

应用型数控、模具专业基础课系列教材

机械制造技术 课程设计指导

主 编 刘长青

副主编 赵 瑾 曹甜冬

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书为“机械制造技术”课程设计之需而编写,涉及机械加工工艺和工装设计指导等内容。

全书分四部分。第一部分为机械加工工艺课程设计指导;第二部分为加工工艺设计;第三部分为加工工艺课程设计示例;第四部分为机床夹具设计。本书内容简明扼要,重点突出,条理清楚;资料齐全,方便使用;设计实例典型,涉及工种、夹具种类尽量全面,给学生一定的启发。

本书可作为机械设计与制造、数控技术、模具设计与制造等机械类专业学生进行机械制造工艺课程设计与毕业设计的参考资料,也可供成人高校的机械制造专业学生及从事机械制造的工艺人员参考。本书可作为与《机械制造技术》配套使用的实训辅助教材。

前 言

加强课程设计等实践环节是提高学生对知识的综合运用能力,锻炼学生的独立性、创造性和实践性能力的有效途径,也是目前高等教育改革正在积极推进的重要内容。

本书本着少而精的原则,旨在为学生进行“机械制造技术”课程设计提供所需的参考资料,并通过实例,说明选用这些资料的一般原则与方法,使学生能独立完成设计,提高效率。

本书主要包括四部分内容。

第一部分为机械加工工艺课程设计指导,概述设计任务、目的要求、设计内容与步骤、进度安排和成绩评定以及工艺文件的格式等。

第二部分为加工工艺设计,以课程设计说明书的顺序编写,包括机械制造工艺课程设计时所必需的有关毛坯选择,加工余量确定,机床、切削刀具、磨具、量具的选择,切削用量的选择及机动时间的计算等方面资料,同时对制订机械加工工艺规程的方法也做了适当论述。所选资料注意贯彻最新国家标准及部颁标准。

第三部分为加工工艺课程设计示例,系统阐述设计的步骤、编写说明书和查阅资料的方法。

第四部分为机床夹具设计,概述机床夹具设计方法及精选常用资料,用实例系统阐述夹具设计的步骤、编写说明书和查阅资料的方法。

书后收录了40个机械加工工艺设计选题,供指导老师布置设计任务。

参加本书编写的有刘长青、赵瑾、曹甜冬。全书由刘长青主编,徐鸿本教授主审。

本书是与《机械制造技术》配套使用的实训辅助教材,可作为机械设计与制造、数控技术、模具设计与制造等机械类专业学生进行机械制造工艺课程设计与毕业设计的参考资料,也可供成人高校的机械制造专业学生及从事机械制造的工艺人员参考。

由于水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2007年4月

目 录

第1章 机械加工工艺课程设计的指导与实施	(1)
1.1 机械加工工艺课程设计的目的	(1)
1.2 课程设计任务书	(1)
1.3 机械加工工艺课程设计的步骤及内容	(2)
1.3.1 制订工艺规程的步骤	(2)
1.3.2 撰写设计说明书	(5)
1.4 机械制造技术课程设计的进度与时间安排	(6)
1.5 机械制造技术课程设计要求	(6)
1.6 机械制造技术课程设计的考核和成绩评定	(7)
1.7 机械制造技术课程设计的教师指导工作	(7)
第2章 机械加工设计概述	(9)
2.1 工艺过程及其组成	(9)
2.1.1 工艺过程	(9)
2.1.2 工艺过程的组成	(9)
2.2 工艺规程及其制订	(10)
2.2.1 工艺规程	(10)
2.2.2 制订工艺规程的原则	(10)
2.2.3 制订工艺规程的原始资料	(10)
2.2.4 制订工艺规程的程序	(10)
2.3 生产纲领与生产类型	(11)
2.3.1 生产纲领	(11)
2.3.2 生产类型	(11)
2.3.3 生产批量	(11)
第3章 零件图样的工艺审查及毛坯的选择	(13)
3.1 零件图样的工艺审查	(13)
3.1.1 零件图样工艺审查的内容	(13)
3.1.2 零件图样的结构工艺性	(13)
3.2 毛坯的选择	(13)
3.2.1 选择毛坯应考虑的因素	(13)

3.2.2 毛坯的制造方法与工艺特点	(14)
3.2.3 毛坯的加工余量及公差	(15)
3.2.4 绘制毛坯图	(33)
第4章 工艺过程设计	(38)
4.1 定位基准的选择	(38)
4.2 零件表面加工方法的选择	(38)
4.2.1 各类型面加工方法的尺寸精度与表面粗糙度	(39)
4.2.2 各种加工方法能达到的形状和相互位置精度	(43)
4.2.3 复杂表面加工的经济精度	(44)
4.2.4 各种机床的形状、位置加工经济精度	(45)
4.2.5 标准公差及形位公差	(49)
4.3 加工顺序的安排	(52)
4.3.1 加工阶段的划分	(52)
4.3.2 机械加工顺序的安排	(52)
4.3.3 热处理工序的安排	(52)
4.3.4 辅助工序的安排	(53)
4.4 工序的组合	(53)
第5章 工序设计	(55)
5.1 机床及工艺装备的选择	(55)
5.1.1 机床的选择	(55)
5.1.2 工艺装备的选择	(68)
5.2 工序余量、工序尺寸及公差	(118)
5.2.1 外圆柱表面的加工余量	(119)
5.2.2 内孔加工余量	(122)
5.2.3 平面加工余量	(127)
5.2.4 齿轮、蜗轮、花键的精加工余量	(129)
5.2.5 渗碳层切除余量	(130)
5.3 切削用量选择	(130)
5.3.1 车削用量	(130)
5.3.2 钻削用量	(139)
5.3.3 铰削用量	(140)
5.3.4 镗削用量	(142)
5.3.5 铣削用量	(142)
5.3.6 刨、插、拉削用量	(146)

5.3.7 磨削用量	(149)
5.3.8 齿轮加工切削用量	(152)
5.4 劳动定额的制订	(154)
5.4.1 机动时间的计算	(155)
5.4.2 辅助时间定额	(169)
5.4.3 布置工作地、休息和生理需要所需时间	(171)
第6章 机械加工工艺规程制订实例	(172)
6.1 零件的工艺分析	(173)
6.1.1 零件的功用、结构及特点	(173)
6.1.2 主要加工表面及其要求	(174)
6.2 毛坯的选择	(174)
6.2.1 确定毛坯的类型、制造方法和尺寸及其公差	(174)
6.2.2 确定毛坯的技术要求	(175)
6.2.3 绘制毛坯图	(175)
6.3 基准的选择	(176)
6.4 拟订机械加工工艺路线	(176)
6.4.1 确定各表面的加工方法	(176)
6.4.2 拟定加工工艺路线	(177)
6.4.3 工艺路线方案的分析与比较	(178)
6.5 确定机械加工余量、工序尺寸及公差	(178)
6.6 选择机床及工艺装备	(179)
6.6.1 选择机床	(179)
6.6.2 选择刀具	(180)
6.6.3 选择夹具	(180)
6.6.4 选择量具	(180)
6.7 确定切削用量及基本工时	(182)
6.8 填写工艺文件	(184)
第7章 机床夹具设计指导	(192)
7.1 机床夹具设计方法	(192)
7.1.1 机床夹具设计的目的	(192)
7.1.2 机床夹具的作用与组成	(192)
7.1.3 机床夹具设计的基本要求	(193)
7.1.4 机床夹具设计的一般步骤	(193)
7.1.5 设计的内容、基本要求、时间分配	(195)

7.2 机床夹具设计常用资料及计算	(195)
7.2.1 机床夹具设计常用定位元件	(195)
7.2.2 常用定位元件所能限制的自由度	(202)
7.2.3 常见加工形式中应限制的自由度	(204)
7.2.4 常见定位方式的定位误差计算	(207)
7.2.5 常用夹紧元件	(212)
7.2.6 典型夹紧方式夹紧力的计算	(218)
7.2.7 常用对刀、导向元件	(223)
7.2.8 钻孔误差计算	(233)
7.3 机床夹具公差及技术要求	(234)
7.3.1 夹具总图上应标注的尺寸及公差	(234)
7.3.2 夹具的公差配合	(235)
7.3.3 各类机床夹具的主要技术要求	(238)
7.3.4 夹具元件的常用材料及热处理	(247)
7.4 机床联系尺寸	(248)
7.5 夹具设计中易出现的错误	(251)
第8章 机床夹具设计示例	(254)
8.1 定位方案及定位元件的选择和设计	(254)
8.2 导向方案及导向元件的选择和设计	(256)
8.3 夹紧装置设计	(257)
8.4 设计夹具体、绘制夹具草图	(257)
8.5 绘制夹具装配图	(257)
8.6 绘制夹具零件图	(260)
8.7 撰写夹具设计说明书	(261)
附录一 工艺文件格式及填写规则	(262)
附录二 机械制造技术课程设计题目选编	(266)
参考文献	(299)

第1章 机械加工工艺课程设计的指导与实施

1.1 机械加工工艺课程设计的目的

机械制造技术课程设计是在学完了“机械制造技术”课程,并进行了生产实习的基础上进行的一个实践性教学环节,它要求学生全面地综合运用本课程及有关先修课程的理论和实践知识,进行零件加工工艺规程的设计。其目的如下。

① 培养学生综合应用“机械制造技术”课程及其他有关先修课程的理论知识,把理论知识和生产实际密切结合,能够独立地分析和解决工艺问题,进一步掌握机械制造工艺设计的方法,使这些知识得到进一步的巩固、加深和扩展,初步具备设计一个中等复杂程度零件工艺规程的能力。

② 培养学生运用有关手册、图表、规范等资料文献的能力。

③ 培养学生识图、制图、运算和编写技术文件等的基本技能。

④ 培养学生独立思考和独立工作的能力,为毕业后走向社会从事相关技术工作打下良好的基础。

1.2 课程设计任务书

题目:设计_____零件的机械加工工艺规程

内容:

① 毛坯图(零件-毛坯合图)

1 张

② 机械加工工艺规程卡片

1 套

③ 课程设计说明书

1 份

原始资料:零件图样、生产纲领、每日班次、生产条件等。

1.3 机械加工工艺课程设计的步骤及内容

按设计要求编制一个中等复杂程度零件的加工工艺规程,并撰写设计说明书。学生应在教师指导下,按本指导书的规定,认真地、有计划地按时完成设计任务。必须以负责的态度对待自己所作的技术决定、数据和计算结果。注意理论与实践的结合,以期使整个设计在技术上是先进的,在经济上是合理的,在生产上是可行的。

1.3.1 制订工艺规程的步骤

制订工艺规程的流程如图 1-1 所示。

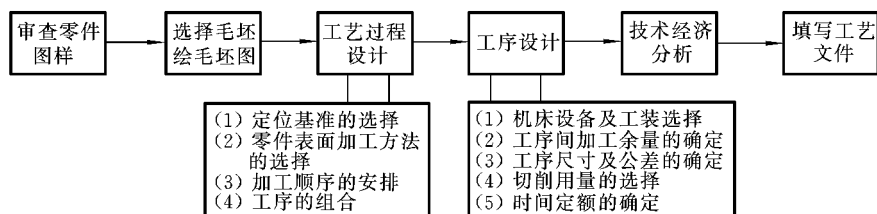


图 1-1 工艺规程制订流程

具体内容如下。

1. 分析加工对象,确定工艺原则

在调查研究掌握零件在产品中作用的基础上,研究零件结构、材料和技术要求,分析零件的结构工艺性。

根据年产量确定生产类型的特点,结合零件结构特征、主要技术要求,确定其加工工艺原则,主要应考虑安装的方式、重要表面的加工方法、加工阶段的划分、工艺过程的工序集中与分散的程度、热处理工序的位置、设备与工艺装备的先进程度和关键工序质量的保证方法等。

2. 毛坯选择

根据生产类型,零件结构尺寸及材料,选择毛坯的制造方法,用查表法确定各加工表面总余量,画出毛坯草图,并标注毛坯尺寸和外形尺寸。

3. 拟定加工工艺路线

① 选择零件的定位基准。根据零件的结构特点、技术要求及毛坯情况,按照基准选择的原则确定零件的粗、精基准(特别是统一基准),要符合六点定则。

② 初拟各主要表面由粗到精的加工方法,对不同的加工方法进行比较,择优

选取。

③ 确定次要表面的加工方法。

④ 确定热处理工序、检验工序和辅助工序。

⑤ 分析和论证主要工序和关键工序的质量以及生产率保证的方法,检查工序的衔接及相互间的影响,修正初拟的加工工艺路线。

⑥ 拟定全部加工表面由粗到精的加工顺序,经分析比较,最后形成一个完整、合理、先进的加工工艺路线。

4. 选择装备

选择各工序所需要的机床、工艺装备。

5. 确定加工余量

查表确定工序(工步)的加工余量,计算工序尺寸和工序公差。检验毛坯草图及总余量是否符合要求。在此基础上绘制毛坯图,完善技术要求。

6. 确定工时定额

选择切削用量,确定工时定额。设计时仅要求对所选定的工序进行切削用量和基本时间定额的计算。

7. 填写工艺文件

填写工艺文件的要求是:内容完整,层次清楚,语言精练,字迹清晰。

设计时对工艺文件填写作如下规定。

① 机械加工工艺过程卡片中的工时定额可不填。

② 机械加工程序卡片中,工时定额只填写基本时间,而工人技术等级此项可不填。

③ 机械加工程序卡片中的工序简图的要求(见图1-2)。

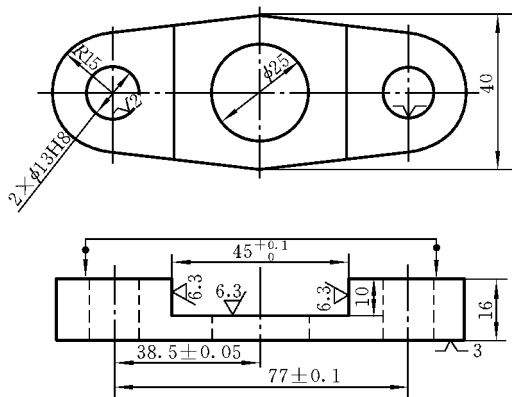


图1-2 连杆铣槽工序图

a. 简图可按比例缩小,用尽量少的投影视图表达,图中主视图应处于加工位置。简图也可以只画出与加工部位有关的局部视图,除加工面、定位面、夹紧面、主要轮廓面外,其余线条均可省略,以必需、明了为度。

b. 被加工表面用粗实线(或红线)表示,其余均用细实线。

c. 标明本工序的工序尺寸、公差及粗糙度要求。

d. 定位、夹紧表面应以规定的符号标明(JB/T5061—1991)。表1-1 摘要表示了几种常见的定位、夹紧符号,供设计时参考。

工艺文件格式和内容见附录一的附表1~附表4。

表1-1 定位夹紧符号

分 类		独 立		联 动
		标在视图轮廓线上	标在视图正面上	(用连线连接两符号即可)
定 位 点	固定式			
	活动式			
机械夹紧				
液压夹紧				
气动夹紧				
三爪自定心 卡盘夹紧				
四爪单动 卡盘夹紧				

注: i 为消除的自由度数。

1.3.2 撰写设计说明书

说明书是课程设计总结性文件。编写说明书,可进一步培养学生分析、总结和表达的能力,巩固、深化在设计过程中所获得的知识,是设计工作的一个重要组成部分。

说明书应概括地介绍设计全貌,对设计中的各部分内容应作重点说明、分析论证及必要的计算。要求系统性好,条理清楚,图文并茂,充分表达自己的见解,力求避免抄书。文内公式、图表、数据等出处,应以“[·]”注明参考文献的序号。

说明书要求字迹工整,语言简练,文字通顺,图例清晰。

学生从设计开始就应逐项记录设计内容、计算结果、分析意见和资料来源,以及教师的合理意见、自己的见解与结论等。每一设计阶段后,随即整理、编写出有关部分的说明书,待全部设计结束后,只要稍加整理,加上封面、封底便可装订成册。

说明书包括如下内容。

- ① 目录。
- ② 设计任务书。
- ③ 总论或前言。
- ④ 对零件的工艺分析(零件的作用、结构特点、结构工艺性、关键表面的技术要求分析等)。
- ⑤ 工艺设计。
 - a. 确定生产类型。采用流水线、自动线生产时还应计算生产节拍。
 - b. 毛坯选择与毛坯图说明。
 - c. 工艺路线的确定(粗、精基准的选择,各表面加工方法的确定,工序集中与分散的考虑,工序顺序安排的原则,加工设备与工艺装备的选择,不同方案的比较等)。
 - d. 加工余量、切削用量、工时定额的确定(说明数据来源,计算教师指定工序的时间定额)。
 - e. 工序尺寸与公差的确(只进行教师指定的一二个工序尺寸的计算,其余只简要说明或直接写入工序卡片的工序简图上)。

⑥ 小结。

⑦ 参考文献书目(书目应编写序号,以便正文引用)。

说明书撰写中的几点注意事项:

- ① 正文内容最好按三级标题书写(如按1、1.1、1.1.1三级书写)。
- ② 编制页码,目录标题与正文对应。
- ③ 说明书中的图、表要分别编号,并标注图名、表名。

④ 参考文献按以下格式书写：

[6] 肖继德,陈宁平主编. 机床夹具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2000.

⑤ 为便于查阅,所有图片都以 word 格式存档。

1.4 机械制造技术课程设计的进度与时间安排

课程设计的周数:2 周,进度安排如表 1-2 所示。

表 1-2 机械制造技术课程设计进度及时间安排

序号	内 容	基 本 要 求	时 间	备注
1	准备阶段	(1) 阅读、研究任务书;明确设计内容和要求 (2) 阅读教材和课程设计指导书 (3) 准备好绘图工具、设计资料和手册等	在设计专用周前进行	
2	绘制零件图和制定工艺路线	(1) 提高识图和绘图能力 (2) 掌握工艺路线制定的方法和步骤	3 天	
3	工序设计	掌握工序设计的方法和步骤	6 天	
4	编写设计计算说明书	整理和编写设计说明书	1 天	
5	答辩或验收	由指导教师酌情个别进行	可在设计专用周后进行	
	小计		10 天	

1.5 机械制造技术课程设计的要求

① 严格遵守纪律,按时上、下课,不得无故缺席,每迟到三次按旷课一天计,累计旷课两天成绩按不及格计。

② 独立工作,按时完成,保证质量。

③ 可以参考有关资料,反对照抄、照搬。

④ 经指导教师同意后方可参加答辩。

1.6 机械制造技术课程设计的考核和成绩评定

学生的机械制造技术课程设计的成绩按独立课程计,其总成绩由平时成绩、设计图纸及说明书成绩、答辩成绩三部分组成,比例为3:5:2,按优秀、良好、中等、及格和不及格五级评定,评定标准如表1-3所示。凡初评不合格的学生,给予一次修改机会,修改后成绩仍不合格者,成绩按不及格计。

表1-3 机械制造技术课程设计成绩评定细则

等 级	评 定 标 准
优秀	(1) 全面完成设计任务,设计内容正确,设计图纸质量高 (2) 设计说明书内容正确,文字精练、流畅、工整 (3) 答辩时,能准确回答与设计内容有关的问题 (4) 工作态度认真、严谨,独立工作能力强,模范遵守纪律
良好	(1) 全面完成设计任务,设计内容和设计图纸正确 (2) 设计说明书内容正确,表达清楚,书写认真 (3) 答辩时,能较好地回答与设计内容有关的问题 (4) 工作态度认真,独立完成设计任务,遵守纪律
中等	(1) 全面完成设计任务,设计内容正确,设计图纸基本正确 (2) 设计说明书内容基本正确,表达清楚,书写认真 (3) 答辩时,经提示能基本准确地回答与设计内容有关的问题 (4) 工作态度认真,具有一定的独立工作能力,遵守纪律
及格	(1) 能完成主要设计任务,质量较差或有较大错误,经启发能予以纠正 (2) 设计说明书内容有个别错误,书写较草 (3) 答辩时,对有些问题的回答出现概念性错误 (4) 工作态度一般或独立工作能力较差,基本能遵守纪律
不及格	(1) 未完成设计任务,或设计质量差并不加以改正 (2) 设计说明书内容有较大错误,或书写非常不认真 (3) 答辩时,回答问题出现严重的概念性错误,或对主要问题回答不出来 (4) 工作态度不认真,或独立工作能力差,或不遵守纪律

1.7 机械制造技术课程设计的教师指导工作

机械制造技术课程设计的指导工作是一项复杂而细致的教学工作,要求指导

教师充分发挥其主导作用,坚持教书育人,对学生指导时耐心细致,严格要求。

指导教师一般应由讲师以上(含讲师)职称教师担任。每位指导教师同时指导的学生人数一般不超过 30 人。

指导教师在课程设计开始前应做好一切准备工作,制定指导计划,根据学生的具体情况分配设计题目,填写课程设计任务书。

课程设计开始时,应进行设计动员并布置设计任务,提出设计要求。

指导教师在课程设计阶段应保证每天对学生的工作进行认真指导,有计划地进行以下五个方面的指导工作。

- ① 按计划进行阶段性集体指导。
- ② 根据学生设计过程中普遍存在的问题进行集体指导。
- ③ 对每个学生的工作进行个别指导。
- ④ 在学生设计过程中进行阶段性检查质疑。
- ⑤ 组织学生进行答辩并对学生的设计说明书及设计图纸进行评审。

第2章 机械加工工艺设计概述

2.1 工艺过程及其组成

2.1.1 工艺过程

工艺过程是指直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置与性质等,使其成为零件的过程。

2.1.2 工艺过程的组成

工艺过程由若干个工序所组成。工序是工艺过程的基本单元,也是生产组织和计划的基本单元。工序又可划分为若干个安装、工位或工步等,如图2-1所示,它们的含义如表2-1所示。

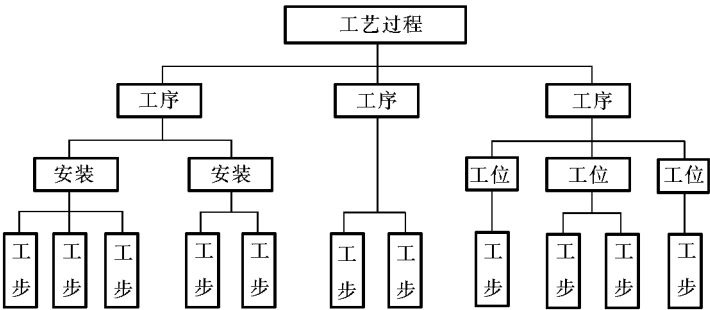


图 2-1 工艺过程的组成

表 2-1 工艺过程各组成部分的含义

名称	含 义
工序	一个或一组工人,在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程
安装	工件经一次装夹后所完成的那一部分工序

续表

名称	含 义
工位	为了完成一定的工序,一次装夹工件后,工件与夹具或设备的可动部分相对刀具或设备的固定部分占据每一位置所完成的那部分工序
工步	在加工表面和加工工具不变的情况下所连续完成的那一部分工序
走刀	在一个工步内当被加工表面的切削余量较大,需分几次切削时,每进行一次切削称为一次走刀

2.2 工艺规程及其制订

2.2.1 工艺规程

工艺规程是指规定产品或零部件制造工艺过程 and 操作方法等的工艺文件。

2.2.2 制订工艺规程的原则

制订工艺规程的原则是保证图样上规定的各项技术要求,有较高的生产效率,技术先进,经济效益高,劳动条件良好。

2.2.3 制订工艺规程的原始资料

制订工艺规程的原始资料包括产品装配图及零件图;产品质量的验收标准;产品的生产纲领及生产类型;原材料及毛坯的生产水平;现场生产条件(机床设备与工艺装备、工人技术水平等);国内外有关工艺、技术发展状况。

2.2.4 制订工艺规程的程序

制订工艺规程的程序如下。

- ① 计算生产纲领,确定生产类型。
- ② 分析产品装配图,对零件图样进行工艺审查。
- ③ 确定毛坯的种类、形状、尺寸及精度。
- ④ 拟订工艺路线(划分工艺过程的组成、选择定位基准、选择零件表面的加工方法、安排加工顺序、选择机床设备等)。
- ⑤ 进行工序设计(确定各工序加工余量、切削用量、工序尺寸及公差,选择工艺装备,计算时间定额等)。

⑥确定工序的技术要求及检验方法,填写工艺文件。

2.3 生产纲领与生产类型

2.3.1 生产纲领

生产纲领包括企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。年生产纲领包括备品和废品在内的某产品的年产量。零件的生产纲领按下式计算:

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中: N —— 零件的生产纲领(件 / 年);
 Q —— 机器产品的年产量(台 / 年);
 n —— 每台产品中该零件的数量(件 / 台);
 α —— 备品百分率;
 β —— 废品百分率。

2.3.2 生产类型

生产类型是指企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类,一般分为大量生产、成批生产或单件生产三种类型。

2.3.3 生产批量

生产批量是一次投入或产出的同一产品(或零件)的数量。
生产类型与生产纲领的关系如表 2-2 所示;各种生产类型的特点如表 2-3 所示。

表 2-2 生产类型与生产纲领的关系

生产类型		某类零件的年产量/(件/年)		
		产 品 类 型		
		重型机械	中型机械	轻型机械
单件生产		<5	<20	<100
成批生产	小批	5~100	20~200	100~500
	中批	100~300	200~500	500~5 000
	大批	300~1 000	500~5 000	5 000~50 000
大量生产		>1 000	>5 000	>50 000

表 2-3 生产类型的工艺特征

纲领及特点		生 产 类 型				
		单件生产	成批生产			大量生产
			小 批	中 批	大 批	
工 艺 特 点	机床设备及机床布置	通用机床按机群式排列;部分采用数控机床及柔性制造单元	通用机床和部分专用机床及高效自动机床;机床按零件类别分工段排列		广泛采用自动机床、专用机床;采用自动线或专用机床流水线排列	
	夹具及尺寸保证	通用夹具,标准附件或组合夹具;划线试切保证尺寸	通用夹具,专用或成组夹具;定程法保证尺寸		高效专用夹具;定程及自动测量控制尺寸	
	刀具、量具	通用刀具,标准量具	专用或标准刀具、量具		专用刀具、量具,自动测量	
	零件的互换性	配对制造,互换性低,多采用钳工修配	多数互换,部分试配或修配		全部互换,高精度偶件采用分组装配、配磨	
	工艺文件的要求	编制简单的工艺过程卡片	编制详细的工艺过程卡片及关键工序的工序卡片		编制详细的工艺过程、工序卡片及调整卡片	
	生产率	用传统加工方法,生产率低,用数控机床可提高生产率	中等		高	
	成本	较高	中等		低	
	对工人的技术要求	需要技术熟练的工人	需要一定熟练程度的技术工人		对操作工人的技术要求较低,对调整工人的技术要求较高	
	发展趋势	采用成组工艺,数控机床,加工中心及柔性制造单元	采用成组工艺,用柔性制造系统或柔性自动线		用计算机控制的自动化制造系统、车间或无人工厂,实现自适应控制	

注:“重型机械”、“中型机械”和“轻型机械”可分别以轧钢机、柴油机和缝纫机为代表。

第3章 零件图样的工艺审查及毛坯的选择

3.1 零件图样的工艺审查

3.1.1 零件图样工艺审查的内容

根据生产、技术条件和对产品的使用要求,从工艺的角度出发,零件图样审查的内容有:零件图样的视图、尺寸、公差和技术要求的完整性与正确性;加工要求的合理性;零件结构的工艺性等。

3.1.2 零件图样的结构工艺性

零件结构的工艺性是指所设计的零件在满足使用要求的前提下,制造的可行性与经济性。为了改善零件机械加工的工艺性,在结构设计时应注意以下几个方面。

- ① 加工时应便于进刀、退刀。
- ② 减少加工表面数,减小加工表面面积,尽量避免内表面加工。
- ③ 便于工件装夹,减少装夹次数,有利于增强刀具和工件的刚度;有相互位置精度要求的各表面,应尽可能在一次装夹中完成加工。
- ④ 减少刀具的调整与走刀次数。
- ⑤ 采用标准刀具和通用量具,减少刀具和量具种类。

3.2 毛坯的选择

3.2.1 选择毛坯应考虑的因素

1. 零件的力学性能要求

相同的材料采用不同的毛坯制造方法,其力学性能有所不同。

- ① 铸铁件的力学性能。离心浇注的铸件,压力浇注的铸件,金属型浇注的铸

件,砂型浇注的铸件,其强度依次递减。

② 钢件的力学性能。钢质零件的锻造毛坯,其力学性能高于钢质棒料和铸钢件。

2. 零件的结构形状和外廓尺寸

直径相差不大的阶梯轴宜采用棒料,相差较大时宜采用锻件。形状复杂、力学性能要求不高可采用铸钢件。形状复杂和薄壁的毛坯不宜采用金属型铸造。尺寸较大的毛坯,不宜采用模锻、压铸和精铸,多采用砂型铸造和自由锻造。外形复杂的小零件宜采用精密铸造方法,以避免机械加工。

3. 生产纲领和批量

生产纲领大时宜采用高精度与高生产率的毛坯制造方法,生产纲领小时,宜采用设备投资小的毛坯制造方法。

4. 现场生产条件要求

现场生产条件和发展应经过技术经济分析和论证。

3.2.2 毛坯的制造方法与工艺特点

常用毛坯的制造方法与工艺特点如表 3-1 所示。

表 3-1 常用毛坯的制造方法与工艺特点

毛坯制造方法		最大质量 /kg	最小壁厚 /mm	形状复杂程度	适用材料	生产类型	尺寸公差等级 (CT)	毛坯尺寸公差 /mm	表面粗糙度 / μm	加工余量等级	生产率	其 他
铸 造	木模手工砂型	无限制	3~5	最复杂	钢铁金属、非铁金属及其合金	单件及小批生产	11~13	1~8		H	低	表面有气孔、砂眼,结砂,硬皮,废品率高
	金属模机械砂型	至250	3~5	最复杂	钢铁金属、非铁金属及其合金	大批大量生产	8~10	1~3		G	高	设备复杂,工人水平可降低
	金属型浇注	至100	1.5	一般	钢铁金属、非铁金属及其合金	大批大量生产	7~9	0.1~0.5	$R_a12.5\sim6.3$	F	高	结构细密,能承受较大压力
	离心铸造	至200	3~5	回转体	钢铁金属、非铁金属及其合金	大批大量生产	—	1~8	$R_a12.5$	—	高	力学性能好,砂眼少,壁厚均匀
	压铸	10~16	0.5 (锌)10 (其他合金)	取决于模具	非铁金属合金	大批大量生产	6~8	0.05~0.15	$R_a6.3\sim3.2$	E	最高	直接出成品,设备昂贵
	熔模铸造(精密铸造)	小型零件	0.8	较复杂	难加工材料	单件及成批生产	5~7	0.05~0.2	$R_a12.5\sim3.2$	E	一般	铸件性能好,便于组织流水生产,直接出成品

续表

毛坯制造方法		最大质量/kg	最小壁厚/mm	形状复杂程度	适用材料	生产类型	尺寸公差等级(CT)	毛坯尺寸公差/mm	表面粗糙度/ μm	加工余量等级	生产率	其他
锻造	自由锻造	不限制	不限制	简单	碳素钢、合金钢	单件及小批生产	14~16	1.5~10		3~5	低	技术水平高
	模锻(锤锻)	至100	2.5	由模制造难易而定	碳素钢、合金钢	成批及大量生产	12~14	0.2~2	$R_a12.5$	—	高	锻件力学性能好,强度高
	精密模锻	至100	1.5	由模制造难易而定	碳素钢、合金钢	成批及大量生产	11~12	0.05~0.1	$R_a6.3\sim3.2$	—	高	要增加精压工序,锻模精度高,加热条件好,变形小
焊接	熔焊	不限制	气焊1 电弧焊2 电渣焊40	简单	碳素钢、合金钢	单件及成批生产	14~16	4~8		—	一般	制造简单,生产周期短,结构轻便,抗振性差,热变形大,需时效消除内应力
	压焊		≤ 12									
冷挤压		小型零件		简单	碳素钢、合金钢、非铁金属	大批量	6~7	0.02~0.05	$R_a1.6\sim0.8$	—	高	用于精度较高的小零件,不需机械加工

3.2.3 毛坯的加工余量及公差

1. 铸件的机械加工余量及公差

铸件的机械加工余量及公差如表 3-2~表 3-5 所示。

① 铸件机械加工余量(MA)等级由精到粗分为 A、B、C、D、E、F、G、H 和 J 共 9 个等级。表中的数字表示铸件尺寸公差(CT)等级,字母表示铸件机械加工余量等级。

② 当已确定铸件的尺寸公差等级后,对于砂型铸造的铸件,其顶面(相对浇注位置而言)的加工余量等级要比底、侧面的加工余量等级降低一级选用。当砂型铸造铸件的底、侧面采用的加工余量等级是最粗级 MA-H 级时,其顶面的加工余量等级为底、侧面选用的尺寸公差等级降低一级所对应的加工余量最粗级。

③ 砂型铸造孔的加工余量等级可选用与顶面相同的等级。

表 3-2 与铸件尺寸公差配套使用的铸件机械加工余量等级(GB/T11350—1989)

生产类型	造型材料 工艺方法	尺寸公差(CT)等级和机械加工余量(MA)等级								
		铸钢	灰 铸铁	球墨 铸铁	可锻 铸铁	铜 合金	锌 合金	轻金属 合金	镍基 合金	钴基 合金
成 批 和 大 量 生 产	砂型 手工造型	$\frac{11\sim13}{J}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$		$\frac{9\sim11}{H}$		
	砂型机器 造型及壳型	$\frac{8\sim10}{H}$	$\frac{8\sim10}{G}$	$\frac{8\sim10}{G}$	$\frac{8\sim10}{G}$	$\frac{8\sim10}{G}$		$\frac{7\sim9}{G}$		
	金属型		$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{6\sim8}{F}$		
	低压铸造		$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{6\sim8}{F}$		
	压力铸造					$\frac{6\sim8}{D}$	$\frac{4\sim6}{D}$	$\frac{5\sim7}{D}$		
	熔模铸造	$\frac{5\sim7}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$		$\frac{4\sim6}{E}$		$\frac{4\sim6}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$
小批 和 单件 生产	干、湿砂型	$\frac{13\sim15}{J}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{13\sim15}{H}$		$\frac{11\sim13}{H}$		
	自硬砂	$\frac{12\sim14}{J}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{12\sim13}{H}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$		$\frac{10\sim12}{H}$		

表 3-3 与铸件尺寸公差配套使用的铸件机械加工余量(GB/T11350—1989) (mm)

尺寸公差 等级(CT)	2	3	4		5		6			7			8					9				
加工余量 等级(MA)	B	C	D	E	D	E	D	E	F	D	E	F	D	E	F	G	H	D	E	F	G	H
基本尺寸	加工余量数值																					
≤100	—	0.5 0.4	0.6 0.5	0.8 0.7	0.8 0.6	0.9 0.8	0.8 0.6	1.0 0.8	1.5 1.0	1.0 0.7	1.5 1.0	2.0 0.9	1.0 0.8	1.5 1.0	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	1.5 1.0	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	3.5 3.0
>100~ 160	—	0.6 0.5	0.9 0.8	1.5 1.0	1.0 0.8	1.5 0.9	1.0 0.9	1.5 1.0	2.0 1.5	1.5 1.0	2.0 1.5	2.5 2.0	1.5 1.0	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	4.0 3.5	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	3.5 3.0	4.5 4.0
>160~ 250	—	0.8 0.7	1.5 1.0	2.0 1.5	1.5 1.0	2.0 1.5	1.5 1.0	2.0 1.5	2.5 2.0	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	4.0 3.5	5.0 4.5	2.5 2.0	3.0 2.5	3.5 3.0	4.5 4.0	5.5 5.0
>250~ 400	—	0.9 0.8	1.5 1.0	2.0 1.5	2.0 1.5	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.5	2.5 2.0	3.0 1.5	3.5 2.5	2.0 1.5	2.5 2.0	3.0 2.0	3.5 2.5	4.0 3.5	5.0 4.5	6.5 6.0	3.0 2.0	3.5 2.5	4.5 3.5	7.0 6.0
>400~ 630	—	—	2.0 1.5	2.5 2.0	2.0 1.5	2.5 2.0	2.5 1.5	3.0 2.5	4.0 3.5	3.5 2.5	4.0 3.0	4.5 3.5	3.5 2.5	4.0 3.0	4.5 3.5	5.5 5.0	7.5 7.0	3.0 2.5	4.0 3.0	5.0 4.0	6.0 5.0	7.5 7.0
>630~ 1 000	—	—	—	—	2.5 2.0	3.0 2.5	2.5 2.0	3.0 2.0	4.5 4.0	3.5 2.5	4.0 3.0	4.5 4.0	3.0 2.5	4.0 3.0	5.0 4.5	6.5 6.0	8.5 8.0	3.5 2.5	4.5 3.5	5.5 4.5	7.0 6.0	9.0 8.0

