下来。击卸的优点是使用工具简单、操作方便,一般零件几乎都可以用击卸的方法拆卸。但是,方法不当零件就容易受损伤或破坏。操作要点为:</p> <p>要根据拆卸件尺寸大小、重量以及结合的牢固程度,选择大小适当的榔头和注意用力的轻重。经验证明,如果击卸件重量大、配合紧,而选择的榔头太轻,零件就不易击动,反而容易将零件打毛</p> <p>要对击卸件采取保护措施,通常使用铜棒、胶木棒、木棒、木板等保护被击的轴端、套端、轮毂等,对于某些重要零件要制作专用垫铁</p> <p>要首先对击卸件进行试击,其目的在于考察零件的结合牢固程度,试探零件的走向。如果听到坚实的声音,要立即停止击卸,进行检查。看是否由于走向相反或由于紧固件漏拆而引起的,发现上述情况,就要纠正击卸方法。发现零件严重锈蚀时,可加些煤油加以润滑</p> <p>要注意安全。击卸前要检查榔头柄是否松动,以防猛击时榔头脱柄飞出。要观察榔头所划过的空间是否有人或其他障碍物。击卸时所用垫铁等一般不宜用手直接扶持,必要时,最好在垫铁上焊一根细柔手柄(防止传震)或用抱钳等夹持。垫铁的冲击端宜倒大角,可增加锤击时的稳度</p>

项 目	方 法
零件的 自重击 卸	 <p style="text-align: center;">锤头冲击拆卸示意图 吊棒冲击拆卸示意图</p> <p>某些场合适合利用零件自重冲击能量来拆卸零件。上左图为蒸汽锤头自重拆卸示意图。拆卸时用一段铜料作冲铁置于下抵铁上,其直径小于锥孔小端,冲铁两端应平整。在抵铁上垫以木板,然后开动汽锤下击,锤头即可落下</p>
轴端的零 件的拉 卸	 <p style="text-align: center;">(a) 拉出器 (b) 拉出器</p> <p style="text-align: center;">(c) 具有防滑装置的拉出器</p> <p>拉卸是一种静力拆卸的方法,其优点是拆卸件不承受冲击力,拆卸比较安全,不易破坏零件。但需要制作专用拉具。利用各种拉出器拉卸装于轴端位置的皮带轮、齿轮以及轴承等零件的方法如图所示。</p>

项 目	方 法
轴 的 拉 卸	 <p>利用轴的端部结构或轴的通孔连接专用拉具,将轴从孔中拉出。上图是利用拔销器拉卸有中心螺孔的传动轴的情形。使用拔销器拆卸时,应将连接螺栓拧紧,使螺纹保持一定的预紧力,否则容易拉坏螺纹。轴类零件拆卸应注意:</p> <p>要仔细检查轴和轴上的定位元件是否完全拆开,弹性卡圈、止动螺钉、紧定螺钉、圆螺母等,这些紧固件比较细小易于漏拆</p> <p>查清轴的拆出方向,拆出方向一般总是轴的大端、孔的大端、花键轴的不通端。当无法查清方向时,应小心试击或试拉,判明有无坚实声响或用钢尺测量是否移动,然后再继续拉卸或纠正拉卸的方向</p> <p>拆出的过程中要注意轴上的键能否通过螺母、垫套(特别是具有键槽的垫套,容易转动方向)、齿轮、轴承等的内孔;防止弹性卡圈、薄垫圈等再次落入槽内</p>
零 件 的 压 卸	<p>压卸在各种手压机或油压机上进行,也是一种静力拆卸方法,一般适用于形状简单的静止配合零件。在机械拆卸中,许多零件都不能置于压机上拆卸,所以应用范围有限</p>
破 坏 性 拆 卸	<p>破坏性拆卸,是拆卸中最少用的一种方法,尤其对于某些经济价值较高的零、部件不宜使用。只有在拆卸热压、焊接、铆接等固定连接件,或轴与套互相咬死、花键扭转变形及严重锈蚀等咬死件时,才不得已采取这种保存主件、破坏副件的措施。破坏性拆卸一般多采用车、锯、凿、割等办法进行</p>

项 目	方 法
拆卸工 作中的 检查	<p>拆卸过程不仅是零、部件的拆卸与分解工作,而且是对零、部件进行一次全面检查、判断过程,也为以后的装配工序做好调研工作。例如:在拆卸各种齿轮、轴承、轴套等配合件时,要仔细地检查判断其啮合、配合间隙,松紧程度,磨损等情况。因为这些零件在拆卸之前,无法正确判断其配合与磨损情况,如果拆卸中不进行检查,有些零件重新装上时才发现问题,会影响进度</p>
拆卸工 作中的 打记	<p>有些零、部件在拆卸时要做好标记再行拆卸,以便装配时既能顺利进行,又能保证质量。要作标记的零、部件一般是:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1)具有方向性的零、部件;如叶片油泵的叶片和转子的方向等 (2)某些配磨、配研对号入座不能互换的零件,如平面磨床滚动螺母的垫片和滚子 (3)复杂油路、油管的拆卸最好编号打字 (4)高精度的主轴与轴承的装配方向,是利用误差消除方法装配的,为了拆卸时不降低精度应予以划记 (5)复杂的集中变速机构的变速盘与齿轮、齿条的相对位置,拆卸时最好打记 (6)对于确定应换应修的零件,放置时最好用红绿色打记,加以区分,以备检查
清洗、包 扎	<p>机床全部拆卸之后,要仔细加以清洗、擦拭,对于重要的零件要涂油防锈,用废布、报纸等包扎。对箱体内部,以及铸件的自由表面,要重新涂漆</p>
零、部件 的放置	<ol style="list-style-type: none"> (1)对于箱体、床身等部件要垫好摆平,防止变形 (2)应按部件设置专用零件箱,避免部件与部件之间的零件混杂,这样可以使在装配时消除一些寻找零件的不必要的工时 (3)轴上的零件拆下后,最好按原次序方向临时装回轴上或用钢丝或绳索串联放置,这样会给装配带来很大方便 (4)对细小件:如基本体上的销子、止动螺钉、键、卡环等拆洗后应立即拧上或插入孔内 (5)对特殊件:如主轴、细长轴应置于或悬挂于专用架上

3. 机床主轴机构的修理

主轴机构是典型的机械回转部件，其修理方法具有代表性。

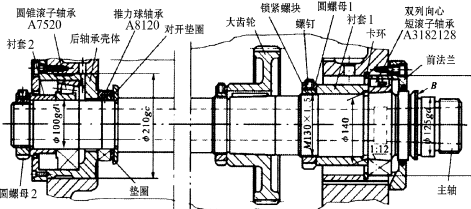
表 8-26 主轴精度及影响因素

精度项目	影响因素及检验方法
主轴轴线的 径向跳动	<p>(1) 主轴本身的精度：如主轴轴颈的不同心度、锥度以及不圆度等。主轴轴颈的不同心度将直接引起主轴径向跳动；而主轴轴颈的锥度和不圆度在装配时将引起滚动轴承内滚道变形，破坏其精度</p> <p>(2) 轴承本身的精度：其中最重要的是轴承内滚道表面的不圆度、光洁度以及滚动体的尺寸差</p> <p>(3) 主轴箱壳体前后轴承孔的不同心度、锥度和不圆度等；轴承孔的锥度和不圆度将引起轴承外座圈的变形，影响轴承可以调整的最小间隙</p>
主轴的轴向 窜动	<p>(1) 主轴轴颈肩台面的不垂直度与振摆差</p> <p>(2) 紧固轴承的螺母、衬套、垫圈等的端面振摆差和不平行度差</p> <p>(3) 轴承本身的端面振摆差和轴向窜动</p> <p>(4) 主轴箱壳体轴承孔的端面振摆差</p> <p>上述这些零、部件肩台面的振摆差在收紧轴承时，使轴承滚道面产生不规则的变形，不只是引起轴向窜动，而且使主轴产生径向跳动，同时还会引起主轴在旋转一周的过程中，产生轻重不匀的现象，甚至引起主轴机构发热</p>

精度项目	影响因素及检验方法
主轴旋转均匀性和平稳性	<p>影响主轴旋转均匀性和平稳性的因素除了主轴传动链的零件如齿轮、皮带轮、链轮等的精度和装配质量之外，其他外界振源如电动机、冲压机、锻锤等将引起主轴振动，也是其中的重要原因</p>
主轴单件的精度检查	<p>(1) 在 V 形铁上检查：在平板上，将主轴前后轴颈分别置于固定 V 形铁和可调 V 形铁上，在主轴后端顶针孔内放一钢球，顶住角铁控制主轴轴向移动。用百分表或千分表分别检查中间轴颈、装配齿轮的轴颈、飞轮轴颈、法兰表面，以及主轴锥孔、肩台面等相对于主轴颈的径向跳动和端面振摆</p> <p>(2) 在车床或其他专用检查设备上检查：选择一台精度较高的车床，用四爪卡盘稍为用力卡住主轴尾部，在卡爪与主轴表面接触处，垫以 2~3mm 的紫铜丝，使其产生点接触，所垫紫铜丝在径向位置上要求一致，否则将影响检查效果。将主轴另一端的主轴颈支承在中心架上，将百分表或千分表置于刀架上，使主轴旋转，调整四爪卡盘卡爪和中心架支承中心，将主轴前后轴颈校正到最小误差，便是主轴颈的相对径向跳动差，同时即可检查其他轴颈相对于主轴颈的径向跳动差</p> <p>(3) 利用二顶尖检查：将主轴放在二顶尖间，旋转主轴，检查各部位的精度。这种方法要求有准确的中心孔，一般适用于新制造的主轴，可以利用原加工的中心孔</p>

精度项目	影响因素及检验方法
主轴装配后的精度检查	用标准锥度心棒检查主轴锥孔的径向跳动;在主轴机构装配调整完毕之后,将标准的锥度心棒插入主轴锥孔,注意装正,并要揩净,防止碎屑及垃圾进入配合表面。用百分表或千分比较仪触及锥度心棒表面,使主轴旋转,在近主轴端和距主轴端 300mm 处分别测量主轴锥孔的径向跳动,其测量误差在规定值以下为合格

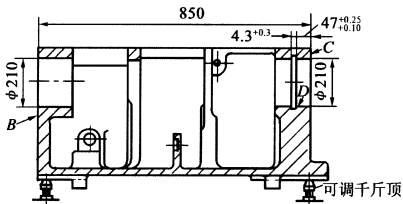
表 8-27 典型主轴机构 (C 630 车床主轴) 的修理与调整

项目	图示与说明
构造特点	 <p>圆锥滚子轴承 A7520 推力球轴承 A8120 对开垫圈 大齿轮 锁紧螺母 圆螺母 1 衬套 1 卡环 双列向心短滚子轴承 A3182128 前法兰 衬套 2 后轴承壳体 圆螺母 2 垫圈 主轴</p> <p>φ100g6/f1 φ210g6/f1 φ140 1:12 B</p> <p>图为 C630 车床主轴机构。主轴前端装有精密级的双列向心短滚子轴承,用以承受切削时的径向力,调整轴承间隙,可以控制主轴的径向跳动。主轴的轴向推力由推力球轴承承受,主轴的轴向窜动由圆锥滚子轴承和推力球轴承来调整。这种主轴机构的特点在于:当主轴运转发热后,允许主轴向前端做轴向伸长,而不至影响前轴承所调整的径向间隙,因此不会使主轴受体积膨胀力而变形</p>

项目

图 示 与 说 明

主
轴
箱
壳
体
主
轴
孔
的
检
查



如图所示,箱体两端主轴孔 $\phi 210$ 必须同心,一般在镗床上检查较为方便,将箱体放在镗床工作台上,用可调千斤顶着底面,在长刀杆上装一内径杠杆表,使刀杆和镗杆长于850mm,移动工作台或镗杆,在前后轴承孔内旋转主轴用表测量,不同轴度一般不应超过0.015mm,同时检查两端面B和C对 $\phi 210$ 孔垂直度偏差,在安装法兰的直径范围内不应超过0.015mm;再用内径杠杆表检查孔的锥度和椭圆度,一般不应超过0.01mm

主
轴
箱
壳
体
主
轴
孔
的
修
理

如果主轴箱孔超差较大,特别前轴承孔D配合过松或有较大的锥度及较大的椭圆度,将直接引起轴承外壳变形,破坏滚动轴承的精度。这个孔是标准配合尺寸,不宜研磨和修刮,一般采用镗孔镶套为宜。

项目	图 示 与 说 明
主轴的修理	<p>主轴的精度十分重要，将直接影响装配后的旋转精度，其中最重要的轴颈如 $\phi 140$ 锥部、$\phi 100gd_1$、$\phi 125gd_1$ 等，其相对振摆差、锥度和不圆度均不应超过 0.01mm。但是，由于车床主轴后轴颈 $\phi 100gd_1$ 和卡盘轴颈 $\phi 125gd_1$ 处，因经常拆卸最易磨损超差。其修理方法如下：</p> <p>①镀铬修理：对于卡盘轴颈 $\phi 125gd_1$ 处，工艺上若要保持标准直径，以便于互换工装，最好采用镀铬修理。镀铬修理工艺如下：在主轴两端重打闷头，在车床上以前后主轴颈（$\phi 140$ 和 $\phi 100$）处的未磨损部分为基准找正，打好两端中心孔。在磨床上将已磨损的轴颈（$\phi 100$、$\phi 125$）磨小 $0.05 \sim 0.15\text{mm}$</p> <p>镀硬铬：单边的镀铬厚度不宜超过 0.2mm，保证直径上的磨削余量不小于 0.15mm。</p> <p>磨制镀铬后的各轴颈：后轴承轴颈 $\phi 100gd_1$ 处，最好按圆锥轴承内孔实际测量尺寸配磨轻迫合，保证过盈在 $0 \sim 0.005\text{mm}$ 之内为宜；若配合太紧，使主轴调整和拆卸困难，容易拉伤轴颈；配合过松，会使轴承内圈走动，这是不容许的。卡盘轴颈 $\phi 125gd_1$ 应按规定公差磨制</p> <p>②镶套修理：没有镀铬条件时，可用镶红套的办法修复后轴颈 $\phi 100gd_1$ 处，对于 $C630$ 车床主轴，这并不影响主轴的强度与刚度，因为主要的切削抗力，已被主轴前端的大齿轮挡住。修理时，先将主轴后轴颈车小至 $\phi 95jd$，然后镶红套。主轴镶套后，按上述方法磨削后轴颈 $\phi 100gd_1$ 至要求，并用砂轮靠磨肩台面 G，其振摆差不应超过 0.005mm</p>

十三、零件的黏接修复

在设备修理，工具、模具制造等方面，应用黏接技术可解决不少生产关键问题。其主要优点有：

- ①工艺简单；
- ②不需要特殊的设备和贵重原材料；
- ③黏接的零件不需要经过高精度的机械加工；
- ④可以黏接一部分不易焊接或铆接的金属和非金属材料；
- ⑤黏接处应力分布均匀，不存在由于铆、焊而引起的应力集中现象。硬质合金刀具、陶瓷刀具使用黏接，可消除裂纹、变形等缺陷；
- ⑥具有密封、绝缘、耐水、耐油等优点。

虽然黏接技术具有一系列优点，目前也存在一些问题，如：黏接强度不够稳定；大部分黏接剂性脆，不能承受冲击力；剥离强度差等。同时，黏接技术缺乏完善的理论和成熟的检验方法。

1. 黏接剂的类型

黏接剂的类型、品种繁多，各种分类方法见表 8-28、表 8-29、表 8-30，供应用中参考。

表 8-28 黏接剂按化学成分分类

类型	品 种
无机黏接类	硅酸盐——硅酸钠（水玻璃）、硅酸盐水泥 磷酸盐——磷酸—氧化铜 硫酸盐——石膏 硼酸盐——熔接玻璃 陶 瓷——氧化锆、氧化铝 低熔点金属——锡—钴

类型	品 种		
有机黏接类	天然系	淀粉系——淀粉、糊精 蛋白系——大豆蛋白、酪酸、骨胶、鱼胶、虫胶 天然树脂系——松香、木质素、树胶、单宁 天然橡胶系——胶乳、橡胶溶液	
		合成系	树脂型	热塑性 聚醋酸乙烯、聚乙烯醇、聚乙烯醇缩醛类、聚丙烯酸类、聚酰胺、聚乙烯类、纤维素类、饱和聚酯、聚氨酯、聚氯乙烯类等
	树脂型		热固性 脲醛树脂、蜜胺树脂、酚醛树脂、间苯二酚甲醛树脂、环氧树脂、不饱和聚酯、聚异氰酸酯、聚酰亚胺、聚苯并咪唑
	橡胶系	橡胶型	氯丁橡胶、丁腈橡胶、丁苯橡胶、丁基橡胶、聚硫橡胶、羧基橡胶、有机硅橡胶、热塑性橡胶
		复合型	酚醛、聚乙烯醇缩醛、酚醛—氯丁橡胶、酚醛—丁腈橡胶、环氧—丁腈橡胶、环氧—聚酰胺、环氧—酚醛、环氧—聚氨酯

表 8-29 黏接剂按化学应用方法分类

类 型	品 种
室温固化型	溶剂挥发型 潮气固化型 厌氧型 加固剂型
热固型	硝酸纤维素、胶水、聚醋酸乙烯 聚氰基丙烯酸酯、室温硫化硅橡胶 聚丙烯酸双酯、丙烯酸聚醚 脲醛树脂、酚醛树脂、环氧树脂
热熔型	酚醛树脂、环氧树脂、聚氨酯、聚酰亚胺 乙烯—醋酸乙烯共聚树脂、聚酰胺、聚酯、 丁苯嵌段共聚物
压敏型	接触压胶泥 冷黏型 热黏型 永黏型
再湿型	氯丁橡胶 橡胶胶乳类 加热黏接的胶黏带 聚氯乙烯胶黏带、聚酯膜胶黏带、玻璃纸 胶黏带 涂布糊精 涂布酚醛、合成橡胶类