续表

尺寸公差等级(CT)	10				11				12				13				14		15		16	
加工余量等级(MA)	E	F	G	H	E	F	G	H	F	G	H	J	F	G	H	J	H	J	H	J	H	J
基本尺寸	加工余量数值																					
≤100	2.5 1.5	3.0 2.0	3.5 2.5	4.0 3.0	3.0 2.0	3.5 2.5	4.0 3.0	4.5 3.5	4.0 2.5	4.5 3.0	5.0 3.5	6.0 4.5	5.5 3.5	6.0 4.0	6.5 4.5	7.5 5.5	7.5 5.0	8.5 6.0	9.0 5.5	10 6.5	11 6.5	12 7.5
>100~160	3.0 2.0	3.5 2.5	4.0 3.0	5.0 4.0	3.5 2.5	4.0 3.0	4.5 3.5	5.5 4.5	5.0 3.5	5.5 4.0	6.5 5.0	7.5 6.0	6.5 4.0	7.0 4.5	8.0 5.5	9.5 6.5	8.0 6.0	9.0 7.0	10 7.0	11 8.0	12 8.0	13 9.0
>160~250	3.5 2.5	4.0 3.0	5.0 4.0	6.0 5.0	4.5 3.0	5.0 3.5	6.0 4.5	7.0 5.5	6.0 4.0	7.0 5.0	8.0 6.0	9.5 7.5	7.5 5.0	8.5 6.0	9.5 7.0	11 8.5	11 7.5	13 9.0	13 8.5	15 10	15 9.5	17 11
>250~400	4.0 3.0	5.0 4.0	6.0 5.0	7.5 6.5	5.0 3.5	6.0 4.5	7.0 5.5	8.5 7.0	7.0 5.0	8.0 6.0	9.5 7.5	11 9.0	8.5 5.5	9.5 6.5	11 8.0	13 10	13 9.0	15 11	15 10	17 12	18 12	20 14
>400~630	4.5 3.5	5.5 4.5	6.5 5.5	8.5 7.5	5.5 4.0	6.5 5.0	7.5 6.0	9.5 8.0	8.0 5.5	9.0 6.5	11 8.5	14 11	10 6.5	11 7.5	13 9.5	16 12	15 11	18 13	17 12	20 14	20 13	23 16
>630~1 000	5.5 4.0	6.5 5.0	8.0 6.5	10 8.5	6.5 4.5	7.5 5.5	9.0 7.0	11 9.0	9.0 6.5	11 8.0	13 10	16 13	12 7.5	13 9	15 11	18 14	17 12	20 15	20 14	23 17	23 15	26 18

注:每栏上面的数值为以一侧为基准,进行单侧加工的加工余量;下面的数值为进行双侧加工时每侧的加工余量。

铸件加工余量应在铸件图上或技术文件中注明。标注示例:机械加工余量按GB/T11350 CT10-MA H/G。其中,MA H/G 的斜线上面等级为顶面加工余量等级,斜线下面等级为底、侧面加工余量等级。

铸件尺寸公差在图样上的标法为:①采用公差等级代号标注,其值如表 3-4 所示。②错型(错箱)值必须位于表 3-5 规定的公差之内。当需要进一步限制错型值时,应标出最大错型值,其值如表 3-5 所示。③有特殊要求时,直接在铸件基本尺寸后面标注,例如:95±1.1 mm。

表 3-4 铸件尺寸公差数值(GB6414—1986) (mm)

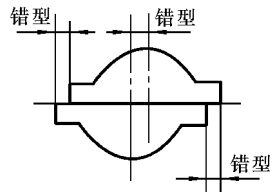
基本尺寸		公差等级(CT)															
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
—	3	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.80	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	6	0.16	0.24	0.32	0.48	0.64	0.90	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	10	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1.0	1.5	2.0	2.8	4.2	—	—	—	—	—	—
10	16	0.20	0.28	0.38	0.54	0.78	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4	—	—	—	—	—	—
16	25	0.22	0.30	0.42	0.58	0.82	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	6	8	10	12	—	—
25	40	0.24	0.32	0.46	0.64	0.90	1.3	1.8	2.6	3.6	5.0	7	9	11	14	—	—
40	63	0.26	0.36	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	10	12	16	—	—
63	100	0.28	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6	9	11	14	18	—	—
100	160	0.30	0.44	0.62	0.88	1.2	1.8	2.5	3.6	5.0	7	10	12	16	20	—	—
160	250	0.34	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	11	14	18	22	—	—
250	400	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6.2	9	12	16	20	25	—	—
400	630	—	0.64	0.90	1.2	1.8	2.6	3.6	5	7	10	14	18	22	28	—	—
630	1 000	—	—	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	6	8	11	16	20	25	32	—	—
1 000	1 600	—	—	—	1.6	2.2	3.2	4.6	7	9	13	18	23	29	37	—	—
1 600	2 500	—	—	—	—	2.6	3.8	5.4	8	10	15	21	26	33	42	—	—
2 500	4 000	—	—	—	—	—	4.4	6.2	9	12	17	24	30	38	49	—	—

其中,① CT1 和CT2 是为将来可能要求更精密的公差保留的,故表中未列。

② CT13 至CT16 小于或等于 16 mm 的铸件,其公差值需单独标注,可提高 2~3 级。

③ 壁厚尺寸公差可比一般尺寸公差降一级公差带,应对称于铸件基本尺寸设置。

表 3-5 错型值(GB6414—1986) (mm)

	公差等级 (CT)	错型值	公差等级 (CT)	错型值
	3~4	表 5-6 的公差以内	9~10	1.0
	5	0.3	11~13	1.5
	6	0.5	14~16	2.5
	7~8	0.7		

2. 锻件的机械加工余量及公差

1) 锤上钢质自由锻件的机械加工余量及公差(JB4249—1986)

自由锻件锻造精度的F 级用于一般精度,E 级用于较高要求。E 级往往需要特殊模具和附加加工费用,因此只用于较大批量生产的场合。

(1) 台阶轴类锻件(JB4249. 2—1986)

台阶轴类锻件机械加工余量与公差应符合图 3-1 及表 3-6 的规定。

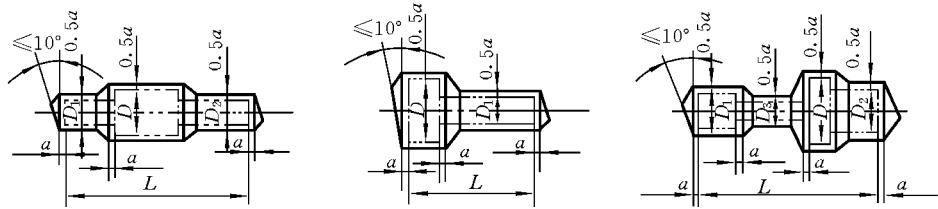


图 3-1 台阶轴类锻件

表 3-6 台阶轴类锻件机械加工余量与公差 (mm)

零件总长 L		零 件 直 径 D								
		大于	0	50	80	120	160	200	250	315
		至	50	80	120	160	200	250	315	400
		余 量 a 与 极 限 偏 差								
大于	至	锻 造 精 度 等 级 F								
0	315	7±2	8±3	9±3	10±4	—	—	—	—	
315	630	8±3	9±3	10±4	11±4	12±5	13±5	—	—	
630	1 000	9±3	10±4	11±4	12±5	13±5	14±6	16±7	—	
1 000	1 600	10±4	12±5	13±5	14±6	15±6	16±7	18±8	19±8	

续表

零件总长 L		零 件 直 径 D								
		大于	0	50	80	120	160	200	250	315
		至	50	80	120	160	200	250	315	400
		余 量 a 与 极 限 偏 差								
大于	至	锻 造 精 度 等 级 F								
1 600	2 500	—	13±5	14±6	15±6	16±7	17±7	19±8	20±8	
2 500	4 000	—	—	16±7	17±7	18±8	19±8	21±9	22±9	
4 000	6 000	—	—	—	19±8	20±8	21±9	23±10	—	
大于	至	锻 造 精 度 等 级 E								
0	315	6±2	7±2	8±3	9±3	—	—	—	—	
315	630	7±2	8±3	9±3	10±4	11±4	12±5	—	—	
630	1 000	8±3	9±3	10±4	11±4	12±5	13±5	15±6	—	
1 000	1 600	9±3	11±4	12±5	13±5	14±6	15±6	17±7	18±8	
1 600	2 500	—	12±5	13±5	14±6	15±6	16±7	18±8	19±8	
2 500	4 000	—	—	15±6	16±7	17±7	18±8	20±8	21±9	
4 000	6 000	—	—	—	18±8	19±8	20±8	22±9	—	

其中,① 各台阶直径上的余量按零件的总长和最大直径确定。

② 当某部分长度与其直径之比为 15~25 时,该部分直径之余量增加 20%,大于 25 时,余量增加 30%。

③ 当相邻直径之比大于 2.5 时,可按省料原则将其中一部分的余量增大 20%。

④ 其余应符合 JB4249. 1—1986 的规定。

(2) 圆盘类锻件(JB4249. 3—1986)

本标准适用于零件尺寸为 $0.1D \leq H \leq 1.5D$ 的圆盘类自由锻件。

圆盘类锻件的机械加工余量与公差应符合图 3-2 与表 3-7 的规定。

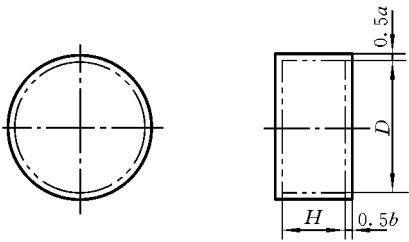


图 3-2 圆盘类锻件

表 3-7 圆盘类锻件机械加工余量与公差

零件 高度 H		零 件 直 径 D															
		大于		0	80	120	160	200	250	315	400	500	630				
		至	80	120	160	200	250	315	400	500	630	800					
加工余量 a 、 b 与极限偏差																	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
大于 至		锻 造 精 度 等 级 F															
0	50	—	—	—	—	6±2	6±2	7±2	6±2	8±3	7±2	10±4	8±3	12±5	9±3	—	—
50	80	—	—	—	6±2	7±2	7±2	8±3	7±2	9±3	8±3	11±4	9±3	13±5	10±4	17±7	13±5
80	120	6±2	6±2	6±2	7±2	8±3	8±3	9±3	8±3	10±4	9±3	12±5	10±4	14±6	11±4	18±8	14±6
120	160	—	—	7±2	7±2	8±3	9±3	10±4	9±3	11±4	10±4	13±5	11±4	15±6	12±5	19±8	15±6
160	200	—	—	8±3	8±3	9±3	10±4	11±4	10±4	12±5	11±4	14±6	12±5	16±7	13±5	20±8	16±7
200	250	—	—	—	10±4	10±4	11±4	12±5	11±4	13±5	12±5	15±6	13±5	17±7	14±6	21±9	17±7
250	315	—	—	—	—	12±5	12±5	13±5	12±5	14±6	13±5	16±7	14±6	18±8	15±6	22±9	18±8
315	400	—	—	—	—	—	15±6	14±6	16±7	15±6	18±8	16±7	20±8	17±7	24±10	20±8	24±10
锻 造 精 度 等 级 E																	
0	50	—	—	—	—	5±2	5±2	6±2	5±2	7±2	6±2	9±3	7±2	11±4	8±3	—	—
50	80	—	—	—	5±2	6±2	6±2	7±2	6±2	8±3	7±2	10±4	8±3	12±5	9±3	16±7	12±5
80	120	5±2	5±2	5±2	6±2	7±2	7±2	8±3	7±2	9±3	8±3	11±4	9±3	13±5	10±4	17±7	13±5
120	160	—	—	6±2	6±2	7±2	7±2	8±3	8±3	9±3	8±3	10±4	9±3	12±5	10±4	14±6	11±4
160	200	—	—	7±2	7±2	8±3	8±3	9±3	9±3	10±4	9±3	11±4	10±4	13±5	11±4	15±6	12±5
200	250	—	—	—	9±3	9±3	10±4	10±4	11±4	12±5	11±4	14±6	12±5	16±7	13±5	20±8	16±7
250	315	—	—	—	—	11±4	11±4	12±5	11±4	13±5	12±5	15±6	13±5	17±7	14±6	21±9	17±7
315	400	—	—	—	—	—	14±6	13±5	15±6	14±6	17±7	15±6	19±8	16±7	23±10	19±8	27±10

注：① 尽量不使用阶梯线以下的尺寸。
② 其余应符合 JB4249.1—1986 的规定。

续表

零件高度 H		零 件 直 径 D											
		大于	250		315			400			500		
		至	315		400			500			630		
		加工余量 a, b, c 与极限偏差											
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
大于	至	锻 造 精 度 等 级 F											
0	80	10±4	13±5	9±3	11±4	15±6	10±4	13±5	17±7	12±5	15±6	19±8	14±6
80	120	11±4	15±6	10±4	12±5	17±7	11±4	14±6	19±8	13±5	16±7	21±9	15±6
120	160	12±5	16±7	11±4	13±5	18±8	12±5	15±6	20±8	14±6	17±7	22±9	16±7
160	200	13±5	17±7	12±5	14±6	19±8	13±5	16±7	21±9	15±6	18±8	23±10	17±7
200	250	14±6	18±8	13±5	15±6	20±8	14±6	17±7	22±9	16±7	19±8	24±10	18±8
250	315	15±6	17±8	14±6	16±7	21±9	15±6	18±8	23±10	17±7	20±8	25±11	19±8
315	400	—	—	—	17±7	22±9	16±7	19±8	24±10	18±8	21±9	26±11	20±8
大于	至	锻 造 精 度 等 级 E											
0	80	9±3	12±5	8±3	10±4	14±6	9±3	12±5	16±7	11±4	14±6	18±8	13±5
80	120	10±4	14±6	9±3	11±4	16±7	10±4	13±5	18±8	12±5	15±6	20±8	14±6
120	160	11±4	15±6	10±4	12±5	17±7	11±4	14±6	19±8	13±5	16±7	21±9	15±6
160	200	12±5	16±7	11±4	13±5	18±8	12±5	15±6	20±8	14±6	17±7	22±9	16±7
200	250	13±5	17±7	12±5	14±6	19±8	13±5	16±7	21±9	15±6	18±8	23±10	17±7
250	315	14±6	18±8	13±5	15±6	20±8	14±6	17±8	22±9	16±7	19±8	24±10	18±8
315	400	—	—	—	16±7	21±9	15±6	18±8	23±10	17±7	20±8	25±11	19±8

其中,① 尽量不使用阶梯线以下的尺寸。
② 带孔圆盘类锻件的最小冲孔直径 d 应符合下表的规定。

落下部分质量/t	≤0.15	≤0.25	≤0.5	≤0.75	1	2	3	4
最小冲孔直径 d /mm	30	40	50	60	70	80	90	100

- ③ 锻件高度与孔径之比大于 3 时,孔允许不锻出。
④ 其余应符合 JB4249. 1—1986 的规定。
(4) 套筒类锻件(JB4249. 5—1986)

本标准适用于零件尺寸符合 $D \leq H \leq 2D, 0.5D \leq d \leq 0.8D$ 的套筒类锻件。
套筒类锻件的机械加工余量与公差应符合图 3-4 和表 3-9 的规定。

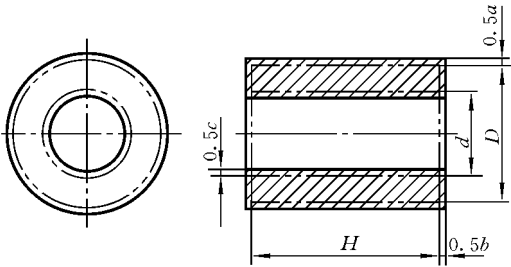


图 3-4 套筒类锻件

表 3-9 套筒类锻件机械加工余量与公差 (mm)

零件 高度 <i>H</i>		零 件 直 径 <i>D</i>												
		大于	100			160			200			250		
		至	160			200			250			315		
		加工余量 <i>a, b, c</i> 与极限偏差												
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			
大于	至	锻 造 精 度 等 级 F												
100	160	9±3	8±3	14±6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
160	200	10±4	12±5	15±6	12±5	10±4	18±8	—	—	—	—	—	—	
200	250	11±4	16±7	17±7	13±5	14±6	20±8	15±6	12±5	23±10	—	—	—	
250	315	12±5	20±8	18±8	14±6	18±8	21±9	16±7	16±7	24±10	18±8	14±6	27±12	
315	400	13±5	30±13	20±8	15±6	26±11	23±10	17±7	23±10	26±11	19±8	20±8	29±12	
400	500	—	—	—	—	—	—	18±8	32±13	27±12	20±8	28±12	30±13	
500	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21±9	36±15	32±13	
大于	至	锻 造 精 度 等 级 E												
100	160	8±3	7±2	12±5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
160	200	9±3	11±4	14±6	11±4	9±3	17±7	—	—	—	—	—	—	
200	250	10±4	15±6	15±6	12±5	13±5	18±8	14±6	11±4	21±9	—	—	—	
250	315	11±4	19±8	17±7	13±5	17±7	20±8	15±6	15±6	23±10	17±7	13±5	26±11	
315	400	12±5	29±12	18±8	14±6	25±11	21±9	16±7	22±9	24±10	18±8	19±8	27±12	
400	500	—	—	—	—	—	—	17±7	31±13	26±11	19±8	27±12	29±12	
500	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20±8	35±14	30±13	

续表

零件 高度 H	零 件 直 径 D						壁厚 $\frac{D-d}{2}$						
	315			400									
	400			500									
	加工余量 $a、b、c$ 与极限偏差						大于	0	4	6.3	10	16	25
a	b	c	a	b	c	至	4	6.3	10	16	25	40	
大于	至	锻造精度等级 F						F 级增值系数					
100	160	—	—	—	—	—	—	1.7	1.5	1.3	1.1	—	—
160	200	—	—	—	—	—	—	1.8	1.6	1.4	1.2	—	—
200	250	—	—	—	—	—	—	1.8	1.6	1.4	1.2	—	—
250	315	—	—	—	—	—	—	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	—
315	400	21±9	18±8	32±13	—	—	—	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	—
400	500	22±9	24±10	33±14	24±10	20±8	36±15	2	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1
500	630	23±10	32±13	35±14	25±11	28±12	38±15	2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2
大于	至	锻造精度等级 E						E 级增值系数					
100	160	—	—	—	—	—	—	1.7	1.5	1.3	1.1	—	—
160	200	—	—	—	—	—	—	1.8	1.6	1.4	1.2	—	—
200	250	—	—	—	—	—	—	1.8	1.6	1.4	1.2	—	—
250	315	—	—	—	—	—	—	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	—
315	400	20±8	17±7	30±13	—	—	—	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	—
400	500	21±9	23±10	32±13	23±10	19±8	35±14	2	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1
500	630	22±9	31±13	33±14	24±10	27±12	36±15	2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2

其中,① 尽量不使用阶梯线以上尺寸。

② 套筒类锻件的机械加工余量与公差,除根据零件直径和高度外,还需根据壁厚的不同而变动,按壁厚查得增值系数,此时孔径和高度的加工余量与公差根据表中查得数值乘以系数求得。

③ 薄壁筒加工余量的计算值应化整成以 mm 为单位的整数值。

④ 其余应符合 JB/T4249.1—1986 的规定。

2) 钢质模锻件的机械加工余量及公差

确定钢质模锻件的机械加工余量及公差时应考虑以下因素。

① 锻件质量 m_f 的估算按下列程序进行:零件图基本尺寸 → 估算机械加工余量 → 绘制锻件图 → 估算锻件质量。

② 锻件形状复杂系数 S 是锻件质量 m_f 与相应的锻件外廓包容体质量 m_N 之比,即 $S = m_f/m_N$ 。

锻件形状复杂系数 S 分为四级,即简单的 S_1 级($0.63 < S \leq 1$),一般的 S_2 级($0.32 < S \leq 0.63$),较复杂的 S_3 级($0.16 < S \leq 0.32$)和复杂的 S_4 级($S \leq 0.16$)。

③ 锻件的材质系数分为 M_1 和 M_2 二级。 M_1 为碳的质量分数小于 0.65% 的碳钢或合金元素总的质量分数小于 3% 的合金钢。 M_2 为碳的质量分数大于或等于

0.65%的碳钢或合金元素总的质量分数大于或等于3%的合金钢。

- ④ 锻件分模线的形状。
- ⑤ 零件表面粗糙度。
- ⑥ 锻件加热条件。

(1) 钢质模锻件的机械加工余量

钢质模锻件的机械加工余量如表 3-10 所示。

表 3-10 模锻件内外表面加工余量

锻件重量 /kg	零件表面 粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$		形状复 杂系数		单边余量/mm				
					厚度 (直径) 方向	水平方向			
	>1.6 <0.8		S_1	S_3		0 ~315	<315 ~400	<400 ~630	<630 ~800 <800 ~1 250
0~0.4					1.0~1.5	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	—
$<0.4\sim1.0$					1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.5	2.0~3.0
$<1.0\sim1.8$					1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.7	2.0~3.0
$<1.8\sim3.2$					1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.0~3.0
$<3.2\sim5.0$					1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.5~3.5
$<5.0\sim10.0$					2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.3~3.0	2.5~3.5
$<10.0\sim20.0$					2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.7	2.3~3.0	2.5~3.5
$<20.0\sim50.0$					2.3~3.0	2.0~3.0	2.5~3.0	2.5~3.5	2.7~4.0
$<50.0\sim150.0$					2.5~3.2	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~3.5	2.7~4.0
$<150.0\sim250.0$					3.0~4.0	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~4.0	3.0~4.5
					3.5~4.5	2.7~3.5	2.7~3.5	3.0~4.0	3.0~4.5
					4.0~5.5	2.7~4.0	3.0~4.0	3.0~4.5	3.5~5.0

当锻件重量为 3 kg,零件表面粗糙度 R_a 为 $3.2\ \mu\text{m}$,形状复杂系数为 S_3 ,长度为 480 mm 时查出该锻件:厚度方向加工余量为 1.7~2.2 mm,水平方向为 2.0~2.7 mm。

(2) 钢质模锻件的公差

钢质模锻件的公差可查阅 GB12362—1990。

① 长度、宽度和高度公差。长度、宽度和高度公差是指在分模线一侧同一块模具上沿长度、宽度、高度方向的尺寸公差,例如,图 3-5 中, a 为锻件长度方向尺寸; b 为锻件宽度方向尺寸; c 为锻件高度方向尺寸; h 为跨越分模线的厚度尺寸。

当锻件形状复杂系数为 S_1 级和 S_2 级,且长宽比小于 3.5 时,其公差可按最大外形尺寸查表确定同一公差值,以简化工作量。长度、宽度、高度公差如表 3-11 和表 3-12 所示。

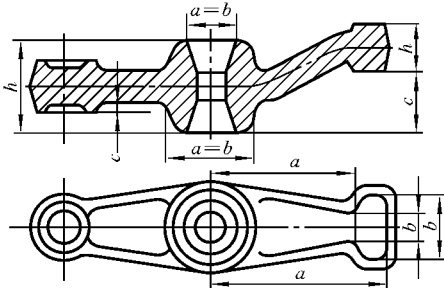


图 3-5 锻件长、宽、高尺寸

表 3-11 模锻件的长度、宽度、高度偏差及错差、残留飞边量(普通级) (mm)

同轴度 错差	横向 残留 飞边	分模线		锻件重量/kg	锻件材 质系数		锻件形状 复杂系数				锻 件 轮 廓 尺 寸												
		平 直 对 称	不 对 称		M ₁	M ₂	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	偏 差												
		大于		至									大于 0	30	80	120	180	315	500	800	1 250	2 500	
		0		0.4									+0.8 -0.3	+0.8 -0.4	+1.0 -0.4	+1.1 -0.5	+1.2 -0.6	+1.4 -0.6	+1.5 -0.7	+1.7 -0.8	+1.9 -0.9	+2.1 -1.1	
		0.4		1.0									+0.8 -0.4	+1.0 -0.4	+1.1 -0.5	+1.2 -0.6	+1.4 -0.7	+1.5 -0.8	+1.7 -0.9	+1.9 -1.1	+2.1 -1.2	+2.4 -1.3	
		1.0		1.8									+1.0 -0.4	+1.1 -0.5	+1.2 -0.6	+1.4 -0.7	+1.5 -0.8	+1.7 -0.9	+1.9 -1.1	+2.1 -1.2	+2.4 -1.3	+2.7 -1.5	
		1.8		3.2									+1.1 -0.5	+1.2 -0.6	+1.4 -0.7	+1.5 -0.8	+1.7 -0.9	+1.9 -1.1	+2.1 -1.2	+2.4 -1.3	+2.7 -1.5	+3.0 -1.5	
		3.2		5.0									+1.2 -0.6	+1.4 -0.7	+1.5 -0.8	+1.7 -0.9	+1.9 -1.1	+2.1 -1.2	+2.4 -1.3	+2.7 -1.5	+3.0 -1.5	+3.3 -1.5	
		5.0		10									+1.4 -0.6	+1.5 -0.7	+1.7 -0.8	+1.9 -0.9	+2.1 -1.1	+2.4 -1.2	+2.7 -1.3	+3.0 -1.5	+3.3 -1.5	+3.8 -1.7	
		10		20									+1.5 -0.7	+1.7 -0.8	+1.9 -0.9	+2.1 -1.1	+2.4 -1.2	+2.7 -1.3	+3.0 -1.5	+3.3 -1.5	+3.8 -1.7	+4.2 -2.1	
		20		50									+1.7 -0.8	+1.9 -0.9	+2.1 -1.1	+2.4 -1.2	+2.7 -1.3	+3.0 -1.5	+3.3 -1.5	+3.8 -1.7	+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	
		50		120									+1.9 -0.9	+2.1 -1.1	+2.4 -1.2	+2.7 -1.3	+3.0 -1.5	+3.3 -1.5	+3.8 -1.7	+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	
		120		250									+2.1 -1.1	+2.4 -1.2	+2.7 -1.5	+3.0 -1.5	+3.3 -1.7	+3.8 -1.8	+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	
													+2.1 -1.2	+2.7 -1.3	+3.0 -1.5	+3.3 -1.7	+3.8 -1.8	+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	
													+2.7 -1.3	+3.0 -1.5	+3.3 -1.7	+3.8 -1.8	+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	
													+3.3 -1.7	+3.8 -1.8	+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	
														+4.2 -2.1	+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	
														+4.7 -2.3	+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0	
															+5.3 -2.7	+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0	
																+6.0 -3.0	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0	
																	+6.5 -3.5	+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0	
																		+7.5 -4.0	+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0	
																			+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0	
																				+8.0 -4.5	+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0
																					+9.0 -5.0	+10.0 -5.5	+11.0 -6.0
																						+9.0 -5.0	+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5
																							+10.0 -5.5

偏差分配如表 3-13 所示。

表 3-13 偏差分配表

尺寸分类	上、下偏差比例分配
外表面尺寸	$+2/3$ 和 $-1/3$
内表面尺寸	$+1/3$ 和 $-2/3$
高度台阶尺寸	$\pm \frac{1}{2}$
中心到边缘尺寸	$\pm \frac{1}{2}$ 总公差

严格地限制冲孔尺寸公差,则应作为特殊公差标注在锻件图的相应尺寸上。

落差公差是高度公差的一种形式,偏差值按 $\pm 1/2$ 比例分配。它应比高度公差放宽一档。

② 错差。模具上、下模的对应点间所容许不对准的范围(见图 3-6),错差值由表 3-11 和表 3-12 查得,其应用与其他公差无关。

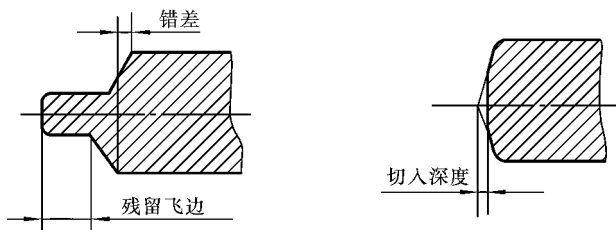


图 3-6 错差、残留飞边及切入深度

③ 横向残留飞边公差及切入锻件深度。由于切边条件变化,在锻件四周可能存在横向残留飞边或切入锻件(见图 3-6)。横向残留飞边的允许值由表 3-11 和表 3-12 查得。切入深度取横向残留飞边允许值之半。其应用与其他公差无关。

④ 冲孔公差。按孔径尺寸在表 3-11 或表 3-12 中查得偏差算出总公差。其上、下偏差按 $+1/4$ 和 $-3/4$ 比例分配。

⑤ 厚度公差。跨越分模线的厚度尺寸的公差。其值按锻件的最大厚度尺寸在表 3-14 和表 3-15 中查得。其上、下偏差一般按 $+3/4$ 、 $-1/4$ 或 $+2/3$ 、 $-1/3$ 比例分配。

⑥ 锻件顶料杆压痕公差。具有顶料机构的模具,在锻件上会产生一定深度和高度的压痕,其公差由表 3-14 和表 3-15 中查得。压痕公差与其他公差无关。

表 3-14 模锻件的厚度偏差及顶料杆压痕偏差 (普通级)

原料杆压痕	锻件重量/kg		锻件材质 质系数	锻件形状 复杂系数				锻 件 厚 度 尺 寸								
								偏 差								
	大于	至						M ₁	M ₂	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	18	30	50
-0.8/+0.3	0	0.4							+0.5	+0.6	+0.7	+0.8	+0.9	+1.0	+1.2	+1.2
-0.8/+0.4	0.4	1.0							-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4
-1.0/+0.5	1.0	1.8							+0.6	+0.7	+0.8	+0.9	+1.0	+1.2	+1.4	+1.4
-1.2*/+0.6*	1.8	3.2							-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
-1.6/+0.8	3.2	5.0							+0.8	+0.9	+1.0	+1.2	+1.4	+1.5	+1.7	+1.7
-1.8/+1.0	5.0	10							-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5
-2.2/+1.2	10	20							+0.9	+1.0	+1.2	+1.4	+1.5	+1.7	+2.0	+2.0
-2.8/+1.5	20	50							-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
-3.5/+2.0	50	120							+1.0	+1.2*	+1.4	+1.5	+1.7	+2.0	+2.1	+2.1
-4.5/+2.5	120	250							-0.4	-0.4*	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7
									+1.2	+1.4	+1.5	+1.7	+2.0	+2.1	+2.4	+2.4
									-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
									+1.4	+1.5	+1.7	+2.0	+2.1	+2.4	+2.7	+2.7
									-0.4	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0
									+1.5	+1.7	+2.0	+2.1	+2.4	+2.7	+3.0	+3.0
									-0.5	-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1	-1.1
									+1.7	+2.0	+2.1	+2.4	+2.7	+3.0	+3.4	+3.8
									-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.2
									+2.0	+2.1	+2.4	+2.7	+3.0	+3.4	+3.8	+4.2
									-0.5	-0.7	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4
									+2.1	+2.4	+2.7	+3.0	+3.4	+3.8	+4.2	+4.8
									-0.7	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5
									+2.4	+2.7	+3.0	+3.4	+3.8	+4.2	+4.8	+5.3
									-0.8	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.7
									+2.7	+3.0	+3.4	+3.8	+4.2	+4.8	+5.3	+6.0
									-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.7	-2.0
									+3.0	+3.4	+3.8	+4.2	+4.8	+5.3	+6.0	
									-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.7	-2.0	
									+3.4	+3.8	+4.2	+4.8	+5.3	+6.0		
									-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.7	-2.0		

表 3-15 模锻件的厚度偏差及顶料杆压痕偏差 (精密级)

顶料杆压痕	锻件重量/kg		锻件材质系数数	锻件形状复杂系数	锻 件 厚 度 尺 寸																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
					偏 差																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	大于	至			0	18	30	50	80	120	180	315																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
					+0.8	+0.8	+0.9	+1.0	+1.2	+1.4	+1.5	+1.5	+1.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
-0.6/+0.4	0	0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

⑦ 中心距尺寸偏差由表 3-16 查得。

表 3-16 模锻件中心距尺寸偏差 (mm)

轮廓尺寸	大于	0	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000
	至	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
正火锻件 1																
调质锻件 2																
锻件精度	普通级	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	
	精密级	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	

其中,① 表 3-16 适用于在热模锻压力机、模锻锤、平锻机及螺旋压力机上生产的模锻件,但精密级不适用于平锻件。

例如,当锻件长度尺寸为 300 mm 时,只有一道校正压印工序,其中心距尺寸的普通级公差为±1.0 mm,精密级公差为±0.8 mm。

② 表 3-16 数据仅适用于平面直线分模,并在同一半模具内的距离尺寸。

(3) 轧制件

轴类零件采用轧制材料时的机械加工余量如表 3-17、表 3-18 所示。

表 3-17 轴类零件采用热精轧圆棒料时的毛坯直径 (mm)

零件基本 尺寸	零件长度与基本尺寸之比			
	≤4	>4~8	>8~12	>12~20
	毛 坯 直 径			
5	7	7	8	8
6	8	8	8	8
8	10	10	10	11
10	12	12	13	13
11	14	14	14	14
12	14	14	15	15
14	16	16	17	18
16	18	18	18	19
17	19	19	20	21
18	20	20	21	22
19	21	21	22	23
20	22	22	23	24
21	24	24	24	25
22	25	25	26	26
25	28	28	28	30
27	30	30	32	32

续表

零件基本 尺寸	零件长度与基本尺寸之比			
	≤4	>4~8	>8~12	>12~20
	毛 坯 直 径			
28	32	32	32	32
30	33	33	34	34
32	35	35	36	36
33	36	38	38	38
35	38	38	39	39
36	39	40	40	40
37	40	42	42	42
38	42	42	42	43
40	43	45	45	45
42	45	48	48	48
44	48	48	50	50
45	48	48	50	50
46	50	52	52	52
50	54	54	55	55
55	58	60	60	60
60	65	65	65	70
65	70	70	70	75
70	75	75	75	80
75	80	80	85	85
80	85	85	90	90
85	90	90	95	95
90	95	95	100	100
95	100	105	105	105
100	105	110	110	110
110	115	120	120	120
120	125	125	130	130
130	140	140	140	140
140	150	150	150	150

注：带台阶的轴如最大直径接近于中间部分，应按最大直径选择毛坯直径；如最大直径接近于端部，则毛坯直径可以小些。

表 3-18 轴类零件采用热精轧圆棒料时毛坯直径 (mm)

基 本 尺 寸	切断后不加工时的余量				端面需加工时的余量			
	机械 弓锯	切断机 床上用 圆盘锯	车床上 用切断 刀	铣床上 用圆盘 铣刀	零 件 长 度			
					≤300	>300 ~1 000	>1 000 ~5 000	>5 000
≤30	2	2	3	3	2	2	4	5
>30~50	2	—	4	4	2	4	5	7
>50~60	2	—	5	—	3	6	7	9
>60~80	2	6	7	—	3	7	8	10
>80~150	2	6	—	—	4	8	10	12

注：毛坯切断后不再进行加工的，只给切宽余量，还需加工的，则在加工面上附加补充余量。

3.2.4 绘制毛坯图

绘制毛坯图步骤如下。

- ① 用双点画线画出经简化了次要细节的零件图的主要视图，将确定的加工余量叠加在各相应被加工表面上，即得到毛坯轮廓，可用粗实线表示，比例为1：1。
- ② 和一般零件图一样，为表达清楚某些内部结构，可画出必要的剖视、剖面。在实体上加工出来的槽和孔，可不必这样表达。
- ③ 在图上标出毛坯主要尺寸及公差，标出加工余量的名义尺寸。
- ④ 标明毛坯技术要求。如毛坯精度、热处理及硬度、圆角尺寸、起模斜度、表面质量要求(气孔、缩孔、夹砂)等。

1. 铸造毛坯图

铸造毛坯图一般包括：铸造毛坯的形状、尺寸及公差、加工余量与工艺余量、铸造斜度及圆角、分型面、浇冒口残根位置、工艺基准及其他有关技术要求等。

铸造毛坯图上技术条件一般包括下列内容。

- ① 合金牌号。
- ② 铸造方法。
- ③ 铸造的精度等级。
- ④ 未注明的铸造斜度及圆角半径。
- ⑤ 铸件综合技术条件。
- ⑥ 铸件的检验等级。
- ⑦ 铸件交货状态，如允许浇冒口残根大小等。
- ⑧ 铸件是否进行气压或液压试验。
- ⑨ 热处理硬度。

1) 铸造孔的最小尺寸

在 铸造工艺上为制造方便,一般当铸造孔径小于表 3-19 所示尺寸时可不铸出,零件上的孔如难以机械加工,最小孔径也可放宽到表中特殊情况数值。

表 3-19 铸造孔的最小尺寸 (mm)

铸 造 方 法	合 金 种 类	一般最小孔径	特殊最小孔径
砂型及壳型铸造	全部	30	8~10
金属型铸造	有色	10~20	5
压力铸造	锌合金	5~10	1
	铝合金		2.5
	镁合金		2
	铜合金		3
熔模铸造	有 色	5~10	2
	黑 色		2.5

2) 铸造壁的最小厚度

各种铸造方法的铸件最小壁厚如表 3-20 所示。

表 3-20 各种铸造方法的铸件最小壁厚

铸件的表 面积/cm ²	铸 件 最 小 壁 厚/mm														
	砂型铸造			金属型铸造			壳型铸造				压力铸造				
	铝硅 合金	ZM-5 ZL-201 ZL-301	铸 铁	铝硅 合金	ZL-5 ZL-201 ZL-301	铸 铁	铝镁 合金	铜 合 金	铸 铁	钢	铝锡 合金	锌 合 金	镁 合 金	铝 合 金	钢 合 金
25 以下	2	3	2	2	3	2.5	2	2	2	2	0.6	0.8	1.3	1	1.5
25~100	2.5	3.5	2.5	2.5	3	3	2	2	2	2	0.7	1	1.8	1.5	2
100~225	3	4	3	3	4	3.5	2.5	3	2.5	4	1.1	1.5	2.5	2	3
225~400	3.5	4.5	4	4	5	4	3	3.5	3	4	1.5	2	3	2.5	3.5
400~1 000	4	5	5	4	6	4.5	4	4	4	5	—	—	4	4	—
1 000~1 600	5	6	6	—	—	—	4	4	4	6	—	—	—	—	—
1 600 以上	6	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3) 铸造斜度

对于砂型及硬型铸件,常选用 3°,压铸件常选用 1°30′~2°。待加工表面的斜度数值可以大一些,非加工表面斜度数值可适当减小。一般参照表 3-21 所示选取。为便于模具制造及造型,各面斜度数值应尽量一致。

表 3-21 各种铸造方法的最小铸造斜度

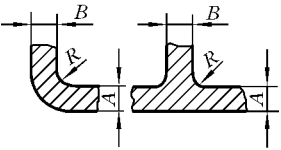
斜度位置	铸 造 方 法			
	砂 型	金 属 型	壳 型	压 铸
外表面	0°30′	0°30′	0°20′	0°15′
内表面	1°	1°	0°20′	0°30′

4) 圆角半径

各种铸造方法的铸造圆角计算公式及所允许的最小半径数值如表 3-22 所示。

算出数值后,应选取与其接近的机械制造业常用的标准尺寸(详见 GB2822—1981)。为便于制造,应取统一值。对于砂型及金属型铸件,一般统一用 R3 或 R5,对于压铸件,用 R1 或 R2。

表 3-22 铸造圆角



铸 造 方 法	铸造圆角计算公式	最小圆角半径/mm				
		铝合金	镁合金	铜合金	锌合金	黑色金属
砂型铸造	$R = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10} (A+B) \text{ mm}$	2	3	3	2	3
金属型铸造	$R = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{6} (A+B) \text{ mm}$	1	2	2	—	2
壳型铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{5} (A+B) \text{ mm}$	1	1.5	1.5	—	2
压力铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} (A+B) \text{ mm}$	1	1	1.5	1	2
熔模铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{5} (A+B) \text{ mm}$	1	—	1	—	1

2. 锻造毛坯图

1) 锻造毛坯图的设计步骤

阅读零件图样,了解零件材料、结构特点、使用要求;审核零件结构的模锻工艺性,协调基准,工艺凸台等冷、热加工工艺要求;选择锻造方法和分模位置;绘制图形,加放余量,确定起模角、圆角、孔腔形状;校核壁厚。

2) 锻件技术条件

锻件主要技术条件如下。

① 锻件热处理及硬度要求,测定硬度的位置。

- ② 需要取样检查试件的金相组织和力学性能时,应注明取样位置。
- ③ 未注明的起模角、圆角半径、尺寸公差。
- ④ 锻件表面质量要求,清理氧化皮方法,表面允许缺陷深度等。
- ⑤ 锻件外形允许的偏差,分模面上,上、下模允许的错差,允许的残留飞边宽度,锻件允许的弯曲和翘曲量,允许的壁厚差等。
- ⑥ 锻件重量。
- ⑦ 锻件内在质量要求。
- ⑧ 锻件检验等级及验收的技术条件。
- ⑨ 打印零件号和熔批号的位置等。

3) 内、外圆角半径的数值

锻件上内、外圆角半径的定义如图3-7 所示。凸角圆角半径为外圆角半径 r ,凹角圆角半径为内圆角半径 R 。圆角半径通常按表 3-23 所示的公式计算。计算所得数值应考虑余量大小加以修正,并圆整为下列标准系列:1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、…。为保证锻件凸角处的最小余量, $r_1 = \text{余量} + \text{零件的倒角值}$;若无倒角, $r_2 = \text{余量}$ (见图 3-8)。

表 3-23 圆角半径计算表

H/B	r	R
≤ 2	$0.05H + 0.5$	$2.5r + 0.5$
$> 2 \sim 4$	$0.06H + 0.5$	$3.0r + 0.5$
> 4	$0.07H + 0.5$	$3.5r + 0.5$

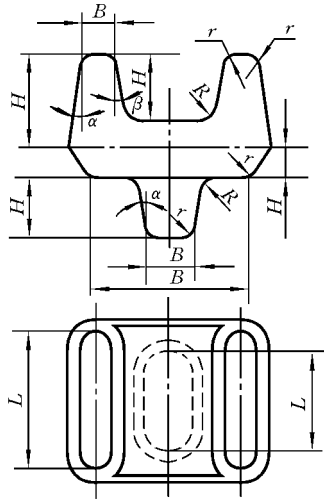


图 3-7 内、外圆角半径

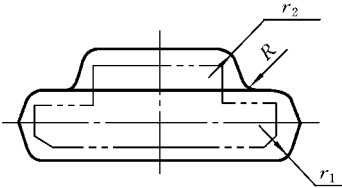


图 3-8 圆角半径与余量

4) 内、外起模角的数值

锻件在冷缩时,趋向离开模壁的部分为外起模角,用 α 表示;反之为内起模角,用 β 表示(见图 3-7)。锤上锻件外起模角 α 的数值如表 3-24 所示。

表 3-24 锤上锻件外起模角 α 的数值

L/B		H/B				
		≤ 1	$> 1 \sim 3$	$> 3 \sim 4.5$	$> 4.5 \sim 6.5$	> 6.5
≤ 1.5	α	5°	7°	10°	12°	15°
> 1.5		5°	5°	7°	10°	12°

其中,① 内起模角 β 可按表 3-24 中数值加大 2° 或 3° 。

② 在热模锻压力机和螺旋压力机上使用顶料机构时,起模角可比表 3-24 中数值减少 2° 或 3° 。

③ 当上、下模膛深度不相等时,应按模膛较深一侧计算起模角。

第4章 工艺过程设计

4.1 定位基准的选择

定位基准的分类及选择原则如表 4-1 所示。

表 4-1 定位基准的分类及选择原则

分 类	选 择 原 则
粗基准(用毛坯上未经加工的表面作为定位基准)	(1) 须用不加工表面作为粗基准,以保证不加工表面相对于加工表面有较高的位置要求;当工件上有几个不加工表面时,应选其中与加工表面相对位置精度要求较高的不加工表面作为粗基准 (2) 应选择重要表面作为粗基准,且保证各加工表面都有足够的加工余量 (3) 应选平整光洁的表面作为粗基准,以使工件定位夹紧可靠 (4) 粗基准一般不得重复使用
精基准(用加工过的表面作为定位基准)	(1) 应遵循基准重合原则,即用设计基准作为定位基准,以免产生基准不重合误差 (2) 应遵循基准统一原则,以免产生基准转换误差 (3) 应遵循互为基准、反复加工的原则 (4) 自为基准原则,即当精加工或光整加工工序要求加工余量小而均匀时,常以加工表面自身为精基准 (5) 应选定位准确、夹紧可靠的表面作为精基准
辅助基准	当难以用工件上本身的表面作定位基准时,可在工件上特意制作出供定位用的表面,或把工件原有表面提高加工精度作为定位基准

4.2 零件表面加工方法的选择

某种加工方法在正常生产条件下能够较经济地达到的精度,称为该加工方法的经济精度。可根据经济精度选择零件表面加工方法。根据各表面的加工要求,先

选定最终的方法,再由此向前确定各准备工序的加工方法。

4.2.1 各类型面加工方法的尺寸精度与表面粗糙度

各类型面加工方法和加工路线所能达到的尺寸精度与表面粗糙度如表 4-2~表 4-5 所示。

表 4-2 各种加工方法能达到的表面粗糙度

加 工 方 法			表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	加 工 方 法		表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$
自动气割、带锯或圆盘锯割断			50~12.5	切断	粗	12.5~6.3
	车		50~12.5		精	3.2~1.6
	铣		25~12.5		精密	0.8~0.2
	砂轮		3.2~1.6		槽的表面	6.3~3.2
车削 外圆	粗车		12.5~3.2	插削	粗	25~12.5
	半精车	金属	6.3~3.2		精	6.3~1.6
		非金属	3.2~1.6	拉削	精	1.6~0.4
	精车	金属	3.2~0.8		精密	0.2~0.1
		非金属	1.6~0.4	推削	精	0.8~0.2
	精密车(或 金刚石车)	金属	0.8~0.2		精密	0.4~0.025
车削 端面	粗车		12.5~6.3	外圆磨 内圆磨	半精(一次加工)	6.3~0.8
	半精车	金属	6.3~3.2		精	0.8~0.2
		非金属	6.3~1.6		精密	0.2~0.1
	精车	金属	6.3~1.6		精密、超精密磨削	0.050~0.025
		非金属	6.3~1.6	平面磨	镜面磨削(外圆磨)	<0.050
	精密车	金属	0.8~0.4		精	0.8~0.4
		非金属	0.8~0.2	珩磨	精	0.2~0.05
	一次行程		12.5		粗(一次加工)	0.8~0.2
	二次行程		6.3~3.2	研磨	精、精密	0.2~0.025
	高速车削		0.8~0.2		粗	0.4~0.2
圆柱铣 刀铣削	粗		12.5~3.2		精	0.2~0.05
	精		3.2~0.8		精密	<0.050
	精密		0.8~0.4	砂轮清理		50~6.3
端铣刀 铣削	粗		12.5~3.2	钻	$\leq \phi 15\text{ mm}$	6.3~3.2
	精		3.2~0.4		$> \phi 15\text{ mm}$	25~6.3
	精密		0.8~0.2	扩孔	粗(有表皮)	12.5~6.3
					精	6.3~1.6
高速 铣削	粗		1.6~0.8	铰倒角(孔的)		3.2~1.6
	精		0.4~0.2	带导向的铰平面		6.3~3.2

续表

加工方法			表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	加工方法			表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$			
镗孔	粗镗		12.5~6.3	螺纹加工	切削	板牙、丝锥、自开式板牙头	3.2~0.8			
	半精镗	金属	6.3~3.2			车刀或梳刀车、铣	6.3~0.8			
		非金属	6.3~1.6							
	精镗	金属	3.2~0.8					磨	0.8~0.2	
		非金属	1.6~0.4							
	精密镗(或金刚石镗)	金属	0.8~0.2							研磨
		非金属	0.4~0.2							
高速镗			0.8~0.2							
铰孔	半精铰 (一次铰)	钢	6.3~3.2		滚轧	搓丝模	1.6~0.8			
		黄铜	6.3~1.6			滚丝模	1.6~0.2			
	精铰 (二次铰)	铸铁	3.2~0.8	粗滚		3.2~1.6				
		钢、轻合金	1.6~0.8	切削		精滚	1.6~0.8			
		黄铜、青铜	0.8~0.4		精插	1.6~0.8				
	精密铰	钢	0.8~0.2		精刨	3.2~0.8				
		轻合金	0.8~0.4		拉	3.2~1.6				
		黄铜、青铜	0.2~0.1		剃	0.8~0.2				
	超精加工	精			0.8~0.1	滚轧	磨	0.8~0.1		
精密		0.1~0.05	研	0.4~0.2						
镜面加工(两次加工)		<0.025	热轧	0.8~0.4						
抛光	精		0.8~0.1	刮	粗	冷轧	0.2~0.1			
	精密		0.1~0.025			精	0.4~0.05			
	砂带抛光		0.1~0.1	滚压加工	0.4~0.05					
	砂布抛光		1.6~0.1					钳工铰削	12.5~0.8	
	电抛光		1.6~0.012							

表 4-3 各种孔加工的经济精度与表面粗糙度

序号	加工方法	经济公差等级(IT)	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
1	钻	11~13	12.5~20	加工未淬火钢及铸铁实心毛坯,也可用于加工非铁金属(但表面粗糙度值稍大) 孔径<(15~20)mm
2	钻→铰	8~9	>1.25~5	
3	钻→粗铰→精铰	7~8	>0.63~1.25	

续表

序号	加工方法	经济公差等级(IT)	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
4	钻→扩	11	$>5\sim 20$	加工未淬火钢及铸铁实心毛坯,也可用于加工非铁金属(但表面粗糙度值稍大) 孔径 $>(15\sim 20)\text{ mm}$
5	钻→扩→粗铰→精铰	7	$>0.63\sim 2.5$	
6	钻→扩→铰	8~9	$>1.25\sim 5$	
7	钻→扩→机铰→手铰	6~7	$>0.08\sim 0.63$	
8	钻→(扩)→拉	7~9	$>0.08\sim 2.5$	大批、大量生产(精度视拉刀精度而定)
9	粗镗(或扩孔)	11~13	$>5\sim 20$	除淬火钢外各种钢材,毛坯有铸出孔或锻出孔
10	粗镗(粗扩)→半精镗(精扩)	8~9	$>1.25\sim 5$	
11	精镗(扩)→半精镗(精扩)→精镗(铰)	7~8	$>0.63\sim 2.5$	
12	精镗(扩)→半精镗(精扩)→精镗→浮动镗刀块精镗	6~7	$>0.32\sim 0.63$	
13	粗镗(扩)→半精镗→磨孔	7~8	$>0.16\sim 1.25$	可用于加工淬火钢,也可用于未淬火钢,但不宜用于非铁金属
14	粗镗(扩)→半精镗→粗磨→精磨	6~7	$>0.08\sim 0.32$	
15	粗镗→半精镗→精镗→金刚镗	6~7	$>0.04\sim 0.63$	主要用于精度要求较高的非铁金属
16	钻→(扩)→粗铰→精铰→珩磨	6~7	$>0.02\sim 0.32$	精度要求很高的孔
	钻→(扩)→拉→珩磨			
	粗镗→半精镗→精镗→珩磨			
17	以研磨代替上述方案中的珩磨	6级以上	$>0.008\sim 0.16$	

表 4-4 外圆表面加工的经济精度与表面粗糙度

序号	加工方法	经济公差等级(IT)	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
1	粗车	11~13	$>10\sim80$	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车→半精车	8~9	$>2.5\sim10$	
3	粗车→半精车→精车	6~7	$>0.63\sim2.5$	
4	粗车→半精车→精车→滚压 (或抛光)	6~7	$>0.02\sim0.32$	
5	粗车→半精车→磨削	6~7	$>0.32\sim1.25$	可用于淬火钢,也用于未淬火钢,但不宜用于非铁金属
6	粗车→半精车→粗磨→精磨	5~7	$>0.08\sim0.63$	
7	粗车→半精车→粗磨→精磨→超精加工(或轮式超精磨)	5	$>0.01\sim0.16$	
8	粗车→半精车→精车→金刚石车	5~6	$>0.02\sim0.63$	主要用于要求较高的非铁金属
9	粗车→半精车→粗磨→精磨→超精磨(或镜面磨)	5级以上	$\geq 0.008\sim0.004$	主要用于极高精度的外圆加工
10	粗车→半精车→精车→精磨→研磨	5级以上	$\geq 0.008\sim0.16$	

表 4-5 平面加工的经济精度与表面粗糙度

序号	加工方法	经济公差等级(IT)	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
1	粗车→半精车	8~9	$>2.5\sim10$	端面
2	粗车→半精车→精车	6~7	$>0.63\sim2.5$	
3	粗车→半精车→磨削	7~9	$>0.16\sim1.25$	
4	粗刨(或粗铣)→精刨(或精铣)	7~9	$>1.25\sim10$	一般未淬硬平面(端铣的表面粗糙度可较低)
5	粗刨(或粗铣)→精刨(或精铣)→刮研	5~6	$>0.08\sim1.25$	精度要求较高的未淬硬平面
6	粗刨(或粗铣)→精刨(或精铣)→宽刃精刨	6	$>0.16\sim1.25$	批量较大时,宜采用宽刃精刨方案
7	粗刨(或粗铣)→精刨(或精铣)→磨削	6	$>0.16\sim1.25$	精度要求较高的淬硬平面或未淬硬平面
8	粗刨(或粗铣)→精刨(或精铣)→粗磨→精磨	5~6	$>0.02\sim0.63$	
9	粗铣→拉	6~9	$>0.16\sim1.25$	大量生产、较小平面(精度视拉刀的精度而定)
10	粗铣→精铣→磨削→研磨	5级以上	$\geq 0.008\sim0.16$	高精度平面

4.2.2 各种加工方法能达到的形状和相互位置精度

各种加工方法能达到的形状和相互位置精度如表 4-6～表 4-12 所示。

表 4-6 平面度和直线度的经济精度

加工方法	公差等级	加工方法	公差等级	加工方法	公差等级
研磨、超精磨、细刮	1～2	磨、刮、高精度车	5～6	铣、刨、车、插	9～10
研磨、高精度磨、刮	3～4	粗磨、铣、刨、拉、车	7～8	各种粗机械加工方法	11～12

表 4-7 圆度和圆柱度的经济精度

加工方法	公差等级	加工方法	公差等级
研磨、细磨及高精度金刚镗	1～2	精车及镗、铰、拉、高精度扩及钻孔	7～8
研磨、珩磨、细磨、金刚镗、高精度细车及细镗	3～4	车及镗、钻、压铸	9～10
磨、珩、精车及精镗、细铰、拉	5～6		

表 4-8 平行度的经济精度

加工方法	公差等级	加工方法	公差等级	加工方法	公差等级
研磨、超精研、高精度刮	1～2	磨、坐标镗、高精度铣	5～6	铣及镗、按导套钻铰	9～10
研磨、磨、刮、珩	3～4	铣、刨、拉、磨、镗	7～8	各种粗加工	11～12

表 4-9 端面圆跳动和垂直度的经济精度

加工方法	公差等级	加工方法	公差等级	加工方法	公差等级
研磨、细磨、高精度金刚石加工	1～2	磨、刮、珩、高精度刨、铣、镗	5～6	车、粗铣、刨及镗	9～10
研磨、高精度磨及刮、细车	3～4	磨、铣、刨、刮、镗	7～8	各种粗加工	11～12

表 4-10 同轴度的经济精度

加工方法	公差等级	加工方法	公差等级
研磨、细磨、珩、高精度金刚石加工	1～2	粗磨、一般精度的车及镗、拉、铰	7～8
细磨、细车、一次安装下的内圆磨、珩磨	3～4	车、镗、钻	9～10
磨及高精度车、一次安装下的内圆磨、镗	5～6	各种粗加工	11～12

表 4-11 轴线相互平行的孔的位置经济精度 (mm)

加工方法		两孔的轴线的距离误差或自孔的轴线到平面的距离误差	卧式镗床上镗孔	加工方法	两孔的轴线的距离误差或自孔的轴线到平面的距离误差
立钻或摇臂钻上钻孔	按画线	0.5~1.0		按画线	0.4~0.6
	用钻模	0.1~0.2		用游标卡尺	0.2~0.4
立钻或摇臂钻上镗孔	用镗模	0.05~0.1		用内径千分尺或塞尺	0.5~0.25
				用镗模	0.05~0.08
车床上镗孔	按画线	1.0~3.0		按定位器的指示读数	0.04~0.06
	在角铁式夹具上	0.1~0.3			
坐标镗床上镗孔	用光学仪器	0.004~0.015		用程序控制的坐标装置	0.04~0.05
金刚镗床上镗孔	—	0.008~0.02			
多轴组合机床上镗孔	用镗模	0.05~0.2		按定位样板	0.08~0.20
				用量块	0.05~0.10

表 4-12 轴线相互垂直的孔的位置经济精度 (mm)

加工方法		在 100 mm 长度上轴线的垂直度公差	轴线的位移公差	卧式镗床上镗孔	加工方法	在 100 mm 长度上轴线的垂直度公差	轴线的位移公差
立钻上钻孔	按画线	0.5~1.0	0.5~2.0		按画线	0.5~1.0	0.5~2.0
	用钻模	0.1	0.5		用镗模	0.01~0.20	0.02~0.06
铣床上镗孔	回转工作台	0.02~0.05	0.1~0.2		回转工作台	0.06~0.30	0.03~0.08
	回转分度头	0.05~0.10	0.3~0.5		在带有百分表的回转工作台上	0.05~0.15	0.05~0.10
多轴组合机床上镗孔	用镗模	0.02~0.05	0.01~0.03				

4.2.3 复杂表面加工的经济精度

复杂表面加工的经济精度如表 4-13~表 4-15 所示。

表 4-13 成形铣刀加工表面至基准的尺寸经济精度 (mm)

表面长度	≤100		>100~300		>300~600	
铣刀宽度	≤120	>120~180	≤120	>120~180	≤120	>120~180
粗 铣	0.25	—	0.35	0.45	0.45	0.5
精 铣	0.10	—	0.15	0.20	0.20	0.25

表 4-14 米制螺纹加工的经济精度

加工方法		公差带 (GB/T197—1981)	加工方法	公差带 (GB/T197—1981)
车削	外螺纹	4h~6h	带径向或切向梳刀的自动张开式板牙头加工螺纹	6h
	内螺纹	5H、6H、7H		
用梳形刀车螺纹	外螺纹	4h~6h	旋风切削磨螺纹	6h~8h
	内螺纹	5H、6H、7H		
用丝锥攻内螺纹		4H、5H~7H	搓丝板搓螺纹	6h
用圆板牙加工外螺纹		6h~8h	滚丝模滚螺纹	4h~6h
带圆梳刀自动张开式板牙加工螺纹		4h~6h	单线或多线砂轮磨螺纹	4h 以上
梳形螺纹铣刀铣螺纹		6h~8h	研磨螺纹	4h

注：外螺纹公差带代号中的“h”换为“g”，不影响公差大小。

表 4-15 齿形加工的经济精度

加工方法	精度等级	加工方法	精度等级
多头齿轮滚刀滚齿($m=1\sim 20\text{ mm}$)	8~10	盘形齿轮铣刀铣齿($m=0.3\sim 16\text{ mm}$)	8~9
单头齿轮滚刀滚齿($m=1\sim 20\text{ mm}$)		磨齿：	
滚刀精度等级：AA	7	成形砂轮仿形法	5~6
A	8	盘形砂轮展成法	3~6
B	9	两个盘形砂轮展成法(马格法)	3~6
C	10	蜗杆砂轮展成法	4~6
盘形直齿插齿刀插齿($m=1\sim 10\text{ mm}$)		用铸铁研磨轮研齿	5~6
插齿刀精度等级：AA	6	直齿锥齿轮刨齿	8
A	7	弧齿锥齿轮刀盘铣齿	8
B	8	蜗轮滚刀滚蜗轮	8
盘形剃齿刀剃齿($m=1\sim 8\text{ mm}$)		热轧齿轮($m=2\sim 8\text{ mm}$)	8~9
剃齿刀精度等级：A	6	热轧后冷校准齿形($m=2\sim 8\text{ mm}$)	7~8
B	7~8	冷轧齿轮($m\leq 1.5\text{ mm}$)	7

4.2.4 各种机床的形状、位置加工经济精度

各种机床的形状、位置加工经济精度如表 4-16~表 4-21 所示。

表 4-16 钻床加工的经济精度 (mm)

加工方法	加工精度			
	垂直孔轴心线的垂直度	垂直孔轴心线的位置度	两平行孔轴心线的距离误差或自孔轴心线到平面的距离误差	钻孔与端面的垂直度
按画线钻孔	0.5~1.0/100	0.5~2	0.5~1.0	0.3/100
用钻模钻孔	0.1/100	0.5	0.1~0.2	0.1/100

表 4-17 车床加工的经济精度

机床类型	最大加工直径/mm	圆度/mm	圆柱度/(mm/mm 长度)	平面度(凹入)/(mm/mm 直径)
卧式车床	250	0.01	0.015/100	0.015/≤200
	320			0.02/≤300
	400			0.025/≤400
	500 630 800	0.015	0.025/300	0.03/≤500 0.04/≤600 0.05/≤700 0.06/≤800
精密车床	250 400 320 500	0.005	0.01/150	0.01/200
高精度车床	250 320 400	0.001	0.002/100	0.002/100
转塔车床	≤12	0.007	0.010/300	0.02/300
	>12~32	0.01	0.02/300	0.03/300
	>32~80	0.01	0.02/300	0.04/300
	>80	0.02	0.025/300	0.05/300
立式车床	≤1 000	0.01	0.02	0.04
仿形车床	≥50	0.008	(仿形尺寸误差)0.02	0.04
车床上镗孔		两孔轴心线的距离误差或自孔轴心线到平面的距离误差/mm		
按画线		1.0~3.0		
在角铁式夹具上		0.1~0.3		

表 4-18 磨床加工的形状、位置的经济精度

机床类型	加工直径/mm	圆度/mm	圆柱度/ (mm/mm 长度)	平面度/ (mm/mm 直径)
外圆磨床	≤200	卡盘上 顶尖间 0.005 —	0.006/≤500	0.01/300
	≤320	0.005 0.003	0.008/≤1 000	
	>320	0.007 0.005	0.012/>1000	
内圆磨床	<100	0.003	0.003/50	
	>100	0.005	0.005/100	
无心磨床	≤30	0.002	砂轮宽度 B ≤100 0.002	
			>100~200 0.003	
			>200~300 0.004	
	>30	0.003	>300 0.005	

续表

机 床 类 型		平行度(加工面对基面)/ (mm/mm 长度)	垂直度(加工 面间)/(mm/mm)
平面磨床	卧轴矩台	0.005/300 最大为 0.03	—
	精密卧轴矩台	0.01/1 000	0.005
	立轴矩台	0.015/1 000	—
	卧轴圆台	工作台直径: ≤500 0.005 500~1 000 0.010 1 000~1 600 0.015	—
	立轴圆台		

表 4-19 镗床加工的经济精度

机床类型	镗杆直径 /mm	圆度/mm	圆柱度/ (mm/mm 长度)	平面度(凹)/ (mm/mm 直径)	平行度(孔 系间)/(mm/ mm 长度)	垂直度(孔与 端面)/(mm/ mm 长度)
卧式铣镗床	≤100	外圆 0.025 内孔 0.02	0.03/200	0.04/300		
	>100~160	外圆 0.025 内孔 0.025	0.03/300	0.05/500	0.05/300	0.05/300
	>160	外圆 0.03 内孔 0.025	0.035/400	—	—	—
立式金刚镗床		0.03	0.04/300	—	—	0.03/300
加 工 方 法		镗垂直孔轴心 线垂直度/mm		镗垂直孔轴心 线位置度/mm	镗平行孔轴心线 距离误差或自孔轴 心线到平面的距离 误差/mm	
卧 式 镗 床 上 镗 孔	按画线	0.5~1.0/100		0.5~2	0.4~0.6	
	用镗模	0.04~0.2/100		0.02~0.06	0.05~0.08	
	回转工作台	0.06~0.3/100		0.03~0.08	—	
	带有百分表的回转工作台	0.05~0.15/100		0.05~0.10	—	
	用游标尺	—		—	0.2~0.4	
	用内径规或塞尺	—		—	0.05~0.25	
	按定位器的指示读数	—		—	0.04~0.06	
	用程序控制的坐标装置	—		—	0.04~0.05	
	按定位样板	—		—	0.08~0.20	
坐标镗床上镗孔		—		—	0.004~0.015	
金刚镗床上镗孔		—		—	0.008~0.02	

表 4-20 铣床加工的经济精度

机床类型	加工范围		平面度/ mm	平 行 度		垂 直 度 (加工面相互间) /(mm/mm)
				加工面对基 面平行度/ (mm/mm)	两侧加工面 之间平行度 /(mm/mm)	
升降台铣床	立 式 卧 式		0.02	0.03	—	0.02/100
			0.02	0.03		0.02/100
工作台不 升降铣床	立 式 卧 式		0.02	0.03	—	0.02/100
			0.02	0.03		0.02/100
龙门铣床	加工长度 /m	≤2	—	0.03	0.02	0.02/300
		>2~5		0.04	0.03	
		>5~10		0.05	0.05	
		>10		0.08	0.08	
摇臂铣床			0.02	0.03		0.02/100
铣床上镗孔			镗垂直孔轴心线 的垂直度/mm		镗垂直孔轴心线 的位置度/mm	
回转工作台			0.02~0.05/100		0.1~0.2	
回转分度头			0.05~0.1/100		0.3~0.5	

表 4-21 刨、插、拉床加工的经济精度

机床类型	加工长度 /mm	平面度 /mm	平 行 度/ (加工面对基面) (mm/mm)	垂 直 度/(mm/mm)	
				加工面对基面	加工面相互间
牛头刨床					两侧加工面平行度
	200~500	0.02	0.02	0.01	0.04
	500~800	0.025	0.03	0.02	0.05
	800~1 000	0.03	0.04	0.03	0.06
龙门刨床		加工面直线度 0.02/2 000	0.03/2 000	—	0.02/300
插床	200	0.015		0.02	0.02
	320	0.015		0.02	0.02
	500	0.025		0.04	0.03
	630	0.025		0.04	0.03
	800	0.03		0.045	0.03
	1 000	0.035		0.070	0.05
机 床 类 型		垂 直 度/(mm/mm)			
		孔轴线对基面		拉削面对基面	
卧 式 内 拉 床		0.08/200		—	
立 式 拉 床		0.06/200		0.04/300	

4.2.5 标准公差及形位公差

标准公差及形位公差如表 4-22~表 4-26 所示。

表 4-22 圆度、圆柱度公差值

主参数 $d(D)$ /mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差 / μm											
≤ 3	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25
$>3\sim 6$	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30
$>6\sim 10$	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36
$>10\sim 18$	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43
$>18\sim 30$	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52
$>30\sim 50$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62
$>50\sim 80$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74
$>80\sim 120$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87
$>120\sim 180$	1	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
$>180\sim 250$	1.2	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
$>250\sim 315$	1.6	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130
$>315\sim 400$	2	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140
$>400\sim 500$	2.5	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155

表 4-23 平面度、直线度公差值

主参数 L /mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公差 / μm											
≤ 10	0.2	0.4	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60
$>10\sim 16$	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80
$>16\sim 25$	0.3	0.6	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	100
$>25\sim 40$	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120
$>40\sim 63$	0.5	1	2	3	5	8	12	20	30	50	80	150
$>63\sim 100$	0.6	1.2	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	200
$>100\sim 160$	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120	250
$>160\sim 250$	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150	300
$>250\sim 400$	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200	400
$>400\sim 630$	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250	500
$>630\sim 1\,000$	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300	600
$>1\,000\sim 1\,600$	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400	800
$>1\,600\sim 2\,500$	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500	1\,000
$>2\,500\sim 4\,000$	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1\,200
$>4\,000\sim 6\,300$	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1\,500
$>6\,300\sim 10\,000$	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1\,000	2\,000

表 4-24 标准公差值

基本 尺寸/mm		公 差 等 级																			
		公 差 / μm									公 差 /mm										
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	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	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
3	6	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
6	10	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
10	18	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
18	30	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
30	50	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
50	80	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
80	120	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
120	180	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
180	250	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
250	315	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
315	400	4	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
400	500	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0
500	630	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.20	5.00	8.0	12.5
630	800	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.60	5.60	9.0	14.0
800	1000	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.20	6.60	10.5	16.5
1000	1250	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.60	7.80	12.5	19.5
1250	1600	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.00	9.20	15.0	23.0
1600	2000	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1 100	1.75	2.80	4.40	7.00	11.00	17.5	28.0
2000	2500	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1 350	2.10	3.30	5.40	8.60	13.50	21.0	33.0
2500	3150																				

注:基本尺寸小于1 mm时,无IT14~IT18。

表 4-25 平行度、垂直度、倾斜度公差值

主参数 L 、 $d(D)/\text{mm}$	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公 差 $/\mu\text{m}$											
≤ 10	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
$>10\sim 16$	0.5	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150
$>16\sim 25$	0.6	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200
$>25\sim 40$	0.8	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250
$>40\sim 63$	1	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300
$>63\sim 100$	1.2	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400
$>100\sim 160$	1.5	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500
$>160\sim 250$	2	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600
$>250\sim 400$	2.5	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800
$>400\sim 630$	3	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1 000
$>630\sim 1\ 000$	4	8	15	30	50	80	120	200	300	500	800	1 200
$>1\ 000\sim 1\ 600$	5	10	20	40	60	100	150	250	400	600	1 000	1 500
$>1\ 600\sim 2\ 500$	6	12	25	50	80	120	200	300	500	800	1 200	2 000
$>2\ 500\sim 4\ 000$	8	15	30	60	100	150	250	400	600	1 000	1 500	2 500
$>4\ 000\sim 6\ 300$	10	20	40	80	120	200	300	500	800	1 200	2 000	3 000
$>6\ 300\sim 10\ 000$	12	25	50	100	150	250	400	600	1 000	1 500	2 500	4 000

表 4-26 同轴度、对称度、圆跳动、全跳动公差值

主参数 $d(D)$ 、 $B, L/\text{mm}$	公 差 等 级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	公 差 $/\mu\text{m}$											
≤ 1	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60
$>1\sim 3$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	20	40	60	120
$>3\sim 6$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	25	50	80	150
$>6\sim 10$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	30	60	100	200
$>10\sim 18$	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	40	80	120	250
$>18\sim 30$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	50	100	150	300
$>30\sim 50$	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60	120	200	400
$>50\sim 120$	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80	150	250	500
$>120\sim 250$	2	3	5	8	12	20	30	50	100	200	300	600
$>250\sim 500$	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120	250	400	800
$>500\sim 800$	3	5	8	12	20	30	50	80	150	300	500	1 000
$>800\sim 1\ 250$	4	6	10	15	25	40	60	100	200	400	600	1 200
$>1\ 250\sim 2\ 000$	5	8	12	20	30	50	80	120	250	500	800	1 500
$>2\ 000\sim 3\ 150$	6	10	15	25	40	60	100	150	300	600	1 000	2 000
$>3\ 150\sim 5\ 000$	8	12	20	30	50	80	120	200	400	800	1 200	2 500
$>5\ 000\sim 8\ 000$	10	15	25	40	60	100	150	250	500	1 000	1 500	3 000
$>8\ 000\sim 10\ 000$	12	20	30	50	80	120	200	300	600	1 200	2 000	4 000

4.3 加工顺序的安排

4.3.1 加工阶段的划分

按加工性质和作用的不同,工艺过程一般可划分为:粗加工阶段、半精加工阶段、精加工阶段、光整加工阶段等。

下列情况可以不划分加工阶段:加工质量要求不高,工件刚度较高,毛坯质量高,加工余量小(如自动机上加的零件),装夹、运输不方便的重型零件。

4.3.2 机械加工顺序的安排

机械加工顺序的安排如下。

① 对于形状复杂、尺寸较大的毛坯或尺寸偏差较大的毛坯,应首先安排划线工序,为精基准的加工提供找正基准。

② 按“先基面后其他”的顺序,首先加工精基准面。

③ 在重要表面加工前应对精基准进行修正。

④ 按“先主后次,先粗后精”的顺序,对精度要求较高的各主要表面进行粗加工、半精加工和精加工,各次要表面的加工适当穿插在各主要表面的加工之间。

⑤ 对于和主要表面有位置精度要求的次要表面,应安排在主要表面加工之后加工。

⑥ 对于易出现废品的工序,精加工和光整加工可适当提前。一般情况主要表面的精加工和光整加工应放在最后阶段进行。

4.3.3 热处理工序的安排

热处理工序的安排如下。

① 退火与正火。属于毛坯预备性热处理,应安排在机械加工之前进行。

② 时效。为了消除残余应力,对于尺寸大、结构复杂的铸件,需在粗加工前、后各安排一次时效处理;对于一般铸件在铸造后或粗加工后安排一次时效处理;对于精度要求高的铸件,在半精加工前、后各安排一次时效处理;对于精度高、刚度低的零件,在粗车、粗磨、半精磨后需各安排一次时效处理。

③ 淬火。淬火后工件硬度提高且易变形,应安排在精加工阶段的磨削加工前进行。

④ 渗碳。渗碳易产生变形,应安排在精加工前进行,为控制渗碳层厚度,渗碳前应安排精加工。

⑤ 渗氮。一般安排在工艺过程的后部、该表面的最终加工之前。渗氮处理前应调质。热处理工序的安排如表 4-27 所示。

表 4-27 热处理工序的安排

热处理种类、名称	预备热处理	时效处理	最终热处理		表面处理
	退火、正火、调质等	人工时效、自然时效	淬火、淬火回火、渗碳、冰冷处理	渗氮	电镀、涂层、发蓝、氧化等
热处理目的	改善材料加工性能	消除内应力	提高材料硬度和耐磨性		提高表面耐磨性、耐腐蚀性,使之美观
热处理工序安排	机械加工之前	粗加工前或后	半精加工之后,精加工之前	精加工之后	工艺过程最后

4.3.4 辅助工序的安排

1. 中间检验

一般安排在粗加工全部结束之后,精加工之前;送往外车间加工的前后(特别是热处理前后);花费工时较多或重要工序的前后。

2. 特种检验

X 射线、超声波探伤等多用于工件材料内部质量的检验,一般安排在工艺过程的开始;荧光检验、磁力探伤主要用于表面质量的检验,通常安排在精加工阶段。荧光检验如用于检查毛坯的裂纹,则安排在加工前。

机械加工顺序应遵循“先粗后精”、“先面后孔”、“先主后次”、“基面先行”的原则。热处理工序,按段穿插。检验工序,按需安排。去毛刺、清洗、涂油、防锈等辅助工序可根据工序内容,妥善安排。

4.4 工序的组合

可根据生产类型、零件特点等因素采用工序集中或工序分散的原则。

① 单件小批时往往采用在通用机床上工序集中的原则。

② 大批大量生产,零件结构较复杂的情况,适于采用工序集中的原则;对于一些结构简单的产品,也可采用工序分散的原则。

③ 产品品种较多,又经常变换的场合,适用工序分散的原则。

④ 零件的加工质量、技术要求较高的场合,一般采用工序分散的原则。

⑤ 重型零件,不易运输和安装,应采用工序集中的原则。

第5章 工序设计

工序设计包括机床与工艺装备的选择,加工余量的确定,工序尺寸的确定,切削用量的确定,时间定额的确定等。

5.1 机床及工艺装备的选择

选择机床及工艺装备应考虑的因素如表 5-1 所示。

表 5-1 机床及工艺装备的选择

项 目	考 虑 因 素
机 床	① 机床规格应与零件外形尺寸相适应
	② 机床精度应与工序要求的加工精度相适应
	③ 机床的生产率应与零件的生产类型相适应
	④ 与本企业现有设备条件相适应
工 艺 装 备	刀具:① 一般采用标准刀具
	② 中批以上生产,可采用高效率的复合刀具及专用刀具
	③ 刀具的类型、规格及精度应符合加工要求
	量具:① 单件、小批量生产时,应尽可能选用通用量具
	② 大批量生产时,应采用各种专用量具和检具
	③ 量具的精度等级应与被测工件的精度相适应
	夹具:① 单件小批量生产时,应尽可能采用通用夹具,也可采用组合夹具
	② 中批以上生产时,应采用专用夹具
	③ 夹具的精度应与工序的加工精度相适应