表 8-30 黏接剂按用途分类

类型	品 种
结构用	能长期承受负荷，有良好的耐热、耐油、耐水性能的 酚醛—缩醛、酚醛—丁腈、环氧—丁腈、环氧—尼龙、 环氧—酚醛
非结构用	有一定的黏接强度，但随温度上升而黏接力迅速下降 的聚醋酸乙烯、聚丙烯酸酯、橡胶类、热熔胶、虫胶、 沥青
特种用	供某些特殊场合、特殊需要用的导电胶、导热胶、光 敏胶、应变胶、医用胶、耐超低温胶、耐高温胶、水压 黏接胶

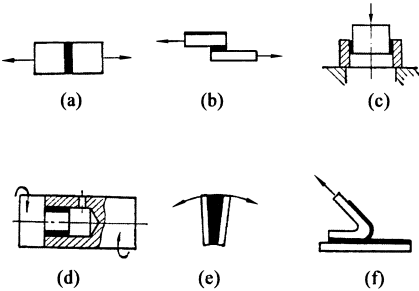
表 8-31 无机黏接剂和有机黏接剂的主要性能比较

序号	项目	无机黏接剂	有机黏接剂
1*	抗拉强度	低	比无机黏接剂高
2*	剪切强度	较高	一般
3*	脆性	大	比无机黏接剂小
4	黏接强度	套接、槽接时黏接强度较高	平面黏接时黏接强度比无机黏接剂高
5	可黏接材料	适用于黑色金属	可黏接各种材料
6	黏接工艺	较简单	要求较严格
7	固化条件	常温、不需要加压	多数要加温、加压
8	耐热性能	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
9	耐腐蚀性	耐水和油，不耐酸、碱	原料不同，但都耐水、油
10	成本	较低	比无机黏接剂高

* 系指黏接剂本身的强度、脆性。

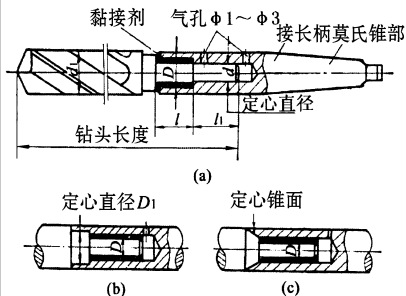
2. 刀具、量具的黏接

表 8-32 刀具、量具的黏接

题 目	图 示 及 说 明
黏接接头的受力情况	<div style="text-align: center;">  <p>(a) 对接拉伸; (b) 搭接剪切; (c) 套接剪切; (d) 套接扭剪; (e) 不均匀撕离; (f) 剥离</p> </div> <p style="text-align: center;">黏接应力种类</p> <p>(a) 对接拉伸; (b) 搭接剪切; (c) 套接剪切; (d) 套接扭剪; (e) 不均匀撕离; (f) 剥离</p> <p>选用黏接剂时, 首先要考虑黏接接头的受力情况 (各种受力情况如上图所示)。同一种黏接剂由于结构形式的不同, 其所能承受的应力亦不同, 致使黏接效果有很大的差别。一般应尽量避免不均匀撕离 e 和剥离 f 的受力情况</p>

题目

图示及说明



钻头、铰刀的黏接

用黏接剂接长钻头

(a) 小头定位；(b) 大头定位；(c) 锥面定位

对于钻头、铰刀柄部的接长黏接可以克服铜焊时退火、变形等弊病，且工艺简单。但是，黏接的强度稍次于铜焊。

三种黏接时的定位方法如上图所示。定位段的粗糙度应在 $R_a6.3$ 以上，孔与轴的配合应为 D/d ，定位段越长，定心越准确。黏接段的黏接面应粗糙，实践证明在外圆上凿削几条深 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 的直槽或滚直线花，可以提高扭剪强度 $2 \sim 3$ 倍。黏接面的外圆直径和长度则尽量选大，以增加黏接面积

题目	图 示 及 说 明
塞规手柄的黏接	<p>对于塞规手柄和量头的黏接采用套接效果更好。有机黏接剂套接的抗剪强度比无机黏接剂差，但搭接的抗剪强度却比无机黏接剂优越，而且耐冲击性强，因此实用范围广。</p> <p>塞规手柄与量头的黏接，除采用无机黏接剂以外，多数有机黏接剂如环氧树脂、HXJ—3 型万能胶、914 快速固化环氧胶、502 快速胶等，均能黏接，效果很好</p>
游标卡尺、千分尺硬质合金的黏接	<p>在游标卡尺、千分尺上黏接硬质合金测头时，因其表面很光滑，如采用其他黏接剂，则难以黏接，而采用 502 快速胶，却能黏接好，且效果比较理想</p>

3. 冷冲模的黏接

用环氧树脂浇铸冷冲模具有广泛的应用，如凸凹模的固定，导柱导套的固定，以及销钉孔、退料板和导向板的型腔浇铸等。实践证明用环氧树脂浇铸冷冲模具具有很大的优越性：

①成形方法简单，制造迅速：如退料板、导向板的型孔，无论形状多么复杂，只要几个小时的浇铸时间即可完成。

②提高孔型质量，保证装配精度：实践证明，无论凸凹模配合间隙的均匀性和孔型的光洁度，都比手工加工的好得多。

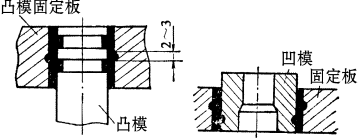
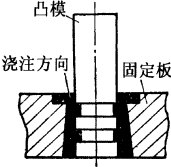
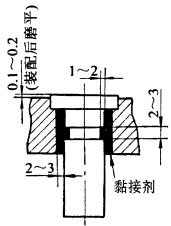
③将钳工和机械加工化难为易。

④耐磨性显著提高：由于在导向板型孔浇铸中渗入极硬的碳化硼，因此提高了孔壁的耐磨性。

⑤操作简单方便，不需要特殊设备。

表 8-33 模具的黏接方法

黏接部位	方法	图 示 及 说 明
凸凹模与固定板的黏接	方形凸凹模的浇铸	<p>黏接部位构造如图，凸模环形槽、凹模竖槽的作用是增加黏接强度</p>

黏接部位	方法	图 示 及 说 明
	较大形凸模的浇铸	 <p>较大圆孔固定板的浇注 较大圆孔凹模的浇注</p> <p>黏接部位构造如图，凸模环形槽、凹模环形槽的作用是增加黏接强度</p>
	一般圆形凸模的浇铸	 <p>一般圆形凸模固定孔尺寸较小，加工槽沟不够方便，也可以制成喇叭口形，但对树脂进口应适当扩大，以便于浇铸</p>
	带肩凸模的浇铸	 <p>当冲裁件为厚钢板时，为承受较大的退料力，最好将凸模制成有台肩的，如图所示</p>

续表

黏接部位	方法	图 示 及 说 明		
	多冲头浇铸的定位方法	<p>对于多冲头冲模，因要求冲头之间与凸模之间位置完全一致，一般采用凹模定位。即凹模预先按图纸精密加工，保证中心距。将凸模刃口部位长约10mm处镀一层厚度等于单面间隙的铜或锌，使能轻轻敲入凹模孔内，以保证间隙均匀。然后校正凸模插入凹模的垂直度，并控制插入长度一致，浇铸前把固定板放在平台上，事先在平台表面上涂一层黄油或放一块涂上薄黄油的纸，以利脱模。然后用等高垫铁将已插入凸模的凹模倒置，并使凸模对准固定板型孔插入，接着校正位置使凸模居于型孔的中心，即可浇铸</p>		
	配方	原 料	%，质量比	固化工艺
	配方 1	634#或6101#环氧树脂 间苯二胺 邻苯二甲酸二丁酯 80~120#氧化铝粉	100 12 15 80~100	60℃ 2小时 80℃ 4小时 120℃ 3小时 模具要预热至60℃，随炉冷却
	配方 2	6101#环氧树脂 间苯二胺 邻苯二甲酸二丁酯 100#氧化铝粉	100 15 15 50	60℃ 2小时 80℃ 3小时 150℃ 2小时 随炉冷却

黏接部位	方法	图 示 及 说 明	
退料板型孔浇铸	应用特点	<p>退料板的型孔部分与凸模外型需留有均匀而较小的间隙，有利于退料后保持工件或板料型孔的平整。一般，退料板的型孔均需采用机械加工，并经钳工精心修整。但是，当遇到1mm的狭槽或细长的圆弧型孔时，则难于处理。若采用环氧树脂浇铸，只要将退料板上的型孔根据凸模外形扩大4~5mm，将浇铸在固定板中的凸模插入退料板的预加工型孔中，待固化后退出凸模，即可制得合格的退料板</p>	
	浇铸方法	<p>浇铸前用乙醚清洗退料板型孔壁，在凸模与退料板接触部位以及放退料板的平台上，涂一层脱模剂，有条件最好将退料板在80℃预热一下，然后将固定板上的凸模插入退料板型孔内，校正位置，便可进行浇铸。浇铸时，需注满并略有溢出为止。然后按固化剂的固化规范进行适当加温固化和缓慢冷却即可</p>	
	配方	原 料	%，质量比
	配方 1	6101# 环氧树脂	100
		间苯二胺	14.5
		600# 碳化硼	80
		邻苯二甲酸二丁酯	10

黏接部位	方法	图 示 及 说 明	
退料板型 孔浇铸	配方 2	665# 环氧树脂	100
		乙二胺	7~8
		300 目氧化铝粉	30
		200 目石英砂	70
		邻苯二甲酸二丁酯	17

4. 齿轮的黏接

机床设备在使用中，经常发生齿轮、齿条因受力过大而断齿的现象，特别是普通车床走刀小齿轮及铸铁齿条，最易断齿。在缺少加工能力的情况下，往往会停工，影响生产。用黏接的方法，可以在短期内修复使用。

黏接时，如图 8-4，在断齿的地方加工出适当的燕尾槽，镶入所需的齿，黏接后再进行修整加工。一些较大的齿，还可以用钻孔穿销钉的方法黏接，以增加连接强度。

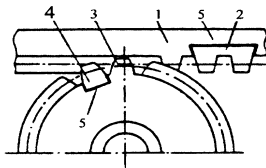


图 8-4 齿轮、齿条断齿的黏接
1. 齿条体; 2. 镶齿条; 3. 齿轮体;
4. 镶齿; 5. 黏接剂

5. 管道裂缝的黏接

管道裂缝或管道焊缝，可用农机一号胶贴玻璃布的方法修复，以解决裂漏，修复的方法是先除锈，并以丙酮将被黏接面清洗干净，在被黏接面上涂农机一号胶，贴玻璃布1~2层，也涂上农机一号胶，待固化后即可使用。

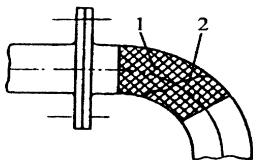


图 8-5 管道裂漏的黏接

1. 黏接剂及玻璃布; 2. 裂缝

6. 塑料导轨的黏接

对于负荷均匀、工作条件较为好的导轨副，如内、外圆磨床，数控机床，车床，插床以及导轨磨床的滑动导轨副，因磨损过多影响精度时，或者为改善工作台运动时的低速运动平稳性，结合大修可以选用聚四氟乙烯（简称 F4）或用填充聚四氟乙烯自润滑复合材料薄板黏贴在导轨表面，修复导轨的几何精度，改装成塑料导轨。

要保证 F4 或填充 F4 材料与金属基体的结合强度，除采用合适的黏接剂外，还要对 F4 板料表面作极化处理，合适的商品黏接剂有 101 号聚胺脂胶和 350 号厌氧密封胶。

十四、电镀修复

电镀工艺是通过电化学反应在工件表面沉积一层覆盖层，从而修复工件的尺寸精度或增加耐磨性。目前在修理工作中常用的电镀方法有镀铬（镍）、低温镀铁和金属涂镀几种。常用电镀修复方法及应用特点见表 8-34。

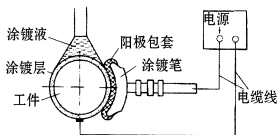
表 8-34 常用电镀修复方法

名 称	方 法 及 应 用 特 点
镀铬	<p>镀铬层的硬度很高 (800~1000HV), 有较低的摩擦系数, 故耐磨性很高。铬层与钢、镍、铜等基本金属有较高的结合强度, 且耐热、耐腐蚀。因此, 镀铬工艺广泛地应用于提高零件的耐磨性、修复尺寸及防腐装饰等方面。但镀铬一般在镀槽中进行, 因此需要一整套专用设备, 而且对大型或长度较长的零件由于设备尺寸的限制, 修复较困难</p> <p>镀铬层按其性质大体可分为硬质镀铬层和多孔镀铬层两类。硬质镀铬层又分为灰暗铬层、光亮铬层和乳白铬层。光亮镀铬层是在中温、中等电流密度下获得的镀层, 硬度较高 (800HV)、韧性较好、内应力较小, 呈密集的网纹状, 结晶细致, 表面光亮, 适于修复磨损的零件。乳白铬层是在高温、低电流密度下获得的镀层, 硬度较低 (400~500HV)、塑性好, 无网纹状, 结晶细致, 呈乳白色, 适用于受冲击或交变载荷的零件恢复尺寸精度或作为装饰性的镀层。多孔 (松孔) 镀铬层有较好的吸附润滑油的性能, 具有更高的耐磨性。因此, 适于承受重载荷且润滑条件不良、摩擦剧烈的磨损件的修复, 如空气压缩机的气缸</p>
低温镀铁	<p>低温镀铁工艺是在较低的起镀温度下, 以不对称交流电起镀, 逐渐过渡到直流镀或以直流小电流起镀, 逐渐过渡到正常电流镀铁, 即所谓不对称交流电镀铁或直流镀铁</p> <p>低温镀铁工艺有以下特点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 镀层与基体金属的结合强度高, 可高达 350N/mm²; (2) 镀层硬度高, 一般都在 45~50HRC。调整工艺规范还可以使镀层硬度提高到 60HRC 左右, 因此不用热处理就具有高的硬度和耐磨性 (3) 电镀沉积速度比镀铬工艺快 10 倍以上, 而且镀层厚, 一般为 1mm, 甚至可达 5mm, 能满足多数零件的修复要求

名称

方法及应用特点

金属涂镀



涂镀工艺的原理

涂镀工艺的原理是在工件表面快速电化沉积金属的新工艺。涂镀时，专用直流电源的负极接到工件上，正极与涂镀笔连接，涂镀笔的石墨极上包裹着棉套，蘸上快速沉积金属溶液，与工件接触并相对运动。溶液中的金属离子在电场作用下沉积在工件上，见图。随着涂镀时间的延长，沉积层逐渐增厚，直至需要的厚度，以达到保护、修复工件表面和改善金属表面理化性能（如改善钎焊性、防渗碳、防渗氮和作喷涂层的过镀层）

涂镀工艺的特点和在维修中的应用：

(1) 涂镀层与基体金属的结合强度比一般槽镀和喷涂工艺高，对材料的适应性广。在用焊接等其他办法较为困难的铝、铜、铸铁、高合金钢及以淬火层、渗碳层和渗氮层为工作面的旧件修复中，涂镀层也具有的结合强度

(2) 涂镀过程中对工件的热输入较低。一般涂镀时工件的温升不超过 70°C ，不会引起工件变形和基体金属相组织的变化。因此，磨损的零件经涂镀修复后，不必进行后继的热处理，有时在制造配件时，对零件的某些易磨损部位，在不改变零件原来所用材料的基础上，就对该部位在精加工后涂镀耐磨层，以延长零件的使用寿命

名称	方法及应用特点
金属涂镀	<p>(3) 涂镀工艺灵活。由于不用镀槽，大型零件可不解体地就地维修，从而避免了其他电镀工艺难以解决的工件大、镀槽小和工件解体外运的困难，例如大型零件（大型机床导轨）局部磨损，零件上有配合关系的狭缝、盲孔或深孔磨损超差，均可在现场采用涂镀工艺修复</p> <p>涂镀层的厚度可精确控制，达到$\pm 0.01\text{mm}$，在有些要求不很高的场合，可不必进行后序加工</p> <p>涂镀可较有效地修复$\phi 10\sim 150\text{mm}$的内孔（如轴套、轴承座孔以及滚柱轴承的内孔）和零件表面的擦伤划痕。例如曲轴轴颈、液压缸缸体孔、活塞、机体导轨等零件的局部磨损、擦伤、划痕的修复</p> <p>(4) 涂镀工艺的操作过程较安全，镀液中不含氰化物和剧毒品，对环境污染小</p>

十五、喷涂、喷焊

喷涂与喷焊的方法很多（表 8-35），如金属线材的冷喷涂，等离子喷焊、喷涂，氧乙炔焰金属粉末喷焊、喷涂等。喷涂的材料有各种金属及其合金或塑料、尼龙等非金属，一般在专用机床上或利用专用工具进行。

按采用喷涂或喷焊的工艺及材料不同，可以获得耐磨、耐腐蚀、耐热、抗氧化等各种性能的表面层。

表 8-35 常用喷涂、喷焊修复方法

名 称	方 法 及 应 用 特 点
金属线材冷喷涂	<p>(1) 原理：利用金属喷涂枪，把用电弧或氧乙炔火焰高温熔化的金属线材，在 0.6~0.7 MPa 的压缩空气吹动下雾化，以 140~300m/s 的速度喷到零件磨损或损伤的表面。这样连续不断地喷射、铺展和堆积起来就成为涂层</p> <p>(2) 工艺特点和适用对象：金属线材喷涂属于一种冷喷涂工艺。因此喷涂时工件温度较低（仅 70~80℃），不会引起基体金属组织改变和零件变形，所以适合细长轴和截面悬殊的零件的修复，铸铁或铝合金的零件也都可以喷涂</p> <p>喷涂的厚度不受限制，可以从 0.05mm 开始，一直到很大的厚度，并且，涂层是多孔组织，能存油，润滑性好，而且涂层的硬度较高，耐磨性好</p> <p>金属基体与涂层是机械结合，因此不受可焊性的限制，用作喷涂的材料可以是金属，也可以是非金属；基体也可以是金属或非金属。例如电加工机床中一些需防腐的零件表面，往往喷涂尼龙覆盖层防腐</p> <p>金属喷涂工艺的缺点是涂层与基体之间的结合强度远远不如焊接结合，涂层本身的抗拉强度较低，不能用于修复点、线接触的工作表面</p>

名 称	方 法 及 应 用 特 点
等离子喷焊、 喷涂	<p>(1) 原理：等离子喷涂是依靠非转移弧的等离子射流进行的。合金粉末进入此高温射流区后，立即溶化并随同射流高速喷射到工件表面，炽热的熔珠立即产生剧烈的塑性变形并迅速冷却，形成牢固结合的等离子喷涂层。等离子射流具有温度高、流速快和能量集中等特点，有利于获得质量良好的涂层</p> <p>离子喷焊也称等离子粉末堆焊。这种工艺除在喷枪中形成等离子弧（非转移弧）外，在喷枪与零件间同时存在着另一个电弧（转移弧），此弧使零件局部溶化，并使送入喷枪等离子束中的粉末与基体冶金结合，形成所需性能的堆焊层</p> <p>(2) 等离子喷焊、喷涂的工艺特点和适用对象：等离子喷焊工艺的堆焊层与金属基体间为冶金结合，有较低的合金稀释度（指材料温升后组织中合金成分的丧失程度，可限制在5%之内），堆焊层成分均匀、组织均匀、成形而平整。可以根据需要选择合金粉末以满足各种特殊需要，喷焊层厚度可控制在0.25~6mm之间。堆焊层与基体间的结合强度很高，喷焊层具有致密的组织，适于受高冲击、高负荷（如点接触或线接触）零件表面的修复</p> <p>但等离子喷焊工艺对被喷零件的热影响较大，零件易产生热变形，所以不适用于薄壁零件的修复。等离子喷焊主要用于喷耐蚀层和耐磨层</p> <p>等离子喷涂工艺与喷焊时的大部分工艺特点相近，但对零件本身的热影响较小，不易引起零件热变形，适合于对薄壁件、细长轴类零件表面的喷涂修复。与喷焊相比较，涂层与基体的结合强度稍低</p>

名称	方法及应用特点
氧、乙炔焰金属粉末喷焊、喷涂	<p>(1) 喷焊原理：氧乙炔焰金属粉末喷焊，是利用特制的喷枪，将具有较高结合强度的复合粉末高速喷射到经过严格处理的零件表面。依靠金属复合粉末的物理化学反应，在基体金属表面产生一定的原子扩散，形成结构致密、表面光滑的冶金结合层（俗称打底层）。并在此层基础上再喷射具有各种特性的工作层，来满足零件在各种工作情况下的性能要求</p> <p>(2) 喷涂原理：氧乙炔焰金属粉末喷涂，是使粉状材料在高速氧气流的带动下由喷嘴射出，穿过氧乙炔焰时被加热到熔化或接近熔化的高塑性状态，高速撞击在已准备好的零件表面上，沉积为喷涂层。喷涂微粒与基体金属之间，以及喷涂微粒之间通常是依靠“物理—化学”连接和由相互镶嵌作用构成的机械连接</p> <p>(3) 工艺特点和应用场合：氧乙炔焰金属粉末喷焊工艺修复的零件，喷焊层与基体结合牢固。它不仅可以经受机械上摩擦副之间的切力作用，而且可以承受较大的冲击负荷。由于基体金属在喷焊过程中不会熔化，因而喷焊合金不会被基体金属稀释，有利于喷焊合金性能的发挥。喷焊层的厚度易于控制，少则0.05mm，多则可达2.5mm，而且表面成型好，加工余量小。但零件受热影响区较大（约与手工电弧焊相当），易使零件热变形</p> <p>氧乙炔焰金属粉末喷焊工艺适于修复各种轴颈、凸轮、非渗碳齿轮、花键轴等机械零件，但不适于维修一些结构复杂的薄壁件及长杆件</p>

名称	方法及应用特点
氧、乙炔焰金属粉末喷焊、喷涂	氧乙炔焰金属粉末喷涂工艺对零件的热影响较小,基本上不产生变形。零件金相组织不会改变,涂层性能广泛,工艺灵活,对待修零件的尺寸无特殊要求,具有一般喷涂工艺的共同优点。但涂层与基体间的结合强度远低于喷焊,而且也略低于等离子喷涂。所以不太适于修复像轴承滚道、齿面等受高应力交变负荷的零件表面
各种喷涂与喷焊工艺的一般过程	各种喷涂与喷焊的工艺过程有各自的特点和侧重面,但大致都经过被喷零件表面处理——喷涂(或喷焊)金属或合金粉末——喷后机加工修整等步骤

十六、振动电堆焊

对于低碳钢、中碳钢、部分合金结构钢的零件,修补层的厚度在0.3~3.0mm之间,可以采用电堆焊方法修复。

振动电堆焊修复过程如下:焊丝接电源正极,工件接负极,工件旋转焊丝等速进给并按一定的频率和振幅振动。焊丝与工件之间产生脉冲电弧放电,使焊丝在较低的电源电压作用下,产生高温,以较小的溶滴稳定地、均匀地过渡到工件表面,使工件表面堆焊出一层质量良好的焊层。

实践证明这种工艺方法溶深较小,焊层薄而均匀,工件受热量影响较小,因此不易变形,堆焊层的耐磨性较好,成本也较低。

堆焊修复后的旧件,必须经机械加工修复尺寸和几何精度。对硬度不高的焊层可采用车削加工后再磨削的工艺,而硬度较高的焊层可直接用磨削加工。堆焊件上若有油孔或键槽,在经粗加工后,先修整油孔或键槽再进行精加工。对于重要零件精加工后还应进行探伤检查。

十七、机床导轨的修复

表 8-36 机床导轨的修复方法

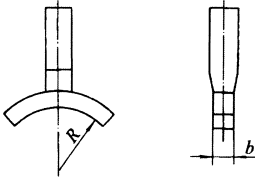
方法	操作步骤及要求
精刨	<p>对于重型机床或研痕较深(表面拉毛面积大)的导轨,应采用精刨的方法。由于工件的精度直接取决于刨床的精度,故应根据工件的精度选择刨床的精度</p> <p>机床导轨在精刨前,一般要进行预加工,以去除导轨表面的拉毛、刻划、不均匀的磨损量或床身的扭曲变形</p> <p>在预刨导轨面时,要用百分表进行找正,使总装时各环节不受影响。被加工件的装夹是否合理,对精刨质量有直接的影响,要保证床身在自由状态下固定(即不要把工件压变形)。在压紧前,用$0.03\sim 0.04\text{mm}$薄铜皮或薄纸垫在基面下,一般以垫得不能抽动为止。垫片的距离和多少,视工件的长短而定,可从两端开始,每档距为$0.5\sim 1\text{m}$,要均匀分布。垫实后,用百分表对工件进行测量,记下读数,然后固定工件,重复测量一次,比较前后读数,如数值不变,方可预刨</p> <p>预刨导轨面时,可用高速钢刀具,也可用硬质合金刀具,只要求把原来的伤痕、刻划和拉毛刨除即可,表面粗糙度R_a值小于$3.2\mu\text{m}$,即可精刨</p> <p>精刨时,仍应保证工件的自由状态。采用切削速度为$v=3\sim 5\text{m}/\text{min}$,第一刀用切削深度$a_p=0.04\text{mm}$,第二、三刀切削深度$a_p=0.02\sim 0.03\text{mm}$。一般精刨三刀或四刀,总精刨余量为$0.08\sim 0.10\text{mm}$,最后再使工件在无进给下让工作台往复行程两次。为了正确掌握进给深度,必须用百分表测量以控制刨刀架的进给深度。在精刨时,用洁净的煤油不间断地润滑刀架,中途不准停机,否则会产生刀痕</p> <p>精刨前,要求装刀具的刀架消除各种间隙,不移动的部件必须进行锁紧</p> <p>精刨刀的种类有:平面导轨精刨刀、垂直平面精刨刀、导轨下部滑面精刨刀、V形导轨精刨刀、燕尾导轨精刨刀等,其形状和尺寸见金属切削手册</p>

方法	操作步骤及要求
磨削	<p>导轨面的精加工以及淬硬的导轨,目前普遍采用磨削的工艺</p> <p>导轨的磨削方式有两种:一种是砂轮端面磨削,另一种是砂轮的周边磨削。</p> <p>(1)端面磨削:由于端面磨削使用的磨头结构较简单,万能性也强,目前在机修中应用较为广泛。其缺点是生产率低,加工的表面粗糙度值比周边磨削大,用切削液作湿磨困难,因此会造成导轨的发热变形</p> <p>端面磨削的工件送进速度:粗磨为 $5\sim 7\text{m}/\text{min}$,精磨在 $0.8\sim 2\text{m}/\text{min}$。磨出表面粗糙度值 $R_a 1.6\mu\text{m}$,若磨头和机床的精度高,操作掌握得好,表面粗糙度 R_a 值也能达到 $0.8\mu\text{m}$</p> <p>(2)周边磨削:周边磨削的生产效率和精度虽比较高,但因磨头结构复杂,要求机床刚性好,而且万能性不如端面磨削。目前机修车间采用较少,而机床的生产厂家应用较多</p> <p>周边磨削工件送进速度:粗磨可达 $20\text{m}/\text{min}$,精磨取 $1.8\sim 2.5\text{m}/\text{min}$。磨削的表面粗糙度 R_a 值小于 $0.8\mu\text{m}$,如磨头精度高,又掌握较好其表面粗糙度可达到 $R_a 0.4\mu\text{m}$。磨削时可使用切削液,避免发热变形。在磨削角度导轨面时,可调整磨头的角度作切入磨削。在机床制造厂,可将砂轮修整后作成成型磨削。若采用宽砂轮或组合砂轮按工件表面形状修整,就能将几个导轨面一次磨出。采用成形磨削时,为了修整砂轮的表面形状,在磨头上要附加一套砂轮修整装置</p>

方法	操作步骤及要求
刮削	<p>修理基准的选择原则：</p> <p>(1)按照基准惟一的原则，首先应考虑用具有高精度、没有磨损和变形、不需要修理的主要作用面，例如主轴孔、丝杠轴承孔、不磨损的固定结合面等</p> <p>(2)如果基准不能惟一，需要进行基准转换时，必须考虑基准转换时所产生的误差。对第一基准与修理面之间的误差应根据修理的难易，合理分配到第一基准与转换基准之间和转换基准与修理面之间。第一基准面最好选在需要分别转换的几个次级基准的公共面上</p> <p>刮削顺序的选择：</p> <p>选择修理顺序时，首先要考虑保证导轨副之间平行度及垂直度的要求。在此基础上才能考虑尽量减少修理刮削量的问题。为此必须做到：</p> <p>(1)先刮与传动部件有关联、技术要求高的导轨面；后刮与传动部件无关联、技术要求较低的导轨面</p> <p>(2)先刮形状复杂的导轨面，后刮形状简单的导轨面</p> <p>(3)先刮长而面积大的导轨面；后刮短而面积小的导轨面</p> <p>(4)先刮加工困难的导轨面；后刮加工容易的导轨面</p> <p>选择刮削顺序注意事项：</p> <p>(1)先刮大工件，然后再配刮小工件</p> <p>(2)先刮刚性好的工件，再配刮刚性较差的工件</p> <p>(3)先刮长导轨面，后配刮短导轨面</p>

十八、轴类零件的修复

表 8-37 轴类零件的修复

工件类型	方法名称	操作方法及注意事项
细长轴零件弯曲的修复	压力校正	<p>(1)用压力对零件进行校直时,必须矫枉过正。零件在压力下引起变形,包括弹性变形和塑性变形两部分。弹性变形会随着压力的消失而消失。这样,零件的弯曲变形量只有在矫枉过正的条件下才能由校直中产生的塑性变形量进行抵消。一般的轴如用凸轮轴或曲轴压校时,所需的压弯量是弯曲变形量的10~12倍</p> <p>(2)零件校直压弯时,应保持2~3min,并且用锤子对零件进行快速敲击,提高零件的校直保持性</p> <p>(3)零件校直后应立即进行定性处理。这样,可以消除压校中在零件内部引起的内应力,使材料塑性变形稳定,提高校直保持性,同时有利于提高零件的刚性。定性处理时,对于调质的零件可在油池中加热到450~500℃,保温时间两小时左右。对于表面淬硬的零件可加热到200~250℃,保温时间六小时左右</p>
	砸弯校正	<div style="text-align: center;">  <p>丝杠调直用的工具</p> </div> <p>砸弯校直,首先要自制一个头部为凹圆形的扁平嘴铜棒,或用Q235材料制作也可,与零</p>

工件类型	方法名称	操作方法及注意事项
细长轴零件弯曲的修复		<p>件外形相适应。上图是调直丝杠的工具,图中 R 应与丝杠底径尺寸相同或略大些,宽度 b 比丝杠根部宽度略小些即可</p> <p>将零件架在 V 形架上,用百分表找出弯曲的高点,然后将弯曲的高点朝下放在硬质木块上,用自制的调直工具顶在零件弯曲的低点处。如果是丝杠,应该顶在弯曲低点处的螺纹底径上,这样就可以用锤子敲击铜棒,并在零件的弯曲低点处依次移动铜棒进行砸弯。砸弯的强度应以弯曲最低点处为最大,两边次之,逐步减弱。每砸完一遍后,可用百分表测量一次零件弯曲值的变化情况,直到使零件校直为止</p> <p>砸弯校直后,对零件一般不用进行定性热处理</p>
	火焰校正	<p>火焰校直法,适用于校直形状复杂的大尺寸零件,并且具有校直保持性好,对疲劳强度影响较小的特点</p> <p>用乙炔火焰对弯曲最高点要迅速加热,乙炔焰的热量要大,加热点面积要小,加热后要在加热点处用水迅速冷却。否则,将会影响校直效果</p> <p>对于变形较小的轴类零件,加热点可以是一点或者多点,多点加热常用梅花式。对于变形较大的轴类零件或者形状复杂的零件可采用线状加热。使火焰沿直线方向移动,或者在沿直线移动的同时,在宽度方向做横向摆动,形成带状加热</p>

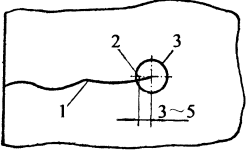
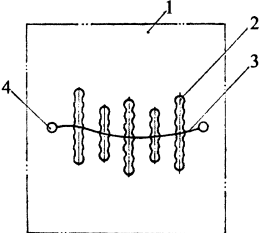
工件类型	方法名称	操作方法及注意事项
		<p>加热的温度一般在 300~700℃ 之间,不宜过高。若采用一点加热不能解决问题,必须采用多点加热(即可使用多把焊枪加热)。这时,每一点处的温度还可适当地再低一些</p> <p>校直时,为做到心中有数,可将自制的校正盘(针状)放在零件弯曲最高点附近,以观察校直情况。校直到比较理想时,可用百分表检查,直至细长轴的径向圆跳动误差达到允许范围内即可</p>
一般轴类零件磨损后的修复	修轴配套法	<p>这是修理工作中经常使用的方法之一。轴的表面划痕较浅(0.004mm 以内)时,用研磨套来研磨轴,然后配套。如果划痕较深或形状误差超差,一般就采用磨削轴,然后配套</p>
	恢复名义尺寸	<p>如果轴零件修复后,要恢复名义尺寸,则必须采用诸如涂镀、镀铬、镀铁、堆焊等特殊修理方法。镀层后再磨削轴颈配轴套</p>

十九、壳类零件的修复

表 8-38 壳类零件修复方法

名称	图示及说明
铸铁件的焊接修补	<p>铸铁件的焊接修补,一般采用电弧冷焊法,但铸铁可焊性较差,所以焊接过程中应注意以下的情况:</p> <p>由于焊接熔化区小,散热快而形成白口层,这种白口层既硬又脆,不但使加工困难,并易在使用过程中开裂</p> <p>灰口铸铁不能承受塑性变形,强度低,当焊接收缩应力及工件焊前内应力的值大于铸铁强度极限时,就会在半熔</p>

名 称	图 示 及 说 明
铸铁件的 焊接修补	<p>化区形成纵向裂纹,同时半熔化区的白口组织也会促使这种裂纹的生成。另外,在焊接过程中局部过热,会使基体材料进一步变形而加剧应力的不均衡程度,促使裂纹的生成</p> <p>铸铁中含有较高的碳分,而使用过的旧机件,金属内部吸附了一定的油质和其他污物,这些物质在焊接高温作用下生成 CO_2 及其他气体,而铸铁的液化和固化过程均较快,产生的有害气体不易在焊接过程中逸出,从而形成气孔,使焊缝的强度受到很大的影响</p> <p>手工电弧冷焊由于以上所述的不利因素,因此,在焊接过程中,应根据铸件焊接处的壁厚、形状、精度要求等条件选用不同的焊接方法和使用不同性质的焊条来进行</p> <p>用电弧冷焊焊补铸铁机件裂纹或缩孔时,常采用铜铁系、镍铜系或镍铁系焊条来焊补。其中铜铁系焊条生成的焊缝,其强度与铸铁相近,不易产生纵向裂纹,且加工的工艺性和塑性都较好,所以应用较广</p> <p>焊补时,注意应使工件预热缓慢,以避免形成白口层。为防止机件局部过热而变形,应采用分段、短段、断续和分散等焊补操作方法</p> <p>焊补前,修理钳工要配合电焊工做好焊补前的机件处理工作。首先是清洗焊补部位,对未完全断开的机件,寻找出裂纹的终点位置(通常采用乙炔加热扩裂法搜寻),接着钻止扩裂孔。止扩裂孔一般钻在离裂纹终点 $3\sim 5\text{mm}$ 处,常为通孔(见图),然后在待焊接处开坡口,坡口的深度和角度以应不影响合拢时的定位精度为准。对精度要求高的完全断开件,为复原定位可靠和方便,焊前暂不开坡口,可以通过点焊或用其他夹具使断件夹固后,再采取开一段坡口,补焊一段的工艺。当只容许在壁厚单面补焊时,应只开单面坡口</p> <p>薄壁机件补焊前坡口开法:一般壁厚 $5\sim 8\text{mm}$ 时开成角度稍大的浅坡口,而壁厚 4mm 以下的可不开坡口</p>