5.1.1 机床的选择

1. 金属切削机床型号(JB/T1838—1985)

机床的统一名称和类、组、系划分,以及型号中主参数的表示方法,如表 5-2 所示。

表 5-2 金属切削机床的统一名称和类、组、系划分表

类别	组	系	机床名称	主参数折算系数	主 参 数	第二主参数
车 床 C	仪表车床	03	转塔车床	1	最大棒料直径	
		04	卡盘车床	1/10	床身上最大回转直径	最大工件长度
		06	卧式车床	1/10	床身上最大回转直径	最大工件长度
	单轴、多轴自动、半自动车床	11	单轴纵切自动车床	1	最大棒料直径	
		13	单轴转塔自动车床	1	最大棒料直径	
		20	多轴平行作业棒料自动车床	1	最大棒料直径	轴数
		21	多轴棒料自动车床	1	最大棒料直径	轴数
		22	多轴卡盘自动车床	1/10	卡盘直径	轴数
		26	立式多轴半自动车床	1/10	最大车削直径	轴数
	回轮、转塔车床	30	回轮车床	1	最大棒料直径	
		31	滑鞍转塔车床	1/10	最大车削直径	
		33	滑枕转塔车床	1/10	最大车削直径	
		37	立式转塔车床	1/10	最大车削直径	轴数
	立式车床	51	单柱立式车床	1/100	最大车削直径	最大工件高度
		52	双柱立式车床	1/100	最大车削直径	最大工件高度
		53	单柱移动立式车床	1/100	最大车削直径	最大工件高度
		54	双柱移动立式车床	1/100	最大车削直径	最大工件高度
	落地及卧式车床	60	落地车床	1/100	最大工件回转直径	最大工件长度
		61	卧式车床	1/10	床身上最大回转直径	最大工件长度
		62	马鞍车床	1/10	床身上最大回转直径	最大工件长度
		63	无丝杠车床	1/10	床身上最大回转直径	最大工件长度
		64	卡盘车床	1/10	床身上最大回转直径	最大工件长度
	仿形及多刀车床	71	仿形车床	1/10	刀架上最大车削直径	最大车削长度
		73	立式仿形车床	1/10	最大车削直径	
		75	多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径	最大车削长度
		76	卡盘多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径	
		77	立式多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径	
		89	铲齿车床	1/10	最大工件直径	最大模数
		84	轧辊车床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
	其他车床	90	落地镗车床	1/10	最大工件回转直径	最大镗孔直径
		91	多用车床	1/10	床身上最大工件回转直径	最大工件长度
		92	万能半自动车床	1/10	刀架上最大车削直径	
钻床 Z	坐标钻镗床	10	台式坐标钻镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		13	立式坐标钻镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		14	转塔坐标钻镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
	深孔钻床	21	深孔钻床	1/10	最大钻孔直径	最大钻孔深度

续表

类别	组	系	机床名称	主参数折算系数	主 参 数	第二主参数
钻床 Z	摇臂钻床	30	摇臂钻床	1	最大钻孔直径	最大跨距
		31	万向摇臂钻床	1	最大钻孔直径	最大跨距
		32	车式摇臂钻床	1	最大钻孔直径	最大跨距
		33	滑座摇臂钻床	1	最大钻孔直径	最大跨距
	台式钻床	40	台式钻床	1	最大钻孔直径	—
		41	工作台台式钻床	1	最大钻孔直径	
		43	转塔台式钻床	1	最大钻孔直径	
	立式钻床	50	圆柱立式钻床	1	最大钻孔直径	—
		51	方柱立式钻床	1	最大钻孔直径	
		53	转塔立式钻床	1	最大钻孔直径	
	中心孔	62	卧式钻床	1	最大钻孔直径	
		75	十字工作台立式铣钻床	1	最大钻孔直径	
		81	中心孔钻床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
		82	平端面中心孔钻床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
齿轮加工机床 Y		51	插齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		58	齿条插齿机	1/10	最大工件长度	最大模数
		60	花键轴铣床	1/10	最大铣削直径	最大铣削长度
		62	万能花键轴铣床	1/10	最大铣削直径	最大铣削长度
		71	锥形砂轮磨齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		72	蜗杆砂轮磨齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		74	大平面砂轮磨齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		93	齿轮倒角机	1/10	最大工件直径	最大模数
		22	弧齿锥齿轮铣齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		23	直齿锥齿轮刨齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		31	滚齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		32	摆线齿轮滚齿机	1/10	最大工件直径	最大偏心量
		36	卧式滚齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		41	立式剃齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		42	剃齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		46	珩齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
		47	蜗杆珩轮珩齿机	1/10	最大工件直径	最大模数
螺纹加工机床 S	螺纹铣床	61	螺纹铣床	1/10	最大铣削直径	最大铣削长度
		62	短螺纹铣床	1/10	最大铣削直径	最大铣削长度
		65	蜗杆铣床	1/10	最大工件直径	最大模数
	螺纹磨、车床	73	螺纹磨床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
		74	丝杠磨床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
		75	万能螺纹磨床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
		77	蜗杆磨床	1/10	最大工件直径	最大工件长度
		86	丝杠车床	1/100	最大工件长度	最大工件直径

续表

类别	组	系	机床名称	主参数折算系数	主 参 数	第二主参数
铣床 X	龙门铣床	20	龙门铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
		21	龙门镗铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
		22	龙门磨铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
	平面铣 仿形铣	31	立式平面铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		33	单柱平面铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
		34	双柱平面铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
		35	端面铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
		36	双端面铣床	1/100	工作台面宽度	工作台面长度
		38	移动端面铣床	1/100	最大铣轴垂直移动距离	最大立柱纵向移动距离
		43	平面仿形铣	1/10	最大铣削宽度	
	立式 卧式 升降 台铣床	50	立式升降台铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		51	立式升降台镗铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		52	摇臂铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		60	卧式升降台铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		61	万能升降台铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		81	万能工具铣床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		92	键槽铣床	1	最大键槽宽度	
刨床 B	悬臂	10	悬臂刨床	1/100	最大刨削宽度	最大刨削长度
		17	单柱刨床	1/100	最大刨削宽度	最大刨削长度
	龙门	20	龙门刨床	1/100	最大刨削宽度	最大刨削长度
		23	龙门刨铣床	1/100	最大刨削宽度	最大刨削长度
		27	双柱刨床	1/100	最大刨削宽度	最大刨削长度
		50	插床	1/10	最大插削长度	—
		52	键槽插床	1/10	最大插削长度	
		60	牛头刨床	1/10	最大刨削长度	
拉床 L		21	侧拉床	1	额定拉力	最大行程
		31	卧式外拉床	1	额定拉力	最大行程
		43	连续拉床	1/10	额定拉力	最大行程
		51	立式内拉床	1/10	额定拉力	最大行程
		55	双缸立式内拉床	1/10	额定拉力	最大行程
		61	卧式内拉床	1/10	额定拉力	最大行程
		71	立式外拉床	1/10	额定拉力	最大行程
		85	键槽拉床	1/10	额定拉力	
镗床 T	坐标	41	单柱坐标镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		42	双柱坐标镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		45	卧式坐标镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
	立式	51	立式镗床	1/10	最大镗孔直径	最大镗孔深度
		54	坐标立式钻镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
	卧式	61	卧式铣镗床	1/10	镗轴直径	
		62	落地镗床	1/10	镗轴直径	
	精镗	70	单面卧式精镗床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度

续表

类别	组	系	机床名称	主参数折算系数	主 参 数	第二主参数
磨床 M	外圆	10	无心外圆磨床	1	最大磨削直径	
		13	外圆磨床	1/10	最大磨削直径	最大磨削长度
		14	万能外圆磨床	1/10	最大磨削直径	最大磨削长度
		16	端面外圆磨床	1/10	最大磨削直径	最大工件长度
	内圆	21	内圆磨床	1/10	最大磨削孔径	最大磨削深度
		26	深孔内圆磨床	1/10	最大磨削孔径	最大磨削深度
		28	立式内圆磨床	1/10	最大磨削孔径	最大磨削深度
		29	坐标磨床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		30	落地砂轮机	1/10	最大砂轮直径	
		52	龙门导轨磨床	1/100	最大磨削宽度	最大磨削长度
		60	万能工具磨床	1/10	最大回转直径	最大工件长度
	平面及端面	71	卧轴矩台平面磨床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		72	立轴矩台平面磨床	1/10	工作台面宽度	工作台面长度
		73	卧轴圆台平面磨床	1/10	工作台面直径	
		74	立轴圆台平面磨床	1/10	工作台面直径	
		76	卧轴双端面磨床	1/10	最大砂轮直径	
		77	立轴双端面磨床	1/10	最大砂轮直径	
		84	轧辊磨床	1/10	最大磨削直径	
		86	花键轴磨床	1/10	最大磨削直径	最大磨削长度
		90	工具曲线磨床	1/10	最大磨削长度	最大磨削长度
磨床 2M		13	外圆超精机	1/10	最大磨削直径	最大磨削深度
		17	平面超精机	1/10	最大磨削宽度	
		87	中心孔研磨机	1/10	最大工件直径	最大工件长度

2. 常用金属切削机床的主要技术参数

常用金属切削机床的主要技术参数如表 5-3～表 5-22 所示。

表 5-3 钻床主要技术参数

型 号	最大钻孔直径/mm	主轴端面至工作台面距离/mm	主轴最大行程 /mm	主轴最大进给力/N	主电动机功率/kW
Z515	15	430	100	—	0.6
Z525	25	0～700	175	8 829	2.8
Z3025	25	0～550	250	7 848	2.2
Z3040	40	350～1 250	315	16 000	3

续表

主 轴 转 速/(r · min ⁻¹)		进 给 量/(mm · r ⁻¹)
Z515	320、430、600、835、1 100、 1 540、2 150、2 900	—
Z525	97、140、195、272、392、545、 680、960、1 360	0.10、0.13、0.17、0.22、0.28、0.36、0.48、0.62、 0.81
Z3025	50、80、125、200、250、315、400、 500、630、1 000、1 600、2 500	0.05、0.08、0.12、0.16、0.2、0.25、0.3、0.4、 0.5、0.63、1.00、1.60
Z3040	25、40、63、80、100、125、160、 200、250、320、400、500、630、 800、1 250、2 000	0.03、0.06、0.10、0.13、0.16、0.20、0.25、0.32、 0.40、0.50、0.63、0.80、1.00、1.25、2.00、3.20

表 5-4 回轮式转塔车床主要技术参数

型 号	技术参数/mm				
	床身上加工 最大直径	最大棒料 直径	主轴孔径	主轴端面至回转 刀架工作面距离	主电动机 功率 /kW
C336-1 [C336K-1]	420	36	39	60~500	4.5
主 轴 转 速 /(r · min ⁻¹)			刀架进给量/(mm · r ⁻¹)		
C336-1 [C336K-1]	低速组	75、142、198、380、720、1 000		纵向	0.06、0.09、0.14、0.23、0.35、0.56
	高速组	150、285、400、760、1 450、2 000		横向	0.04、0.06、0.10、0.16、0.25、0.39

表 5-5 卧式车床的主要技术参数

型 号	加工最大直径/mm		加工最大棒料直径/mm	加工最大长度/mm	中心距/mm	主轴孔径/mm	主轴孔锥 度	主电动机功率/kW
C6132	床身上	320	34	750	750	30	莫氏 5 号	3
	刀架上	160						
CA6140	床身上	400	48	750、1 000	750、1 000	48	莫氏 6 号	7.5
	刀架上	210		1 500、2 000	1 500、2 000			
主 轴 转 速 /(r · min ⁻¹)								
C6132	正转:22.4、31.5、45、65、90、125、180、250、350、500、700、1 000							
CA6140	正转:10、12.5、16、20、25、32、40、50、63、80、100、125、160、200、250、320、400、450、500、560、710、900、1 120、1 400							
	反转:14、22、36、56、90、141、226、362、565、633、1 018、1 580							

续表

刀架进给量/(mm·r⁻¹)

C6132	纵向: 0.06、0.07、0.08、0.09、0.10、0.11、0.12、0.13、0.15、0.16、0.17、0.18、0.20、0.23、0.25、0.27、0.29、0.32、0.34、0.36、0.40、0.46、0.49、0.53、0.58、0.64、0.67、0.71、0.80、0.91、0.98、1.07、1.16、1.28、1.35、1.42、1.60、1.71
	横向: 0.03、0.04、0.05、0.06、0.07、0.08、0.09、0.10、0.11、0.12、0.13、0.15、0.16、0.17、0.18、0.20、0.23、0.25、0.27、0.29、0.32、0.34、0.36、0.40、0.46、0.49、0.53、0.58、0.64、0.67、0.71、0.8、0.85
CA6140	纵向: 0.028、0.032、0.036、0.039、0.043、0.046、0.05、0.054、0.08、0.09、0.10、0.11、0.12、0.13、0.14、0.15、0.16、0.18、0.20、0.23、0.24、0.26、0.28、0.30、0.33、0.36、0.41、0.46、0.48、0.51、0.56、0.61、0.66、0.71、0.81、0.86、0.91、0.94、0.96、1.02、1.03、1.09、1.12、1.15、1.22、1.29、1.47、1.59、1.71、1.87、2.05、2.16、2.28、2.57、2.93、3.16、3.42、3.74、4.11、4.32、4.56、5.14、5.87、6.33
	横向: 0.014、0.016、0.018、0.019、0.021、0.023、0.025、0.027、0.04、0.045、0.05、0.055、0.06、0.065、0.07、0.075、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.13、0.14、0.15、0.16、0.17、0.2、0.22、0.24、0.25、0.28、0.3、0.33、0.35、0.4、0.43、0.45、0.47、0.48、0.5、0.51、0.54、0.56、0.57、0.61、0.64、0.73、0.79、0.86、0.94、1.02、1.08、1.14、1.28、1.46、1.58、1.72、1.88、2.04、2.16、2.28、2.56、2.92、3.16、3.42、3.74、4.11、4.32、4.56、5.14、5.87、6.33

表 5-6 卧式铣镗床主要技术参数

型 号	最大加工孔径/mm			用平旋盘 最大加工 尺寸/mm		用镗杆 最大加工 孔的深 度 /mm	主轴最大 大行程 /mm	主轴中心 线至工 作台面 距离 /mm	工作台最大 行程/mm		车削螺 纹范围 /mm	主电动 机功率 /kW
	镗 孔		钻 孔						纵向	横向		
	用镗 杆	用平 旋盘		外径	端面							
T68	240	—	65	450	450	600	600	30~800	1 140	850	1~10	6.5
T612	550	—	60	700	800	1 000	1 000	0~1 400	1 600	1 400	1~10	10

(1) 主轴转速/($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)

T68	20、25、32、40、50、64、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1 000
T612 正反转	7.5、9.5、12、15、19、24、30、38、48、60、75、96、128、160、205、250、320、414、460、600、750、950、1 200

(2) 主轴进给量/(mm·r⁻¹)

T68	0.05,0.07,0.1,0.13,0.19,0.27,0.37,0.52,0.74,1.03,1.43,2.05,2.9,4,5.7,8,11.1,16
T612	0.04,0.06,0.08,0.12,0.17,0.24,0.33,0.47,0.66,0.92,1.37,1.83,2.6,3.64,5.2,7.33,10.2,14.4

(3) 主轴箱进给量/(mm·r⁻¹)

T68	0.025,0.035,0.05,0.07,0.09,0.13,0.19,0.26,0.37,0.52,0.72,1.03,1.42,2.9,4,5.6,
T612	8

表 5-7 金刚镗床主要技术参数

技术规格	型 号									
	T740K					T740				
镗孔直径/mm	10~200					10~200				
主轴头型号及主要尺寸	(一般供应 2 [#])					(一般供应 2 [#])				
主轴头型号	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
每边安装主轴头数	4	4	3	3	2	4	4	3	3	2
主轴中心线至工作台面距离/mm	230	230	240	250	270	230	230	240	250	270
主轴头之间最小距离/mm	100	125	155	190	245	100	125	155	190	245
主轴头最大转速/(r·min ⁻¹)										
0 [#]	5 000					5 000				
2 [#]	1 000					1 000				
工作台面尺寸/mm	400×600					400×600				
工作台最大纵向行程/mm	275					400				
工作台快速移动速度/(m·min ⁻¹)	1~2					1~2				
工作台进给量(无级)/(mm·min ⁻¹)	10~500					10~300				
工作台面至床身底面距离/mm	890					890				
工作台 T 型槽:数目	—					3				
槽宽	—					12				
主电动机功率/kW	2.8					2 个各 2.8				

表 5-8 升降台铣床主要技术参数

型 号	立铣头 回转角	工作台 内转角	主轴端面 至工作台 距离/mm	主轴中心 至工作台 距离/mm	工作台最大行程/mm			主电动机 功率/kW
					纵 向	横 向	垂 直	
X5012	±45°	—	0~250	—	250	100	250	1.5
XA5032	±45°	—	3~400	—	700	255	370	7.5
XA6132	—	±45°	—	30~350	700	255	320	7.5
主 轴 转 速 /(r·min ⁻¹)				进 给 量 /(mm·min ⁻¹)				
X5012	130、188、263、355、510、575、 855、1 180、1 585、2 720			手 动				
XA5032	30、37.5、47.5、60、75、95、 118、150、190、235、300、375、 475、600、750、950、1 180、1 500			纵向	23.5、30、37.5、47.5、60、75、95、118、150、 190、235、300、375、475、600、750、950、1 180			
				横向	15、20、25、31、40、50、63、78、100、126、156、 200、250、316、400、500、634、786			
				升降	8、10、12.5、15.5、20、25、31.5、39、50、63、 78、100、125、158、200、250、317、394			
XA6132	30、37.5、47.5、60、75、95、 118、150、190、235、300、375、 475、600、750、950、1 180、1 500			纵横 向	23.5、30、37.5、47.5、60、75、95、118、150、 190、235、300、375、475、600、750、950、1 180			

表 5-9 卧式(万能)铣床主要技术参数

技 术 规 格	型 号				
	X60 [X60W]	X61 [X61W]	X62 [X62W]	X63 [X63W]	X63T [X63WT]
主轴轴线至工作台面距离/mm	0~300	30~360 [30~330]	30~390 [30~350]	30~420 [30~380]	70~470 [70~450]
床身垂直导轨面至工作台面距离/ mm	—	165~365	215~470	255~570	280~680 [300~660]
主轴轴线至悬梁下平面的距离/mm	140	150	155	190	180
主轴端面至支臂轴承端面的最大 距离/mm	447	470	700	—	820
主轴孔锥度	7 : 24	7 : 24	7 : 24	7 : 24	7 : 24
主轴孔径/mm	—	—	29	29	69.85
刀杆直径/mm	—	22、27、32、40	22、27、32	32、50	40
主轴转速/(r·min ⁻¹)	50~2 240	22~1 800	30~1 500	30~1 500	18~1 400
工作台面积(长×宽)/mm	800×200	1 000×250	1 250×320	1 600×400	2 000×425
工作台最大行程/mm					
纵向 $\begin{matrix} \text{手动} \\ \text{机动} \end{matrix}$	500	$\frac{620}{620}$	$\frac{700}{680}$	$\frac{900}{880}$	1 250[1 200]
横向 $\begin{matrix} \text{手动} \\ \text{机动} \end{matrix}$	160	$\frac{190[185]}{170}$	$\frac{255}{240}$	$\frac{315}{300}$	400[360]
升降 $\begin{matrix} \text{手动} \\ \text{机动} \end{matrix}$	320	$\frac{330}{330[300]}$	$\frac{360[320]}{340[300]}$	$\frac{390[350]}{370[330]}$	400[380]
工作台进给量/(mm·min ⁻¹)					
纵向	22.4~1 000	35~980	23.5~1 180	23.5~1 180	10~1 250
横向	16~710	25~765	23.5~1 180	23.5~1 180	10~1 250
升降			为纵向进	为纵向进	
(见表 5-8)	8~355	12~380	给量的 1/3	给量的 1/3	2.5~315
工作台快速移动速度/(mm·min ⁻¹)					
纵向	2 800	2 900	2 300	2 300	3 200
横向	2 000	2 300	2 300	2 300	3 200
升降	1 000	1 150	770	770	800
工作台 T 型槽:槽数	—	3	3	3	3
槽宽	—	14	18	18	18
槽距	—	50	70	90	90
工作台最大回转角度	无[±45°]	无[±45°]	无[±45°]	无[±45°]	无[±45°]
主电动机功率/kW	2.8	4	7.5	10	10

卧式[万能]铣床主轴转速

型 号	转 速/(r · min ⁻¹)
X60 X60W	50、71、100、140、200、280、400、560、800、1 120、1 600、2 240
X61 X61W	65、80、100、125、160、210、255、300、380、490、590、725、945、1 225、1 500、1 800

续表

型 号	转 速/(r · min ⁻¹)
X62 X62W X63 X63W	30、37.5、47.5、60、75、95、118、150、190、235、300、37.5、475、600、750、950、1 180、1 500
X63T X63WT	18、22、28、35、45、56、71、90、112、140、180、224、280、355、450、560、710、900、1 120、1 400

卧式[万能]铣床工作台进给量

型 号	进 给 量/(mm · min ⁻¹)
X60	纵向:22.4、31.5、45、63、90、125、180、250、355、500、710、1 000
	横向:16、22.4、31.5、45、63、90、125、180、250、355、500、710
X60W	升降:8、11.2、16、22.4、31.5、45、63、90、125、180、250、355
X61	纵向:35、40、50、65、85、105、125、165、205、250、300、390、510、620、755、980
	横向:25、30、40、50、65、80、100、130、150、190、230、320、400、480、585、765
X61W	升降:12、15、20、25、33、40、50、65、80、95、115、160、200、240、290、380
X62 X62W X63 X63W	纵向及横向:23.5、30、37.5、47.5、60、75、95、118、150、190、235、300、375、475、600、750、950、1 180
X63T	纵向及横向:10、14、20、28、40、56、80、110、160、220、315、450、630、900、1 250
X63WT	升降:2.5、3.5、5、7、10、14、20、27.5、40、55、78、75、112、157.5、225、315

表 5-10 外圆磨床主要技术参数

型 号	磨削直径 范围/mm	最大磨 削长度 /mm	工件最 大重力 /N	工作台 最 大 回转角	砂轮尺寸(外径 ×宽度×内径) /mm	砂轮转速 /(r · min ⁻¹)	工作台移 动速度 /(mm · min ⁻¹)
M1331	8~315	1 000	1 500	+3° -6°	450~ 600×63×305	1 110	0.1~6
MQ1350	25~500	1 400	10 000	+2° -4°	550~ 750×75×305	890~1 000	0.1~2.5

表 5-11 万能外圆磨床主要技术参数

型 号	磨削最大直径× 长度/mm		回 转 角 度			砂轮主轴 转速 /(r · min ⁻¹)	内圆磨主 轴转速 /(r · min ⁻¹)	工作台移 动速度 /(m · min ⁻¹)
	外 圆	内 孔	工作台	头架	砂轮架			
M1414	φ140 ×180	φ25 ×50	+7° -5°	+30° -90°	±180°	2 667 3 340	17 000	0.2~6 (无级)
M1432A	φ320 ×1 000	φ125 ×125	+3° -7°	±90°	±30°	1 670	10 000 15 000	0.05~4 (无级)

表 5-12 内圆磨床主要技术参数

型号	磨孔尺寸 /mm		最大工件回转 直径/mm		工作台 最大行 程 /mm	头架主轴 转速 / (r · min ⁻¹)	砂轮轴 转速/ (r · min ⁻¹)	砂轮进给 量/(mm/ 双行程)	工作台移 动速度/ (m · min ⁻¹)
	直径	长度	罩 内	无 罩					
M2110A	6~100	130	240	500	330	200 300 600	11 000 18 000	0.002~ 0.006	1.5~6
M2120	50~200	200	400	650	600	低速(无级) 120~320 高速(无级) 220~650	4 000 6 000 7 500 10 000 12 500	0.001~ 0.002	1.5~6

表 5-13 无心磨床主要技术参数

型号	磨削尺寸 /mm		砂轮尺寸 /mm		导轮尺寸 /mm		导轮回转角度 /(°)		砂轮转 速/(r · min ⁻¹)	导轮转 速/(r · min ⁻¹)	主电动 机功率 /kW
	直径	长度	直径	宽度	直径	宽度	垂直	水平			
M1010	0.5~10	80	200	50	125	50	-2~+5	0~+3	3 320	45~240	1.5
M1020	0.5~20	80	300	100	200	100	-2~+4	-1~+3	2 130	20~210	4
M1040	2~40	140	350	125	250	125	-2~+4	0~+3	1 860	20~180	7.5
M1050A	5~50	120	400	150	300	150	-2~+5	-1~+3	1 668	20~200	10
M1080	5~80	180	500	150	300	150	-2~+5	0~+3	1 300	13~94	13
M10100	10~100	250	500	200	350	200	-2~+5	0~+3	1 250	10~200	22
M10200	10~200	300	600	300	400	380	-2~+5	-2~+3	1 110	12~120	40
M10400	100~400	490	750	500	500	500	0~+5	0~+3	870	4~44	55

表 5-14 卧轴矩台平面磨床主要技术参数

型 号	加工范围 (长×宽×高) /mm	磨头主轴 转速/ (r·min ⁻¹)	磨头横向进给量		手轮每转一格 磨头进给量/mm		工作台纵向 移动速度/ (m·min ⁻¹)
			连续/ (m·min ⁻¹)	间隙/ (mm/单行程)	垂直	横向	
M7120A	630×200 ×320	3 000 3 600	0.3~3	1~12	0.005	0.01	1~18
M7130	1 000×300 ×400	1 500	0.5~4.5	3~30	0.01	0.01	3~18

表 5-15 立轴平面磨床主要技术参数

技 术 规 格	型 号	
	M7232	M7475
磨削工件最大尺寸/mm	800×320×380 (长×宽×高)	750×350 (直径×高)
磨头垂直升降最大移动量/mm	380	350
磨头垂直快速移动速度/(m·min ⁻¹)	0.92	0.568
刻度盘每转一格磨头垂直进给量/mm	0.01	0.01
砂轮尺寸/mm	350(外径)	450×(35~125)×350 (外径×宽度×内径)
砂轮转速/(r·min ⁻¹)	1460	975
工作台尺寸/mm	800×320(长×宽)	750(直径)
工作台纵向移动量/mm	200~1200	530
工作台运动速度	移动:3~20m/min (无级)	转速:5、7、10、14、20、29 r/min
砂轮下端面至工作台面距离/mm	0~380	0~350
主电动机功率/kW	13	16

表 5-16 拉床主要技术参数

技 术 规 格	型 号			
	L5120	L5310	L6110	L6120
	名 称			
	立式内拉床	立式外拉床	卧式内拉床	卧式外拉床
额定拉力/kN	196.2	98.1	98.1	196.2
最大拉力/kN	255.06	137.34	137.34	255.06
工作台最大行程/mm	—	125	—	—
工作台面尺寸(长×宽)/mm	600×520	450×450	—	—
工作台(或支承板)孔径/mm	200	—	150	200
花盘孔径/mm	130	—	100	130
溜板最大行程/mm	1250	1000	1250	1600
溜板工作行程速度(无级)/(m·min ⁻¹)	3~11	2~13	2~11	1.5~11
溜板返回行程速度(无级)/(m·min ⁻¹)	10~20	7~20	14~25	7~20
溜板工作面尺寸(长×宽)/mm	—	1500×400	—	—
溜板工作面至工作台端距离/mm	—	153~167	—	—
辅助溜板最大行程/mm	500	—	570	620
辅助溜板工作行程速度/(m·min ⁻¹)	0~14	—	2~10	2~10
由机床底面至工作台面(或支承板孔中心)距离/mm	1912	1310	900	900
主电动机功率/kW	22	17	17	22

表 5-17 插床主要技术参数

型号	工件插削长度 /mm	工件最大尺寸(长×宽) /mm	滑枕行程 /mm	滑枕工作行程速度/ (m·min ⁻¹)	滑枕每往复一次工作台进给量/mm		
					纵 向	横 向	回转角度
B5020	200	485×200	25~220	1.7~27.5	0.08~1.24	0.08~1.24	0.052°~0.783°
B5032	320	600×320	50~340	1.9~21.2	0.08~1.24	0.08~1.24	0.052°~0.783°
B5050	500	900×750	125~580	5~22	0~1.5	0~3	0~1°15′

表 5-18 铣端面钻中心孔机床主要技术参数

技 术 规 格	型 号		
	XZ21.4	XZ22.4	XZ23.4
加工毛坯直径/mm	25~150	25~150	25~150
加工毛坯长度/mm 单料架 双料架	180~400	180~400	180~400
	400~700	400~1 100	400~2 000
料架沿床身横向行程/mm(可调整至180 mm 以下)	180	180	180
主轴孔径/mm	40	40	40
主轴孔锥度:铣轴 钻轴	7 : 24 莫氏 4 号	7 : 24 莫氏 4 号	7 : 24 莫氏 4 号
主轴数/个:铣轴 钻轴	2 2	2 2	2 2
主轴轴线至床身面的高度/mm	255	255	255
钻轴与铣轴的中心距/mm	170	170	170
铣轴转速/(r·min ⁻¹)	三种型号相同		
钻轴转速/(r·min ⁻¹)			
铣削进给量/(mm·r ⁻¹)			
钻削进给量/(mm·r ⁻¹)			
钻轴行程/mm(可调整至50 mm 以下)	50	50	50
主电动机功率/kW	14	14	14

铣端面钻中心孔机床主轴转速及进给量

铣轴转速/ (r·min ⁻¹)	56、72、98、130、162、215、290、378
钻轴转速/ (r·min ⁻¹)	122、158、214、284、354、380、470、487、634、665、826、870、1 090、1 450、 2 000、2 540
铣削进给量/ (mm·r ⁻¹)	0.62、0.805、1.02、1.43、1.68、1.98、2.76、3.49、4.54
钻削进给量/ (mm·r ⁻¹)	0.0185、0.024、0.030 4、0.042 5、0.05、0.056、0.058 8、0.073、0.082、 0.095、0.103 4、0.129、0.135、0.152、0.178、0.25、0.316、0.41

表 5-19 滚齿机主要技术参数

型 号	最大加工 直径×模数/ (mm×mm)	滚刀至工作 台最小中心 距/mm	加 工 范 围			工作台 直 径 /mm	主轴转速		工作精度	
			齿宽 /mm	螺旋 角	加工 齿数/个		级 数	范围/(r ·min ⁻¹)	等 级	表面粗糙 度 $R_a/\mu\text{m}$
YBA3120	200×4	10	160	±45°	5~250	210	8	63~315	7	6.3~1.6
Y3150E	500×8	30	250	±45°	7~250	510	9	40~250	7	6.3~1.6

表 5-20 插齿机主要技术参数

型 号	最大加工 直径×模数/ (mm×mm)	最大加工范围			插齿刀往复行程		工作精度	
		内齿轮直 径/mm	齿宽 /mm	螺旋 角	级数	范围 /(次·min ⁻¹)	等级	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$
Y5120A	200×4	220	50	±45°	4	200~600	6	3.2
Y5132	320×6	320	70	≤45°	12	160~800	6	3.2

表 5-21 剃齿机、珩齿机主要技术参数

名称	型号	最大加工 直径×模数 /(mm×mm)	最大加 工宽度 /mm	刀具最大 回转角	工作台最 大行程 /mm	工作台顶 尖距离 /mm	主轴转速		工作精度	
							级 数	范围/(r ·min ⁻¹)	等 级	表面粗糙 度 $R_a/\mu\text{m}$
剃齿机	Y4232C	320×6	90	±30°	100	400	6	80~250	6	1.6
珩齿机	Y4632A	320×6	90	±30°	100	400	6	80~250	6	1.6

表 5-22 磨齿机主要技术参数

型 号	最大加工				加工 齿数	工作精度				
	直径 /mm	模数 /mm	齿宽 /mm	螺旋 角		等 级	周节累积 误差/mm	基节误差 /mm	齿形精 度/mm	表面粗糙 度 $R_a/\mu\text{m}$
Y7125	250	8	50	±45°	8~120	3	0.0085	±0.003	0.003	0.2
Y7132A	320	6	100	±45°	9~120	5	0.019	±0.009	0.012	0.4

5.1.2 工艺装备的选择

5.1.2.1 金属切削刀具

金属切削刀具材料的牌号及力学性能如表 5-23 所示。

表 5-23 常用高速钢牌号及其力学性能

类型	牌 号			硬度/HRC			抗弯强度 σ_b /GPa	冲击韧度 α_k /(MJ/m ²)
	GB/T9941~9943— 1988(YB/T2—1980)	美国 AISI 代号	国内有关 厂家代号	室温	500 C	600 C		
通用 型高 速钢	W18Cr4V	(T1)		63~66	56	48.5	2.94~3.33	0.176~0.314
	W6Mo5Cr4V2	(M2)		63~66	55~56	47~48	3.43~3.92	0.294~0.392
	W9Mo3Cr4V			65~66.5			4~4.5	0.343~0.392
	(W12Cr4VMo)	(EV4)		65~67		51.7	≈3.136	≈0.245
高生 产率 高速 钢	高钒 W6Mo5Cr4V3	(M3)		65~67		51.7	≈3.136	≈0.245
	含钴 W6Mo5Cr4V2Co5	(M36)		66~68		54	≈2.92	≈0.294
	超硬 型	W2Mo9Cr4VCo8	(M42)	67~70	60	55	2.65~3.72	0.225~0.294
		W6Mo5Cr4V2Al	(M2Al) (501)	67~69	60	55	2.84~3.82	0.225~0.294
		(W10Mo4Cr4V3Al)	(5F—6)	67~69	60	54	3.04~3.43	0.196~0.274
		(W6Mo5Cr4V5SiNbAl)	(B201)	66~68	57.7	50.9	3.53~3.82	0.255~0.265

在机械加工中常用的金属切削刀具有车刀、中心钻、麻花钻、扩孔钻、铰刀、拉刀、丝锥、铣刀和齿轮、花键刀具及磨具等。在生产中,除大批量生产和加工特殊形状零件有时采用高效专用刀具、组合刀具和特殊刀具外,一般均采用标准刀具。恰当合理地选用标准刀具是保证加工质量、提高生产效率的一个重要问题。

按照ISO 标准以硬质合金的硬度、抗弯强度等指标为依据,将切削用硬质合金分为三类:P 类(相当于我国的YT 类)、K 类(相当于我国的YG 类)和M 类(相当于我国的YW 类)。

在ISO 标准中,通常又在K、P、M 三种代号之后附加01、05、10、20、30、40、50 等数字进一步细分。一般说来,数字越小,硬度越高,韧度越低;数字越大,韧度提高,但硬度降低。世界上主要硬质合金牌号如表5-24 所示。

表 5-24 国际硬质合金主要牌号

ISO		国家标准 YB	株洲 基本型	山特维克 基本型	肯纳	东芝	三菱	黛杰 工业	山高 工具
P	01	YT30		S1P	K165	TX05	NX33	SRN	S1F
	10	YT15	YC10	S10	K5H K45	TX10D TX10S	STi10T	SR10 SRT	S10M
	20	YT14	YC20.1	SMA	K29 K45	TX20 TX25	STi20	SRT,SR20 DX30	S25M
	30	YT5	YC30 YC30S	SM30 SMA	K21 KM	TX30 UX30		SR30 DX30,DX25	S35M
	40		YC40	S6,R4 SMA	K420 K420	TX40		SR30 DX35	S60M

续表

ISO		国家标准 YB	株洲 基本型	山特维克 基本型	肯纳	东芝	三菱	黛杰 工业	山高 工具
M	10	YW1	YM10	R1P	K68 K313	TU10		UMN UN10	S10M
	20	YW2	YM20	H13A	K313 K420,K40	TU20 UX25	UTi20T	DX25 UM20,DTU	H15 S25M
	30		YM30	H10F	K420 K2S	UX30	UTi20T	DX3,DTU UMS	HX S35M
	40			R4		TU40		UM40	S60M
K	01	YG3		H1P		TH03	HTi05T	KG03	
	10	YG6 X	YD10.1 YD10.2	H10A H1P	K68,K6 K313	TH10 G1F	HTi10	KG10 KT9CR1	H15 890
	20	YG6	YD20	H13A	K1	G2F KS20	HTi20T	KT9,CR1 KG20	883 HX
	30	YG8			K1	G3		KG30,LF12	

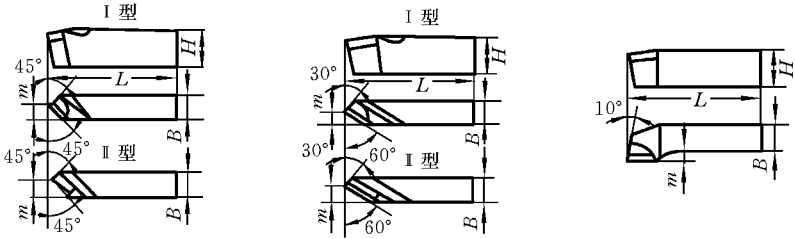
1. 车刀

1) 普通车刀

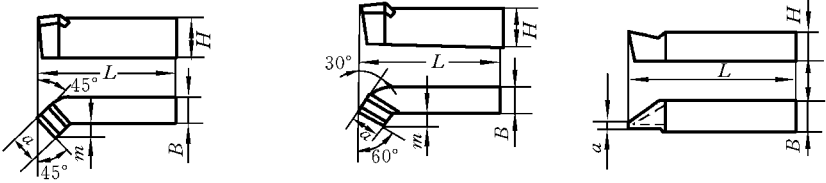
普通车刀的类型及尺寸如表 5-25 所示(GB/T4211—1984)。

表 5-25 普通车刀及其尺寸 (mm)

$K_r=45^\circ$ 直头通切车刀(右及左) $K_r=60^\circ$ 直头通切车刀(右及左) 推切通切车刀(右及左)



$K_r=45^\circ$ 弯头通切车刀(右及左) $K_r=60^\circ$ 弯头通切车刀(右及左) 弯头平面车刀(右及左)



续表

端面车刀(右及左)

切槽刀

切断车刀

切断车刀

刀杆
截面

B	10	12	16		20		25		30		40	
H	16	20	16	25	20	30	25	40	30	45	40	60

长度

L	100	125	125	125~	125	150	150~	150~	150~	150~	200	400
	125	150	150	200	150	200	250	300	300	400	300	500

2) 机夹重磨刀具

这种刀具是把已刃磨成需要几何形状的刀片(原焊接刀片),安装并夹紧在特制的刀杆上使用的(见图5-1)。当刀刃磨钝后,只要将刀片重磨一下,适当调整位置仍可继续使用。

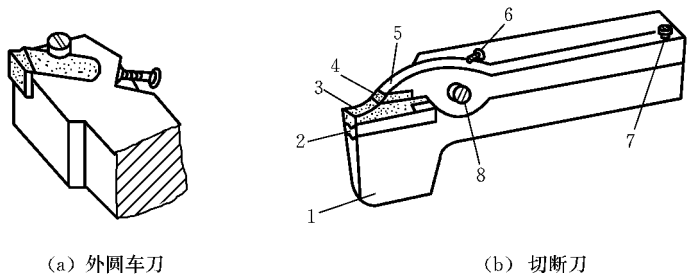


图5-1 机夹重磨刀具

1—刀杆;2—垫块;3—刀片;4—挡屑块;5—压刀杆;6—调节螺钉;7—支紧螺钉;8—销

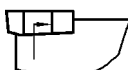
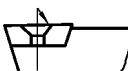
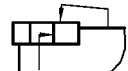
机夹重磨刀具的主要角度可以在刀片上磨出,也可以在刀杆上事先制出,这样可以防止由于刀片上磨出角度而削弱刀片强度。

3) 硬质合金可转位车刀

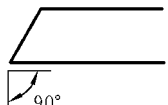
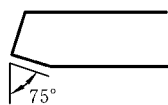
可转位刀具已得到广泛应用,目前已有各类车刀、深孔钻、滚压工具等。

可转位车刀的型号表示规则如表5-26所示。

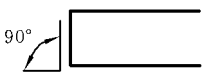
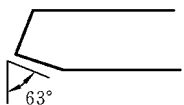
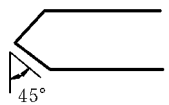
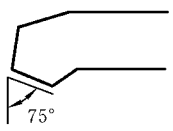
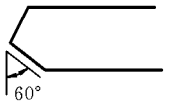
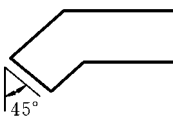
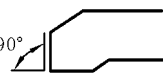
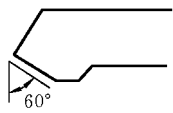
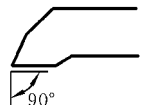
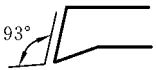
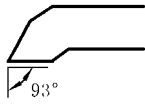
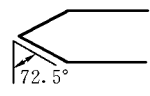
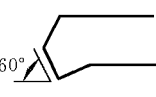
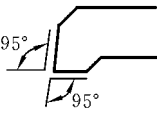
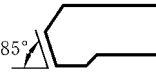
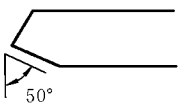
表 5-26 可转位车刀的型号表示规则 (GB/T2076—1987)

(1) 刀片夹紧方式					
代号	车刀刀片夹紧方式		代号	车刀刀片夹紧方式	
C		装圆孔刀片, 利用刀片孔将刀片夹紧, 如杠杆式、偏心式、拉垫式等	P		装无孔刀片, 利用压板从刀片上方将刀片夹紧, 如压板式
M		装沉孔刀片, 螺钉直接穿过刀片孔将刀片夹紧, 如压孔式	S		装圆孔刀片, 从刀片上方并利用刀片孔将刀片夹紧, 如楔钩式

(2) 刀片形状					
代号	刀片形状		代号	刀片形状	
T		正三角形	V		35°菱形
W		凸三角形	D		55°菱形
F		偏 8°三角形	E		75°菱形
S		正方形	C		80°菱形
P		五边形	M		86°菱形
H		六边形	K		55°平行四边形
O		八边形	B		82°平行四边形
L		矩形	A		85°平行四边形
R		圆形			

(3) 车刀头部形式					
代号	车刀头部形式		代号	车刀头部形式	
A		90°直头外圆车刀	B		75°直头外圆车刀

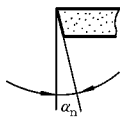
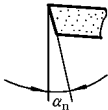
续表

代号	车刀头部形式		代号	车刀头部形式	
C		90°直头端面车刀	N		63°直头外圆车刀
D		45°直头外圆车刀	R		75°偏头外圆车刀
E		60°直头外圆车刀	S		45°偏头外圆车刀
F		90°偏头端面车刀	T		60°偏头外圆车刀
G		90°偏头外圆车刀	U		93°偏头端面车刀
J		93°偏头外圆(仿形)车刀	V		72.5°直头外圆车刀
K		75°偏头端面车刀	W		60°偏头端面车刀
L		95°偏头外圆(端面)车刀	Y		85°偏头端面车刀
M		50°直头外圆车刀			

注：D型和S型车刀也可以安装圆形(R型)刀片

续表

(4)刀片法后角大小

代号	刀片法后角		代号	刀片法后角		备 注
A		3°	F		25°	如果所有切削刃都用来作主切削刃,且具有不同的后角,则法后角表示较长一段切削刃的法后角,这段较长的切削刃,亦即代表切削刃的长度
B		6°	G		30°	
C		7°	N		0°	
D		15°	P		11°	
E		20°	O	其余的后角,需专门说明		

(5)车刀切削方向

R:右切车刀;L:左切车刀;N:左、右切通用车刀

(6)车刀刀尖高度

以车刀刀尖高度的数值为代号。例如:若刀尖高度为25mm的车刀,则第6位代号为25

(7)车刀刀杆宽度

以车刀刀杆宽度的数值为代号。例如:若刀杆宽度为20mm的车刀,则第7位代号为20。如果宽度的数值不足两位数字,则在该数前加“0”。例如:若刀杆宽度为8mm,则第7位代号为08

(8)车刀长度

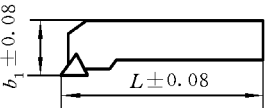
- ①对于车刀长度符合GB 5343.2—1985规定的,其第8位代号以符号“—”表示
- ②对于车刀长度不符合GB 5343.2—1985规定,而该车刀的其他尺寸又都符合上述标准时,其第8位代号按下列规定
- (mm)

代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
车刀长度	32	40	50	60	70	80	90	100	110	125	140	150
代号	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X		Y
车刀长度	160	170	180	200	250	300	350	400	450	特殊尺寸		500

(9)刀片边长

选取舍去小数部分的刀片切削刃长度或理论边长值作为第9位代号。例如:若切削刃度长为16.5mm,则第9位代号为16。如舍去小数部分后只剩下1位数字,则必须在该数字前加“0”,例如:若切削刃长度为9.525mm,则第9位代号为09

(10)不同测量基准的精密级车刀

代 号	简 图	测 量 基 准 面
Q		外侧面和后端面

续表

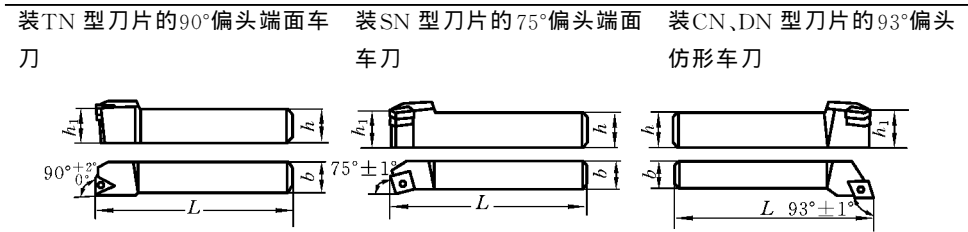
代号	简图	测量基准面
F		内侧面和后端面
B		内、外侧面和后端面

可转位车刀的形式及尺寸如表 5-27 所示。

表 5-27 可转位车刀的形式及尺寸 (GB/T2076—1987)

装 TN、FN、TP 型刀片的 90°偏头外圆车刀	装 WN 型刀片的 90°偏头外圆车刀	装 RN 型刀片的 90°偏头外圆车刀
装 WN 型刀片的 50°直头外圆车刀	装 TN 型刀片的 60°直头外圆车刀	装 SN 型刀片的 75°直头外圆车刀
装 SN 型刀片的 75°偏头外圆车刀	装 SN、SP 型刀片的 45°偏头外圆车刀	装 PN、TN、TP 型刀片的 60°偏头外圆车刀

续表



主 要 尺 寸						(mm)
h, h_1	16	20	25	32	40	50
b	16	20	20	25	32	40
L	100	125	150	170	200	250

根据 GB/T 2076—1987 规定,可转位硬质合金刀片的型号由代表一定意义的字母及数字按一定的顺序位置排列组成,最多可有10个号位。例如,车削刀片的型号 TNUM160308R-A4 的含义如下所示。

号位

T

N

U

M

16

03

08

R

A4

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

断屑槽的型式为 A 型,槽宽 4 mm

切削方向为右切

切削刃截面形状代号(空缺)

刀尖圆弧半径为 0.8 mm

刀片厚度为 3.18 mm

刀片切削刃长度为 16.5 mm

刀片单面有断屑槽,带圆形固定孔

刀片允许偏差等级为 U 级

刀片法后角为 0°

刀片形状为正三角形

2. 孔加工刀具

1) 麻花钻

麻花钻可以用机床或专机上的卡盘或钻夹头夹持,在实心金属或非金属上钻孔。常用麻花钻有粗直柄小麻花钻(见图5-2(a))、直柄麻花钻(见图5-2(b))和锥柄麻花钻(见图5-2(c))等几种。另有一种长麻花钻用于钻较深的孔。

麻花钻的规格如表 5-28 和表 5-29 所示。

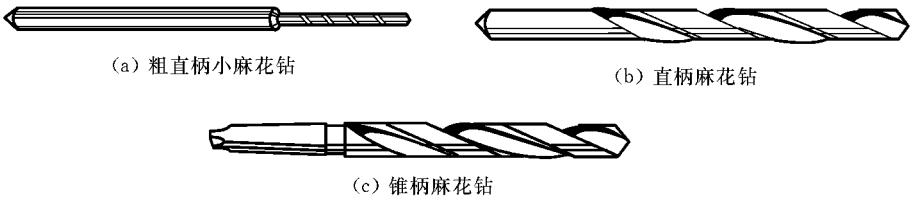


图 5-2 麻花钻

表 5-28 直柄麻花钻的规格

名 称	国家标准 (GB/T)	直径系列/mm	
		直径范围	规格之间级差
粗直柄小麻花钻	6135.1—1996	0.10~0.35	按 0.01 进级
直柄短麻花钻	6135.2—1996	0.50~14.00	按 0.20,0.50,0.80 进级
		14.00~32.00	按 0.25 进级
		32.00~40.00	按 0.50 进级
直柄麻花钻	6135.3—1996	0.20~1.00	按 0.02,0.05,0.08 进级
		1.00~3.00	按 0.05 进级
		3.00~14.00	按 0.10 进级
		14.00~16.00	按 0.25 进级
		16.00~20.00	按 0.50 进级
直柄长麻花钻	6135.4—1996	1.00~14.00	按 0.10 进级
		14.00~31.50	按 0.25 进级
直柄超长麻花钻	6135.5—1996	2.00~14.00	按 0.50 进级

表 5-29 锥柄麻花钻

名 称	国家标准 (GB/T)	直径系列/mm		莫氏 锥柄号
		直径范围	规格之间级差	
锥柄 麻花钻	1438.1—1996	3.00~14.00	按 0.20,0.50,0.80 进级	1
		14.25~23.00	按 0.25 进级	2
		23.25~31.75	按 0.25 进级	3
		32.00~50.50	按 0.50 进级	4
		51.00~76.00	按 1.00 进级	5
		77.00~100.00	按 1.00 进级	6

续表

名 称	国家标准 (GB/T)	直径系列/mm		莫氏 锥柄号
		直径范围	规格之间级差	
粗锥柄 麻花钻	1438.1—1996	12.00~14.00	按0.20,0.50,0.80进级	2
		18.25~23.00	按0.25进级	3
		26.75~31.75	按0.25进级	4
		40.50~50.50	按0.50进级	5
		64.00~76.00	按1.00进级	6
锥柄长 麻花钻	1438.2—1996	5.00~14.00	按0.20,0.50,0.80进级	1
		14.25~23.00	按0.25进级	2
		23.25~31.75	按0.25进级	3
		32.00~50.00	按0.50进级	4
锥柄加长 麻花钻	1438.3—1996	6.00~14.00	按0.20,0.50,0.80进级	1
		14.25~23.00	按0.25进级	2
		23.25~30.00	按0.25进级	3

2) 中心钻

中心钻用来钻轴端面上的中心孔,以便加工时用两顶尖顶住。

中心钻有A型,是不带护锥的中心钻(见图5-3(a)),B型,是带护锥的中心钻(见图5-3(b))和R型,是弧形中心钻(见图5-3(c))三种,其规格如表5-30所示。

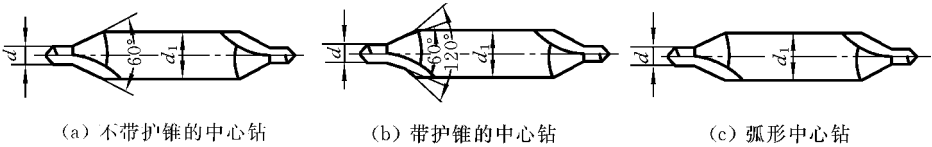


图 5-3 中心钻

表 5-30 中心钻规格

型 号	主要尺寸(钻头直径 $d \times$ 柄部直径 d_1)/mm										
A 型 (GB/T 6078.1—1998)	d	0.5,(0.63), (0.8),1, (1.25)	1.6	2	2.5	3.15	4	(5)	6.3	(8)	10
	d_1	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25
B 型 (GB/T 6078.2—1998)	d	1 (1.25)	1.6	2	2.5	3.15	4	(5)	6.3	(8)	10
	d_1	4 5	6.3	8	10	11	14	18	20	25	31.5
R 型 (GB/T 6078.3—1998)	d	1,(1.25)	1.6	2	2.5	3.15	4	(5)	6.3	(8)	10
	d_1	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25

其中,带括号的钻头直径尽量不要采用。

3) 铰刀

(1) 手动铰刀

铰刀用来提高孔的精度(包括尺寸精度和表面粗糙度)。

铰刀有圆柱铰刀(见图 5-4(a))和圆锥铰刀(见图 5-4(b))两种。圆柱铰刀又有固定尺寸式(见图 5-4(a))和可调尺寸式(见图 5-4(c))两种。

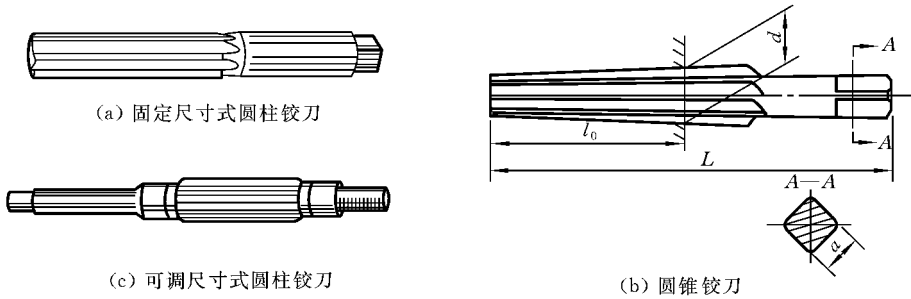


图 5-4 铰刀

铰刀的规格如表 5-31~表 5-33 所示。

表 5-31 固定尺寸式圆柱铰刀规格(GB/T 1131.1—2004)

直径 /mm	1, 1.2, (1.5), 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14, (15), 16, (17), 18, (19), 20, (21), 22, (23), (24), 25, (26), (27), 28, (30), 32, (34), (35), 36, (38), 40, (42), (44), 45, (46), (48), 50, (52), (55), 56, (58), (60), (62), 63, (67), 71
-----------	---

其中,① 铰刀按加工孔的精度等级,分为 H7、H8、H9 级三种。

② 带括号的直径尽可能不采用。

表 5-32 圆锥铰刀规格(GB/T 1139—2004)

圆锥号	锥 度 值	基面直 径 d	基面 距 l_0	直柄铰刀		锥柄铰刀	
				全长 L	方榫 a	全长 L	莫氏锥 柄号
				/mm			
米制	4	4	22	48	3.15	106	1
	6	6	30	63	4.0	116	

续表

圆锥号		锥 度 值	基面直 径 d	基面 距 l_0	直柄铰刀		锥柄铰刀	
					全长 L	方榫 a	全长 L	莫氏锥 柄号
			/mm					
莫 氏	0	1 : 19.212=0.052 05	9.045	48	93	6.3	137	1
	1	1 : 20.047=0.049 88	12.065	50	102	8	142	1
	2	1 : 20.020=0.049 95	17.780	61	121	11.2	173	2
	3	1 : 19.922=0.050 20	23.825	76	146	16	212	3
	4	1 : 19.254=0.051 94	31.267	97	179	20	263	4
	5	1 : 19.002=0.052 63	44.399	124	222	25	331	5
	6	1 : 19.180=0.052 14	63.348	176	300	35.5	389	5

表 5-33 可调尺寸式圆柱铰刀规格(JB/T 3869—1999)

直径 /mm	6.25~7,7~7.75,7.75~8.5,8.5~9.25,9.25~10,10~10.75,10.75~11.75, 11.75~12.75,12.75~13.75,13.75~15.25,15.25~17,17~19,19~21,21~23, 23~26,26~29.5,29.5~33.5,33.5~38,38~44,44~54,54~68,68~84,84~ 100
-----------	--

(2) 机用铰刀

机用铰刀有直柄铰刀(见图 5-5(a))、锥柄铰刀(见图 5-5(b))和套式铰刀(见图 5-5(c))三种。

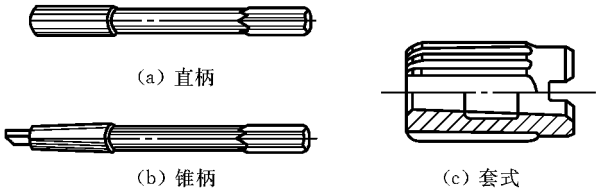


图 5-5 机用铰刀

机用铰刀的规格如表 5-34 所示。

其中,① 铰刀按加工孔的精度等级,分 H7、H8、H9 级三种。

② 带括号的直径尽可能不采用。

4) 扩孔钻

扩孔钻用来扩大孔径,提高孔的加工精度。扩孔钻有整体式(见图 5-6(a)、(b))和套式(见图 5-6(c))两种。

扩孔钻的规格如表 5-35 所示。

表 5-34 机用铰刀的规格(GB/T 1132—2004)

名 称			直 径/mm
直柄机用 铰刀			1, 1.2, 1.4, (1.5), 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14, (15), 16, (17), 18, (19), 20
锥柄机用铰刀	莫氏锥柄号	1	5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14
		2	(15), 16, (17), 18, (19), 20, (21), 22, (23)
		3	(24), 25, (26), (27), 28, (30)
		4	32, (34), (35), 36, (38), 40, (42), (44), 45, (46), (48), 50
套式机用铰刀 (带1:30锥孔) (GB/T1135—2004)			25, (26), (27), 28, (30), 32, (34), (35), 36, (38), 40, (42), 45, (47), (48), 50, (52), 56, (58), (60), 63, (65), 71, (72), (75), 80, (85), 90, (95), 100

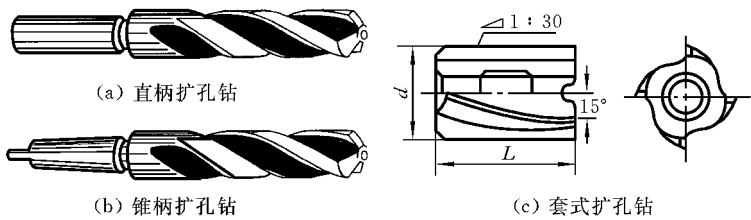


图 5-6 扩孔钻

表 5-35 扩孔钻的规格(GB/T 4256—2004)

名 称			公 称 直 径/mm
直柄扩孔钻			3,3.3,3.5,3.8,4,4.3,4.5,4.8,5,5.8,6,6.8,7,7.8,8,8.8,9,9.8,10,10.75,11,11.75,12,12.75,13,13.75,14,14.75,15,15.75,16,16.75,17,17.75,18,18.7,19,19.7
锥柄扩孔钻	莫氏锥柄号	1	7.8,8,8.8,9,9.8,10,10.75,11,11.75,12,12.75,13,13.75,14
		2	14.75,15,15.75,16,16.75,17,17.75,18,18.7,19,19.7,20,20.7,21,21.7,22,22.7,23
		3	23.7,24,24.7,25,25.7,26,27.7,28,29.7,30,31.6
		4	32,33.6,34,34.6,35,35.6,36,37.6,38,39.6,40,41.6,42,43.6,44,44.6,45,45.6,46,47.6,48,49.6,50
套式扩孔钻 (GB/T1142—2004)			25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,42,44,45,46,47,48,50,52,55,58,60,62,65,70,72,75,80,85,90,95,100

若用户有特殊需要,也可供应其他直径的扩孔钻。

5) 铤钻

铤钻用来铤削工件的沉头孔、端面,以保证所铤表面与孔的同轴度。铤钻有直柄锥面铤钻(见图 5-7(a))和锥柄锥面铤钻(见图 5-7(b))两种。

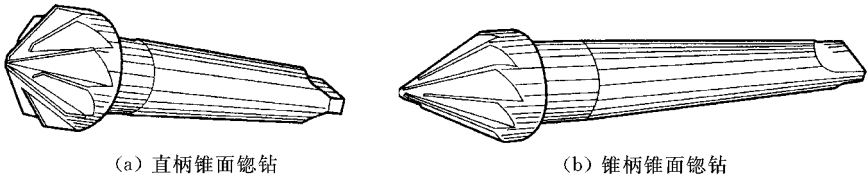


图 5-7 铤钻

铤钻的规格如表 5-36 所示。

表 5-36 铤钻的规格 (mm)

名 称			直柄锥面铰钻(GB/T 4258—2004)							
公称直径			8	10	12.5	16	20	25		
柄部直径			8			10				
钻尖角	60°	全长	48	50	52	60	64	69		
	90°		44	46	48	56	60	65		
	120°		44	46	48	56	60	65		
名 称			锥柄锥面铰钻(GB/T 1143—2004)							
公称直径			16	20	25	31.5	40	50	64	80
莫氏锥柄号			1	2		3		4		
钻尖角	60°	全长	97	120	125	132	160	165	200	215
	90°		93	116	121	124	150	153	185	196
	120°		93	116	121	124	150	153	185	196

6) 拉刀

拉刀适于成批大量生产,加工公差等级为 IT6 ~ IT8,加工表面粗糙度为 R_a 0.63~ R_a 10 μm 。

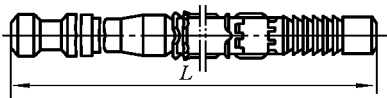
拉刀的类型有:圆孔拉刀、渐进切削圆孔拉刀、螺旋齿圆孔拉刀、方孔拉刀、键槽拉刀、矩形齿花键拉刀、螺旋花键槽拉刀、成形轮廓拉刀、复合拉刀、挤压式拉刀等。

(1) 圆孔拉刀

圆孔拉刀的规格如表 5-37 所示。

表 5-37 圆孔拉刀的规格

(mm)



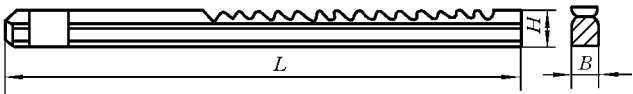
直 径	拉削长度	拉刀总长 L	直 径	拉削长度	拉刀总长 L	直 径	拉削长度	拉刀总长 L
10、11、12	10~18	380	31	18~30	485	48、50	30~50	540
	18~30	440		30~50	560		50~80	640
13、14、15	10~18	385		50~80	660		80~120	770
	18~30	445		80~120	750			
16、17、18 19、20	10~18	400	32	18~30	495	52、54、55	30~50	540
	18~30	480		30~50	570		50~80	650
	30~50	555		50~80	660		80~120	770
21	10~18	410		80~120	750			
	18~30	450	34、35	18~30	500	58	30~50	540
	30~50	520		30~50	560		50~80	670
22、24	10~18	420		50~80	670		80~120	770
	18~30	460		80~120	800			
	30~50	550	36、38	18~30	500	60、62	30~50	540
	50~80	660		30~50	570		50~80	670
25、26	10~18	430		50~80	680		80~120	810
	18~30	480		80~120	800			
	30~50	550	40	18~30	500	65、70 75、80	30~50	550
	50~80	660		30~50	580		50~80	680
28、30	18~30	480		50~80	670		80~120	820
	30~50	550		80~120	800			
	50~80	660	42、45	30~50	570	85	30~50	560
	80~120	750		50~80	680		50~80	680
				80~120	780		80~120	820

(2) 键槽拉刀

键槽拉刀的规格如表 5-38 所示。

表 5-38 键槽拉刀的规格

(mm)



续表

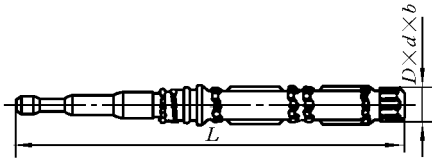
键槽宽度 <i>B</i>	拉削长度	<i>H</i>	<i>L</i>	键槽宽度 <i>B</i>	拉削长度	<i>H</i>	<i>L</i>
3	18~30 >30~50	7.56	520 730	18	30~50 >50~80 >80~120 >120~180	42.87	720 910 840 1 020
4	18~30 >30~50	11.14	650 770				
5	18~30 >30~50 >50~80	13.48	630 750 870	20	30~50 >50~80 >80~120 >120~180 >180~260	48.04	750 950 1 080 1 060 1 340
6	18~30 >30~50 >50~80	17.93	610 720 830				
8	18~30 >30~50 >50~80 >80~120	21.41	660 780 1 000 1 140	24	30~50 >50~80 >80~120 >120~180 >180~260	53.67	830 1 060 960 1 020 1 280
				28	50~80 >80~120 >120~180 >180~260 >260~360	57.77	900 1 030 1 250 1 370 1 460
10	18~30 >30~50 >50~80 >80~120	25.88	730 860 1 100 1 260				
12	18~30 >30~50 >50~80 >80~120	32.05	730 780 870 890	32	80~120 >120~180 >180~260 >260~360	62.37	950 1 150 1 210 1 460
14	30~50 >50~80 >80~120 >120~180	32.34	660 820 940 1 140	36	80~120 >120~180 >180~260 >260~360	62.86	1 040 1 090 1 240 1 500
16	30~50 >50~80 >80~120 >120~180	37.57	690 870 990 1 200	40	80~120 >120~180 >180~260 >260~360	62.96	1 070 1 150 1 210 1 460

(3) 矩形齿花键拉刀

矩形齿花键拉刀的规格如表 5-39 所示。

表 5-39 矩形齿花键拉刀的规格

(mm)



齿数 /个	花键孔尺寸			拉削 长度	拉刀 总长	齿数 /个	花键孔尺寸			拉削 长度	拉刀 总长
	外径	内径	键宽				外径	内径	键宽		
4	15	12	4	10~18	430	6	35	30	10	10~18	450
				>18~30	520					>18~30	545
				>30~50	605*					>30~50	665
	18	15	5	10~18	435		38	33	10	10~18	460
				>18~30	525					>18~30	555
				>30~50	530*					>30~50	675
	20	17	6	10~18	420		40	35	10	>30~50	675
				>18~30	525					>50~80	910
>30~50				675							
22	19	8	>50~80	700*							
			10~18	420			18~30	555			
			>18~30	525			>30~50	675			
6	25	22	6	>30~50	675	42	36	10	>50~80	840	
				>50~80	700*				>80~120	1 070	
	28	24	6	10~18	420	45	40	12	18~30	605	
				>18~30	525				>30~50	735	
				>30~50	675				>50~80	925	
	30	26	8	>50~80	700*	48	42	12	>80~120	1 185	
				10~18	415				18~30	555	
>18~30				500	>30~50				675		
32	28	8	>30~50	600	50	45	12	>50~80	840		
			>50~80	795				>80~120	1 070		
				</							

续表

齿数 /个	花键孔尺寸			拉削 长度	拉刀 总长	齿数 /个	花键孔尺寸			拉削 长度	拉刀 总长
	外径	内径	键宽				外径	内径	键宽		
6	55	50	14	18~30	555	6	70	62	16	30~50	870
				>30~50	675					>50~80	1 190
				>50~80	910					>80~120	1 360
				>80~120	1 040						
	60	54	14	18~30	605		75	65	16	30~50	1 010
				>30~50	735					>50~80	1 365
				>50~80	990					>80~120	1 495
				>80~120	1 135						
	60	58	16	18~30	660		80	70	20	30~50	1 010
				>30~50	810					>50~80	1 365
				>50~80	1 105					>80~120	1 495
				>80~120	1 260						
							90	80	20	30~50	1 030
										>50~80	1 385
										>80~120	1 510

3. 铣刀

铣刀种类繁多,有立铣刀(包括直柄立铣刀、莫氏锥柄立铣刀、7:24 锥柄立铣刀)、键槽铣刀(包括直柄键槽铣刀、锥柄键槽铣刀)、T 形槽铣刀、半圆键铣刀、燕尾槽铣刀、面铣刀、圆柱形铣刀、三面刃铣刀(包括直齿三面刃铣刀、错齿三面刃铣刀)、锯片铣刀、角铣刀(包括单角铣刀、对称双角铣刀)、圆铣刀(包括凸半圆铣刀、凹半圆铣刀、圆角铣刀)等。铣刀的种类及应用范围如表 5-40 所示。

表 5-40 铣刀的种类及应用范围

铣刀名称、种类		应用范围
圆柱形铣刀	粗齿圆柱形铣刀	粗、半精加工各种平面 粗铣 $a_e=3\sim 8\text{ mm}$,半精铣 $a_e=1\sim 2\text{ mm}$ (用于粗加工后不换铣刀),半精铣 $a_e=3\sim 4\text{ mm}$ (不经预先粗加工)
	细齿圆柱形铣刀	粗铣刚性差零件 $a_e=3\sim 5\text{ mm}$,半精铣 $a_e=1\sim 2\text{ mm}$,不经预先粗加工的半精铣 $a_e=3\sim 4\text{ mm}$
	组合圆柱形铣刀	在刚度高、功率大的专用机床上一次行程粗铣宽平面($\leq 150\sim 200\text{ mm}$), $a_e=5\sim 12\text{ mm}$

续表

铣刀名称、种类		应用范围
端铣刀或面铣刀	整体套式面铣刀: 粗齿面铣刀	粗、半精、精加工各种平面 粗铣 $a_p = 3 \sim 8 \text{ mm}$, 半精铣 $a_p = 1 \sim 2 \text{ mm}$, 用于粗加工后 不换铣刀, 不经预先粗加工的半精铣 $a_p = 3 \sim 4 \text{ mm}$
	细齿面铣刀	粗铣刚度低零件 $a_p = 3 \sim 5 \text{ mm}$, 半精铣 $a_p = 1 \sim 2 \text{ mm}$, 不经 预先粗加工的半精铣 $a_p = 3 \sim 4 \text{ mm}$
	镶齿套式面铣刀: 高速钢面铣刀	粗铣 $a_p = 3 \sim 8 \text{ mm}$, 半精铣 $a_p = 1 \sim 2 \text{ mm}$, 不经预先粗加 工的半精铣 $a_p = 3 \sim 4 \text{ mm}$
	硬质合金面铣刀	粗、精铣钢及铸铁
立铣刀	粗齿立铣刀、中齿立铣刀、细齿立铣刀、套式立铣刀、模具立铣刀	粗铣、半精铣平面, 加工沟槽表面, 台阶表面、按靠模铣曲线表面
三面刃铣刀	整体的直齿三面刃铣刀、 错齿三面刃铣刀	粗、半精、精加工沟槽表面 铣槽 $a_p = 6 \sim 16 \text{ mm}$, $a_e \leq 18 \text{ mm}$, 铣侧面及凸台, $a_e \leq 20 \text{ mm}$
	镶齿三面刃铣刀	铣槽 $a_p = 12 \sim 40 \text{ mm}$, $a_e \leq 40 \text{ mm}$ 铣侧面及凸台, $a_e \leq 60 \text{ mm}$
锯片铣刀	粗齿、中齿、细齿锯片铣刀	加工窄槽表面、切断, 细齿加工钢及铸铁, 粗齿加工轻合金及有色金属
	螺钉槽铣刀	加工窄槽、螺钉槽表面
	镶片圆锯	切断
键槽铣刀	平键槽铣刀、半圆键槽铣刀	加工平键键槽、半圆键键槽
	T形槽铣刀	加工T形槽表面
	燕尾槽铣刀	加工燕尾槽表面
角铣刀	单角铣刀、对称及不对称双角铣刀	加工各种角度沟槽表面(角度为 $18^\circ \sim 90^\circ$)
成形铣刀	铲齿成形铣刀、尖齿成形铣刀、凸半圆铣刀、凹半圆铣刀、圆角铣刀	加工凸凹半圆曲面、圆角及各种成形表面
	花键铣刀	铣花键及槽, 粗齿 $a_e \leq 15 \text{ mm}$, 细齿 $a_e \leq 5 \text{ mm}$

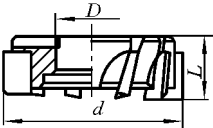
铣刀直径的选择如表 5-41 所示。

表 5-41 铣刀直径的选择 (mm)

圆柱形铣刀							
铣切深度	5		8		10		
铣切宽度	70		90		100		
铣刀直径	60~75		90~110		110~130		
套式面铣刀							
铣切深度	4	4	5	6	6	8	10
铣切宽度	40	60	90	120	180	20	350
铣刀直径	50~75	75~90	110~130	150~175	200~250	300~350	400~500
三面刃铣刀							
铣切深度	8		12		20		40
铣切宽度	20		25		35		50
铣刀直径	60~75		90~110		110~150		175~200
花键槽铣刀、槽铣刀及锯片铣刀							
铣切深度	5		10		12		25
铣切宽度	4		4		5		10
铣刀直径	40~60		60~75		75		110

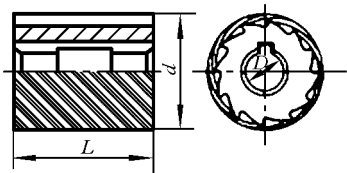
镶齿套式面铣刀的规格如表 5-42 所示。

表 5-42 镶齿套式面铣刀的规格(GB1129—1985) (mm)

											
d	D	L	齿数/个	d	D	L	齿数/个	d	D	L	齿数/个
80	27	36	10	125	40	40	14	200	50	45	20
100	30	40		160	50	45	16	250			26

圆柱形铣刀的规格如表 5-43 所示。

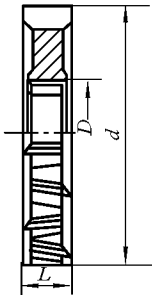
表 5-43 圆柱形铣刀的规格(GB1115—1985) (mm)



d	D	L				齿数/个	
						粗 齿	细 齿
50	22	50	63	80	—	6	8
63	27	50	63	80	100	6	10
80	32	63	80	100	125	8	12
100	40	80	100	125	160	10	14

错齿三面刃铣刀的规格如表 5-44 所示。

表 5-44 错齿三面刃铣刀的规格(GB1128—1985) (mm)



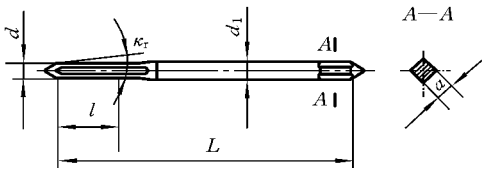
d	D	L	齿 数/个
50	16	4、5、6、8、10	12
63	22	4、5、6、8、10	14
		12、14、16	12
80	27	5、6、8、10、12	16
		14、16、18、20	14
100	32	6、8、10、12、14	18
		16、18、20、22、25	16
125	32	8、10、12、14	20
		16、18、20、22、25、28	18
160	40	10、12、14、16、18	24
		20、22、25、28、32	22
200	40	12、14、16、18	28
		20、22、25、28、32、36、40	26

4. 丝锥和圆板牙

丝锥和圆板牙是常用的加工内、外螺纹的标准刀具。丝锥有手用、机用丝锥(GB/T3464.1—1994)、螺旋槽丝锥(GB/T3506—1993)、长柄机用丝锥(GB/T3464.2—1994)、短柄(GB/T967—1994)和长柄(JB/T 8786—1998)螺母丝锥、管螺纹丝锥(JB/T 9994(9996)—1999)、米制锥螺纹丝锥(JB/T 7958—1995)等。板牙有粗牙及细牙普通螺纹用圆板牙(GB/T970.1—1994)、管螺纹板牙(JB/T 9997(9998)—1999)。

粗柄机用和手用丝锥的规格如表 5-45 所示。

表 5-45 粗柄机用和手用丝锥的规格 (mm)