名称	图示及说明
铸铁件的 焊接修补	<p>为了提高焊接强度和减少焊接应力,在条件许可下应尽量采用双面坡口和作两面补焊。下端的坡口应在上端坡口补焊后再开</p>  <p style="text-align: center;">止扩裂孔</p> <p>1. 裂纹;2. 裂纹终点;3. 止扩裂孔</p>
裂缝的扣 合处理	 <p style="text-align: center;">裂纹扣合</p> <p>1. 机体;2. 波形键;3. 裂纹;4. 止扩裂孔</p> <p>大型铸件,特别是铸铁件产生裂纹或折断,可采用扣合法来修复。如图所示,在垂直于机件裂纹或折断面的方向,用铣、钻、镗等方法加工成具有一定形状尺寸的扣合槽,嵌入与之相吻合的扣合键。这种使损坏机件的二面重新连接在一起,达到具有一定强度和密封性的修补方法,称金属扣合法</p>

第九章 模 具

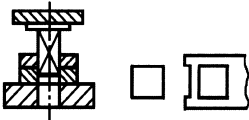
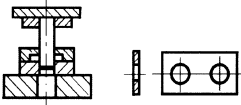
一、压力加工与模具

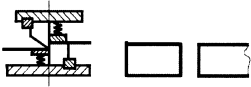
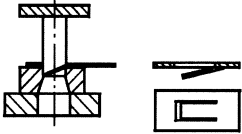
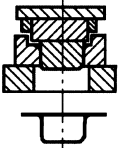
压力加工是先进的工艺方法之一。尤以冷冲压加工应用最为普遍。冷冲压加工主要包括两类；材料的分离和材料的变形。材料的分离指冲裁、冲孔和剪裁等加工；材料的变形是指弯形、压延和成形等加工。进行各种冷冲压加工，除要使用各种冲压设备外，还要在这些设备上安装各种冷冲压模具。

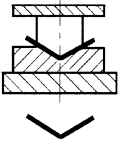
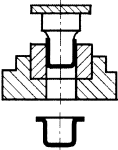
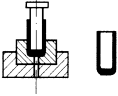
冷冲压模具的制造是工具钳工的主要任务之一。

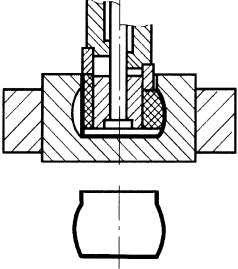
二、冷冲压模的分类

表 9-1 冷冲压模具的分类与用途

类别	名称	图 示	用 途
材料 分离	落料模		使零件按封闭的轮廓线与原材料分离的模具
	冲孔模		使废料沿封闭轮廓与零件完全脱离的模具

类别	名称	图 示	用 途
	切断模		使材料的一部分与另一部分分离的模具
材料分离	切口模		在零件封闭轮廓线内切开一小部分(开口),且不脱离零件的模具
	切边模		切去零件毛边的模具

类别	名称	图 示	用 途
材料 变形	弯曲模		将板状材料弯曲成一定形状的模具
	压延模		将板状材料压延成空心零件或进一步改变空心零件形状和尺寸的模具
	冷挤模		把比较厚的毛坯材料冷挤成薄壁空心零件的模具

类别	名称	图 示	用 途
	成形模		把冲裁、弯曲或压延过的工件,进一步改变其局部形状的模具
	简单模	(图略)	只能完成一种冷冲压工序的简单动作的模具
	复合模	(图略)	材料进入模具后,能在同一位置上经过一次冲压即可完成两个或两个以上工序的模具
	连续模 (级进模、步跳模)	(图略)	当材料按顺序连续送进模具时,每移动一个步距,材料即能在模具不同的位置上完成冲孔、冲裁等各个不同工序的模具

三、冷冲压冲床

冷冲压加工的冲床很多。按其传动原理，可分为机械冲床和液压冲床两大类。其中机械冲床中最常用的有曲轴式冲床。

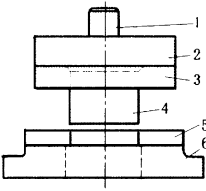
冲床的压力是以滑块向下运动时，作用在模具上最大的压力来标示的。开式单臂曲轴冲床的冲压力一般为 $(6 \sim 200) \times 10^4 \text{N}$ 。滑块行程为 $46 \sim 130 \text{mm}$ ，每分钟冲程数为 $70 \sim 170$ 次。

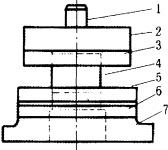
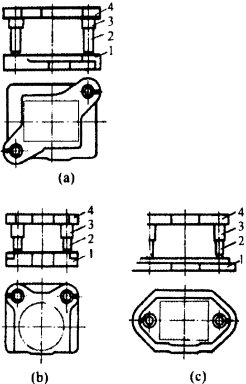
上模部分安装在冲床的滑块上随滑块一起运动，下模部分安装在冲床的工作台上固定不动。

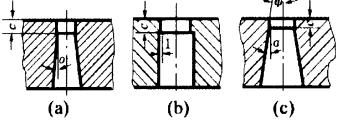
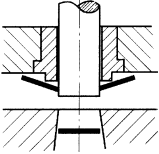
四、冷冲压模零件的分类

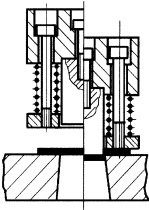
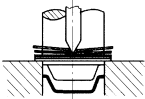
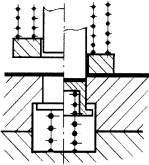
各种冷冲压模，不论其工作性质如何，组成模具的零件是大同小异的。这些零件、部件按其在模具中的作用，通常分为模架、成形件、卸料件和定位件四大类，见表 9-2。

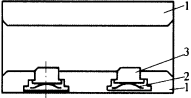
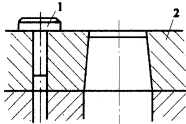
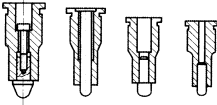
表 9-2 模具零件

分类	名称	图示及说明
模架	无导向模架	 <p>模架的作用是，把模具固定在冲床上，并把冲床的冲压力传递给成型件的工作部分。模架又是模具的结构基础，因此模具的各种零、部件都是安装在模架上的</p> <p>无导向件模架的结构简单，造价低廉。其活动部分和固定部分的相对位置，是由冲床的滑块和导轨来确定的。这种模架不适用于精密的冲压工作</p>

分类	名称	图示及说明
	导板导向模架	<p>导板 5 兼起导向和卸料板作用。导板一般不经淬火。因此,这种导向件的使用寿命短,精度也不够可靠</p> 
模架	导柱导套模架	<p>是目前各种精密模具中应用广泛的一种有导向模架。导柱导套为圆柱形,制造精度高。已标准化</p> <p>这种模架按装配型式和结构不同分为整体压入式、装配式、滚珠导套式</p> <p>按下模座上分布的位置不同,模架可分为对角式、后侧导柱式、中间导柱式</p> 

分类	名称	图示及说明
成形件	凹模	 <p style="text-align: center;">凹模工作孔的型式</p> <p>凹模的横剖面形状为制件外形对应剖面的形状。凹模的工作孔分为三种型式,如图所示</p>
	凸模	<p>凸模的横剖面形状按制件的形状制造。凸模按横剖面形状分为圆形、方形、多线形。按刃边的形状分为平刃、斜刃。按固定方法分为铆接式和压配合式</p>
	凸凹模	<p>在复合模中兼起凸凹模作用的成型件</p>
卸料件	固定式卸料器	 <p>一般装在下模座上,在工作过程中不移动的卸料件。图示为一种带凸边衬套的固定式卸料板</p>

分类	名称	图示及说明
卸料件	活动式卸料器	 <p data-bbox="614 214 917 368">根据模具的结构不同，固定在模具的上部或下部。其作用是将制件或废料从模上卸下。图示为使用弹簧的活动式卸料器</p>
	废料切刀	 <p data-bbox="614 582 917 764">当受到模具结构和工作条件限制，而不能使用其他卸料器时，可以在模座上装2~4把废料切刀将废料切成碎块除去。图示为废料切刀的工作示意图</p>
	顶件器	 <p data-bbox="614 893 917 1047">一般装在下模座中，在冲压回程时将制件顶出。图示为一种柔动式顶件器和活动式弹簧卸料板的组合装置</p>

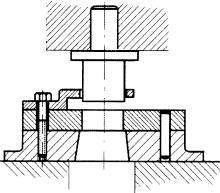
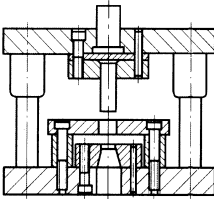
分类	名称	图示及说明
	侧压装置	<p>产生侧压力使待冲压件与定位件正确接触。图示为用于板条料的导条、弹簧压块式侧压定位装置</p> 
定位件	挡料销	<p>板料送入模具时,除用侧压装置导正其进料方向外,还使用挡料销来控制板料规定的进距。图示为固定式挡料销</p> 
	导正钉	<p>利用板料或半成品上预先冲出的孔定位时,可采用导正钉。图示为导正钉在凸模上固定的几种方式</p> 

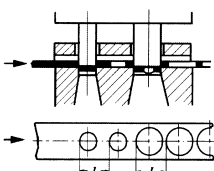
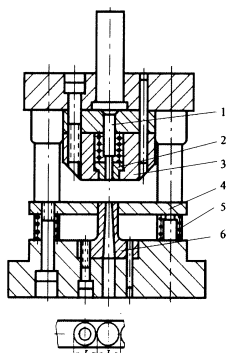
五、冷冲压模的构造

1. 冲裁模的构造

冲裁模按工作性质可分为落料、切断和冲孔等；按动作方式可分为简单模、连续模、复合模；按导向装置可分为无导向模、有导板模、导柱导向模等。常见冲裁模构造见表 9-3。

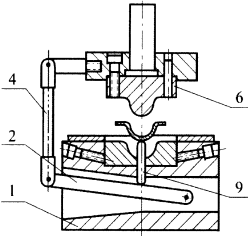
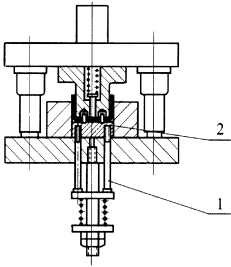
9-3 冲裁模构造

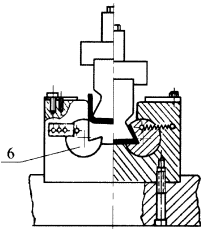
名称	图示及说明
无导向冲裁模	 <p>这种模具在冲床的每一行程中，只能完成一个冲压工序。由于凸模和凹模的相对位置是靠冲床的导轨来保证的，所以结构简单，制造方便，操作时易观察。但冲制件精度低，模具安装调试较困难，一般只适用于形状简单，尺寸精度低的小零件</p>
导柱冲孔模	 <p>这种模具由于带有导向装置，所以安装调试方便，使用寿命长，冲裁后的制件尺寸精度高，在大批或成批生产中应用广泛</p>

名称	图示及说明
连续 冲裁模	 <p data-bbox="652 210 922 434">连续冲裁模能使工件分别在两个工位完成冲孔落料等冲裁工序，所以生产效率高。正常冲裁时，滑块每下降一次，即可冲出一个制件</p>
复合 冲裁模	 <p data-bbox="652 546 922 868">复合冲裁模可以在同一位置上，在滑块一次冲程中完成冲孔和落料两个工序。复合模的结构特点是：在下模座内安装有冲孔和冲裁合用的凹凸模。上模座则安装有冲孔用的凸模和冲裁用的凹模</p>

2. 弯曲模的构造

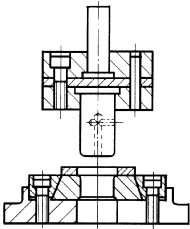
表 9-4 几种典型的弯曲模

名称	图示及说明
无压料 装置 的弯 曲模	 <p>下模座 1 内装有顶杆 9。杠杆 2 通过连杆 4 与上模座连接，能随滑块的上下而移动。当凸模 6 把毛坯冲弯成型后随滑块上升时，顶杆在杠杆作用下向上移动，把制件从凹模内顶出</p>
带压料 装置 的弯 曲模	 <p>凹模 4 中装有压料板 2 通过卸料螺钉 1 与弹顶器相接触。弯曲时凹模下降，毛坯先被压紧随即被成型。凸模上升时，下面的弹顶器通过卸料螺钉 1、压料板等将制件从凹模中顶出。当制件随着凸模上升时，又被凸模中的推杆推离凸模</p>

名称	图示及说明
转轴式 弯曲模	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>图示为弯Δ形制件的弯曲模。凹模装有对称的两件转动式活动凹模6。弯曲时,把平直的坯料放在凹模上的定位板内,凸模下降,先完成U形,如图左侧所示。凸模继续下降与活动凹模接触后迫使活动凹模转动,将U形再弯成需要的角度。当凸模上升时,活动凹模在弹簧的作用下方向回转,直到被挡板挡住为止。制件随凸模上升后用工具把制件从凸模侧面推出</p> </div> </div>

3. 压延模的构造

表 9-5 几种典型的压延模

名称	图示及说明
无压边 圈的压延 模	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>这种压延模仅适用于压延各种较厚的材料和压延高度小的零件。否则,由于没有压边圈,压延后制件的周边会起皱</p> </div> </div>

名称	图示及说明
<p data-bbox="106 382 232 484">有压边圈的压延模</p>	<div data-bbox="285 221 581 627"> </div> <p data-bbox="632 214 926 509">这种模具的上模部分装有弹簧2，螺杆1和压边圈3。当凸模4下降时，压边圈在弹簧的作用下先把毛坯压紧在凹模6上，凸模继续下降，就对毛坯进行压延加工。</p>
<p data-bbox="106 907 232 974">落料压延复合模</p>	<div data-bbox="263 747 603 1117"> </div> <p data-bbox="632 683 926 1201">如图所示为在条料上冲制罩形零件的落料压延复合模。冲制时先由落料凹模7和落料凸模10对板料进行冲裁落料。当上模座继续下降时，压边圈6在弹簧1和卸料螺钉3的作用下，把毛坯左边压紧，接着压延凸模5就进行压延加工，压延结束，上模座上升时，在落料凸模内的顶件器就把卡紧在落料凸模内的制件顶出。</p>

六、冷冲压模的装配

1. 冷冲压模的装配的工艺流程

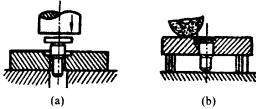
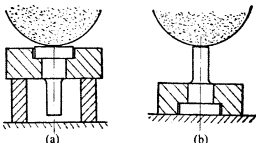
模具装配质量的好坏直接影响到模具的使用寿命和制件的质量。因此,这是一项细致而重要的工作。模具装配的步骤和工作内容见表9-6。

表9-6 模具装配的步骤

步 骤	工 作 内 容
熟悉装配图	了解模具结构特点和相互关系
组织工作场地	根据模具结构特点和装配方法,确定工作场地。准备必要的工具、材料和辅助设备
清理和检查零件	清洗、副验
安装模具的固定部分	指与下模座连接的主要零件
安装模具的活动部分	指与上模座连接的主要零件
调整模具的相对位置	主要指调整凸模与凹模的间隙
固定模具的固定部分	用销钉固定凹模,固定后还要检查一次间隙
固定模具的活动部分	用销钉固定凸模
检查	外观检查、连接情况及模具间隙的检查
试冲和调整	试冲和调整是模具装配最重要的一个步骤。包括:安装到冲床上试冲;按图纸检查试冲制件的质量;若制件质量不符合要求,则应分析原因进一步调整、试冲,直至合格
涂油、入库	涂防锈油并合理放置

2. 冷冲压模主要组件的装配

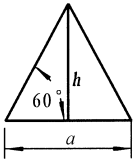
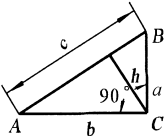
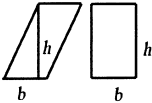
表 9-7 冷冲压模主要组件的装配

项 目	图 示	说 明
模柄的装配	 <p>(a) (b)</p>	<p>模柄装入上模座；装入销钉或螺钉固定；模柄与模座一起磨平</p>
凸模的装配	 <p>(a) (b)</p>	<p>凸模和固定板一般为过渡配合 H_7/m_6。凸模装入固定板后必须与固定板垂直，然后将尾部与固定板一起磨平。最后，翻身精磨刃口平面</p>
导柱、导套、模架的装配		<p>清洗后，导柱装入下模座并与下模座平面垂直，各导柱保持平行。导套装入下模座并与下模座平面垂直，各导套保持平行。装配后达到以下两点要求：导柱与导套上下移动时能平稳滑动，无阻滞；上下模座的平面必须保持平行</p>

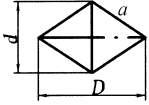
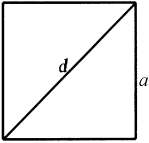
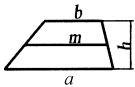
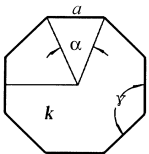
第十章 钳工常用技术数据及资料

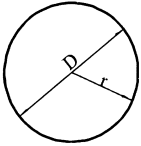
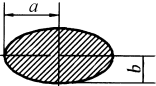
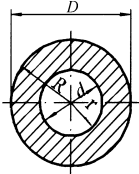
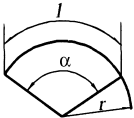
一、常见几何图形面积和体积计算