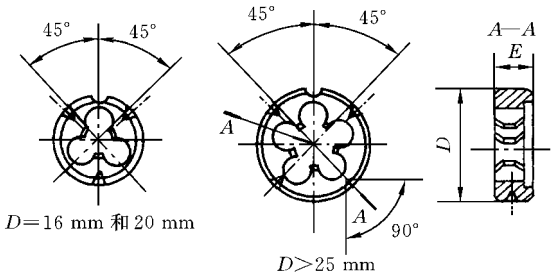


粗牙普通螺纹用丝锥							细牙普通螺纹用丝锥						
代号	d	螺距 P	d_1	l	L	a	代号	d	螺距 P	d_1	l	L	a
M1	1	0.25	2.5	5.5	38.5	2	M1×0.2	1	0.2	2.5	5.5	38.5	2
M1.1	1.1	0.25					M1.1×0.2	1.1					
M1.2	1.2	0.25					M1.2×0.2	1.2					
M1.4	1.4	0.3		7	40		M1.4×0.2	1.4					
M1.6	1.6	0.35		8	41		M1.6×0.2	1.6	0.2		8	41	
M1.8	1.8	0.35	M1.8×0.2			1.8	0.2						
M2	2	0.4	M2×0.25			2	0.25						
M2.2	2.2	0.45	2.8	9.5	44.5	2.24	M2.2×0.25	2.2	0.25	2.8	9.5	44.5	2.24
M2.5	2.5	0.45					M2.5×0.35	2.5	0.35				

粗牙普通螺纹用圆板牙的规格如表 5-46 所示。

表 5-46 粗牙普通螺纹用圆板牙的规格

(mm)



代 号	公称直 径 d	螺距 P	基本尺寸		代 号	公称直 径 d	螺距 P	基本尺寸	
			D	E				D	E
M1 $\times$ 0.25	1	0.25	16	5	M12 $\times$ 1.75	12	1.75	38	14
M1.1 $\times$ 0.25	1.1				M14 $\times$ 2	14	2		
M1.2 $\times$ 0.25	1.2				M16 $\times$ 2	16		2.5	18
M1.4 $\times$ 0.03	1.4	0.3			M18 $\times$ 2.5	18	55		
M1.6 $\times$ 0.36	1.6	0.35			M20 $\times$ 2.5	20		65	25
M1.8 $\times$ 0.35	1.8				M22 $\times$ 2.5	22	3		
M2 $\times$ 0.4	2	0.4			M24 $\times$ 3	24		4	75
M2.2 $\times$ 0.45	2.2	0.45			M27 $\times$ 3	27	4.5		
M2.5 $\times$ 0.45	2.5				M30 $\times$ 3.5	30		5	105
M3 $\times$ 0.5	3	0.5			M33 $\times$ 3.5	33	5		
M3.5 $\times$ 0.6	3.5	(0.6)	20	5	M36 $\times$ 4	36		75	30
M4 $\times$ 0.7	4	0.7		7	4	M39 $\times$ 4	39		
M4.5 $\times$ 0.75	4.5	(0.75)				M42 $\times$ 4.5	42	4.5	36
M5 $\times$ 0.8	5	0.8				M45 $\times$ 4.5	45		
M6 $\times$ 1	6	1				M48 $\times$ 5	48	5.5	
M7 $\times$ 1	(7)	1	25	9	M52 $\times$ 5	52	(5.5)		
M8 $\times$ 1.25	8	1.25			M56 $\times$ 5.5	56		5.5	105
M9 $\times$ 1.25	(9)	(1.25)			M60 $\times$ 5.5	60	(5.5)		
M10 $\times$ 1.5	10	1.5	30	11	M64 $\times$ 6	64	6	120	
M11 $\times$ 1.5	(11)	(1.5)			M68 $\times$ 6	68			

5. 渐开线圆柱齿轮刀具

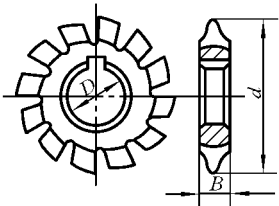
渐开线圆柱齿轮刀具的类型及应用如表 5-47 所示。

表 5-47 渐开线圆柱齿轮刀具的类型及应用

加工方法	刀 具 名 称	应 用
用 仿 形 法 和 无 瞬 心 包 络 法 加 工	盘形齿轮铣刀	可加工直齿、斜齿圆柱齿轮,也可加工内齿轮。 刀具简单,可使用普通铣床,但加工精度和效率 低,适于单件加工和修配工作
	指形齿轮铣刀,包括直齿、螺旋齿指形齿轮铣刀和等螺旋角指形齿轮铣刀	加工直齿、斜齿圆柱齿轮以及无空刀槽的人字 齿轮、多曲人字齿轮。模数较大($m=10\sim100$),加 工精度和效率低
	注:加工直齿轮时采用仿形法,加工斜齿轮时采用无瞬心包络法	
用 展 成 法 加 工	齿轮滚刀,包括镶齿齿轮滚刀、硬质合金刮削滚刀、剃前滚刀、磨齿前用滚刀、小模数齿轮滚刀、整体硬质合金小模数齿轮滚刀	加工直齿、斜齿圆柱齿轮以及有空刀槽的人字 齿轮。齿轮齿形可以是非变位的,也可以是变位的。 模数从 0.1 到 40 均可加工,加工精度一般可达 7~10 级,个别情况可达 4~6 级(如透平机械中高 精度齿轮),且生产效率高,因而应用普遍。硬质合 金刮削滚刀可加工淬硬齿面
	插齿刀,包括盘形直齿插齿刀、碗形直齿插齿刀、锥柄直齿插齿刀、剃前插齿刀、斜齿轮插齿刀、人字齿轮插齿刀、小模数插齿刀、盘形渐开线花键孔插齿刀	外齿、内齿直齿圆柱齿轮,特别是小空刀的塔形 齿轮、带凸肩的齿轮和内齿轮,目前主要由直齿插 齿刀加工。加工齿轮齿形可为非变位的和变位的, 斜齿插齿刀和人字齿插齿刀可加工斜齿轮(外齿、 内齿),人字齿插齿刀还可加工无空刀槽的人字齿 轮 插齿刀应用普遍,加工精度较高,可达 6~8 级, 但生产效率不如滚齿刀高
	剃齿刀,包括盘形剃齿刀(螺旋角 5°、10°、15°)、小模数剃齿刀(螺旋角 10°、15°)、齿条状剃齿刀、蜗杆状剃齿刀	是精加工齿轮刀具,可加工未淬火的直齿、斜齿 圆柱齿轮(齿形可为变位和非变位),还可加工鼓 形齿轮和内齿轮。蜗杆状剃齿刀可加工蜗轮。剃齿 的效率非常高,刀具寿命长,精度可达 6~7 级,粗 糙度达 $R_a=0.32\sim1.25\ \mu\text{m}$
	花键滚刀,包括矩形花键滚刀、渐开线花键滚刀、三角形花键滚刀	加工矩形花键轴、渐开线花键轴和三角形花键 轴

盘形齿轮铣刀的规格如表 5-48 所示。

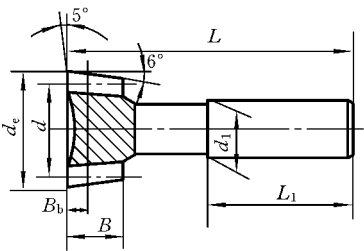
表 5-48 盘形齿轮铣刀的规格 (JB/T7970.1—1999) (mm)



m	d	D	齿数 /个	m	d	D	齿数 /个	m	d	D	齿数 /个	m	d	D	齿数 /个
1	50	22	14	2.75	70	27	12	5	90	32	11	10	120	32	40
1.25				3				5.5	95			11	135		
1.5	55			3.25				6	100			12	145		
1.75	60		3.5	6.5				105	13			155			
2			3.75	7				110	14			160			
2.25			4	8				110	15			165			
2.5			65	4.5				9	115		10	16	170		

锥柄直齿插齿刀的规格如表 5-49 所示。

表 5-49 锥柄直齿插齿刀的规格 (GB/T 6081—1988) (mm)



公称分度圆直径 25 mm、 $\alpha=20^\circ$

模数 m	齿数 /个	d	d_e	B	L	莫氏 锥柄号	模数 m	齿数 /个	d	d_e	B	L	莫氏 锥柄号
1.00	26	26.00	28.72	10	75	2	2.00	13	26.00	31.24	12	80	2
1.25	20	25.00	28.38				2.25	12	27.00	32.90			
1.50	18	27.00	31.04				2.50	10	25.00	31.26			
1.75	15	26.25	30.89	12	80		2.75	10	27.50	34.48	15		

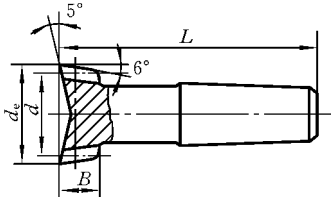
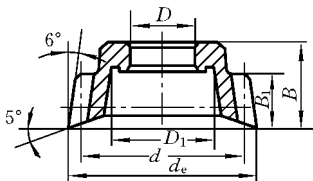
续表

公称分度圆直径 38 mm、 $\alpha=20^\circ$															
模数 m	齿数 /个	d	d_e	B	L	莫氏 锥柄号	模数 m	齿数 /个	d	d_e	B	L	莫氏 锥柄号		
1.00	38	38.0	40.72	12	90	3	2.50	15	37.5	44.26	15	90	3		
1.25	30	37.5	40.88				2.75	14	38.5	45.88					
1.50	25	37.5	41.54				3.00	12	36.0	43.74					
1.75	22	38.5	43.24	15			3.25	12	39.0	47.58					
2.00	19	38.0	43.40				3.50	11	38.5	47.52					
2.25	16	36.0	41.98				3.75	10	37.5	46.88					

注:在插齿刀的原始截面中,齿顶高系数等于 1.25,分度圆齿厚等于 $\frac{m\pi}{2}$ 。

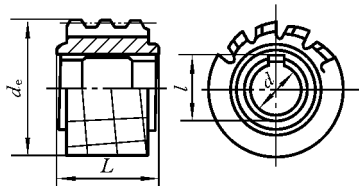
渐开线内花键插齿刀的规格如表 5-50 所示。

表 5-50 渐开线内花键插齿刀的规格 (GB6341—1986) (mm)

锥柄插齿刀						碗形插齿刀 (φ50)														
																				
公称分度圆直径 25 mm、 $\alpha=30^\circ$						公称分度圆直径 38 mm、 $\alpha=30^\circ$						公称分度圆直径 50 mm、 $\alpha=30^\circ$								
模数 m	齿数 /个	d	d_e	B	L	莫氏 锥柄号	模数 m	齿数 /个	d	d_e	B	L	莫氏 锥柄号	模数 m	齿数 /个	d	d_e	D_1	B	B_1
1	25	25.00	26.48	10	75		1.75	22	38.50	41.48	15	90	3	3	16	48.00	53.68	30	27	20
1.25	20	25.00	26.84				2	19	38.00	41.80				3.5	14	49.00	54.92			
1.5	16	24.00	26.22				2.5	15	37.50	42.22				3.5	14	49.00	54.92			
1.75	14	24.50	27.48	12	80	2	3	13	39.00	44.68	15	90	3	3.5	14	49.00	54.92	30	27	20
2	12	24.00	27.40				3.5	11	38.50	43.64				4	13	52.00	59.52			
2.5	10	25.00	29.22				4	10	40.00	46.72				5	11	55.00	62.32			
3	10	30.00	35.06																	

矩形花键滚刀的规格如表 5-51 所示。

表 5-51 矩形花键滚刀的规格(GB/T 10952—1989) (mm)



花键规格 $N \times d \times D \times B$	d_e	L	d	齿数 /个	花键规格 $N \times d \times D \times B$	d_e	L	d	齿数 /个	花键规格 $N \times d \times D \times B$	d_e	L	d	齿数 /个				
轻 系 列					$10 \times 82 \times 88 \times 12$	100				$8 \times 36 \times 42 \times 7$								
$6 \times 23 \times 26 \times 6$	63	56	22	12	$10 \times 92 \times 98 \times 14$	112	80	40	14	$8 \times 42 \times 48 \times 8$	90	63	32	12				
$6 \times 26 \times 30 \times 6$	71	63	27		$10 \times 102 \times 108 \times 16$		90			$8 \times 46 \times 54 \times 9$		71						
$6 \times 28 \times 32 \times 7$					$10 \times 112 \times 120 \times 18$	118				90					$8 \times 52 \times 60 \times 10$			
$8 \times 32 \times 36 \times 6$	56	中 系 列								$8 \times 56 \times 65 \times 10$	100	80						
$8 \times 36 \times 40 \times 7$	80	63	32		$6 \times 16 \times 20 \times 4$	63	50	22	$8 \times 62 \times 72 \times 12$	112								
$8 \times 42 \times 46 \times 8$					$6 \times 18 \times 22 \times 5$		71	56	27						$10 \times 72 \times 82 \times 12$			
$8 \times 46 \times 50 \times 9$	90	71	14		$6 \times 21 \times 25 \times 5$	27				12	$10 \times 82 \times 92 \times 12$				118			
$8 \times 52 \times 58 \times 10$					$6 \times 23 \times 28 \times 6$			63	32		$10 \times 92 \times 102 \times 14$							
$8 \times 56 \times 62 \times 10$	100	80	40		14	$6 \times 26 \times 32 \times 6$	32			12	$10 \times 102 \times 112 \times 16$	125						
$8 \times 62 \times 68 \times 12$						$6 \times 28 \times 34 \times 7$			$10 \times 112 \times 125 \times 18$									
$10 \times 72 \times 28 \times 12$						21			$8 \times 32 \times 38 \times 6$									

其中,标准规定 A 级滚刀用于加工 GB1144—2001《矩形花键尺寸公差和检验》规定的键宽公差为 d10、f9、h10,定心直径留有磨量的花键轴;B 级用于加工键侧和定心直径都留有磨量的花键轴。

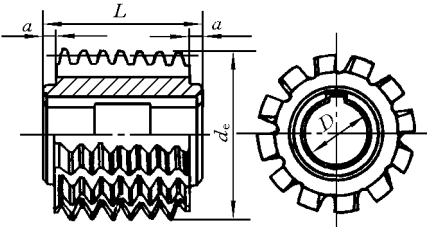
标记示例:

外径 $d_e=80$ mm,孔径 $d=32$ mm,用于加工 $8 \times 32 \times 38 \times 6$ 的花键轴的 A 级滚刀。

滚刀 $80 \times 32A \quad 8 \times 32 \times 38 \times 6 \quad GB10952-1989$ 。

齿轮滚刀的基本形式及规格如表 5-52 所示。

表 5-52 齿轮滚刀的基本形式及规格(GB6083—1985) (mm)



模数系列		I 型					II 型							
1	2	d_e	L	D	$a_{\min}$	齿数/个	d_e	L	D	$a_{\min}$	齿数/个			
1	1.25 1.5 2 2.5 3 3.25 3.5 3.75 4	63	63	27	5	16	50	32	22	5	12			
1.25		71	71	32		16	63	40						
1.5								50	27					
2		80	80	40		14	71	56						
2.5		90	90					63	32					
3		100	100	50		12	118	125	40					
3.25								132						
3.5		112	112	60		12	140	150	50					
3.75								170						
4		125	125	70		12	150	180	60					
5	5.5	140	140					200						
6	6.5	160	160	80		12	160	200	70		10			
7	7	180	180					220						
8	8	200	200	90		12	170	220	80					
10	9	220	220					250						

其中,① 本标准等效采用国际标准ISO2490—1975《带轴向键槽的单头整体齿轮滚刀的公称尺寸》。

② 本标准滚刀用于加工基准齿轮,按GB1356—1978《渐开线圆柱齿轮基准齿形》规定的齿形。

③ 滚刀 I 型适用于JB3327—1983《高精度齿轮滚刀通用技术条件》所规定的

AAA 级滚刀及 GB6084—1985《齿轮滚刀通用技术条件》所规定的 AA 级滚刀。Ⅱ型适用于 GB6085—1985 所规定的 AA、A、B、C 四种精度的滚刀。

④ 滚刀为单头、右旋,容屑槽是平行于轴线的直槽。

盘形剃齿刀的规格如表 5-53 所示。

表 5-53 盘形剃齿刀的规格(GB/T 14333—1993) (mm)

公称分度圆直径 $\phi 185\text{ mm}$ 、 $\alpha=20^\circ$

m_n	齿数/个	β	d	d_g	D	B
1	86	10°	89.53	87.327	31.743	16
1.25	67		87.79	85.042		
1.5	58		91.64	88.342		

公称分度圆直径 $\phi 180\text{ mm}$ 、 $\alpha=20^\circ$

m_n	齿数/个	$\beta=5^\circ$		$\beta=15^\circ$		D	B
		d	d_g	d	d_g		
1.25	115	149.25	144.3	153.77	148.822	63.5	20
1.5	115	178.66	173.159	184.09	178.585		
1.75	100	181.73	175.67	187.23	181.174		
2	83	171.857	166.634	176.26	171.857		
2.25	73	170.51	164.878	174.59	170.045		
2.5	67	174.33	168.14	179.60	173.41		
2.75	61	175.13	168.391	180.41	173.668		
3	53	168.51	159.607	172.31	164.61		
3.25	53	181.96	172.908	186.58	178.327		
3.5	47	175.73	158.128	179.76	170.304		
3.75	43	174.01	161.866	178.16	166.939		
4	41	177.73	164.626	181.88	169.786		
4.5	37	182.14	167.136	186.40	172.374		
5	31	173.49	155.592	177.36	160.469		
5.5	29	179.71	160.109	183.82	165.172		
6	27	184.32	162.619	187.85	167.716		

续表

公称分度圆直径 $\phi 240\text{ mm}$ 、 $\alpha=20^\circ$							
m_n	齿数/个	$\beta=5^\circ$		$\beta=15^\circ$		D	B
		d	$d_{\text{分}}$	d	$d_{\text{分}}$		
2	115	245.82	230.877	243.05	238.114	63.5	25
2.5	91	234.56	228.369	241.71	235.526		
3	73	227.54	219.836	234.43	226.726		
3.5	61	223.11	214.315	229.83	221.031		
4	53	222.71	212.81	229.38	219.479		
4.5	51	241.38	230.377	248.60	237.596		
5	43	239.91	215.821	244.68	222.584		
5.5	41	241.91	226.361	246.65	233.455		
6	37	240.71	222.848	246.47	229.831		
6.5	35	248.00	228.369	253.89	235.525		
7	31	240.20	217.829	245.81	224.655		
8	27	243.45	216.825	249.05	223.05		

6. 磨具

各种磨轮的形状及尺寸在《磨料、磨具标准》(GB2484~2495—1984)中已有规定。

磨内圆的磨轮其直径 d 根据磨孔直径 D 确定, $d=(0.8\sim 0.95)D$ 。内圆磨轮直径的选择如表 5-54 所示。

表 5-54 内圆磨轮直径的选择 (mm)

磨孔直径 D	磨轮直径 d	磨孔直径 D	磨轮直径 d
12~17	10	>55~70	50
>17~22	15	>70~80	65
>22~27	20	>80~100	75
>27~32	25	>100~130	90
>32~45	30	>130~150	115
>45~55	40	>150	125

磨内圆的磨轮,其宽度应根据孔径及孔长、工件材料及冷却方法来选择。孔越短、孔径越小,磨轮的宽度应越小。内圆磨轮宽度与磨孔直径的关系如表 5-55 所示。

表 5-55 内圆磨轮宽度与磨孔直径的关系 (mm)

磨孔直径 D	15	30	60	150	>150
磨轮宽度 B	25~32	32~40	40~63	63~75	63~100

5.1.2.2 常用量具与量仪

选择计量器具时,应根据被测零件的精度要求、零件的形状、体积、重量、生产批量、表面状况、测量方法、经济性等进行全面衡量。

在机械加工中,常用的计量器具有各种量规、游标卡尺、百分尺、千分尺、百分表、千分表、千分比较仪、90°角尺、方形平尺及正弦规等。在生产中,除大批大量生产和特殊形状零件采用高效专用量具和综合量具外,一般均采用通用量具。

1. 量具的选择

1) 根据测量要求和零件形状选择量具

(1) 根据测量内容和测量范围选择量具

测量内容包括长度(直径)测量、角度测量、形状和位置测量等。每种测量有用于各种测量方法的不同量具,每一种量具又有多种规格。因而选择使用的量具要满足测量内容及测量范围的需要。

(2) 根据零件形状选用量具

测量面的大小、长短及零件的刚性和测量空间、位置的不同,选用的量具也不同,只有采用合适的量具才能测量准确。

2) 根据零件精度选择量具

按GB/T 3177—1997《光滑工件尺寸的检验》规定,所选用的计量器具不确定度应等于或小于计量器具不确定度允许值,如表5-56所示。

表5-56 安全裕度及计量器具不确定度允许值

(mm)

工 件 公 差		安 全 裕 度	计 量 器 具 不 确 定 度 允 许 值
大 于	至	A	U_1
0.009	0.018	0.001	0.000 9
0.018	0.032	0.002	0.001 8
0.032	0.058	0.003	0.002 7
0.058	0.100	0.006	0.005 4
0.100	0.180	0.010	0.009
0.180	0.320	0.018	0.016
0.320	0.580	0.032	0.029
0.580	1.000	0.060	0.054
1.000	1.800	0.100	0.090
1.800	3.200	0.180	0.160

千分尺和游标卡尺的不确定度如表5-57所示。

表 5-57 千分尺和游标卡尺的不确定度 (mm)

尺寸范围		计量器具类型			
		分度值 0.01 外径千分尺	分度值 0.01 内径千分尺	读数值 0.02 游标卡尺	读数值 0.05 游标卡尺
大于	至	不 确 定 度			
0	50	0.004	0.008	0.020	0.050
50	100	0.005			
100	150	0.006			
150	200	0.007	0.013	0.020	0.100
200	250	0.008			
250	300	0.009			
300	350	0.010			
350	400	0.011			
400	450	0.012	0.020	0.025	0.150
450	500	0.013			
500	600				
600	700		0.030		
700	1 000				

其中,① 当采用比较测量时,千分尺的不确定度可小于本表规定的数值。

② 当所选用的计量器具达不到 GB 3177—1997 规定的 U_1 时,在一定范围内,可以采用大于 U_1 的数值,此时,需按下式重新计算出相应的安全裕度(A' 值),再由最大实体尺寸和最小实体尺寸分别向公差带内移动 A' 值,定出验收极限。

$$A' = \frac{1}{0.9}U_1$$

指示仪表的不确定度如表 5-58 所示。

当选用的量具达不到上述要求时,可用比较测量法。如用量块校对经千分尺检验过的零件长度或直径,可以减小千分尺的不确定度。对于一般工件亦可按直接被测尺寸公差的 1/10~1/3 选用(低精度工件取 1/10,高精度工件取 1/3)。

3)选用灵活合格的量具

① 自检灵活,测力适当,选用的量具要使用灵活、刻线清晰、对“0”位准确。同时指示仪表定位要准确无误,测力要掌握适当。

② 定期检查所有的量具要完整无损,部件齐全,经计量部门定期检查,鉴定合格才能使用。

随着科学技术的日新月异,先进的计量器具不断涌现,采用先进的量具是提高产品质量和工作效率的有力保证。

表 5-58 指示仪表的不确定度 (mm)

尺寸范围		所使用的计量器具			
		分度值为 0.001 的千分表 (c 级在全程范围内,1 级在 0.2 mm 内)分度值为 0.002 的千分表 (在 1 转范围内)	分度值为 0.001、0.002、0.005 的千分表 (1 级在全程范围内)分度值为 0.01 的百分表 (0 级在任意 1 mm 内)	分度值为 0.01 的百分表 (0 级在全程范围内,1 级在任意 1 mm 内)	分度值为 0.01 的百分表 (1 级在全程范围内)
大于	至	不 确 定 度			
25	25	0.005	0.010	0.018	0.030
40	40				
65	65				
90	90				
115	115				
115	165	0.006			
165	215				
215	265				
265	315				

2. 量具

1) 量规

量规的种类有工作量规、验收量规和校对量规等三类。检验工件最大实体尺寸(即孔为最小、轴为最大极限尺寸)的量规称为通规,用代号 T 表示;检验工件最小实体尺寸(即孔为最大、轴为最小极限尺寸)的量规称为止规,用代号 Z 表示。通规能通过,止规不能通过,则工件为合格品。

根据用途,量规有孔用、轴用极限量规、量块和螺纹塞规及螺纹环规等。

螺纹测量分综合测量和单项测量等两种。综合测量用于成批生产,如用螺纹量规检验螺纹;单项测量则用于精密螺纹检验和废品原因分析。

螺纹的各单项元素,如中径、大径、小径和牙型半角,可用工具显微镜、投影仪、万能测长仪、卧式光学仪等测量。螺纹中径的检验常用三针量法,测量精度要求不高时,可用螺纹千分尺和螺纹样板测量。

量块用以传递量值,作精密测量的基准件和校对量具。

2) 游标量具

(1) 普通游标卡尺

普通游标卡尺用来测量零件的内外直径、宽度和长度等。游标卡尺有普通游标

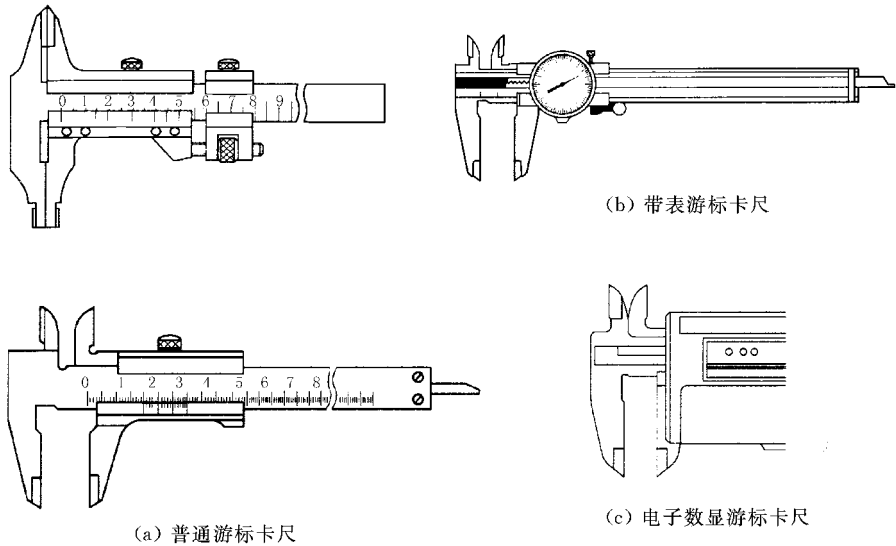


图 5-8 普通游标卡尺

卡尺(见图5-8(a))、带表游标卡尺(见图5-8(b))和电子数显游标卡尺(见图5-8(c))等数种。

普通游标卡尺的规格如表 5-59 所示。

表 5-59 普通游标卡尺的规格 (mm)

种类和型式		测量范围	读数值	示值误差
普通游标卡尺 (GB/T 1214.2—1996)	I 型	0~150	0.02, 0.05 0.10	0.02 为±0.02 0.05 为±0.05 0.1 为±0.1
	Ⅱ、Ⅲ型	0~200, 0~300		
	Ⅳ型	0~500, 0~1 000		
大量程游标卡尺 (ZBJ 42031—1989)		0~1 500, 0~2 000		
带表游标卡尺(I、Ⅱ型) (GB/T 6317—1993)		0~150	0.02	±0.02
		0~200		
		0~300		
电子数显游标卡尺 (GB/T 14899—1994)	I 型	0~150, 0~200	0.01	±0.01
	Ⅱ、Ⅲ型	0~200, 0~300		
	Ⅳ型	0~500		

(2) 高度游标卡尺

高度游标卡尺用于测量工件的高度尺寸、相对位置和精密刻线。常用的是普通高度游标卡尺(见图 5-9),目前还有电子数显高度游标卡尺。

高度游标卡尺的规格如表 5-60 所示。

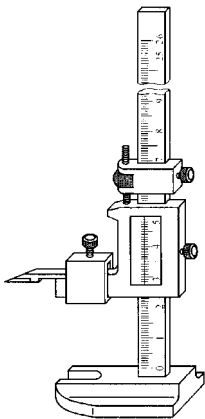


图 5-9 高度游标卡尺

表 5-60 高度游标卡尺的规格 (mm)

种 类	测 量 范 围	读 数 值	示 值 误 差
普通高度游标卡尺 (GB/T 1214.3—1996)	0~200	0.02	±0.02
	0~300		
	0~500	0.05	±0.05
	0~1 000		
电子数显高度游标卡尺 (JB 5609—1991)	0~200	0.01	±0.01
	0~300		
	0~500		

(3) 深度游标卡尺

深度游标卡尺用来测量孔的深度、槽的深度、台阶高度和长度等。它也有普通深度游标卡尺(见图 5-10)和电子数显深度游标卡尺两种。

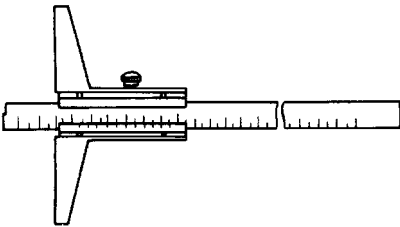


图 5-10 深度游标卡尺

深度游标卡尺的规格如表 5-61 所示。

表 5-61 深度游标卡尺的规格 (mm)

种 类	测 量 范 围	读 数 值	示 值 误 差
普通深度游标卡尺 (GB/T 1214.4—1996)	0~200,0~300	0.02	±0.02
	0~500	0.05	±0.05
电子数显深度游标卡尺 (JB 5608—1991)	0~300,0~500	0.01	±0.01

(4) 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺是用来测量齿轮的弦齿高和弦齿厚、固定弦齿高和弦齿厚,以及螺纹的牙厚等。它有普通齿厚游标卡尺(见图5-11)和电子数显齿厚游标卡尺两种。

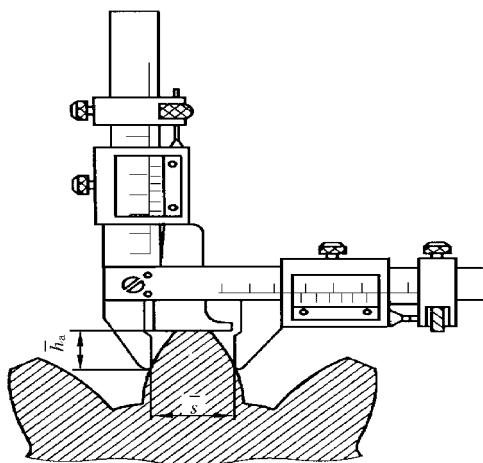


图 5-11 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺的规格如表 5-62 所示。

表 5-62 齿厚游标卡尺的规格

(mm)

种 类	测 量 范 围	读 数 值	示 值 误 差
普通齿厚游标卡尺 (GB/T6316—1996)	1~16, 1~25 5~32, 10~50	0.02	±0.02
电子数显齿厚游标卡尺	1~25, 5~32 10~50	0.01	±0.01

3) 千分尺

(1) 外径千分尺

外径千分尺用来测量零件的外径、厚度、高度、长度等。它有普通外径千分尺(见图5-12(a))、电子数显千分尺(见图5-12(b))和带计数器千分尺(见图5-12(c))等。

千分尺的规格如表 5-63 所示。

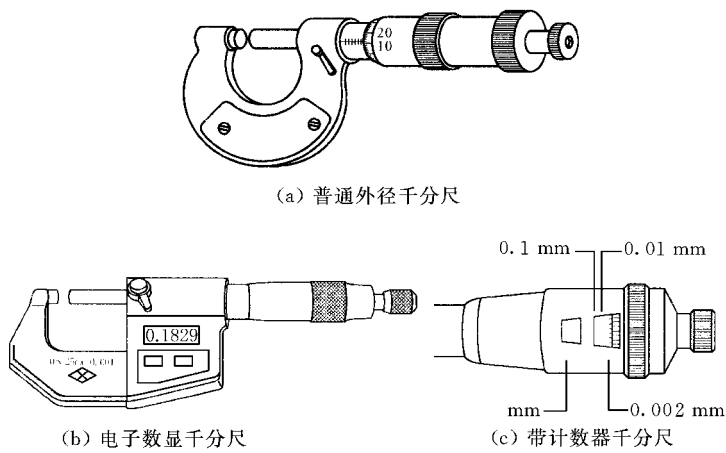


图 5-12 外径千分尺

表 5-63 千分尺的规格

(mm)

种 类	测量范围	读 数 值	示 值 误 差
外 径 千 分 尺 (GB/T 1216—2004)	0~25, 25~50, 50~75, 75~100, 100~125, 125~150, 150~175, 175~200, 200~225, 225~250, 250~275, 275~300, 300~400, 400~500, 500~600, 600~700, 700~800, 800~900, 900~1 000	0.01	0 级 +0.002 1 级 +0.004
大 外 径 千 分 尺 (JB/T 10007—1999)	1000~1 500, 1500~2000, 2000~2500, 2500~3000	0.01	
电 子 数 显 外 径 千 分 尺 (JB6079—1992)	0~25, 25~50, 50~75	0.001	
	75~99.999	0.000 1	
带 计 数 器 千 分 尺 (JB/T 4166—1999)	0~25, 25~50, 50~75, 75~100	计数器 读数值为 0.01 测微头 读数值为 0.002	

(2) 内径千分尺

内径千分尺用来测量零件的内径、槽宽以及量规的内尺寸等。它有两爪式千分尺(见图5-13(a))、单杠式千分尺(见图5-13(b))和三爪式千分尺(见图5-13(c))等。

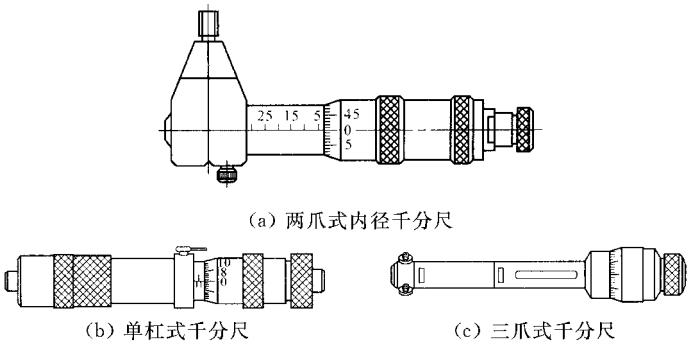


图 5-13 内径千分尺

内径千分尺的规格如表 5-64 所示。

表 5-64 内径千分尺的规格 (mm)

种 类	测 量 范 围	读数值	用 途
普通式内径千分尺	10~40	0.01	测量小尺寸孔径
两点内径千分尺 (GB/T8177—2004)	50~250, 50~600, 100~1 225, 100~1 500, 100~5 000, 150~1 250, 150~1 400, 150~2 000, 150~3 000, 150~4 000, 150~5 000, 250~2 000, 250~4 000, 250~5 000, 1 000~3 000, 1 000~4 000, 1 000~5 000, 2 500~5 000	0.01	测量大尺寸孔径
单杠式内径千分尺 (GB/T8177—2004)	50~75, 75~100, 100~125, 125~150, 150~175, 175~200, 200~225, 225~250, 250~275, 275~300	0.01	
三爪式内径千分尺 (GB/T6314—2004)	6~8, 8~10, 10~12, 11~14, 14~17, 17~20, 20~25, 25~30, 30~35, 35~40, 40~50, 50~60, 60~70, 70~80, 80~90, 90~100	0.01 0.005	测量中、小直径的精密内孔直径及内孔圆度误差

(3) 螺纹千分尺

螺纹千分尺用来测量外螺纹中径,它的外形如图 5-14 所示。为适应螺纹的不同螺距,其测量头可以调换。

螺纹千分尺的测量头规格如表 5-65 所示。

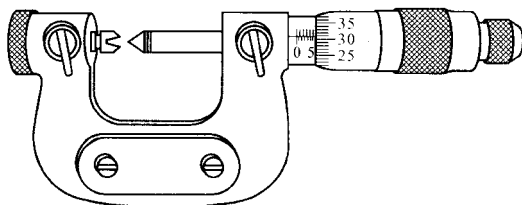


图 5-14 螺纹千分尺

表 5-65 螺纹千分尺的测量头规格(GB/T10932—1989)

(mm)

测量范围	测量头数量/副	测量头测量螺距的范围	读数値
0~25	5	0.4~0.5(1), 0.6~0.8(2), 1~1.25(3), 1.5~2(4), 2.5~3.5(5)	0.01
25~50	5	0.6~0.8, 1~1.25, 1.5~2, 2.5~3.5, 4~6 (6)	
50~75 75~100	4	1~1.25, 1.5~2, 2.5~3.5, 4~6	
100~125 125~150	3	1.5~2, 2.5~3.5, 4~6	

注:括号内为测头代号。

(4)其他千分尺

杠杆千分尺如图 5-15 所示。

与外径千分尺相比,增加了一套杠杆测微机构,测砧可微动调节,适用于批量较大、精度较高的中小工件的外径测量。

杠杆卡规如图 5-16 所示。

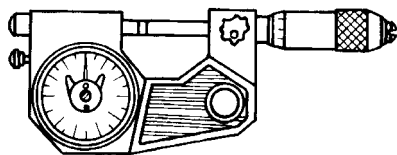


图 5-15 杠杆千分尺

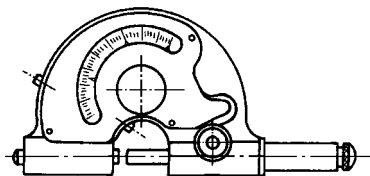


图 5-16 杠杆卡规

杠杆卡规用于测外尺寸,也可用于测几何形状误差,如圆度、圆柱度等。刻度值常见的有 0.002 mm 和 0.005 mm 两种。

公法线百分尺如图 5-17 所示。

用于测量齿轮公法线长度及其变动量。

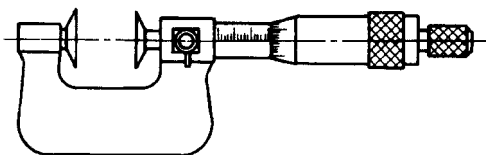
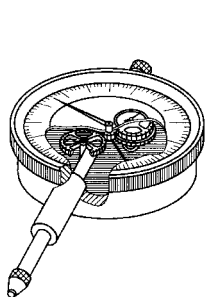