表 10-1 常见几何图形面积和体积计算

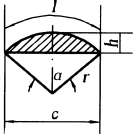
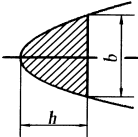
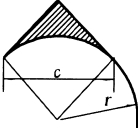
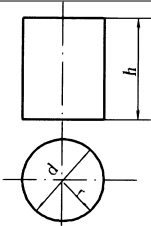
名称	图 形	计 算 公 式
等边三角形		面积 $S = \frac{a+h}{2} = 0.433a^2$ 或 $S = 0.578h$ 底边 $a = 1.155h$ 高 $h = 0.866a$
直角三角形		面积 $S = \frac{ab}{2}$ 斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ 直角高 $h = \sqrt{\frac{a^2}{c} \cdot \frac{b^2}{c}}$
平行四边形、矩形		面积 $S = bh$

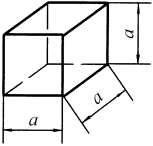
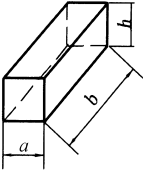
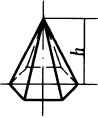
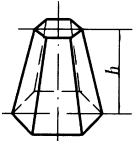
续表

名称	图形	计算公式
菱形		面积 $A = \frac{Dd}{2}$ 边 $a = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$
正方形		面积 $A = a^2$, 或 $A = \frac{d^2}{2}$ 边 $a = 0.707d$ 对角线 $d = 1.414a$
梯形		面积 $A = \frac{a+b}{2} \cdot h$ 或 $A = m \cdot h$ 中线 $m = \frac{a+b}{2}$
正多边形		面积 $A = \frac{ak}{2} \cdot n$ 圆心角 $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ 内角 $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$

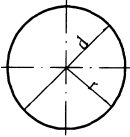
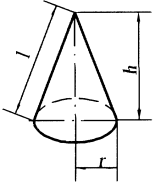
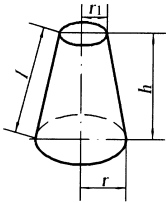
名称	图 形	计 算 公 式
圆		面积 $A = \frac{\pi}{4} D^2 = 0.7854 D^2$ 或 $A = \pi r^2 = 3.1416 r^2$
椭圆		面积 $A = \pi ab$ <i>a</i> . 长轴半径 <i>b</i> . 短轴半径
圆环		面积 $A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ 或 $A = \pi (R^2 - r^2)$
扇形		面积 $A = \frac{\pi r^2 \alpha}{360} = 0.008727 r^2 \alpha$ 或 $A = \frac{r}{2} l$ <i>α</i> 圆心角 <i>l</i> 弧长

续表

名称	图形	计算公式
圆弓形		面积 $A = \frac{lr}{2} - \frac{c(r-h)}{2}$ c. 弦长
抛物线弓形		面积 $A = \frac{2}{3}bh$
角榑		面积 $A = r^2 - \frac{\pi r^2}{4} = 0.215r^2$ 或 $A = 0.1075c^2$
圆柱体		侧表面积 $M = 2\pi rh = \pi dh$ 表面积 $A = 2\pi rh + 2\pi r^2$ 体积 $V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2}{4} h = 0.7854 d^2 h$

名称	图 形	计 算 公 式
正方体		表面积 $A=6a^2$ 体积 $V=a^3$
长方体		表面积 $A=2(ah+bh+ab)$ 体积 $V=abh$
角锥体		表面积 $A=$ 各三角形面积的总和 +底面积 体积 $V=\frac{h}{3}\times$ 底面积
截顶角锥体		表面积 $A=$ 各梯形面积的总和+ 顶面积+底面积 体积 $V=\frac{h}{3}(S_1+S_2+\sqrt{S_1S_2})$ S_1 . 顶面积; S_2 . 底面积

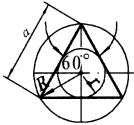
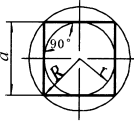
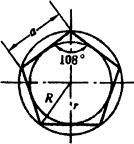
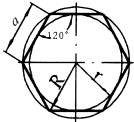
续表


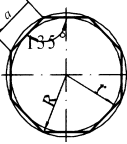
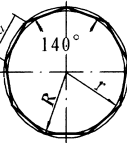
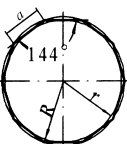
名称	图形	计算公式
球		表面积 $A = 4\pi r^2 = \pi d^2$ 体积 $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4.188sr^3$ $= \frac{\pi d^3}{6} = 0.5236d^3$
圆锥体		侧表面积 $M = \pi rl = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$ 表面积 $A = \pi r (L + r)$ 体积 $V = \frac{h}{3} \pi r^2$
截顶圆锥体		侧表面积 $M = \pi l (r + r_1)$ 表面积 $A = \pi (r^2 + r_1^2 + rl + r_1 l)$ 体积 $V = \frac{\pi h}{3} (r^2 + r_1^2 + rr_1)$

名称	图形	计算公式
球缺		表面积 $A = 2\pi r h = \pi \left[\frac{b^2}{4} + h^2 \right]$ 体积 $V = \pi h^2 \left[r - \frac{h}{3} \right] = \pi h \left[\frac{b^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right]$
中空圆柱		表面积 $A = 2\pi(R+r)(R-r+h)$ 体积 $V = \pi h(R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi}{4} h(D^2 - d^2)$
圆球环		表面积 $A = 4\pi^2 R r = \pi^2 D d$ 体积 $V = 2\pi^2 R r^2$ $= \frac{\pi^2}{4} D d^2$

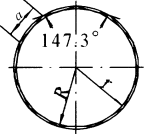
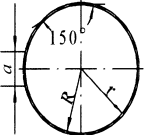
二、多边形几何尺寸计算

表 10-2 正多边形几何尺寸计算

名称	图 形	边长 a	外接圆 半径 R	内切圆 半径 r	面积 A
正三角形		$1.7321 R$ $3.4641 r$	$0.5774 a$ $2 r$	$0.2887 a$ $0.5 R$	$0.433 a^2$
正方形		$1.4142 R$ $2 r$	$0.7071 a$ $1.4142 r$	$0.5 a$ $0.7071 R$	a^2
正五边形		$1.1756 R$ $1.4531 r$	$0.8506 a$ $1.2361 r$	$0.6882 a$ $0.809 R$	$1.7205 a^2$
正六边形		R $1.1547 r$	a $1.1547 r$	$0.866 a$ $0.866 R$	$2.5981 a^2$

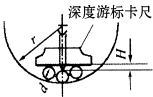
名称	图 形	边长 a	外接圆 半径 R	内切圆 半径 r	面积 A
正七边形		$0.8679 R$ $0.9631 r$	$1.1524 a$ $1.1099 r$	$1.0383 a$ $0.901 R$	$3.6339 a^2$
正八边形		$0.7654 R$ $0.8284 r$	$1.3066 a$ $1.0824 r$	$1.2071 a$ $0.9239 R$	$4.8284 a^2$
正九边形		$0.684 R$ $0.7279 r$	$1.4619 a$ $1.0542 r$	$1.3737 a$ $0.9397 R$	$6.1818 a^2$
正十边形		$0.618 R$ $0.6498 r$	$1.618 a$ $1.0515 r$	$1.5388 a$	$7.6942 a^2$

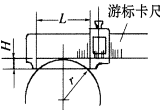
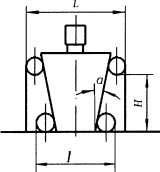
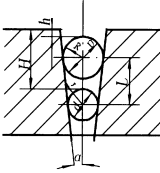
续表

名称	图 形	边长 a	外接圆半径 R	内切圆半径 r	面积 A
正十一边形		$0.5635 R$ $0.5872 r$	$1.7747 a$ $1.0422 r$	$1.7028 a$ $0.9595 R$	$9.3656 a^2$
正十二边形		$0.5176 R$ $0.5359 r$	$1.9319 a$ $1.0353 r$	$1.866 a$ $0.9659 R$	$11.196 a^2$

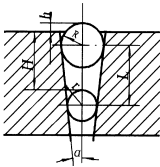
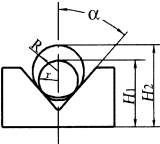
三、常用测量计算

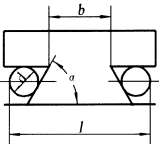
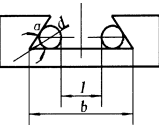
表 10-3 常用测量计算

名称	图 形	计 算 公 式	应 用 举 例
测量内圆弧		$r = \frac{d(d+H)}{2H}$ $H = \frac{d^2}{2\left[r - \frac{d}{2}\right]}$	〔例〕已知钢柱直径 $d = 20 \text{ mm}$ ，深度游标卡尺读数 $H = 2.3 \text{ mm}$ ，求圆弧工件的半径 r 。 〔解〕 $r = \frac{20(20+2.3)}{2 \times 2.3} = 96.96(\text{mm})$

名称	图 形	计 算 公 式	应 用 举 例
测量外圆弧		$L = 2 \sqrt{H(2r - H)}$ $r = \frac{L^2}{8H} + \frac{H}{2}$	<p>[例]已知游标卡尺的 $H = 22 \text{ mm}$, 读数为 $L122 \text{ mm}$, 求圆弧工件的半径 r。</p> <p>[解] $r = \frac{122^2}{8 \times 22} + \frac{22}{2}$ $= 95.57 (\text{mm})$</p>
测量外圆锥斜角		$\text{tg} \alpha = \frac{L - l}{2H}$	<p>[例]已知 $H = 15 \text{ mm}$, 游标卡尺读数 $L = 32.7 \text{ mm}$, $l = 28.5 \text{ mm}$, 求斜角 α。</p> <p>[解] $\text{tg} \alpha = \frac{32.7 - 28.5}{2 \times 15} = 0.1400$ $\alpha = 7^\circ 58'$</p>
测量内圆锥斜角		$\sin \alpha = \frac{R - r}{L}$ $= \frac{R - r}{H + r - R - h}$	<p>[例]已知大钢球半径 $R = 10 \text{ mm}$, 小钢球半径 $r = 6 \text{ mm}$, 深度游标卡尺读数 $H = 24.5 \text{ mm}$, $h = 2.2 \text{ mm}$, 求斜角 α。</p> <p>[解] $\sin \alpha = \frac{10 - 6}{24.5 + 6 - 10 - 2.2}$ $= 0.2186$ $\alpha = 12^\circ 38'$</p>

续表

名称	图 形	计 算 公 式	应 用 举 例
测量内圆锥斜角		$\sin \alpha = \frac{R-r}{L}$ $= \frac{R-r}{H+h-R+r}$	<p>[例]已知大钢球半径 $R = 10\text{mm}$, 小钢球半径 $r = 6\text{mm}$, 深度游标卡尺读数 $H = 18\text{mm}$, $h = 1.8\text{mm}$, 求斜角 α。</p> <p>[解]$\sin \alpha =$</p> $\frac{10-6}{18+1.8-10+6}$ $= 0.2532$ $\alpha = 14^{\circ}40'$
测量 V 形槽角度		$\sin \alpha = \frac{R-r}{H_2 - H_1 - (R-r)}$	<p>[例]已知大钢柱半径 $R = 15\text{mm}$, 小钢柱半径 $r = 10\text{mm}$, 高度游标卡尺读数 $H_1 = 43.53\text{mm}$, $H_2 = 55.6\text{mm}$, 求 V 形槽斜角 α。</p> <p>[解]$\sin \alpha =$</p> $\frac{15-10}{55.6-43.53-(15-10)}$ $= 0.7071$ $\alpha = 45^{\circ}$

名称	图 形	计 算 公 式	应 用 举 例
测量燕尾槽		$l = b + d \left[1 - \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]$ $= b + k^{\text{①}}$ $b = l - d \left[1 - \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]$ $= l - k^{\text{①}}$	<p>〔例〕已知钢柱直径 $d = 10 \text{ mm}$, $b = 60 \text{ mm}$, $\alpha = 55^\circ$, 求 l。</p> <p>〔解〕$l = 60 + 10 \times (1 + 1.921)$ $= 89.21 (\text{mm})$</p>
		$l = b - d \left[1 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]$ $= b - k^{\text{①}}$ $b = l + d \left[1 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]$ $= l + k^{\text{①}}$	<p>〔例〕已知钢柱直径 $d = 10 \text{ mm}$, $b = 72 \text{ mm}$, $\alpha = 55^\circ$, 求 l。</p> <p>〔解〕$l = 72 - 10 \times (1 + 1.921)$ $= 43.79 (\text{mm})$</p>

四、公差与配合

公差主要反映机器零件使用要求、制造工艺和成本之间的矛盾,而配合则决定组成机器零部件之间相互配合的状况和工作条件,因此公差与配合不仅直接影响到产品的精度、性能和使用寿命,而且对简化设计和制造、缩短生产周期、降低成本、便于维修和提高经济效益有密切的关系。

标准公差用符号 IT 表示,即国际公差。标准公差分为 20 级,各公差等级的标准公差由 IT 与表示公差等级代号的阿拉伯数字组成。即:IT01、IT0、IT1 至 IT18;其中 01 级最高,18 级最低。尺寸从 0 至 500 mm 标准公差数值见表 10-4。

表 10-4 尺寸至 500mm 标准公差数值 (GB1800-79)

基本尺寸 (mm)		公差等级																				
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
		μm											mm									
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4	
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8	
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2	
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7	
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3	
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9	
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6	
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4	
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.3	6.3	
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	45	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2	
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1	
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9	
400	500	1	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7	

注：基本尺寸小于 1mm 时，无 IT14 至 IT18。

基本偏差是用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差，一般为靠近零线的偏差。当公差带在零线上方时，基本偏差为下偏差。当公差带在零线下方时，基本偏差为上偏差。如图 10-1。基本偏差系列如图 10-2。其代号用拉丁字母表示，大写的为孔，小写的为轴。

基本尺寸小于或等于 500mm 的轴孔的基本偏差数值见表 10-5 和表 10-6。

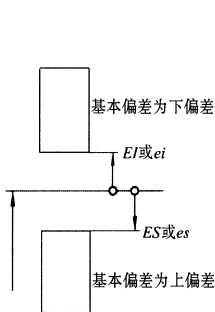


图 10-1 基本偏差

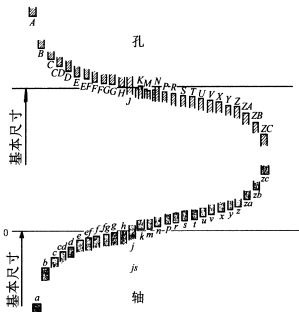


图 10-2 基本偏差系列

五、未注公差的公差等级

未注公差尺寸的公差等级规定为 IT12 至 IT18，其数值如表 10-7 所示。

一般孔用 H，轴用 h；长度用 $\pm 1/2IT$ （即 Js 或 js）。必要时可不分轴、孔或长度，均采用 $\pm 1/2IT$ （即 Js 或 js）。

表 10-5 轴的基本偏差数值 (GB1800-79) (μm)

基本偏差		下 偏 差 (ei)															
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
基本尺寸 mm		公 差 等 级															
大于	至	所 有 等 级															
		≤ 3	$4 \sim 7$	> 7													
—	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130
14	18									+39	+45	—	—	+50	+77	+108	+150
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	—	+41	+47	+54	+68	+73	+98	+136	+183
24	30								+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+213
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50								+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+43	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80								+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480

基本偏差		下 偏 差 (ei)																
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
基本尺寸 mm		公 差 等 级																
大于 至		所 有 等 级																
		4~7	≤3															
			>7															
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120						+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690	
120	140						+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
140	160	+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	
160	180						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
180	200						+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
200	225	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
225	250						+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350	
250	280						+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550	
280	315	+4	0	+20	+34	+56	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700	
315	355						+108	+190	+263	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	
355	400	+4	0	+21	+37	+62	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100	
400	450						+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
450	500	+5	0	+23	+40	+68	+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600	

续表

基本偏差		上 偏 差 (es)										下偏差 (ei)			
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	
基本尺寸 mm		公 差 等 级													
大于	至	所 有 等 级													
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-4	-4	-
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-5	-5	-
10	14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0	-6	-6	-
14	18	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0	-7	-8	-
18	24	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0	-9	-10	-
24	30	-320	-180	-130	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0	-10	-12	-
30	40	-340	-190	-140	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	-12	-15	-
40	50	-360	-200	-150	-	-140	-180	-	-40	-	-15	0	-15	-18	-
50	65	-380	-220	-170	-	-160	-200	-	-45	-	-18	0	-18	-21	-
65	80	-410	-240	-180	-	-180	-240	-	-50	-	-21	0	-21	-24	-
80	100														
100	120														

$$\text{偏差} = \frac{IT}{2}$$

续表

基本偏差		上 偏 差 (es)										下 偏 差 (ei)				
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		
基本尺寸 mm		公 差 等 级														
大于	至	所 有 等 级														
120	140	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	-	-11	-18	-
140	160	-520	-280	-210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	180	-580	-310	-230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	200	-660	-340	-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	225	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-	-13	-21	-
225	250	-820	-420	-280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	280	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-	-16	-26	-
280	315	-1050	-540	-330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
315	355	-1200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-	-18	-23	-
355	400	-1350	-680	-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	450	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-	-20	-32	-
450	500	-1650	-840	-480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 10-6 孔的基本偏差数值 (GB1800-79) (μm)

基本偏差		下 偏 差 (EI)											
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js
基本尺寸 mm		公 差 等 级											
大于	至	所 有 等 级											
-	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	
10	14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	
14	18												
18	24	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	
24	30	+310	+170	+120	-	+30	+50	-	+25	-	+9	0	
30	40	+320	+180	+130	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	
40	50	+340	+190	+140	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	
50	65	+360	+200	+150	-	+170							
65	80	+380	+220	+170	-	+180							
80	100	+410	+240	+180	-								
100	120												

$$\text{偏差} = \pm \frac{IT}{2}$$

续表

基本偏差		下 偏 差 (EI)										
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js
基本尺寸 mm		公 差 等 级										
大于	至	所 有 等 级										
120	140	+460	+260	+200	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0
140	160	+520	+280	+210	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0
160	180	+580	+310	+230	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0
180	200	+660	+340	+240	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0
200	225	+740	+380	+260	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0
225	250	+820	+420	+280	-	+240	+145	-	+74	-	+22	0
250	280	+920	+480	+300	-	+260	+160	-	+80	-	+24	0
280	315	+1050	+540	+330	-	+280	+175	-	+88	-	+26	0
315	355	+1200	+600	+360	-	+300	+190	-	+96	-	+28	0
355	400	+1350	+680	+400	-	+330	+210	-	+105	-	+30	0
400	450	+1500	+760	+440	-	+360	+230	-	+115	-	+32	0
450	500	+1650	+840	+480	-	+400	+250	-	+125	-	+34	0

续表

		上 偏 差 (ES)											
基本偏差		J		K		M		N		P至 ZC	P	R	S
基本尺寸 mm		公 差 等 级											
大于	至	6	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8	≤ 7	> 7	
—	3	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	-6	-10	-14
3	6	+5	+6	+10	-1+ Δ	—	-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0	-12	-15	-19
6	10	+5	+8	+12	-1+ Δ	—	-6+ Δ	-6	-10+ Δ	0	-15	-19	-23
10	14	+6	+10	+15	-1+ Δ	—	-7+ Δ	-7	-12+ Δ	0	-18	-23	-28
14	18	+8	+12	+20	-2+ Δ	—	-8+ Δ	-8	-15+ Δ	0	-22	-28	-35
18	24	+10	+14	+24	-2+ Δ	—	-9+ Δ	-9	-17+ Δ	0	-26	-34	-43
24	30	+13	+18	+28	-2+ Δ	—	-11+ Δ	-11	-20+ Δ	0	-32	-43	-53
30	40	+16	+22	+34	-3+ Δ	—	-13+ Δ	-13	-23+ Δ	0	-37	-54	-71
40	50												-79

在 > 7 级的相应数值上增加一个 Δ 值

续表

		上 偏 差 (ES)											
基本偏差		J		K		M		N		P至 ZC	P	R	S
基本尺寸 mm		公 差 等 级											
大于 至		6	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8	≤ 7	> 8	> 7
120	140												-63 -92
140	160	+18	+26	+41	-3+ Δ	-	-15+ Δ	-15	-27+ Δ	0		-43	-65 -100
160	180												-68 -108
180	200												-77 -122
200	225	+22	+30	+47	-4+ Δ	-	-17+ Δ	-17	-31+ Δ	0		-50	-80 -130
225	250												-84 -140
250	280	+25	+36	+55	-4+ Δ	-	-20+ Δ	-20	-34+ Δ	0		-56	-94 -158
280	315												-98 -170
315	355	+29	+39	+60	-4+ Δ	-	-21+ Δ	-21	-37+ Δ	0		-62	-108 -190
355	400												-114 -208
400	450	+33	+43	+66	-5+ Δ	-	-23+ Δ	-23	-40+ Δ	0		-68	-126 -232
450	500												-132 -252

基本偏差		上 偏 差 (ES)									
		T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	
基本尺寸 mm		公 差 等 级									
大于		>7									
至											
-	3	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	
3	6	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	
6	10	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	
10	14	-	-33	-39	-40	-	-50	-64	-90	-130	
14	18	-	-41	-47	-45	-	-60	-77	-108	-150	
18	24	-	-48	-55	-54	-63	-73	-98	-136	-188	
24	30	-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218	
30	40	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	
40	50	-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325	
50	65	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	
65	80	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480	
80	100	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	
100	120	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	
120	140	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	
140	160	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900	
160	180	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-700	-1000	
180	200	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	
200	225	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	
225	250	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	
250	280	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	
280	315	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	
315	355	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	
355	400	-294	-435	-580	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	
400	450	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	
450	500	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	

表 10-7 未注公差尺寸的公差等级

基本尺寸		公差															
		H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18		
大于	至																
-	3	+0.10 0	+0.14 0	+0.25 0	+0.40 0	+0.60 0	+1.0 0	+1.4 0	0 -0.10	0 -0.14	0 -0.25	0 -0.40	0 -0.60	0 -1.0	0 -1.4		
3	6	+0.12 0	+0.18 0	+0.30 0	+0.48 0	+0.75 0	+1.2 0	+1.8 0	0 -0.12	0 -0.18	0 -0.30	0 -0.48	0 -0.75	0 -1.2	0 -1.8		
6	10	+0.15 0	+0.22 0	+0.36 0	+0.58 0	+0.90 0	+1.5 0	+2.2 0	0 -0.15	0 -0.22	0 -0.36	0 -0.58	0 -0.90	0 -1.5	0 -2.2		
10	18	+0.18 0	+0.27 0	+0.43 0	+0.70 0	+1.10 0	+1.8 0	+2.7 0	0 -0.18	0 -0.27	0 -0.43	0 -0.70	0 -1.10	0 -1.8	0 -2.7		
18	30	+0.21 0	+0.33 0	+0.52 0	+0.84 0	+1.30 0	+2.1 0	+3.3 0	0 -0.21	0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84	0 -1.30	0 -2.1	0 -3.3		
30	50	+0.25 0	+0.39 0	+0.62 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.5 0	+3.9 0	0 -0.25	0 -0.39	0 -0.62	0 -1.00	0 -1.60	0 -2.5	0 -3.9		
50	80	+0.30 0	+0.16 0	+0.74 0	+1.20 0	+1.90 0	+3.0 0	+4.6 0	0 -0.30	0 -0.46	0 -0.74	0 -1.20	0 -1.90	0 -3.0	0 -4.6		

续表

基本尺寸		公差													
大于	至	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18
80	120	+0.35 0	+0.54 0	+0.87 0	+1.40 0	+2.20 0	+3.5 0	+5.4 0	0 -0.35	0 -0.54	0 -0.87	0 -1.40	0 -2.20	0 -3.5	0 -5.4
120	180	+0.40 0	+0.63 0	+1.00 0	+1.60 0	+2.50 0	+4.0 0	+6.3 0	0 -0.40	0 -0.63	0 -1.00	0 -1.60	0 -2.50	0 -4.0	0 -6.3
180	250	+0.46 0	+0.72 0	+1.15 0	+1.35 0	+2.90 0	+4.6 0	+7.2 0	0 -0.46	0 -0.72	0 -1.15	0 -1.85	0 -2.90	0 -4.6	0 -7.2
250	315	+0.52 0	+0.81 0	+1.30 0	+2.10 0	+3.20 0	+5.2 0	+8.1 0	0 -0.52	0 -0.81	0 -1.30	0 -2.10	0 -3.20	0 -5.2	0 -8.1
315	400	+0.57 0	+0.89 0	+1.40 0	+2.30 0	+3.60 0	+5.7 0	+8.9 0	0 -0.57	0 -0.89	0 -1.40	0 -2.30	0 -3.60	0 -5.7	0 -8.9
400	500	+0.63 0	+0.97 0	+1.55 0	+2.50 0	+4.00 0	+6.3 0	+9.7 0	0 -0.63	0 -0.97	0 -1.55	0 -2.50	0 -4.00	0 -6.3	0 -9.7
500	630	+0.70 0	+1.10 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7.0 0	+11.0 0	0 -0.70	0 -1.10	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7.0	0 -11.0

六、滚动轴承的公差与配合

由于滚动轴承为标准件，故滚动轴承内圈孔与轴的配合采用基孔制，而其外圈与外壳孔的配合采用基轴制。

对于不同精度等级的滚动轴承，根据其配合性能的需要，国家标准规定或推荐了不同的配合公差带：

①与 G 级、E 级轴承配合的轴公差带，如图 10-3 和表 10-8 所示；

②与 G 级和 E 级轴承配合的孔公差带，如图 10-4 和表 10-8 所示；

③与 D 级轴承配合的轴、孔公差带，如表 10-8 所示；

④与 G 级轴承配合的轴、孔公差带，如表 10-8 所示。

与轴承配合的轴或外壳孔的公差等级与轴承精度有关。与 G 级精度轴承配合的轴，其公差等级一般为 IT6，外壳孔一般为 IT7。对旋转精度和运转的平稳性有较高要求的场合（如电动机等），应选择轴为 IT5，外壳孔为 IT6。

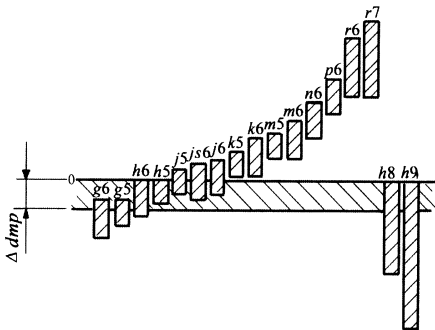


图 10-3 轴与轴承内孔的配合

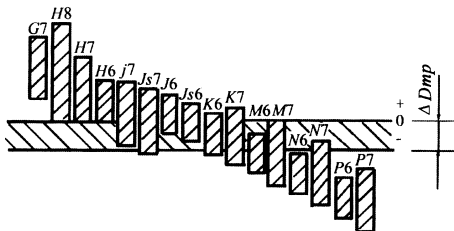


图 10-4 外壳孔与轴承外径的配合

表 10-8 与滚动轴承配合的孔差带

G E	轴	g5 h5 j5 k5 m5 g6 h6 j6 js6 k6 m6 n6 p6 r6 r7 h8 h9
	孔	H6 J6 Js6 K6 M6 N6 P6 G7 H7 J7 Js7 K7 M7 N7 P7 H8
D	轴	h5 j5 js5 k5 m5 k6 m6
	孔	Js5 K5 M5 G6 H6 Js6 K6 M6
C	轴	h4 js4 k4 m5 h5 js5 k5
	孔	H5 Js5 K5 M5 K6

七、新旧国标公差与配合对照

表 10-9 新旧国标基孔制配合的轴公差带对照
(尺寸 1~500mm) (GB1801-79)

间隙配合			过渡配合			过盈配合		
旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注
d1	h5		ga1	n5	p5①	jb1	s5	s6①
db1	g5	g6①	gb1	m5	n5①	jc1	r5	r6①
de1	f5, f6	②	ge1	k5	m4①	jd	s7, u5, u6	②
d	h6		gd1	j5, js5	②	je	r6, s6	②
db	g6		ga	n6	p6①	jf	r6	
dc	f7		gb	m6	n6①	jb3	n8	
dd	e8		gc	k6		jc3	s7	
de	d8		gd	js6		ja4		④
df	e8		ga3	n7	p7①	jb4		④
d3	h7		gb3	m7		jc4		④
dc3	f8		gc3	k7		je6		④
d4	h8, h9	③	gd3	j7, js7	②			
dc4	f9		注：①仅 1~3mm 尺寸分段使用； ②不同尺寸分段分别与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					
de4	d9, d10	③						
d5	h10							
d6	h11							
dc6	d11							
dd6	b11, c10, c11	②						
de6	a11, b11	②						
d7	h12, h13	③						
de7	b12, c12, c13	②						











表 10-10 新旧国标基轴制配合的孔公差带对照
(尺寸 1~500mm) (GB1801-79)

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				
De4	F9		Gc3	K8				
De4	D9, D10	③	Gd3	J8				
D5	H10							
D6	H11							
De6	D11							
Dd6	B11, C11	②						
De6	A11, B11	②						
D7	H12, H13	③						
De7		④						

注：①仅 1~3mm 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

八、形状公差、位置公差符号

表 10-11 形位公差项目名称及符号 (GB1182~1184-80)











分类	项目	符号	分类	项目	符号	
形状公差	直线度		形状公差	圆柱度		
	平面度			线轮廓度		
	圆度			面轮廓度		
位置公差	定向	平行度	位置公差	定位	对称度	
		垂直度			位置度	
		倾斜度		圆跳动		
	同轴度	全跳动				

九、主要工业国家形状公差、位置公差符号对照

表 10-12 主要工业国家形状公差、位置公差符号对照

分类	名称	国际 ISO/R 1101— 1969	英国 BS308—72 德国 DIN7184—72 澳大利亚 AS1100.10— 74 日本 JISB0021—74	美国 ANSI Y14.5— 1973	经互会 CTC3B 301—76		
形状 公差	直线度		与 ISO 符号相同	与 ISO 符 号相同	与 ISO 符号 相同		
	平面度						
	圆度						
	圆柱度						
	纵剖面轮廓	无					
	线轮廓度						给定轮廓的 形状公差
	面轮廓度						给定轮廓的 形状公差
位置 公差	平行度		与 ISO 符号相同	与 ISO 符 号相同	与 ISO 符号 相同		
	垂直度						
	倾斜度						

续表

分类	名称	国际 ISO/R 1101— 1969	英国 BS308—72 德国 DIN7184—72 澳大利亚 AS1100.10— 74 日本 JISB0021—74	美国 ANSI Y14.5— 1973	经互会 CTC: B 301—76
位置 公差	位置度		与 ISO 符号相同	与 ISO 符 号相同	与 ISO 符号 相同
	同轴度				
	对称度				
	轴线相交度	无			
跳动 公差	跳动		与 ISO 符号相同	与 ISO 符 号相同	
	全跳动		 AS: (其他国家标准未规定)	 在公差框 格下标注 全	

十、表面粗糙度符号

表面粗糙度符号及其标注方法见表 10-13 和表 10-14。表面光洁度与表面粗糙度的 R_a 值对比见表 10-15。

表 10-13 表面粗糙度代号




代号	意 义
	基本符号，单独使用这符号是没有意义的
	基本符号上加一短划，表示表面粗糙度是用去除材料的方法获得。例如：车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工等
	基本符号上加一小圈，表示表面粗糙度是用不去除材料的方法获得。例如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等。或者是用于保持原供应状况的表面（包括保持上道工序的状况，也就是不论该表面是否经过切削加工）

表 10-14 表面粗糙度符号的标注





符号	意 义
	用任何方法获得的表面， R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面， R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用不去除材料方法获得的表面， R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面， R_a 的最大允许值（ $R_{a\text{max}}$ ）为 $3.2\mu\text{m}$ ，最小允许值 $R_{a\text{min}}$ 为 $1.6\mu\text{m}$

表 10-15 表面光洁度与表面粗糙度的 R_a 值对比

GB1031-68			GB1031-83	
表面光洁度级别	级别代号	R_a (μm)	R_a (μm)	
			第 1 系列	第 2 系列
14	$\nabla 14$	不大于 0.01	0.012	0.008 0.010
13	$\nabla 13$	0.01~0.02	0.025	0.016 0.020
12	$\nabla 12$	0.02~0.04	0.050	0.032 0.040
11	$\nabla 11$	0.04~0.08	0.100	0.063 0.080
10	$\nabla 10$	0.08~0.16	0.20	0.125 0.160
9	$\nabla 9$	0.16~0.32	0.40	0.25 0.32
8	$\nabla 8$	0.32~0.63	0.80	0.50 0.63
7	$\nabla 7$	0.63~1.25	1.60	1.00 1.25
6	$\nabla 6$	1.25~2.5	3.20	2.0 2.5
5	$\nabla 5$	2.5~5	6.30	4.0 5.0
4	$\nabla 4$	5~10	12.5	8.0 10.0
3	$\nabla 3$	10~20	25	16.0 20
2	$\nabla 2$	20~40	50	32 40
1	$\nabla 1$	40~80	100	63 80

注：①新国标规定 R_a 一般只标注其最大允许值。

②当零件表面功能有特别要求，必须限制其最小允许值时，才同时标注出 R_a 的最大允许值和最小允许值。

③一般应优先选用表中第 1 系列。

表 10-16 ISO 及主要工业国家表面粗糙度主要参数值的对照

标准代号	国际标准化组织 ISO468—1982		美国 ANSI B46—1—1978	英国 BS1134—1972	
参数符号	R _a	R _s	R _z	R _a	符号
		0.025			
		0.032			
粗 糙 度 数 值 及 符 号	0.008	0.040	0.0125	0.0125	—
	0.010	0.050	0.025		
	0.012	0.063			
	0.016	0.080	0.050	0.025	N ₁
	0.020	0.100	0.075		
	0.025	0.125	0.10		
	0.032	0.160	0.125	0.05	N ₂
	0.040	0.200	0.150		
	0.050	0.25	0.20	0.1	N ₃
	0.063	0.32	0.25		
	0.080	0.40	0.32		
	0.100	0.50	0.40	0.2	N ₄
	0.125	0.63	0.60		
	0.160	0.80	0.62	0.4	N ₅
	0.200	1.00	0.80		
	0.250	1.25	1.00		
	0.320	1.60		0.8	N ₆
0.400	2.0				
0.500	2.5				
0.630	3.2				
0.800	4.0				

十一、主要工业国家表面粗糙度符号对照

续表

标准代号	国际标准化组织 ISO468—1982		美国 ANSI B46—1—1978	英国 BS1134—1972	
参数符号	R _a	R _z	R _a	R _a	符号
粗 糙 度 数 值 及 符 号	1.00	5.0	1.25	1.6	N ₇
	1.25	6.3	1.60		
	1.60	8.0	2.0		
	2.00	10.0	2.5	3.2	N ₈
	2.50	12.50	3.2		
	3.20	16.0	4.0		
	4.00	20	5.0		
	5.00	25	6.8	6.3	N ₉
	6.00	32	8.0		
	8.00	40	10	12.5	N ₁₀
	10.0	50	12.5		
	12.5	63	15	25	N ₁₁
	16.0	80	20		
	20	100	25		
	25	125	25	50	N ₁₂
	32	160			
	40	200			
	50	250			
	63	320			
	80	400			
100	500				
125	630				
160	800				
200	1000				
250	1250				
320	1600				
400					