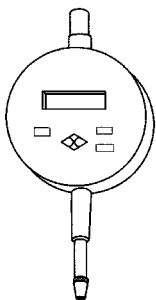
图 5-17 公法线百分尺

4) 千分表(百分表)

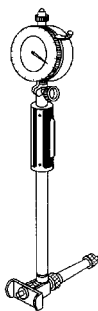
千分表用来检验机床的精度和零件的圆度、直线度、平面度和跳动等(内径表还可以测量孔径)。它有普通式千分表(见图 5-18(a))、电子数显式千分表(见图 5-18(b))、内径千分表(见图 5-18(c))和杠杆式千分表(见图 5-18(d))等几种。



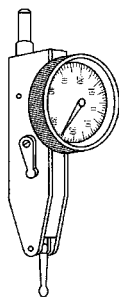
(a) 普通式千分表



(b) 电子数显式千分表



(c) 内径千分表



(d) 杠杆式千分表

图 5-18 千分表

千分表(百分表)的规格如表 5-66 所示。

表 5-66 千分表(百分表)的规格

(mm)

种 类	测 量 范 围	读数值
普通式千分表(GB/T 1219—2000)	0~3, 0~5, 0~10	0.01
大量程百分表(GB/T 6311—2004)	0~30, 0~50, 0~100	
千分表(GB 6309—1986)	0~1, 0~2, 0~3, 0~5	0.001
电子数显百分表	0~3, 0~5, 0~10, 0~25, 0~30	0.01
电子数显千分表	0~5, 0~9, 0~10	0.001
杠杆式千分表(GB/T 6310—1998)	0~0.8	0.01
杠杆指示表(GB/T 8123—1998)	0~0.2	0.002
内径指示表(GB/T 8122—2004)	6~10, 10~18, 18~35, 35~50, 50~100, 50~160, 100~160, 100~250, 160~250, 250~450	0.01
内径千分表		0.001

5) 角度尺

角度尺除了用来测量零件的角度外,还可用于画线、定位、定中心等。它有宽座直角尺(见图 5-19(a))、万能角尺(见图 5-19(b))、游标万能角度尺(见图 5-19(c)、(d))等几种。

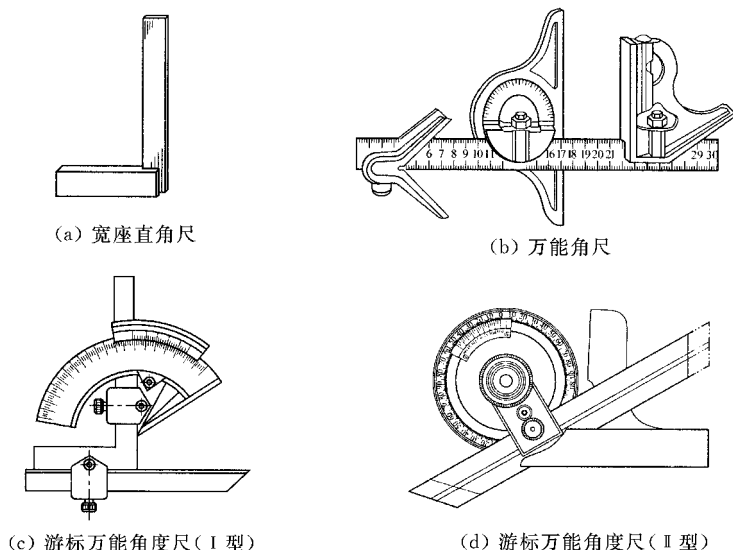


图 5-19 角度尺

角度尺的规格如表 5-67 所示。

表 5-67 角度尺的规格

(mm)

种 类	测量范围(或尺寸)		读数值(或精度)
	长边×短边		精度等级
宽座直角尺 (GB/T 6092—2004)	63×40, 125×800, 200×125, 315×200, 500×315, 800×500, 1 250×800, 1 600×1 000		0, 1, 2
万能角尺	钢尺长度 300		
游标万能 角尺	I 型	0°~320°	2', 5'
	II 型	0°~360°	5'

6) 水平仪

水平仪用来检验机床的水平或垂直位置、零件的平面度、直线度等。它有条式水平仪(见图 5-20(a))、框式水平仪(见图 5-20(b))和光学合像式水平仪(见图 5-20(c))等。

水平仪的规格如表 5-68 所示。

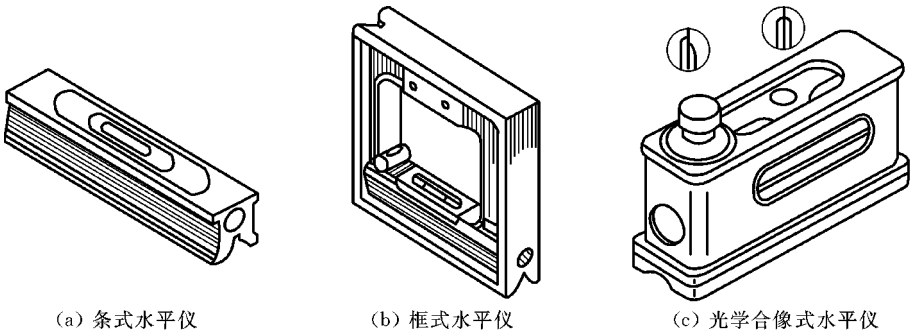


图 5-20 水平仪

表 5-68 水平仪的规格

种 类	工 作 面			读数值/mm
	长度/mm	宽度/mm	V 形夹角/(°)	
条式、框式水平仪 (GB/T 16455—1996)	100,	≥30	120	0.02,0.05,0.10
	150,200,	≥35	140	
	250,300	≥40		
电子式水平仪 (ZBJ 42027—1988)	100	25~35	120	0.005,0.01, 0.02,0.05
	150,200,	35~50	150	
	250,300			
光学合像式水平仪				0.01,0.02,0.05

7) 正弦规

正弦规与量块配合使用,可以测量零件的锥度或角度。它的外形如图5-21 所示。正弦规的规格用两滚柱中心距表示,它有 100 mm 和 200 mm 两种。

8) 塞尺

塞尺用来检验零件的两个结合面之间的间隙大小。它的外形如图 5-22 所示。

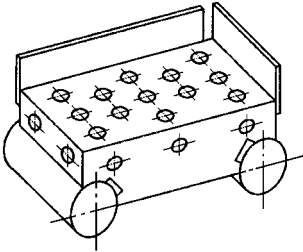


图 5-21 正弦规

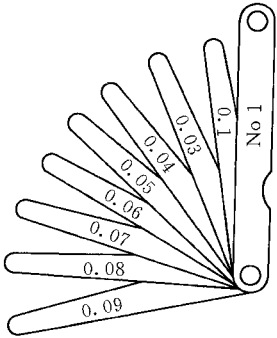


图 5-22 塞尺

塞尺的规格如表 5-69 所示。

表 5-69 塞尺的规格(JB/T 8788—1998)

型别	塞尺片长度/mm	塞尺片厚度系列及组装顺序/mm	每组片数/片
A 型和 B 型	75,100,150,200,300	保护片,0.02,0.03,0.04,0.05,0.06,0.07,0.08,0.09,0.10,保护片	13
		1.00,0.05,0.06,0.07,0.08,0.09,0.10,0.15,0.20,0.25,0.30,0.40,0.50,0.75	14
		0.50,0.02,0.03,0.04,0.05,0.06,0.07,0.08,0.09,0.10,0.15,0.20,0.25,0.30,0.35,0.40,0.45	17
		1.00,0.05,0.10,0.15,0.20,0.25,0.30,0.35,0.40,0.45,0.50,0.55,0.60,0.65,0.70,0.75,0.80,0.85,0.90,0.95	20
		0.50,0.02*,0.03*,0.04*,0.05*,0.06,0.07,0.08,0.09,0.10,0.15,0.20,0.25,0.30,0.35,0.40,0.45	21

其中,① 表中带 * 的塞尺片每组配置两片。保护片不计在片数内。

② 按用户需要可供应单片塞尺片。

③ A 型塞尺片端头为半圆形;B 型塞尺片前端为梯形,端头为弧形。

④ 塞尺片按厚度偏差及弯曲度,分为特级和普通级。

⑤ 成组塞尺的组别标记,以塞尺片长度、型别和片数表示,例如 300A21。

9) 半径样板

半径样板又称半径规,用来与被测圆弧作比较以确定被测圆弧的半径。凸形样板用来检验凹圆弧,凹形样板用来检验凸圆弧。用肉眼判断缝隙大小来确定圆弧是否符合要求。半径样板的外形如图 5-23 所示。

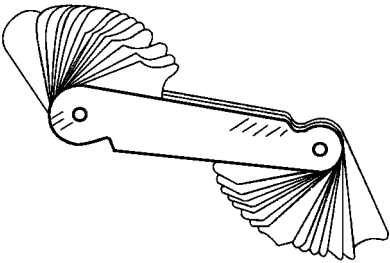


图 5-23 半径样板

半径样板的规格如表 5-70 所示。

表 5-70 半径样板的规格(JB/T 7980—1999) (mm)

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

10) 表面粗糙度比较样块

以样块工作面的表面粗糙度为标准,用接触、感官、目视和放大等方法与零件表面进行比较,从而判断其表面粗糙度。样块按表面加工方式不同有很多套,其中机加工的样块如图 5-24 所示。

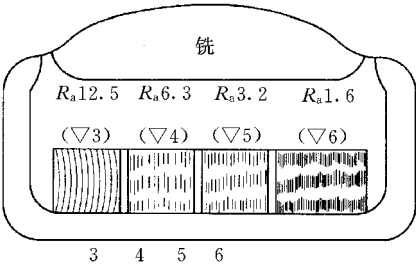


图 5-24 表面粗糙度比较样块(机加工)

机加工表面粗糙度样块的参数如表 5-71 所示。

表 5-71 机加工表面粗糙度样块的参数(GB/T6060.1—1997) (μm)

表面加工方式	表面粗糙度参数公称值
	R_a
磨	0.025,0.05,0.1,0.2,0.4,0.8,1.6,3.2
车、镗	0.4,0.8,1.6,3.2,6.3,12.5
铣	0.4,0.8,1.6,3.2,6.3,12.5
插、刨	0.8,1.6,3.2,6.3,12.5,25

3. 量仪

1) 扭簧比较仪

扭簧比较仪用来检验零件的形状偏差和跳动量。如果先用量块或标准样件调整好尺寸,还可以检验零件的尺寸。

扭簧比较仪的外形如图5-25所示。其读数值有0.001 mm和0.002 mm两种。

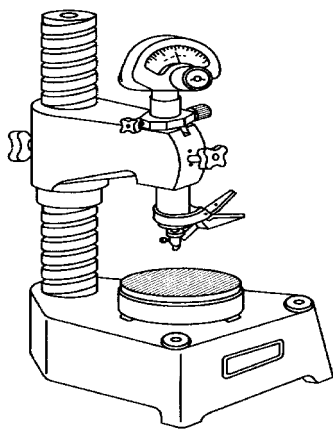


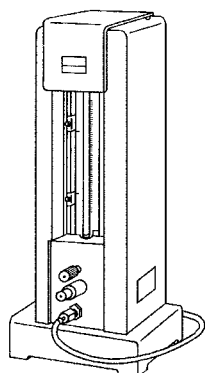
图 5-25 扭簧比较仪

2) 气动量仪

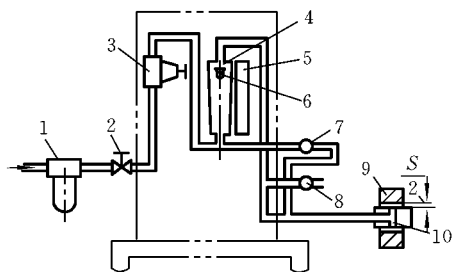
气动量仪用来检验零件的内径、外径、锥度、直线度、圆度、同轴度、垂直度和平面度等,也可以在机床自动生产线上作自动测量。

气动量仪可以用直接接触法或非接触法进行检验,它用于检验薄壁零件、表面不允许擦伤的零件更为有效。

气动量仪是利用空气气流相对流动的原理进行测量的,它不能直接读出尺寸,因此说是一种比较仪。气动量仪的外形和气流动作原理如图5-26所示。气动量



(a) 气动量仪外形



(b) 气流动作原理

图 5-26 气动量仪

- 1—过滤器;2—气阀;3—稳压器;4—玻璃管;5—标尺;
6—浮标;7—零位阀;8—倍率阀;9—被测件;10—喷嘴

仪的放大倍率有 2000、5000、10000 倍三种。

3) 圆度仪

圆度仪用来检验零件的圆度、圆柱度、同轴度、平面度、垂直度和跳动量等。圆度仪的外形如图 5-27 所示。圆度仪的放大倍率为 100~10 000。

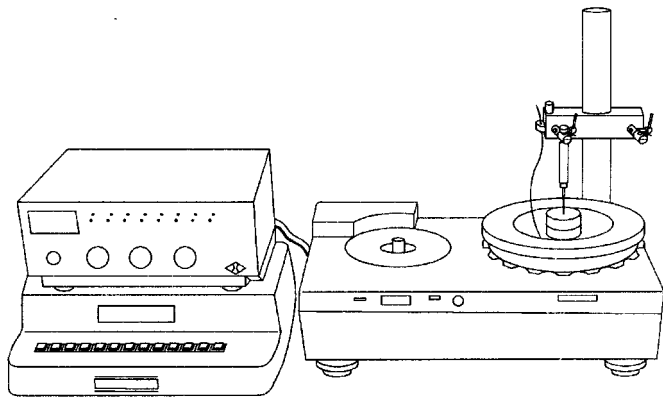


图 5-27 圆度仪

4) 精密圆度仪

精密圆度仪(见图 5-28)用来检验零件连续表面或断续表面的圆度、同轴度、平行度、垂直度和平面度等。检验结果可以自动显示,也可以自动记录实测曲线,用标准圆形板进行比较,即可得出被测轮廓的圆度误差值,一般其测量精度可达 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 。

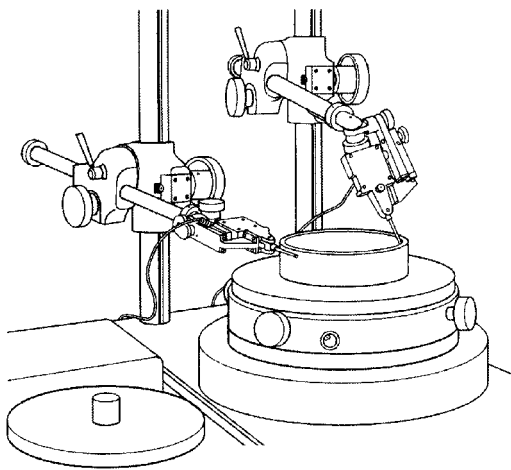


图 5-28 精密圆度仪

5) 万能工具显微镜

万能工具显微镜用来检验各种工具、样板、螺纹和齿轮等的几何尺寸。它有一套附件,如测量刀、光学灵敏杠杆、光学分度头、投影屏、V形架等,以适应对各种不同的零件进行检验,其测量精度可达0.001 mm。

近年来的万能工具显微镜,其读数窗用计算机系统控制显示,如图5-29所示。

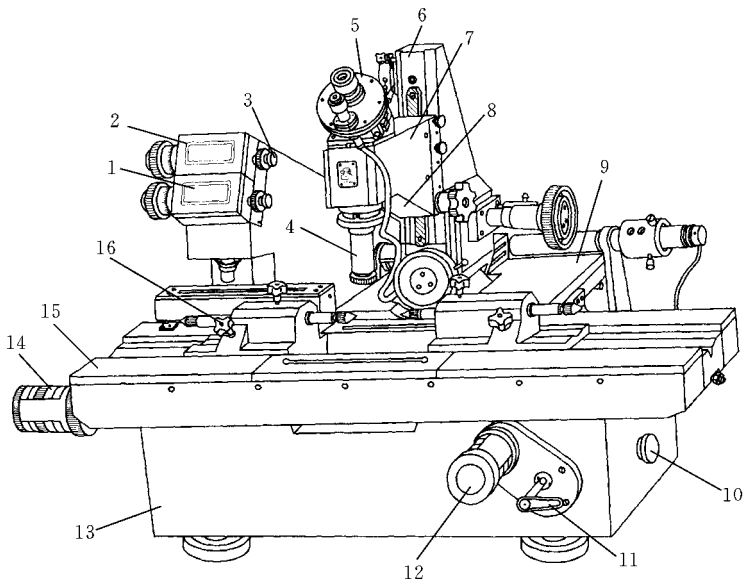


图 5-29 万能工具显微镜

- 1—横向读数窗;2—纵向读数窗;3—调零手轮;4—物镜;5—测角目镜;6—立柱;
7—臂架;8—反射照明器;9—横向滑台;10—仪器调平螺钉;11—横向锁紧手柄;
12—横向微动装置鼓轮;13—底座;11—纵向装置鼓轮;12—纵向滑台;16—紧固螺钉

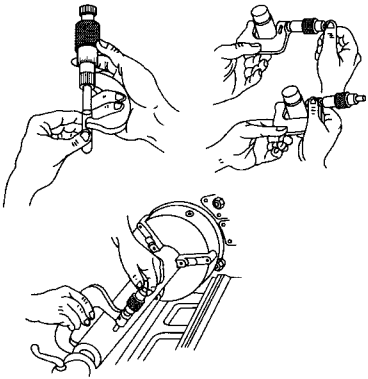
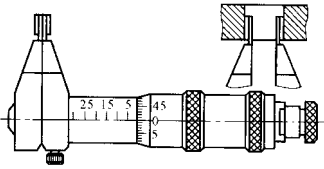
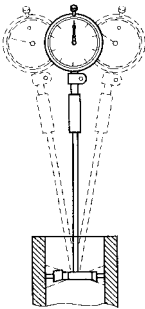
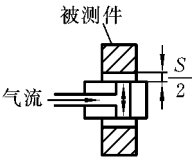
6) 量具和量仪的检验实例

量具和量仪的检验实例如表5-72所示。

表 5-72 量具和量仪的检验实例

检验项目	所用量具或量仪	示 图
外径	游标卡尺	

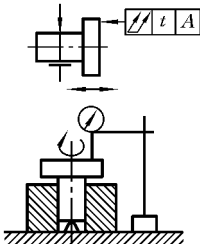
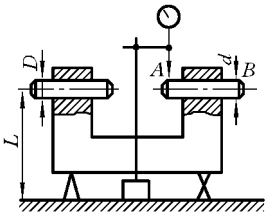
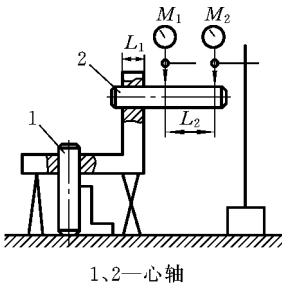
续表

检验项目	所用量具或量仪	示 图
外径	千分尺	
内径	内径千分尺	
	内径千分表	
	气动量仪	

续表

检验项目	所用量具或量仪	示 图
深度	深度千分尺	
角度	游标万能角度尺	
螺纹中径	螺纹千分尺	
圆跳动	两顶尖座、心轴、千分表、角尺、支架、平板	

续表

检验项目	所用量具或量仪	示 图
垂直度 (端面与 轴线)	顶尖座、平 板、千分表	
同轴度	心 轴、平 板、支 座、千 分表	
垂直度 (两孔轴线)	心 轴、平 板、角 尺、支 座、千分表	 1、2—心轴

5.2 工序余量、工序尺寸及公差

工序余量是相邻两工序的工序尺寸之差。对于外圆和孔等旋转表面,工序余量是指双边余量。平面的工序余量是单边余量。由于设计尺寸、工序尺寸、毛坯尺寸都有公差,所以工序余量有基本工序余量、最大余量、最小余量之分。

确定工序余量、工序尺寸及公差的方法如表 5-73 所示。

钻螺纹底孔的直径可按 JB/Z228—1985 选取或按下面的经验公式计算。

表 5-73 确定工序余量、工序尺寸及公差的方法

项 目	方 法
工序余量	(1)分析计算法。此法须有可靠的实际数据资料,目前应用较少 (2)经验估计法。根据工艺人员的实际经验确定加工余量,通常所取的加工余量偏大,一般用于单件小批生产 (3)查表法。查阅有关手册,再结合工厂的实际情况进行适当修正,此法应用较为普遍
工序尺寸及公差 的确定	(1)工艺基准与设计基准重合时,由最后一道工序开始,逐一向后推算工序基本尺寸,直到毛坯基本尺寸为止;各工序尺寸公差则按各工序的加工经济精度确定,并按“入体原则”确定上下偏差 (2)工艺基准与设计基准不重合时,需用工艺尺寸链分析计算

脆性材料(铸铁、青铜等):钻孔直径 $d_0 = d_{\text{螺纹大径}} - 1.1P$

韧性材料(钢、紫铜):钻孔直径 $d_0 = d_{\text{螺纹大径}} - P$

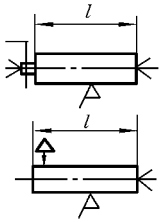
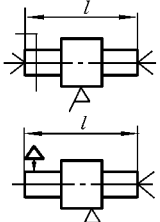
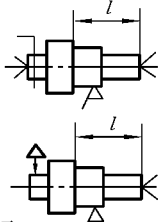
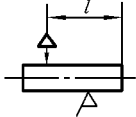
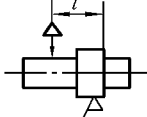
钻孔深度 = 螺纹长度 + $0.7d_{\text{螺纹大径}}$

式中, P 为螺纹的螺距(mm)。

5.2.1 外圆柱表面的加工余量

外圆柱表面的加工余量如表 5-74~表 5-81 所示。

表 5-74 轴的折算长度(确定半精车及磨削加工余量用)

光 轴	台 阶 轴	
 取 $L=l$ (1)	 取 $L=l$ (2)	 取 $L=2l$ (3)
 取 $L=2l$ (4)	 取 $L=2l$ (5)	

注:轴类零件在加工中受力变形与其长度和装夹方式(顶尖或卡盘)有关。轴的折算长度可分为表中五种情形。(1)、(2)、(3)轴件装在顶尖间或装在卡盘与顶尖间,相当于二支梁。其中(2)为加工轴的中段。(3)为加工轴的边缘(靠近端部的两段),轴的折算长度 L 是轴的端面到加工部分最远一端之间距离的2倍。(4)、(5)轴件仅一端夹紧在卡盘内,相当悬臂梁,其折算长度是卡爪端面到加工部分最远一端之间距离的2倍。

表 5-75 粗车外圆后半精车的加工余量 (mm)

轴的 直径 d	零件长度 L						粗车外圆 的公差为 IT13
	≤ 100	>100 ~ 250	>250 ~ 500	>500 ~ 800	>800 $\sim 1\,200$	$>1\,200$ $\sim 2\,000$	
	直径余量 a						
≤ 10	0.8	0.9	1.0	—	—	—	0.22
$>10\sim 18$	0.9	0.9	1.0	1.1	—	—	0.27
$>18\sim 30$	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	—	0.33
$>30\sim 50$	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	0.39
$>50\sim 80$	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	0.46
$>80\sim 120$	1.1	1.2	1.2	1.4	1.6	1.9	0.54
$>120\sim 180$	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	0.63
$>180\sim 250$	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	0.72

注:在单件或小批生产时,本表数值需乘上系数 1.3,并化成一位小数,这时的粗车外圆公差带为 IT15。

表 5-76 用金刚石刀精车外圆加工余量 (mm)

零件材料	零件基本尺寸	直径加工余量
轻合金	≤ 100	0.3
	>100	0.5
青铜及铸铁	≤ 100	0.3
	>100	0.4
钢	≤ 100	0.2
	>100	0.3

其中,① 如果采用两次车削(半精车及精车),则精车的加工余量为 0.1 mm。

② 精车前零件加工的公差按 h9、h8 决定。

③ 本表所列的加工余量适用于零件的长度为直径的 3 倍为限。超过此限时,加工余量应适当加大。

表 5-77 外圆磨削的加工余量 (mm)

轴 径	热处理 状态	长 度			轴 径	热处理 状态	长 度		
		≤ 100	>100 ~ 250	>250 ~ 500			≤ 100	>100 ~ 250	>250 ~ 500
≤ 10	未淬硬 淬硬	0.2 0.3	0.2 0.3	0.3 0.4	$>50\sim 80$	未淬硬 淬硬	0.3 0.4	0.4 0.5	0.4 0.5

续表

轴 径	热处理 状态	长度			轴 径	热处理 状态	长度		
		≤100	>100 ~250	>250 ~500			≤100	>100 ~250	>250 ~500
>10~18	未淬硬 淬硬	0.2 0.3	0.3 0.3	0.3 0.4	>80~120	未淬硬 淬硬	0.4 0.5	0.4 0.5	0.5 0.6
>18~30	未淬硬 淬硬	0.3 0.3	0.3 0.4	0.3 0.4	>120~180	未淬硬 淬硬	0.5 0.5	0.5 0.6	0.6 0.7
>30~50	未淬硬 淬硬	0.3 0.4	0.3 0.4	0.4 0.5	>180~250	未淬硬 淬硬	0.5 0.6	0.6 0.7	0.6 0.7

表 5-78 研磨外圆的加工余量 (mm)

直 径	直径余量 a	直 径	直径余量 a
≤10	0.005~0.008	>50~80	0.008~0.012
>10~18	0.006~0.008	>80~120	0.010~0.014
>18~30	0.007~0.010	>120~180	0.012~0.016
>30~50	0.008~0.010	>180~250	0.015~0.020

注:经过精磨的零件,其手工研磨余量为 0.003~0.008 mm。

表 5-79 超精加工余量

上工序表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	直径加工余量/mm
>0.63~1.25	0.01~0.02
>0.16~0.63	0.003~0.01

表 5-80 抛光外圆加工余量 (mm)

零件基本尺寸	≤100	>100~200	>200~700	>700
直径余量	0.1	0.3	0.4	0.5

注:抛光前的加工精度为 IT7 级。

表 5-81 端面精车及磨削余量 (mm)

轴 径	零 件 全 长											
	≤18		>18~50		>50~120		>120~260		>260~500		>500	
	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削
≤30	0.5	0.2	0.6	0.3	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6
>30~50	0.5	0.3	0.6	0.3	0.7	0.4	0.8	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6
>50~120	0.7	0.3	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6	1.2	0.6
>120~260	0.8	0.4	0.8	0.4	1.0	0.5	1.0	0.5	1.2	0.6	1.4	0.7
>260~500	1.0	0.5	1.0	0.5	1.2	0.5	1.2	0.6	1.4	0.7	1.5	0.7
>500	1.2	0.6	1.2	0.6	1.4	0.6	1.4	0.7	1.5	0.8	1.7	0.8

5.2.2 内孔加工余量

内孔加工余量如表 5-82～表 5-92 所示。

表 5-82 按照 7 级或 8 级、9 级精度加工预先铸出或冲出的孔 (mm)

加工 孔的 直径	直 径						加工 孔的 直径	直 径					
	粗 镗		精 镗		粗 铰	精 铰 H7 或 H8、H9		粗 镗		精 镗		粗 铰	精 铰 H7 或 H8、H9
	第一 次	第二 次	镗以 后的 直径	按照 H11 上 偏差				第一 次	第二 次	镗以 后的 直径	按照 H11 上 偏差		
30	—	28.0	29.8	+0.13	29.93	30	88	83	86.0	87.3	+0.22	87.85	88
32	—	30.0	31.7	+0.16	31.93	32	90	85	88.0	89.3	+0.22	89.85	90
35	—	33.0	34.7	+0.16	34.93	35	92	87	90.0	91.3	+0.22	91.85	92
38	—	36.0	37.7	+0.16	37.93	38	95	90	93.0	94.3	+0.22	94.85	95
40	—	38.0	39.7	+0.16	39.93	40	98	93	96.0	97.3	+0.22	97.85	98
42	—	40.0	41.7	+0.16	41.93	42	100	95	98.0	99.3	+0.22	99.85	100
45	—	43.0	44.7	+0.16	44.93	45	105	100	103.0	104.3	+0.22	104.8	105
48	—	46.0	47.7	+0.16	47.93	48	110	105	108.0	109.3	+0.22	109.8	110
50	45	48.0	49.7	+0.16	49.93	50	115	110	113.0	114.3	+0.22	114.8	115
52	47	50.0	51.5	+0.19	51.92	52	120	115	118.0	119.3	+0.22	119.8	120
55	51	53.0	54.5	+0.19	54.92	55	125	120	123.0	124.3	+0.25	124.8	125
58	54	56.0	57.5	+0.19	57.92	58	130	125	128.0	129.3	+0.25	129.8	130
60	56	58.0	59.5	+0.19	59.92	60	135	130	133.0	134.3	+0.25	134.8	135
62	58	60.0	61.5	+0.19	61.92	62	140	135	138.0	139.3	+0.25	139.8	140
65	61	63.0	64.5	+0.19	64.92	65	145	140	143.0	144.3	+0.25	144.8	145
68	64	66.0	67.5	+0.19	67.90	68	150	145	148.0	149.3	+0.25	149.8	150
70	66	68.0	69.5	+0.19	69.90	70	155	150	153.0	154.3	+0.25	154.8	155
72	68	70.0	71.5	+0.19	71.90	72	160	155	158.0	159.3	+0.25	159.8	160
75	71	73.0	74.5	+0.19	74.90	75	165	160	163.0	164.3	+0.25	164.8	165
78	74	76.0	77.5	+0.19	77.90	78	170	165	168.0	169.3	+0.25	169.8	170
80	75	78.0	79.5	+0.19	79.90	80	175	170	173.0	174.3	+0.25	174.8	175
82	77	80.0	81.3	+0.22	81.85	82	180	175	178.0	179.3	+0.25	179.8	180
85	80	83.0	84.3	+0.22	84.85	85	185	180	183.0	184.3	+0.29	184.8	185

其中,① 用磨削作为孔的最后加工方法时,精镗以后的直径根据表 5-84 查得。

② 用金刚石细镗作为孔的最后加工方法时,精镗以后的直径根据表 5-88 查得。

③ 如铸出的孔有很大的加工余量时,则第一次粗镗可以分成两次或多次。

④ 如仅用一次铰孔时,则铰孔的加工余量为本表中粗铰与精铰的加工余量之总和。

表 5-83 基孔制 7、8、9 级(H7、H8、H9)孔的加工余量 (mm)

加工孔的直径	直 径						加工孔的直径	直 径					
	钻		用车刀镗以后	扩孔钻	粗铰	精铰H7 或H8、H9		钻		用车刀镗以后	扩孔钻	粗铰	精铰H7 或H8、H9
	第一次	第二次						第一次	第二次				
3	2.9	—	—	—	—	3	14	13.0	—	—	13.85	13.95	14
4	3.9	—	—	—	—	4	15	14.0	—	—	14.85	14.95	15
5	4.8	—	—	—	—	5	16	15.0	—	—	15.85	15.95	16
6	5.8	—	—	—	—	6	18	17.0	—	—	17.85	17.94	18
8	7.8	—	—	—	7.96	8	20	18.0	—	19.8	19.8	19.94	20
10	9.8	—	—	—	9.96	10	22	20.0	—	21.8	21.8	21.94	22
12	11.0	—	—	11.85	11.95	12	24	22.0	—	23.8	23.8	23.94	24
13	12.0	—	—	12.85	12.95	13	25	23.0	—	24.8	24.8	24.94	25
26	24.0	—	25.8	25.8	25.94	26	50	25.0	48.0	49.7	49.75	49.93	50
28	26.0	—	27.8	27.8	27.94	28	60	30	55.0	59.5	—	59.9	60
30	15.0	28	29.8	29.8	29.93	30	70	30	65.0	69.5	—	69.9	70
32	15.0	30.0	31.7	31.75	31.93	32	80	30	75.0	79.5	—	79.9	80
35	20.0	33.0	34.7	34.75	34.93	35	90	30	80.0	89.3	—	89.8	90
38	20.0	36.0	37.7	37.75	37.93	38	100	30	80.0	99.3	—	99.8	100
40	25.0	38.0	39.7	39.75	39.93	40	120	30	80.0	119.3	—	119.8	120
42	25.0	40.0	41.7	41.75	41.93	42	140	30	80.0	139.3	—	139.8	140
45	25.0	43.0	44.7	44.75	44.93	45	160	30	80.0	159.3	—	159.3	160
48	25.0	46.0	47.7	47.75	47.93	48	180	30	80.0	179.3	—	179.8	180

其中,① 在铸铁上加工直径到 15 mm 的孔时,不用扩孔钻扩孔。

② 在铸铁上加工直径为30 mm 与32 mm 的孔时,仅用直径为28 mm 与30 mm 的钻头钻一次。

③ 用磨削作为孔的最后加工方法时,精镗以后的直径根据表 5-84 查得。

④ 用金刚石细镗作为孔的最后加工方法时,精镗以后的直径根据表 5-88 查得。

⑤ 如仅用一次铰孔,则铰孔的加工余量为本表中粗铰与精铰的加工余量总和。

表 5-84 磨孔的加工余量 (mm)

孔的直径 d	零件性质	磨孔长度 L				磨前加工公差 H11	孔的直径 d	零件性质	磨孔长度 L				磨前加工公差 H11
		≤50	>50 ~100	>100 ~200	>200 ~300				≤50	>50 ~100	>100 ~200	>200 ~300	
		直径余量 a							直径余量 a				
>6 ~10	未淬硬 淬硬	0.2 0.2				0.09	>120 ~180	未淬硬 淬硬	0.6 0.6	0.6 0.6	0.6 0.6	0.25	
>10 ~18	未淬硬 淬硬	0.2 0.3	0.3 0.4			0.11	>180 ~250	未淬硬 淬硬	0.6 0.7	0.6 0.7	0.7 0.7	0.29	
>18 ~30	未淬硬 淬硬	0.3 0.3	0.3 0.4	0.4 0.4		0.13	>250 ~315	未淬硬 淬硬	0.7 0.7	0.7 0.8	0.7 0.8	0.32	
>30 ~50	未淬硬 淬硬	0.3 0.4	0.3 0.4	0.4 0.4	0.4 0.5	0.16	>315 ~400	未淬硬 淬硬	0.7 0.7	0.7 0.8	0.7 0.8	0.36	
>50 ~80	未淬硬 淬硬	0.4 0.4	0.4 0.5	0.4 0.5	0.4 0.5	0.19	>400 ~500	未淬硬 淬硬	0.8 0.8	0.8 0.8	0.8 0.8	0.40	
>80 ~120	未淬硬 淬硬	0.5 0.5	0.5 0.5	0.5 0.6	0.5 0.6	0.22							

注:对于热处理时极易变形的薄轴套及其他零件,或单件、小批生产时,应将表中数值乘以 1.3。

表 5-85 研磨孔的加工余量 (mm)

孔基本尺寸	铸 铁	钢	孔基本尺寸	铸 铁	钢
≤25	0.010~0.020	0.005~0.015	>125~300	0.080~0.160	0.020~0.050
>25~125	0.020~0.100	0.010~0.040	>300~500	0.120~0.200	0.040~0.060

注:经过精磨的零件,手工研磨余量为 0.005~0.010 mm。

表 5-86 珩磨孔的加工余量 (mm)

孔的 直径 d	直 径 余 量 a						珩磨前 的加工 公差 H7
	细镗以后		精镗以后		磨以后		
	材 料						
	铸 铁	钢	铸 铁	钢	铸 铁	钢	
≤ 50	0.09	0.06	0.09	0.07	0.08	0.05	0.025
$> 50 \sim 80$	0.10	0.07	0.10	0.08	0.09	0.05	0.030
$> 80 \sim 120$	0.11	0.08	0.11	0.09	0.10	0.06	0.035
$> 120 \sim 180$	0.12	0.09	0.12	—	0.11	0.07	0.040
$> 180 \sim 250$	0.12	0.09	—	—	0.12	0.08	0.046

表 5-87 刮孔加工余量 (mm)

孔基本尺寸	孔 长 度			
	≤100	>100~200	>200~300	>300
	直 径 余 量			
≤80	0.05	0.08	0.12	—
>80~180	0.10	0.15	0.20	0.30
>180~360	0.15	0.20	0.25	0.30
>360	0.20	0.25	0.30	0.35

其中,① 刮孔前的加工精度为 H7。

② 如两轴承相连,则刮孔前两轴承的公差均以大轴承的公差为准。

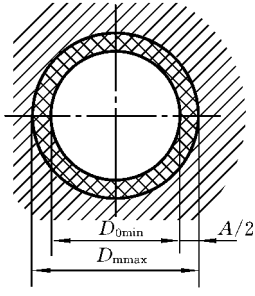
③ 表中列举的刮孔加工余量,是根据正常加工条件而定的,当轴线有显著弯曲时,应将表中数值增大。

表 5-88 金刚石细镗孔的加工余量 (mm)

加工孔 的直径 d	材 料								细镗前 加工精 度 H9
	轻合金		巴氏合金		青铜、铸铁		钢		
	加 工 性 质								
	粗	精	粗	精	粗	精	粗	精	
	直径余量 a								
≤ 30	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.052
$>30\sim 50$	0.3	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.062
$>50\sim 80$	0.4	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.074
$>80\sim 120$	0.4	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.087
$>120\sim 180$	0.5	0.1	0.6	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.100
$>180\sim 250$	0.5	0.1	0.6	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.115
$>250\sim 315$	0.5	0.1	0.6	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.130
$>315\sim 400$	0.5	0.1	0.6	0.2	0.5	0.2	0.3	0.1	0.140

注:当采用一次镗削时,加工余量应该是粗加工余量加上精加工余量。

表 5-89 圆拉刀的拉削余量 (mm)