续表

标准代号	日 本 JIS B0601—1976			前 苏 联 EOCT2789—1973					
	R_{\max}	R_a	R_z	符号	R_a	R_z	符号	tr (%)	
粗 糙 度 数 值 及 符 号	(0.05S)	(0.02Z)	(0.0125a)	▷	—	0.050~0.040	14	a	90
	0.1S	0.1Z	0.025a			0.040~0.032		B	
	0.2S	0.2Z	0.05a		▷	0.040~0.032	0.032~0.025	13	a	80
	0.4S	0.4Z	0.1a	▷	0.0320~0.025	0.100~0.080	B		
	0.8S	0.8Z	0.2a	▷	0.025~0.020	0.080~0.063	12	a	70
	1.6S	1.6Z	0.4a		0.080~0.063	0.063~0.050		B	
	3.2S	3.2Z	0.8a		0.063~0.050	▷	—	11	a
	6.3S	6.3Z	1.6a	0.050~0.040	B				
	12.5S	12.5Z	3.2a	0.160~0.125	10				—		10	a	50
	(18S)	(18Z)		0.125~0.100		B			
	25S	25Z	6.8a	▷	0.100~0.080	—	9	a	40
	(35S)	(35Z)			0.32~0.25			B	
	50S	50Z	12.5a	▷	0.25~0.20	—	8	a	30
	(70S)	(70Z)			0.20~0.16			B	
	100S	100Z	25a	▷	0.63~0.50	—	7	a	25
	(140S)	(140Z)			0.50~0.40			B	
	200S	200Z	(50a)	~	0.40~0.32	—	6	a	20
	(280S)	(280Z)			1.25~1.00			B	
	400S	400Z	(100a)	~	1.00~0.80	—	5	a	15
					0.80~0.63			B	
				2.5~2.0	20~10	4			
				2.0~1.6	40~20	3			
				1.6~1.25	80~40	2			
				—	160~80	1			
					320~160				

续表

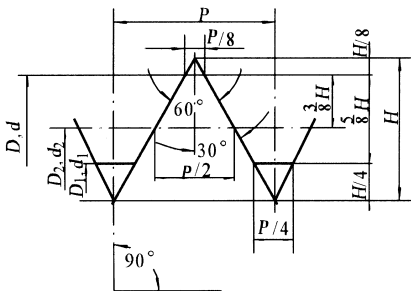
标准代号	法 国 NF E05—016—78		西 德 DIN 4763—1972				
	R_a	符号	R_a	符号	$R_z R_{\max}$	R_p	t_r (%)
粗糙度数值及符号	0.0125	N ₀	0.006	—	0.04	0.025	95
					0.06		
	0.025	N ₁	0.012	—	0.10	0.05	90
					0.16		
	0.05	N ₂	0.025	N ₁	0.25	0.1	80
					0.40		
	0.1	N ₃	0.1	N ₃	0.53	0.2	70
					1.0		

续表

标准代号	法 国 NF E05—016—78		西 德 DIN 4763—1972				
	R_a	符号	R_a	符号	$R_z R_{\max}$	R_p	t_r (%)
粗糙度数值及符号	0.2	N ₄	0.2	N ₄	1.6	0.4	70
					2.5		
	0.4	N ₅	0.4	N ₅	4.0	0.8	60
					6.3		
	0.6	N ₆	0.8	N ₆	10	1.6	50
					16		
	1.6	N ₇	1.6	N ₇	25	3.2	40
					40		
	3.2	N ₈	3.2	N ₈	63	6.3	30
					100		
	6.3	N ₉	6.3	N ₉	160	12.5	25
					200		
	12.5	N ₁₀	12.5	N ₁₀	400	25	20
					630		
	25	N ₁₁	25	N ₁₁	1000	50	15
					1600		
	50	N ₁₂	50	N ₁₂	2500	100	10

十二、国标螺纹

1. 普通螺纹的基本牙型



螺 距 P

原始三角形高度 $H=0.866025 P$

牙高 (牙型高度) $\frac{5}{8} H=0.541266 P$

内螺纹大径 (内螺纹公称直径) D

外螺纹大径 (外螺纹公称直径) $d=D$

内螺纹中径 $D_2=D-0.649519 P$

外螺纹中径 $d_2=d-0.649519 P$

内螺纹小径 $D_1=D-1.082532 P$

外螺纹小径 $d_1=d-1.082532 P$

10-5 普通螺纹的基本牙型

2. 普通螺纹规格表示法

粗牙普通螺纹用字母“M”及“公称直径”表示，细牙普通螺纹用字母“M”及“公称直径×螺距”表示，其中尺寸单位“毫米”或“mm”不需注明；当螺纹为左旋时，在规格后加注“左”字。

【例】 M24 表示公称直径为 24mm 的粗牙普通螺纹；
 M24×1.5 表示公称直径为 24mm，螺距为 1.5mm 的细牙普通螺纹；

M24×1.5 左表示公称直径为 24mm，螺距为 1.5mm 的左旋细牙普通螺纹。

3. 普通螺纹公称直径与螺距系列（表 10-17）

表 10-17 普通螺纹公称直径与螺距系列

公称直径 D, d (mm)			螺 距 P (mm)							
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		0.25	0.2						
	1.4		0.3	0.2						
1.6	1.8		0.35	0.2						
2			0.4	0.25						
	2.2		0.45	0.25						
2.5			0.45	0.35						
3			0.5	0.35						
	3.5		(0.6)	0.35						
4			0.7	0.5						
	4.5		(0.75)	0.5						
5			0.8	0.5						
		5.5		0.5						
6			1	0.75	(0.5)					
		7	(1)	0.75	(0.5)					
8			1.25	1	0.75	(0.5)				
		9	(1.25)	1	0.75	(0.5)				

续表

公称直径 $D, d(\text{mm})$			螺 距 $P(\text{mm})$					
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细 牙				
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)
	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			2.5	2	1.5	1	(0.75)	(0.5)
	22		2.5	2	1.5	1	(0.75)	(0.5)
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)	

续表

公称直径 $D, d(\text{mm})$			螺 距 $P(\text{mm})$						
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细 牙					
		40			(3)	(2)	1.5		
42	45		4.5		(4)	3	2	1.5	(1)
48			5		(4)	3	2	1.5	(1)
		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)	(3)	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		
	85		6		4	3	2	(1.5)	
90	95		6		4	3	2	(1.5)	

续表

公称直径 D 、 d (mm)			螺 距 P (mm)						
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细 牙					
100	105			6	4	3	2	(1.5)	
110	115			6	4	3	2	(1.5)	
	120			6	4	3	2	(1.5)	
125	130	135		6	4	3	2	(1.5)	
140		145		6	4	3	2	(1.5)	
	150			6	4	3	2	(1.5)	
		155		6	4	3	(2)		
160		165		6	4	3	(2)		
	170	175		6	4	3	(2)		
180		185		6	4	3	(2)		
	190	195		6	4	3	(2)		
200				6	4	3	(2)		

注：①选择螺纹公称直径时，优先选用第一系列，其次选用第二系列，第三系列尽可能不选用。

②带括号的螺距尽可能不选用。

4. 粗牙普通螺纹基本尺寸

表 10-18 粗牙普通螺纹基本尺寸

公称直径 D 或 d (mm)	螺 距 P (mm)	基 本 尺 寸 (mm)			
		大径 D 或 d	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1	牙高 $\frac{5}{8} H$
1	0.25	1	0.838	0.729	0.135
1.1	0.25	1.1	0.938	0.829	0.135
1.2	0.25	1.2	1.038	0.929	0.135
1.4	0.3	1.4	1.205	1.075	0.162
1.6	0.35	1.6	1.373	1.221	0.189
1.8	0.35	1.8	1.573	1.421	0.189
2	0.4	2	1.740	1.567	0.217
2.2	0.45	2.2	1.908	1.713	0.244
2.5	0.45	2.5	2.208	2.013	0.244
3	0.5	3	2.675	2.459	0.271
3.5	0.6	3.5	3.110	2.850	0.325
4	0.7	4	3.545	3.242	0.379
4.5	0.75	4.5	4.013	3.688	0.406
5	0.8	5	4.480	4.134	0.433
6	1	6	5.350	4.917	0.541
7	1	7	6.350	5.917	0.541
8	1.25	8	7.188	6.647	0.677
9	1.25	9	8.188	7.647	0.677
10	1.5	10	9.026	8.376	0.812
11	1.5	11	10.026	9.376	0.812

续表

公称直径 D 或 d (mm)	螺 距 P (mm)	基 本 尺 寸 (mm)			
		大径 D 或 d	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1	牙高 $\frac{5}{8}H$
12	1.75	12	10.863	10.106	0.947
14	2	14	12.701	11.835	1.083
16	2	16	14.701	13.835	1.083
18	2.5	18	16.376	15.294	1.353
20	2.5	20	18.376	17.294	1.353
22	2.5	22	20.376	19.294	1.353
24	3	24	22.051	20.752	1.624
27	3	27	25.051	23.752	1.624
30	3.5	30	27.727	26.211	1.894
33	3.5	33	30.727	29.211	1.894
36	4	36	33.402	31.670	2.165
39	4	39	36.402	34.670	2.165
42	4.5	42	39.077	37.129	2.436
45	4.5	45	42.077	40.129	2.436
48	5	48	44.752	42.587	2.706
52	5	52	48.752	46.587	2.706
56	5.5	56	52.428	50.046	2.977
60	5.5	60	56.428	54.046	2.977
64	6	64	60.103	57.505	3.248
68	6	68	64.103	61.505	3.248

5. 细牙普通螺纹基本尺寸计算公式

表 10-19 细牙普通螺纹基本尺寸计算公式

螺距 P (mm)	中 径 D_2 或 d_2 (mm)	小 径 D_1 或 d_1 (mm)	牙高 $\frac{5}{8}H$ (mm)
0.2	$D(d) - 1 + 0.870$	$D(d) - 1 + 0.783$	0.108
0.25	$D(d) - 1 + 0.838$	$D(d) - 1 + 0.729$	0.135
0.35	$D(d) - 1 + 0.773$	$D(d) - 1 + 0.621$	0.189
0.5	$D(d) - 1 + 0.675$	$D(d) - 1 + 0.459$	0.271
0.75	$D(d) - 1 + 0.513$	$D(d) - 1 + 0.188$	0.406
1	$D(d) - 1 + 0.350$	$D(d) - 2 + 0.917$	0.541
1.25	$D(d) - 1 + 0.188$	$D(d) - 2 + 0.647$	0.677
1.5	$D(d) - 1 + 0.026$	$D(d) - 2 + 0.376$	0.812
2	$D(d) - 2 + 0.701$	$D(d) - 3 + 0.835$	1.083
3	$D(d) - 2 + 0.051$	$D(d) - 4 + 0.752$	1.624
4	$D(d) - 3 + 0.402$	$D(d) - 5 + 0.670$	2.165
6	$D(d) - 4 + 0.103$	$D(d) - 7 + 0.505$	3.248

【例】 求 M24×2 细牙普通螺纹各项基本尺寸？已知公称直径（大径） $d=24\text{mm}$ ，螺距 $P=2\text{mm}$ 。从表中螺距 $P=2\text{mm}$ 的横行中找出中径、小径、牙高的计算公式。

中径 $d_2 = d - 2 + 0.701 = 24 - 2 + 0.701 = 22.701\text{mm}$ 。

小径 $d_1 = d - 3 + 0.835 = 24 - 3 + 0.835 = 21.835\text{mm}$ 。

牙高 $\frac{5}{8}H = 1.803\text{mm}$ 。

6. 管螺纹

①用螺纹密封的 55° 管螺纹：

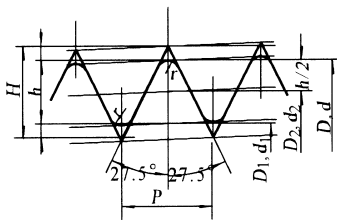


图 10-6 圆锥螺纹基本牙型

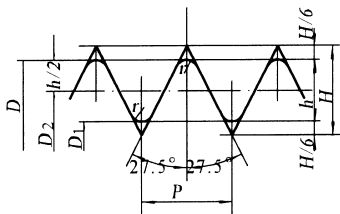


图 10-7 圆柱螺纹基本牙型

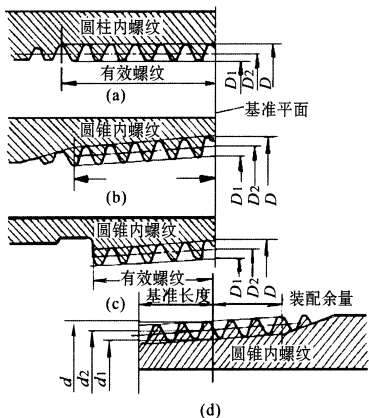


图 10-8 基面位置

表 10-20 螺纹的基本尺寸

1 尺寸 代号	2 每 25.4 mm 内的牙数 n	3 螺距 P	4 牙高 h	5 圆弧半 径 $r \approx$	6 基本直径			9 基准 长度	10 有效螺 纹长度
					大径 $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$		
1/16	28	0.907	0.581	0.125	7.732	7.142	6.561	4.0	6.5
1/8	28	0.907	0.581	0.125	9.728	9.147	8.556	4.0	6.5
1/4	19	1.337	0.856	0.184	13.157	12.301	11.445	6.0	9.7
3/8	19	1.337	0.856	0.184	16.662	15.808	14.950	6.4	10.1
1/2	14	1.814	1.162	0.249	20.955	19.793	18.631	8.2	13.2
3/4	14	1.814	1.162	0.249	26.441	25.279	24.117	9.5	14.5

续表

1 尺寸 代号	2 每 25.4 mm 内的牙数 n	3 螺距 P	4 牙高 h	5 圆弧半 径 $r \approx$	6 基本直径			9 基准 长度	10 有效螺 纹长度
					大径 $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$		
					1	11	2.309			1.479	0.317	33.249	31.770	30.291	10.4	16.8
1 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	41.910	40.431	38.952	12.7	19.1
1 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	47.803	46.324	44.845	12.7	19.1
2	11	2.309	1.479	0.317	59.614	58.135	56.656	15.9	23.4
2 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	75.184	73.705	72.226	17.5	26.7
3	11	2.309	1.479	0.317	87.884	86.406	84.926	20.6	29.8
4	11	2.309	1.479	0.317	113.030	111.551	110.072	25.4	35.8
5	11	2.309	1.479	0.317	138.430	136.951	135.472	28.6	40.1
6	11	2.309	1.479	0.317	163.830	162.351	160.872	28.6	40.1

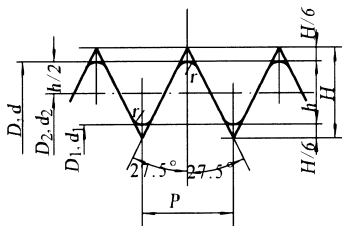
标记示例 管螺纹的标记由螺纹特征符号和公称直径组成, 见表 10-21。螺纹特征代号: 字母 R 表示圆锥外螺纹; 字母 Rc 表示圆锥内螺纹; 字母 R_p 表示圆柱内螺纹。

内外螺纹装配在一起, 其螺纹特征代号用斜线分开, 左边表示内螺纹, 右边表示外螺纹。圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合: Rc/R1 1/2, 圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的配合: R_p/R1 1/2。

表 10-21 螺纹的标记示例

外螺纹	圆锥的	R1 1/2
内螺纹	圆锥的	Rc1 1/2
	圆柱的	R _p 1 1/2

②非螺纹密封的 55°管螺纹：



$$P = \frac{25.4}{n}; \quad H = 0.960491 P; \quad h = 0.640327 P; \quad r = 0.137329 P;$$

$$\frac{H}{6} = 0.160082 P$$

图 10-9 圆柱管螺纹基本牙型

表 10-22 圆柱管螺纹的基本尺寸

1	2	3	4	5	基本直径		
尺寸 代号	每 25.4 mm 内 的牙数 n	螺距 p	牙高 h	圆弧 半径 $r \approx$	大 径	中 径	小 径
					$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
1/16	28	0.907	0.581	0.125	7.723	7.142	6.561
1/8	28	0.907	0.581	0.125	9.728	9.147	8.566
1/4	19	1.337	0.856	0.184	13.157	12.301	11.446
3/8	19	1.337	0.856	0.184	16.662	15.806	14.950
1/2	14	1.814	1.162	0.249	20.955	19.793	18.631
5/8	14	1.814	1.162	0.249	22.911	21.749	20.587
3/4	14	1.814	1.162	0.249	26.441	25.279	24.117
7/8	14	1.814	1.162	0.249	30.201	29.039	27.877

续表

1	2	3	4	5	6	7	8
尺寸 代号	每 25.4 mm 内 的牙数 n	螺距 p	牙高 h	圆弧 半径 $r \approx$	基 本 直 径		
					大 径 $d = D$	中 径 $d_2 = D_2$	小 径 $d_1 = D_1$
1	11	2.309	1.479	0.317	33.249	31.770	30.291
1 $\frac{1}{8}$	11	2.309	1.479	0.317	37.897	36.418	34.939
1 $\frac{1}{4}$	11	2.309	1.479	0.317	41.910	40.431	38.952
1 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	47.803	46.324	44.845
1 $\frac{3}{4}$	11	2.309	1.479	0.317	53.746	52.267	50.788
2	11	2.309	1.479	0.317	59.614	58.135	56.656
2 $\frac{1}{4}$	11	2.309	1.479	0.317	65.710	64.231	62.752
2 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	75.184	73.705	72.226
2 $\frac{3}{4}$	11	2.309	1.479	0.317	81.534	80.055	78.576
3	11	2.309	1.479	0.317	87.884	86.405	84.926
3 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	100.330	98.851	97.372
4	11	2.309	1.479	0.317	113.030	111.551	110.072
4 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	125.730	124.251	122.772
5	11	2.309	1.479	0.317	138.430	136.951	135.472
5 $\frac{1}{2}$	11	2.309	1.479	0.317	151.130	149.651	148.172
6	11	2.309	1.479	0.317	163.830	162.351	160.872

标记示例 (表 10-23) 圆柱管螺纹的标记由螺纹特征符号、公称直径和公差等级代号组成。螺纹特征代号用字母“G”表示。

对内螺纹：字母后跟着公称直径（公差等级省略不标）。对外螺纹分 A、B 两级标记。

A 级：字母 G 后是公称直径和公差等级 A。

B 级：字母 G 后是公称直径和公差等级 B。

表 10-23 圆柱管螺纹标记示例

外螺纹	A 级	G1 ½ A
	B 级	G1 ½ B
内螺纹		G1 ½

③ 60°圆锥管螺纹

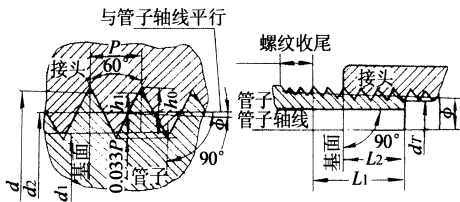


图 10-10 60°圆锥管螺纹基本牙型

表 10-24 60°圆锥管螺纹基本尺寸

尺寸代号	每 25.4 mm 内的牙数 n	螺距 p	螺纹长度		基面上的螺纹直径			管端螺纹小径 d _r	牙形高度 h ₁
			有效长度 L ₁	管端至基面 L ₂	大径 d	中径 d ₂	小径 d ₁		
1/8	27	0.941	7	4.572	10.272	9.519	8.766	8.480	0.753
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	26.568	25.117	23.666	23.128	

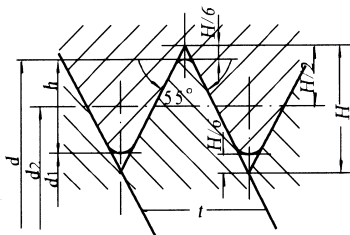
续表

尺寸代号	每 25.4 mm 内的牙数 n	螺距 p	螺纹长度		基面上的螺纹直径			管端螺纹小径 d_r	牙形高度 h_1
			有效长度 L_1	管端至基面 L_2	大径 d	中径 d_2	小径 d_1		
1			17.5	10.160	33.228	31.461	29.694	29.059	1.767
1 1/4	11 1/2	2.209	18	10.668	41.985	40.218	38.451	37.784	
1 1/2			18.5	10.668	48.054	46.287	44.520	43.853	
2			19	11.074	60.092	58.325	56.558	55.866	

标记示例 圆锥管螺纹标记由符号“Z”和螺纹尺寸代号组成，如：Z 1/2

十三、英标螺纹

1. 英标螺纹牙型



大径（公称直径） d ，螺距 $t=1/\text{每英寸牙数}$ ，

中径 $d_2=d-h=d-0.640327t$ ，三角形高度 $H=0.960491t$ 。

小径 $d_1=d-2h=d-1.280655t$ ，工作高度 $h=2H/3=0.640327t$ 。

圆角半径 $r=0.137329t$

注：威氏螺纹是英制规格紧固件用螺纹。

图 10-11 英标螺纹牙型

2. 英标螺纹规格表示法

威氏螺纹的规格，习惯用公称直径（单位为 in）及每英寸牙数表示，尺寸单位采用符号“”。

【例】 $\left. \begin{array}{l} \frac{7''}{16} - 14 \\ \frac{7''}{16} \times 14 \end{array} \right\}$ 表示公称直径为 $7/16''$ 的粗牙威氏螺纹。

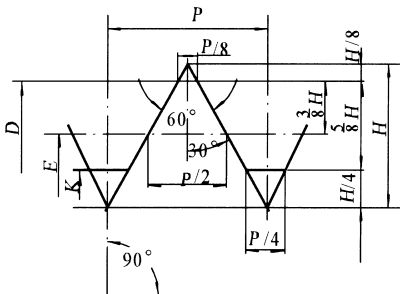
3. 英标螺纹公称直径与每英寸牙数系列

表 10-25 英标螺纹公称直径与每英寸牙数系列

公称直径 (in)	每英寸牙数		公称直径 (in)	每英寸牙数		公称直径 (in)	每英寸牙数	
	粗牙	细牙		粗牙	细牙		粗牙	细牙
3/32	48	—	3/8	16	20	1	8	10
1/8	40	—	7/16	14	18	1 $\frac{1}{8}$	7	9
5/32	32	—	1/2	12	16	1 $\frac{1}{4}$	7	9
3/16	24	32	5/8	11	14	1 $\frac{1}{2}$	6	8
1/4	20	26	3/4	10	12	1 $\frac{3}{4}$	5	7
5/16	18	22	7/8	9	11	2	4.5	7

十四、统一标准螺纹

1. 统一标准螺纹牙型



螺距 $P=1/n$ (n ——每英寸牙数),

三角形高度 $H=0.866025 P$,

工作高度 $h=0.625 H$,

大径 (公称直径) D ,

中径 $E=D-0.75 H$,

小径 $K=D-2h=D-1.25 H$

注: 统一标准螺纹是美制规格紧固件用螺纹。

图 10-12 统一标准螺纹牙型

2. 统一标准螺纹规格表示法

统一标准螺纹的规格用号码 (公称直径 $<1/4''$) 或公称直径的英寸分数 ($\geq 1/4''$)、每英寸牙数和代号 (UNC——粗牙, UNF——细牙等) 表示。

【例】 $1/2''$ ——13UNC, 表示公称直径为 $1/2''$, 每英寸 13 牙粗牙统一标准螺纹;

$1''$ ——12UNF, 表示公称直径为 $1''$, 每英寸 12 牙细牙统一

标准螺纹。

3. 统一标准螺纹公称直径与每英寸牙数系列

表 10-26 英标螺纹公称直径与每英寸牙数系列

尺寸 代号	公称直径 (in)	每英寸牙数		尺寸 代号	公称直径 (in)	每英寸牙数	
		粗牙	细牙			粗牙	细牙
0(号)	0.0600	—	80	7/16	0.4375	14	20
1(号)	0.0730	64	72	1/2	0.5000	13	20
2(号)	0.0860	56	64	9/16	0.5625	12	18
3(号)	0.0990	48	56	5/8	0.6250	11	18
4(号)	0.1120	40	48	3/4	0.7500	10	16
5(号)	0.1250	40	44	7/8	0.8750	9	14
6(号)	0.1380	32	40	1	1.0000	8	12
8(号)	0.1640	32	36	1 $\frac{1}{8}$	1.1250	7	12
10(号)	0.1900	24	32	1 $\frac{1}{4}$	1.2500	7	12
12(号)	0.2160	24	28	1 $\frac{3}{8}$	1.3750	6	12
1/4	0.2500	20	28	1 $\frac{1}{2}$	1.5000	6	12
5/16	0.3125	18	24	1 $\frac{3}{4}$	1.7500	5	—
3/8	0.3750	16	24	2	2.0000	4.5	—

附录

附表1 拉丁字母、汉语拼音字母

大写	小写	字母名称		大写	小写	字母名称		大写	小写	字母名称	
		汉语	英语			汉语	英语			汉语	英语
A	a	啊	爱	J	j	捷	捷	S	s	爱司	爱司
B	b	倍	比	K	k	开	开	T	t	态	梯
C	c	猜	西	L	l	爱尔	爱尔	U	u	乌	由
D	d	歹	地	M	m	爱姆	爱姆	V	v	维	维
E	e	鹅	衣	N	n	乃	恩	W	w	蛙	达勃留
F	f	爱富	爱富	O	o	喔	喔	X	x	希	爱克司
G	g	该	忌	P	p	排	批	Y	y	呀	哇爱
H	h	喝	去	Q	q	丘	扣	Z	z	再	哇谁
I	i	衣	阿爱	R	r	阿尔	啊				

注：①汉语拼音字母和英文字母是同源于拉丁字母，故也称拉丁字母。

②字母名称均是普通话近似注音，两字以上的注音须快速连读，下同。

附表2 希腊字母

大写	小写	字母名称	大写	小写	字母名称
A	α	阿耳法	N	ν	纽
B	β	倍塔	Θ	ξ	克西
Γ	γ	伽马	O	ο	奥米克隆
Δ	δ	迭尔塔	Π	π	派
E	ε	厄普西隆	P	ρ	罗
Z	ζ	捷塔	Σ	σ	西格玛
H	η	厄塔	T	τ	掏
Θ	θ	西塔	Υ	υ	宇普西隆
I	ι	约塔	Φ	φ, φ	斐
K	κ	卡帕	X	χ	西
Λ	λ	兰姆达	Ψ	ψ	普西
M	μ	谬	Ω	ω	欧米伽

附表3 常见国内、外标准代号

标准代号	标准名称	标准代号	标准名称
GB	国家标准	YB	冶金工业部标准
GBn	国家标准(内部)	SY	石油工业部标准
GJB	国家军用标准	HG	化学工业部标准
JB	机械工业部标准	TB	铁道部标准
EJ	核工业部标准	YD	邮电部标准
HB	航空工业部标准	SD	水电电子部标准
SJ	电子工业部标准	QB、SG	轻工业部标准
WJ	兵器工业部标准	JT	交通部标准
CB	船舶工业总公司标准	MT	煤炭工业部标准
QJ	航天工业部标准	JG、JC	城乡建设环境保护部标准
ISO	国际标准化组织标准	DIN	德国工业标准
IEC	国标电工委员会标准	JIS	日本工业标准
NATO	北大西洋公约组织标准	NF	法国国家标准
ANSI	美国国家标准	JUS	南斯拉夫标准
MS	美国军用标准	PN	波兰国家标准
NAS	美国宇航标准	SIS	瑞典标准
BS	英国国家标准	STAS	罗马尼亚国家标准
CSN	捷克斯洛伐克国家标准	UNI	意大利标准
CSA	加拿大标准		

附表4 化学元素符号表

原子序数	符号	名称	读音	原子序数	符号	名称	读音
1	H	氢	qīng	6	C	碳	tàn
2	He	氦	hài	7	N	氮	dàn
3	Li	锂	lǐ	8	O	氧	yǎng
4	Be	铍	pí	9	F	氟	fú
5	B	硼	péng	10	Ne	氖	nǎi

续表

原子序数	符号	名称	读音	原子序数	符号	名称	读音
11	Na	钠	nà	35	Br	溴	xiù
12	Mg	镁	mě i	36	Kr	氩	lè
13	Al	铝	lǚ	37	Rb	铷	rú
14	Si	硅	gū	38	Sr	锶	sī
15	P	磷	lín	39	Y	钇	yǐ
16	S	硫	liú	40	Zr	锆	gào
17	Cl	氯	lù	41	Nb	铌	ní
18	Ar	氩	yà	42	Mo	钼	mù
19	K	钾	jiǎ	43	Tc	锝	dé
20	Ca	钙	gài	44	Ru	钌	liǎo
21	Sc	钪	kàng	45	Rh	铑	liǎo
22	Ti	钛	tài	46	Pd	钯	bǎ
23	V	钒	fán	47	Ag	银	yín
24	Cr	铬	gè	48	Cd	镉	gé
25	Mn	锰	mě ng	49	In	铟	yīn
26	Fe	铁	tiě	50	Sn	锡	xī
27	Co	钴	gǔ	51	Sb	锑	qí
28	Ni	镍	niè	52	Te	碲	dù
29	Cu	铜	tóng	53	I	碘	diǎn
30	Zn	锌	xīn	54	Xe	氙	xiān
31	Ga	镓	jiǎ	55	Cs	铯	sè
32	Ge	锗	zhě	56	Ba	钡	bèi
33	As	砷	shī	57	La	镧	lán
34	Se	硒	xī	58	Ce	铈	shì

续表

原子序数	符号	名称	读音	原子序数	符号	名称	读音
59	Pr	镨	pǔ	82	Pb	铅	qiān
60	Nd	钕	nǚ	83	Bi	铋	bì
61	Pm	钷	pǐ	84	Po	钋	pō
62	Sm	钐	shān	85	At	砹	ài
63	Eu	铕	yǒu	86	Rn	氡	chōng
64	Gd	钆	gá	87	Fr	钫	fāng
65	Tb	铽	tè	88	Ra	镭	lái
66	Dy	镝	dī	89	Ac	锕	ā
67	Ho	铥	tiǔ	90	Th	钍	tǔ
68	Er	铒	ěr	91	Pa	镤	pú
69	Tm	铥	diū	92	U	铀	yóu
70	Yb	镱	yì	93	Np	镎	ná
71	Lu	镥	lǔ	94	Pu	钷	bù
72	Hf	铪	hā	95	Am	镅	méi
73	Ta	钽	tǎn	96	Cm	锔	jú
74	W	钨	wū	97	Bk	锫	péi
75	Re	铼	lái	98	Cf	锿	kāi
76	Os	锇	é	99	Es	镱	āi
77	Ir	铱	yī	100	Fm	镭	lái
78	Pt	铂	bó	101	Md	钷	méi
79	Au	金	jīn	102	No	锎	nuò
80	Hg	汞	gǒng	103	Lr	铹	liáo
81	Tl	铊	tā				

附表5 常用法定计量单位

物理名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	英尺 英寸 英里	■ ft in mile	$1 \blacksquare = 0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$ $1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$ $1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$ $1 \text{ mile} = 1609.344 \text{ m}$
面积	平方米	m^2	公亩 公顷 平方英尺	a ha ft^2	$1 \text{ a} = 10^2 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$ $1 \text{ ft}^2 = 0.0929030 \text{ m}^2$
体积 容积	立方米 升	m^3 L(1)	立方英尺 英加伦 美加伦	ft^3 UKgal USgal	$1 \text{ ft}^3 = 0.0283168 \text{ m}^3$ $1 \text{ UKgal} = 4.54609 \text{ dm}^3$ $1 \text{ USgal} = 3.78541 \text{ dm}^3$
质量	千克 (公斤) 吨	kg t	磅 英担	lb ewb	$1 \text{ lb} = 0.45359237 \text{ kg}$ $1 \text{ ewb} = 50.8023 \text{ kg}$
	千克 (公斤) 吨	kg t	英吨 短吨 盎司	ton sh-ton oz	$1 \text{ ton} = 1016.05 \text{ kg}$ $1 \text{ sh-ton} = 907.185 \text{ kg}$ $1 \text{ oz} = (1/16) \text{ lb}$ $= 0.02834958 \text{ kg}$
温度	开[尔文] 摄氏度	K $^{\circ}\text{C}$	华氏度	$^{\circ}\text{F}$	表示温度差和温度间隔 $1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$ 表示温度的数值时: 摄氏度 $^{\circ}\text{C} = (\text{K} - 273.15)$ 表示温度差和温度间隔时: $1^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$ 表示温度的数值 $\text{K} = \frac{5}{4} (^{\circ}\text{F} + 459.67)$ $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$

续表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
力 重力	牛[顿]	N	达因 千克力 磅力	dyn kgf lbf	1dyn=10 ⁻⁵ N 1kgf=9.80665N 1lbf=4.44822N
压力 压强 应力	帕[斯卡]	Pa	巴 千克力每 平方厘米 托 工程大 气压 标准大 气压 磅力每平 方英寸	bar kgf/cm ² Torr at atm lbf/in ²	1bar=10 ⁵ pa 1kgf/cm ² =0.0980665Mpa 1Torr=133.322Pa 1at=98066.5Pa =98.0665kPa 1atm=101325Pa =101.325kPa 1lbf/in ² =6894.76Pa
能量 功 热	焦[耳] 千瓦小时	J kW·h	尔格 千克力米 英马力 小时 卡 英热单位	erg kgf·m hp·h cal Btu	1erg=10 ⁻⁷ J 1kgf·m=9.80665J 1hp·h=2.68452MJ 1cal=4.1868J 1Btu=1055.06J 1kW·h=3.6MJ
功率	瓦[特]	W	千克力 米每秒 马力 米制马力	kgf·m/s 法 ch, cv 德 ps	1kgf·m/s=9.80665W 1ch=735.499W
密度	千克每 立方米	kg/m ³	磅每立 方英尺	lb/ft ³	1lb/ft ³ =16.0185kg/m ³

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
力矩	牛顿米	N·m	千克力米 磅力英尺	kgf·m lbf·ft	1 kgf·m = 9.80665 N·m 1 lbf·ft = 1.35582 N·m

附表6 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例
频率	赫[兹]	Hz	s ⁻¹
力;重力	牛[顿]	N	kg·m/s ²
压力;压强;应力	帕[斯卡]	Pa	N/m ²
能量;功;热量	焦[耳]	J	N·m
功率;辐射通量	瓦[特]	W	J/s
电荷量	库[仑]	C	A·s
电位;电压;电动势	伏[特]	V	W/A
电 容	法[拉]	F	C/V
电 阻	欧[姆]	Ω	V/A
电 导	西[门子]	S	A/V
磁通量	韦[伯]	Wb	V·s
磁通量密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m ²
电 感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	
光通量	流[明]	lm	cd·sr

光照度	勒[克斯]	lx	l m/m^2
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

附表 7 常用物质的密度、熔点

材 料 名 称	密度 (g/cm ³)	材 料 名 称	密度 (g/cm ³)	名称	熔点 (°C)
灰铸铁	6.8~7.2	黄 铜	8.4~8.85	铸铁	1200
可锻铸铁	7.2~7.4	压力加工用黄铜	8.4~8.85	铸钢	1425
工业纯铁	7.87	铸造用黄铜	8.622	软钢	1400~1500
钢 材	7.85	压力加工用铝青铜	8.65~8.9	黄铜	950
铸 钢	7.8	铸造用锡青铜	7.5~8.6	青铜	995
低碳钢 (含碳 0.1%)	7.85	压力加工用铝合金	2.67~2.8	紫铜	1083
中碳钢 (含碳 0.4%)	7.82	铸造用铝合金	2.6~2.85	铝	658
高碳钢 (含碳 1%)	7.81	锡基轴承合金	7.34~7.75	铅	327
高速钢 (含钨 9%)	8.3	铅基轴承合金	9.33~10.67	锡	232
高速钢 (含钨 18%)	8.7	硬质合金 (钨钴)	14.4~14.9	锌	419
不锈钢 (含铬 13%)	7.75	硬质合金 (钨钴钛)	9.5~12.4	镍	1452
紫 铜	8.89				