工件 图 形	 A——拉削余量 L_0——拉削长度 D_0——预制孔直径 D_m——拉削后孔直径	预 制 孔	计算拉削余量的经验公式
		钻 孔	$A=0.005D_m+(0.1\sim0.2)\sqrt{L_0}$
		扩 孔	$A=0.005D_m+(0.075\sim0.1)\sqrt{L_0}$
		镗 孔	$A=0.005D_m+(0.005\sim0.1)\sqrt{L_0}$

查表法

L_0	预 制 孔									
	钻孔(精度 IT13~IT11,表面粗糙度 $R_a25\sim12.5\mu\text{m}$)					扩孔、镗孔、粗铰孔(精度 IT10~IT9,表面粗糙度 $R_a12.5\sim6.3\mu\text{m}$)				
	D_m									
	$\begin{matrix} >10 \\ \sim 18 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >18 \\ \sim 30 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >30 \\ \sim 50 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >50 \\ \sim 80 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >80 \\ \sim 120 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >10 \\ \sim 18 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >18 \\ \sim 30 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >30 \\ \sim 50 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >50 \\ \sim 80 \end{matrix}$	$\begin{matrix} >80 \\ \sim 120 \end{matrix}$
$>6\sim10$	0.4	0.5	—	—	—	0.3	0.3	—	—	—
$>10\sim18$	0.4	0.6	0.7	0.8	—	0.3	0.4	0.4	0.5	—
$>18\sim30$	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8
$>30\sim50$	0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9
$>50\sim80$	—	0.9	1.0	1.1	1.2	—	0.6	0.6	0.8	0.9
$>80\sim120$	—	—	1.1	1.2	1.3	—	—	0.7	0.9	1.0
$>120\sim180$	—	—	1.2	1.3	1.4	—	—	—	1.0	1.1
>180	—	—	—	1.4	1.4	—	—	—	1.0	1.1

其中,① 在工艺条件允许下,拉削余量尽量取小值。

② 钻削的预制孔直径应与标准钻头直径尺寸相适应。

表 5-90 多边形孔拉削余量 (mm)

孔内最大边长	余 量	预加工尺寸上偏差
10~18	0.8	+0.24
>18~30	1.0	+0.28
>30~50	1.2	+0.34
>50~80	1.5	+0.40
>80~120	1.8	+0.46

表 5-91 单刃钻后深孔加工余量 (mm)

孔基本 尺寸	加工后经热处理						加工后不经热处理					
	钻 孔 深 度											
	≤1 000	>1 000 ~2 000	>2 000 ~3 000	>3 000 ~5 000	>5 000 ~7 000	>7 000 ~10 000	≤1 000	>1 000 ~2 000	>2 000 ~3 000	>3 000 ~5 000	>5 000 ~7 000	>7 000 ~10 000
	直 径 余 量											
>35~100	4	6	8	10	—	—	2	4	6	8	—	—
>100~180	4	6	8	10	12	14	2	4	6	8	10	12
>180~400	—	—	—	12	14	16	—	—	—	10	12	14

表 5-92 花键孔拉削余量 (mm)

花 键 规 格		定 心 方 式	
键数 z /个	外径 D	外 径 定 心	内 径 定 心
6	35~42	0.4~0.5	0.7~0.8
6	45~50	0.5~0.6	0.8~0.9
6	55~90	0.6~0.7	0.9~1.0
10	30~42	0.4~0.5	0.7~0.8
10	45	0.5~0.6	0.8~0.9
16	38	0.4~0.5	0.7~0.8
16	50	0.5~0.6	0.8~0.9

5.2.3 平面加工余量

平面加工余量如表 5-93~表 5-96 所示。

表 5-93 平面加工余量 (mm)

加 工 性 质	加工面长度	加工面宽度					
		≤100		>100~300		>300~1 000	
		余量 a	公差	余量 a	公差	余量 a	公差
粗加工后精刨或精铄	≤300	1	0.3	1.5	0.5	2	0.7
	>300~1 000	1.5	0.5	2	0.7	2.5	1.0
	>1 000~2 000	2	0.7	2.5	1.2	3	1.2
精加工后磨削,零件在装置时未经校准	≤300	0.3	0.1	0.4	0.12	—	—
	>300~1 000	0.4	0.12	0.5	0.15	0.6	0.15
	>1 000~2 000	0.5	0.15	0.6	0.15	0.7	0.15
精加工后磨削,零件装置在夹具中,或用百分表校准	≤300	0.2	0.1	0.25	0.12	—	—
	>300~1 000	0.25	0.12	0.3	0.15	0.4	0.15
	>1 000~2 000	0.3	0.15	0.4	0.15	0.4	0.15
刮 削	≤300	0.15	0.06	0.15	0.06	0.2	0.1
	>300~1 000	0.2	0.1	0.2	0.1	0.25	0.12
	>1 000~2 000	0.25	0.12	0.25	0.12	0.3	0.15

其中,① 如几个零件同时加工,长度及宽度是指装置在一起的各零件长度或宽度及各零件之间的间隙的总和。

② 精刨或精铣时,最后一次行程前留的余量应大于或等于 0.5 mm。

③ 热处理的零件,磨前加工余量应按表中数值乘以 1.2。

④ 磨削及刮削的加工余量和公差用于有公差的面加工。

表 5-94 研磨平面加工余量 (mm)

平 面 长 度	平 面 宽 度		
	≤25	>25~75	>75~150
≤25	0.005~0.007	0.007~0.010	0.010~0.014
>25~75	0.007~0.010	0.010~0.014	0.014~0.020
>75~150	0.010~0.014	0.014~0.020	0.020~0.024
>150~260	0.014~0.018	0.020~0.024	0.024~0.030

注:经过精磨的零件,手工研磨余量,每面 0.003~0.005 mm;机械研磨余量,每面 0.005~0.010 mm。

表 5-95 凹槽加工余量及偏差 (mm)

凹槽尺寸			宽 度 余 量		宽 度 偏 差	
长	深	宽	粗铣后半精铣	半精铣后磨	粗铣(1T12~1T13)	半精铣(1T11)
≤80	≤60	>3~6	1.5	0.5	+0.12~+0.18	+0.075
		>6~10	2.0	0.7	+0.15~+0.22	+0.09
		>10~18	3.0	1.0	+0.18~+0.27	+0.11
		>18~30	3.0	1.0	+0.21~+0.33	+0.13
		>30~50	3.0	1.0	+0.25~+0.39	+0.16
		>50~80	4.0	1.0	+0.30~+0.46	+0.19
		>80~120	4.0	1.0	+0.35~+0.54	+0.22

其中,① 半精铣后磨凹槽的加工余量,适用于半精铣后经热处理和未经热处理的零件。

② 宽度余量指双面余量(即每面余量是表中所列数值的 1/2)。

表 5-96 外表面拉削余量 (mm)

工 件 状 态		单 面 余 量
小件	铸 造	4~5
	模锻或精密铸造	2~3
	经预先加工	0.3~0.4
中件	铸 造	5~7
	模锻或精密铸造	3~4
	经预先加工	0.5~0.6

5.2.4 齿轮、蜗轮、花键的精加工余量

齿轮精加工余量如表 5-97 所示。珩齿加工余量如表 5-98 所示。

表 5-97 齿轮精加工余量 (mm)

模 数		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
精滚齿或精插齿		0.6	0.75	0.9	1.05	1.2	1.35	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2
磨 齿		0.15	0.2	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.4	0.45	0.5
剃 齿	D	≤ 50	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12					
		$> 50 \sim 100$	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14					
		$> 100 \sim 200$	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16					

注:① 本表为双面余量。

② D 为齿轮直径。

表 5-98 珩齿加工余量 (mm)

珩齿工艺要求	单面余量
珩前齿形经剃齿精加工,珩齿主要用于改善齿面质量	0.005~0.025 (中等模数取 0.015~0.020)
磨齿后珩齿以降低齿面粗糙度	0.003~0.005

蜗杆和蜗轮精加工余量如表 5-99 所示。

表 5-99 蜗杆和蜗轮的精加工余量 (mm)

模 数		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蜗 杆	粗铣后	0.7~	1.0~	1.2~	1.2~	1.4~	1.4~	1.6~	1.6~	1.6~	1.8~	1.8~
	精车	0.8	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0
	淬火后	0.2~	0.3~	0.4~	0.4~	0.5~	0.5~	0.6~	0.6~	0.6~	0.7~	0.7~
		磨削	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
蜗 轮		0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0

花键精加工余量如表 5-100 所示。

表 5-100 花键精加工余量 (mm)

精 铣					磨 削				
花键轴 的大径	花 键 长 度				花键轴 的大径	花 键 长 度			
	≤100	>100 ~200	>200 ~350	>350 ~500		≤100	>100 ~200	>200 ~350	>350 ~500
10~18	0.4~0.6	0.5~0.7	—	—	10~18	0.1~0.2	0.2~0.3	—	—
>18~30	0.5~0.7	0.6~0.8	0.7~0.9	—	>18~30	0.1~0.2	0.2~0.3	0.2~0.4	—
>30~50	0.6~0.8	0.7~0.9	0.8~1.0	—	>30~50	0.2~0.3	0.2~0.4	0.3~0.5	—
>50	0.7~0.9	0.8~1.0	0.9~1.2	1.2~1.5	>50	0.2~0.4	0.3~0.5	0.3~0.5	0.4~0.6

5.2.5 渗碳层切除余量

切除渗碳层余量如表 5-101 所示。

表 5-101 切除渗碳层余量 (mm)

渗碳层深度	0.4~0.6	>0.6~0.8	>0.8~1.1	>1.1~1.4	>1.4~1.8
直径余量	1.5~1.7	2~2.2	2.5~3.0	3.2~4.0	4.0~4.5
端面、平面单面余量	1.0~1.2	1.2~1.5	1.5~2.0	2.0~2.3	2.3~2.7

5.3 切削用量选择

确定方法是根据工件加工余量和粗、精加工要求,先选定背吃刀量 a_p ;然后按切削用量手册或工艺试验来确定进给量 f ;最后根据刀具寿命 T ,确定切削速度 v_c 。并检验机床功率是否允许。

在机械生产中有各种加工方法,其切削用量需根据不同情况来选取。

5.3.1 车削用量

车削时各种进给量及其参考数值如表 5-102~表 5-112 所示。

表 5-102 硬质合金车刀和高速钢车刀粗车外圆和端面时的进给量

车刀刀杆 尺寸 $B \times H$ /mm×mm	工件直径 /mm	碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢				铸铁、铜合金			
		背吃刀量 a_p /mm							
		≤3	>3~5	>5~8	>8~12	≤3	>3~5	>5~8	>8~12
		进给量 f /(mm·r ⁻¹)							
16×25	20	0.3~0.4	—	—	—	—	—	—	—
	40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	0.4~0.5	—	—	—
	60	0.5~0.7	0.4~0.6	0.3~0.5	—	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.6	—
	100	0.6~0.9	0.5~0.7	0.5~0.6	0.4~0.5	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.7
	400	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.6	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8
20×30 25×25	20	0.3~0.4	—	—	—	—	—	—	—
	40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	0.4~0.5	—	—	—
	60	0.6~0.7	0.5~0.7	0.4~0.6	—	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—
	100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8
	600	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9	1.2~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1
25×40	60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.7	—
	100	0.8~1.2	0.7~1.1	0.6~0.9	0.5~0.8	1.0~1.4	0.9~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9

其中,① 加工断续表面及加工有冲击时,表内进给量应乘系数 0.75~0.85。

② 加工耐热钢及其合金时,不采用大于 1.0 mm/r 的进给量。

③ 加工淬硬钢时,表内进给量应乘系数 0.8(当材料硬度为 44~56HRC 时)或乘系数 0.5(当硬度为 57~62HRC 时)。

④ 可转位刀片的允许最大进给量不应超过其刀尖圆弧半径值的 80%。

表 5-103 硬质合金外圆车刀半精车的进给量

工件材料	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	切削速度 范围/(m/min)	刀尖圆弧半径 r_ϵ /mm		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 f /(mm/r)		
铸 铁、青 铜、 铝合金	6.3	不限	0.25~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
	3.2		0.15~0.25	0.25~0.40	0.40~0.60
	1.6		0.10~0.20	0.15~0.20	0.20~0.35
碳钢、合金钢	6.3	≤ 50	0.30~0.50	0.45~0.60	0.55~0.70
		> 50	0.40~0.55	0.55~0.65	0.65~0.70
	3.2	≤ 50	0.18~0.25	0.25~0.30	0.30~0.40
		> 50	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.50
	1.6	≤ 50	0.10	0.11~0.15	0.15~0.22

表 5-104 按表面粗糙度要求选择车削时的进给量

工件材料	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	切削速度范围 $/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	刀尖圆弧半径 r_c/mm		
			0.5	1.0	2.0
			进 给 量 $f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$		
铸铁	6.3	不 限	0.25~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
青铜	3.2		0.15~0.25	0.25~0.40	0.40~0.60
铝合金	1.6		0.10~0.15	0.15~0.20	0.20~0.35
碳钢 合金钢	6.3	≤ 50	0.30~0.50	0.45~0.60	0.55~0.70
		> 50	0.40~0.55	0.55~0.65	0.65~0.70
	3.2	≤ 50	0.18~0.25	0.25~0.30	0.30~0.40
		> 50	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.50
	1.6	≤ 50	0.10	0.11~0.15	0.15~0.22
		50~100	0.11~0.16	0.16~0.25	0.25~0.35
		> 100	0.16~0.20	0.20~0.25	0.25~0.35

其中,① 加工耐热钢及其合金、钛合金,切削速度大于 50m/min 时,表中进给量 f 应乘系数 0.7~0.8。

② 带修光刀的大进给切削法在 $f=1.0\sim1.5\text{mm/r}$ 时可获 $R_a=3.2\sim1.6\mu\text{m}$; 宽刃精车刀的进给量还可以更大些。

表 5-105 硬质合金及高速钢镗刀粗镗孔的进给量

镗刀或镗杆		加 工 材 料					
圆形镗刀 直径或方 形镗杆尺 寸/mm	镗刀或镗 杆伸出长 度/mm	碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢			铸铁、铜合金		
		背 吃 刀 量 a_p/mm					
		2	3	5	2	3	5
		进给量 $f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$					
1. 车 床 和 转 塔 车 床							
12	60	0.10	0.08	—	0.12~0.20	0.12~0.18	—
16	80	0.10~0.20	0.15	0.10	0.20~0.30	0.15~0.25	0.10~0.18
20	100	0.15~0.30	0.15~0.25	0.12	0.30~0.40	0.25~0.35	0.12~0.25
25	125	0.25~0.50	0.15~0.40	0.12~0.20	0.40~0.60	0.30~0.50	0.25~0.35
30	150	0.40~0.70	0.20~0.50	0.12~0.30	0.50~0.80	0.40~0.60	0.25~0.45
40	200	—	0.25~0.60	0.15~0.40	—	0.60~0.80	0.30~0.60
40×40	150	—	0.60~1.00	0.50~0.70	—	0.70~1.2	0.50~0.90
	300	—	0.40~0.70	0.30~0.60	—	0.60~0.90	0.40~0.70
60×60	150	—	0.90~1.20	0.80~1.00	—	1.00~1.50	0.80~1.20
	300	—	0.70~1.00	0.50~0.80	—	0.90~1.20	0.70~0.90

续表

镗刀或镗杆		加 工 材 料						
圆形镗刀 直径或方 形镗杆尺 寸/mm	镗刀或镗 杆伸出长 度/mm	碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢			铸铁、铜合金			
		背 吃 刀 量 a_p /mm						
		2	3	5	2	3	5	
		进给量 f /(mm $\cdot$ r $^{-1}$)						
2. 卧 式 镗 床								
孔 径 d / mm	≤ 50	$L < 10d$ $L = (10 \sim 20)d$	0.30~0.50 0.30~0.50	0.30~0.50 0.25~0.40	0.20~0.30 0.15~0.25	0.40~0.60 0.40~0.60	0.40~0.60 0.40~0.50	0.35~0.50 0.30~0.40
	> 50 ~ 150	$L < 10d$ $L = (10 \sim 20)d$	0.40~0.60 0.40~0.60	0.40~0.60 0.30~0.60	0.35~0.50 0.30~0.40	0.60~1.00 0.50~0.80	0.60~1.00 0.50~0.80	0.50~0.80 0.40~0.60
	> 150	$L = (10 \sim 20)d$	—	0.40~0.60	0.40~0.60	—	0.60~1.00	0.50~0.80

其中,① 加工耐热钢及其合金钢时,不采用大于 1 mm/r 的进给量;加工有冲击时,表内进给量应乘系数 0.75~0.85。

② 加工淬硬钢(硬度为 44~56HRC)表内进给量应乘系数 $k=0.8$,当硬度为 57~62HRC 时, $k=0.5$ 。

③ 卧式镗床的进给量适用于单刃镗刀,用双刃镗刀块加工时,表内进给量应乘系数 1.4~1.6。

④ 可转位刀片允许最大进给量不应超过其刀尖圆弧半径数值的 80%。

表 5-106 切断及切槽的进给量

工件直径/mm	切刀宽度/mm	加工材料	
		碳素钢、合金结构钢、铸钢	铸铁、铜、铝合金
		进给量 f /(mm·r ⁻¹)	
≤ 20	3	0.06~0.08	0.11~0.14
$> 20 \sim 40$	3~4	0.10~0.12	0.16~0.19
$> 40 \sim 60$	4~5	0.13~0.16	0.20~0.24
$> 60 \sim 100$	5~8	0.16~0.23	0.24~0.32

其中,① 在直径大于 60 mm 的实心材料上切断时,当切断刀接近工件轴线 0.5 倍半径时,进给量应减小 40%~50%。

② 加工淬硬钢时,表内进给量应减小 30%(当硬度 ≤ 50 HRC 时)或 50%(当硬度 > 50 HRC 时)。

③ 如切断刀安装在转塔头上,进给量应乘系数 0.3。

表 5-107 车削时的切入量及切出量 (mm)

车刀 类型	主偏角 κ_r	背吃刀量 a_p								
		1	2	3	4	6	8	10	15	20
		切入量及切出量之和 $(y+\Delta)$								
外圆 车刀	30°	2.8	4.5	7.0	9.0	13	16	20	30	39
	45°	2.0	3.5	5.0	6.0	8.0	11	13	18	24
	60°	1.6	2.7	3.8	4.3	5.5	7.6	8.7	10.6	15.5
	75°	1.3	2.1	2.8	3.1	3.6	5.1	5.7	8.0	9.4
端面 车刀	10°	7.0	12.5	19.0	—					
	90°	1.0			2.0					

车削加工时车刀的磨钝标准及寿命如表 5-108 所示。

表 5-108 车刀的磨钝标准及寿命

	车刀类型	刀具材料	加工材料	加工性质	后刀面最大磨损限度/mm
磨 钝 标 准	外圆车刀 端面车刀 镗 刀	高速钢	碳素钢、合金钢	粗车	1.5~2.0
			铸钢、有色金属	精车	1.0
			灰铸铁、可锻铸铁	粗车	2.0~3.0
				半精车	1.5~2.0
			耐热钢、不锈钢	粗、精车	1.0
		硬质合金	碳素钢、合金钢	粗车	1.0~1.4
				精车	0.4~0.6
			铸铁	粗车	0.8~1.0
				精车	0.6~0.8
			耐热钢、不锈钢	粗、精车	0.8~1.0
			淬硬钢	精车	0.8~1.0
	切槽及 切断刀	高速钢	钢、铸钢	—	0.8~1.0
			灰铸铁		1.5~2.0
		硬质合金	钢、铸钢		0.4~0.6
			灰铸铁		0.6~0.8
车刀 寿命	刀具材料		硬质合金	高速钢	
			普通车刀	普通车刀	成形车刀
	车刀寿命 T/min		60	60	120

注：以上为焊接车刀的寿命，机夹可转位车刀的寿命可适当降低，一般选为 30 min。

车削加工时切削速度计算公式及切削速度修正系数分别如表5-109 和表5-110 所示。

表 5-109 车削时切削速度的计算公式

计算公式							
$v_c = \frac{C_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} K_v \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$							
公式中的系数及指数							
加工材料	加工形式	刀具材料	进给量 f $/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	系数及指数			
				C_v	x_v	y_v	m
碳素结构钢 $\sigma_b = 650 \text{ MPa}$	外圆纵车 横车	P10(不用切削液)	≤ 0.30	291	0.15	0.20	0.20
			≤ 0.70	242		0.35	
			> 0.70	235		0.45	
	高速钢(用切削液)		≤ 0.25	67.2	0.25	0.33	0.125
			> 0.25	43		0.66	
	切断及 切槽	P30(不用切削液)	—	38	—	0.80	0.20
		高速钢(用切削液)	—	21	—	0.66	0.25
	成形车削	高速钢(用切削液)	—	20.3	—	0.50	0.30
淬硬钢 50HRC $\sigma_b = 1\ 650 \text{ MPa}$	外圆纵车 横车	P10(不用切削液)	≤ 0.3	53.5	0.18	0.40	0.10
灰铸铁 硬度 190HBS	外圆纵车 横车	K20(不用切削液)	≤ 0.40	189.8	0.15	0.20	0.20
			> 0.40	158	0.15	0.40	0.20
		高速钢(不用切削液)	≤ 0.25	24	0.15	0.30	0.10
			> 0.25	22.7	0.15	0.40	0.10

其中,① 内表面加工(镗孔、孔内切槽、内表面成形车削)时,用外圆加工的切削速度乘系数 0.9。

② 用高速钢车刀加工结构钢、铸钢不用切削液时,切削速度乘系数 0.8。

③ 用 P30 车刀对钢件切断及切槽使用切削液时,切削速度乘系数 1.4。

④ 成形车削深轮廓及复杂轮廓工件时,切削速度乘系数 0.85。

⑤ 用高速钢车刀加工热处理钢件时,正火乘系数 0.95;退火乘系数 0.90;调质乘系数 0.8。

表 5-110 车削过程使用条件改变时切削速度修正系数 K_v

(1) 加工材料强度 σ_b 和硬度 HBS 对切削速度的修正系数 K_M							
工 件 材 料		力 学 性 能			修 正 系 数		
		布氏硬度(HBS)		抗拉强度 σ_b /MPa	K_{Mv}		
碳钢、合金钢 (铬钢、镍铬钢及铸钢)		≤ 137	400~500		1.44		
		$> 143 \sim 174$	$> 500 \sim 600$		1.18		
		$> 174 \sim 207$	$> 600 \sim 700$		1.0		
		$> 207 \sim 229$	$> 700 \sim 800$		0.87		
		$> 229 \sim 267$	$> 800 \sim 900$		0.77		
		$> 267 \sim 302$	$> 900 \sim 1\ 000$		0.69		
		$> 302 \sim 320$	$> 1\ 000 \sim 1\ 100$		0.62		
		$> 320 \sim 350$	$> 1\ 100 \sim 1\ 200$		0.57		
灰 铸 铁		140~160	—		1.35		
		$> 160 \sim 180$	—		1.15		
		$> 180 \sim 200$	—		1.0		
		$> 200 \sim 220$	—		0.89		
		$> 220 \sim 240$	—		0.79		
		$> 240 \sim 260$	—		0.71		
(2) 车削方式改变时切削速度的修正系数 K_{Hv}							
车削方式	外圆纵车	横车 d/D			切断	切槽 d/D	
		0~0.4	0.5~0.7	0.8~1.0		0.5~0.7	0.8~0.95
系数 K_{Hv}	1.0	1.24	1.18	1.04	1.0	0.96	0.84
(3) 毛坯表面状态对切削速度的修正系数 K_{hv}							
无外皮	有 外 皮						铜及铝合金
	棒料	锻件	铸钢及铸铁		铜及铝合金		
			一般	带砂外皮			
1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6		0.9	
(4) 主偏角 κ_r 对切削速度的修正系数 $K_{\kappa_r v}$							
工 件 材 料	主 偏 角 κ_r						
	30°	45°	60°	75°	90°		
结构钢、可锻铸铁	1.13	1.0	0.92	0.86	0.81		
灰铸铁、铜合金	1.20	1.0	0.88	0.83	0.73		
(5) 刀具材料改变时切削速度的修正系数 K_{tv}							
加工材料		刀 片 牌 号					
结构钢、铸钢		P30	P20	P10	P01	K20	
		0.65	0.8	1.0	1.4	0.4	
灰铸铁、可锻铸铁		K20		K10		K01	
		0.83		1.0		1.15	

注： $K_v = K_{Mv} K_{Hv} K_{hv} K_{\kappa_r v} K_{tv}$ 。

表 5-111 车削加工时切削用量参考数值

加工材料		硬度/ HBS	背吃 刀量 a_p /mm	高速钢刀具 $v_c/(m \cdot \min^{-1})$ $f/(mm \cdot r^{-1})$		硬质合金刀具					
						未 涂 层			涂 层		
						$v_c/(m \cdot \min^{-1})$		$f/(mm \cdot r^{-1})$	材料	$v_c/(m \cdot \min^{-1})$	$f/(mm \cdot r^{-1})$
						焊接式	可转位				
易切碳钢	低碳	100~200	1	55~90	0.18~0.2	185~240	220~275	0.18	P10	320~410	0.18
			4	41~70	0.40	135~185	160~215	0.50	P20	215~275	0.40
			8	34~55	0.50	110~145	130~170	0.75	P30	170~220	0.50
	中碳	175~225	1	52	0.20	165	200	0.18	P10	305	0.18
			4	40	0.40	125	150	0.50	P20	200	0.40
			8	30	0.50	100	120	0.75	P30	160	0.50
碳 钢	低碳	125~225	1	43~46	0.18	140~150	170~195	0.18	P10	260~290	0.18
			4	30~33	0.40	115~125	135~150	0.50	P20	170~190	0.40
			8	27~30	0.50	88~100	105~120	0.75	P30	135~150	0.50
	中碳	175~275	1	34~40	0.18	115~130	150~160	0.18	P10	220~240	0.18
			4	23~30	0.40	90~100	115~125	0.50	P20	145~160	0.40
			8	20~26	0.50	70~78	90~100	0.75	P30	115~125	0.50
	高碳	175~275	1	30~37	0.18	115~130	140~155	0.18	P10	215~230	0.18
			4	24~27	0.40	88~95	105~120	0.50	P20	145~150	0.40
			8	18~21	0.50	69~76	84~95	0.75	P30	115~120	0.50
合 金 钢	低碳	125~225	1	41~46	0.18	135~150	170~185	0.18	P10	220~235	0.18
			4	32~37	0.40	105~120	135~145	0.50	P20	175~190	0.40
			8	24~27	0.50	84~95	105~115	0.75	P30	135~145	0.50
	中碳	175~275	1	34~41	0.18	105~115	130~150	0.18	P10	175~200	0.18
			4	26~32	0.40	85~90	105~120	0.40~0.50	P20	135~160	0.40
			8	20~24	0.50	67~73	82~95	0.50~0.75	P30	105~120	0.50
	高碳	175~275	1	30~37	0.18	105~115	135~145	0.18	P10	175~190	0.18
			4	24~27	0.40	84~90	105~115	0.50	P20	135~150	0.40
			8	18~21	0.50	66~72	82~90	0.75	P30	105~120	0.50
不 锈 钢	奥氏体	135~275	1	18~34	0.18	58~105	67~120	0.18	K01,M10	84~160	0.18
			4	15~27	0.40	49~100	58~105	0.40	K10,M10	76~135	0.40
			8	12~21	0.50	38~76	46~84	0.50	K10,M10	60~105	0.50
	马氏体	175~325	1	20~44	0.18	87~140	95~175	0.18	M10,P10	120~260	0.18
			4	15~35	0.40	69~115	75~135	0.40	M10,P10	100~170	0.40
			8	12~27	0.50	55~90	58~105	0.50~0.75	M20,P20	76~135	0.50
灰 铸 铁	160~260	1	26~43	0.18	84~135	100~165	0.18~0.25	K20, M20		130~190	0.18
		4	17~27	0.40	69~110	81~125	0.40~0.50			105~160	0.40
		8	14~23	0.50	60~90	66~100	0.50~0.75			84~130	0.50
可锻 铸铁	160~240	1	30~40	0.18	120~160	135~185	0.25	P10,M10		185~235	0.25
		4	23~30	0.40	90~120	105~135	0.50	P10,M10		135~185	0.40
		8	18~24	0.50	76~100	85~115	0.75	P20,M20		105~145	0.50

续表

加工材料	硬度/ HBS	背吃刀量 a_p / mm	高速钢刀具		硬质合金刀具未涂层					
					未 涂 层			涂 层		
			$v_c/(m \cdot min^{-1})$	$f/(mm \cdot r^{-1})$	$v_c/(m \cdot min^{-1})$		$f/(mm \cdot r^{-1})$	材料	$v_c/(m \cdot min^{-1})$	$f/(mm \cdot r^{-1})$
					焊接式	可转位				
铝合金	30~150	1	245~305	0.18	550~610	max	0.25	K01,M10	—	—
		4	215~275	0.40	425~550		0.50	K10,M10		
		8	185~245	0.50	305~365		1.0	K10,M10		
铜合金		1	40~175	0.18	84~345	90~395	0.18	K01,M10	—	—
		4	34~145	0.40	69~290	76~335	0.50	K10,M10		
		8	27~120	0.50	64~270	70~305	0.75	K20,M20		

表 5-112 高速钢及硬质合金车刀车削不同材料螺纹时的切削用量

加工材料	硬 度 /HBS	螺纹 直径 /mm	第一次走刀横 向进给量/mm		切削速度 v_c / ($m \cdot min^{-1}$)		备 注
			第一次 走刀	最后 一次走刀	高速钢 车刀	硬质合 金车刀	
			≤ 25 > 25				
易切碳钢、碳钢、铸 钢、高强度钢、马氏体 时效钢、工具钢、工具 钢铸件	100~225	≤ 25 > 25	0.50	0.013	12~15	18~60 60~90	高速钢车刀使用 W12Cr4V5Co5、 W2Mo9Cr4VCo8 等含钴高速钢
	225~375	≤ 25 > 25	0.40	0.025	9~12 12~15	15~46 30~60	
	375~535 HBW	≤ 25 > 25	0.25	0.05	1.5~4.5 4.5~7.5	12~30 24~40	
易切不锈钢、不锈 钢、不锈钢铸件	135~440	≤ 25 > 25	0.40	0.025	2~6 3~8	20~30 24~37	
灰铸铁	100~320	≤ 25 > 25	0.40	0.013	8~15 10~18	26~43 49~73	
可锻铸铁	100~400	≤ 25 > 25	0.40	0.013	8~15 10~18	26~43 49~73	
铝合金及其铸件镁 合金及其铸件	30~150	≤ 25 > 25	0.50	0.025	25~45 45~60	30~60 60~90	

其中,① 用高速钢丝锥在钢及铸件上攻螺纹时, $v_c=1.5\sim 5\text{ m/min}$,在铝、铜及其合金上攻螺纹时, $v_c=5\sim 15\text{ m/min}$ 。

② 在经济型 NC 车床上车螺纹时,主轴转速可按 $n \leq \frac{1200}{P} - 80$ 估算,式中, P 为工件螺纹的螺距或导程,单位为 mm。

5.3.2 钻削用量

钻削时各种切削用量如表 5-113~表 5-115 所示。

表 5-113 高速钢钻头钻孔时的切削用量

切削用量	工 件 材 料					
	低碳钢	中、高碳钢， 铸钢	合金钢， 不锈钢	铸 铁	铝合金	铜合金
$v_c/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	25~30	20~25	15~20	20~25	40~70	20~40
$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	标准麻花钻 $f=(0.01\sim0.02)d_0$, d_0 为钻头直径,单位为 mm					
	群 钻 $f=0.03d_0$					

注:用钻头扩孔时进给量可按相同直径钻孔时进给量乘修正系数 $K_f=1.2\sim1.8$,加工质量要求高时, K_f 取小值,反之取大值。

表 5-114 扩孔和铰孔时的切削用量

加工 方式	刀具材料	工 件 材 料							
		190HBS 铸铁		$\sigma_b=650$ MPa 钢,铸钢		铝及其合金		黄铜	
		切 削 用 量							
		$v_c/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v_c/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v_c/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v_c/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$
扩 孔	高速钢	10~20	0.15~ 0.40	10~25	0.15~ 0.50	30~40	0.15~ 0.40	30~40	0.15~ 0.40
	硬质合金	80~130	0.30~ 0.60	41~72	0.45~ 1.2	—	—	—	—
		52~98 40~65	0.60~ 1.10 0.65~ 1.70						
铰 孔	高速钢	37~43	0.13~ 0.18	12~26	0.08~ 0.13	120~ 245	0.13~ 0.38	45~90	0.13~ 0.25
	硬质合金	90~107	0.15~ 0.30	55~90	0.1~ 0.2	150~245	0.15~ 0.30	120~ 210	0.15~ 0.30

表 5-115 硬质合金钻头钻削不同材料时的切削用量

加工材料	抗拉强度 σ_b /MPa	硬度/ HBS	进给量 f /(mm·r ⁻¹)			切削速度 v_c /(m·min ⁻¹)			切 削 液
			$d_0=3\sim$ 8/mm	$d_0=8\sim$ 20/mm	$d_0=20\sim$ 40/mm	$d_0=3\sim$ 8/mm	$d_0=8\sim$ 20/mm	$d_0=20\sim$ 40/mm	
工具钢、 热处理钢	850~1200	—	0.02~0.04	0.04~0.08	0.08~0.12	25~32	30~38	35~40	非水 溶性 切削 油
	1200~1800	—	0.02	0.02~0.04	—	10~15	12~18	—	
淬硬钢	—	≥50 HRC	0.01~0.02	0.02~0.03	—	8~10	10~12	—	
高锰钢 ($\tau_{\text{Mn}}=$ 12%~14%)	—	—	—	0.03~0.05	—	—	10~16	—	
铸钢	≥700	—	0.02~0.05	0.05~0.12	0.12~0.18	25~32	30~38	35~40	
不锈钢	—	—	0.08~0.12	0.12~0.20	—	25~27	27~35	—	
耐热钢	—	—	0.01~0.05	0.05~0.10	—	3~6	5~8	—	
镍铬钢	1000	300	0.08~0.12	0.12~0.20	—	35~40	40~45	—	
	1400	420	0.04~0.05	0.05~0.08	—	15~20	20~25	—	
灰铸铁	—	≤250	0.04~0.08	0.08~0.16	0.16~0.30	40~60	50~70	60~80	干切 或乳 化液
可锻铸铁 球墨铸铁	—	—	0.03~0.05	0.05~0.10	0.10~0.20	40~45	45~50	50~60	

注：钻尖角(顶角)除加工淬硬钢和高锰钢时用 120°~140°外,加工其他材料时均为 115°~120°。

5.3.3 铰削用量

铰削时各种切削用量如表 5-116 和表 5-117 所示。

表 5-116 高速钢铰刀铰孔时的切削用量参考值

加工材料	硬度	铰刀直径 d_0/mm	背吃刀量 a_p/mm	进给量 $f/(\text{mm}\cdot\text{r}^{-1})$	切削速度 $v_c/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	切削液
钢 铸钢	软	<5	0.05~0.10	0.2~0.3	7~10	非 水 溶 性 切 削 油, 含 硫 极 压 切 削 油
		5~20	0.10~0.15	0.3~0.5		
		20~50	0.15~0.25	0.5~0.6		
		>50	0.25~0.50	0.6~1.2		
	中	<5	0.05~0.10	0.2~0.3	5~7	
		5~20	0.10~0.15	0.3~0.5		
		20~50	0.15~0.25	0.5~0.6		
		>50	0.25~0.50	0.6~1.2		
	硬	<5	0.05~0.10	0.2~0.3	3~5	
		5~20	0.10~0.15	0.3~0.5		
		20~50	0.15~0.25	0.5~0.6		
		>50	0.25~0.50	0.6~1.2		

续表

加工材料	硬度	铰刀直径 d_0/mm	背吃刀量 a_p/mm	进给量 $f/(\text{mm}\cdot\text{r}^{-1})$	切削速度 $v_c/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	切削液
铸 铁	软	<5	0.05~0.10	0.3~0.5	8~14	干 切
		5~20	0.10~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.50	1.5~3.0		
	硬	<5	0.05~0.10	0.3~0.5	4~8	
		5~20	0.10~0.15	0.5~1.0		
		20~50	0.15~0.25	1.0~1.5		
		>50	0.25~0.50	1.5~3.0		

表 5-117 硬质合金铰刀铰孔时的切削用量参考值

加工材料	抗拉强度 σ_b/MPa	硬度/ HBS	铰刀直径 d_0/mm	背吃刀量 a_p/mm	进给量 $f/(\text{mm}\cdot\text{r}^{-1})$	切削速度 $v_c/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	切削液
钢	≤ 1000	—	<10	$0.02\sim 0.05$	$0.15\sim 0.25$	$8\sim 12$	水溶性切削油
			$10\sim 25$	$0.05\sim 0.12$	$0.2\sim 0.4$		
			$25\sim 40$	$0.12\sim 0.2$	$0.3\sim 0.5$		
			>40	$0.2\sim 0.4$	$0.4\sim 0.8$		
	$1000\sim 1400$	—	<10	$0.02\sim 0.05$	$0.12\sim 0.2$	$6\sim 10$	
			$10\sim 25$	$0.05\sim 0.12$	$0.15\sim 0.3$		
			$25\sim 40$	$0.12\sim 0.2$	$0.2\sim 0.4$		
			>40	$0.2\sim 0.4$	$0.3\sim 0.6$		
铸 钢	$400\sim 500$	—	<10	$0.02\sim 0.05$	$0.15\sim 0.25$	$8\sim 12$	
			$10\sim 25$	$0.05\sim 0.12$	$0.2\sim 0.4$		
			$25\sim 40$	$0.12\sim 0.2$	$0.3\sim 0.5$		
			>40	$0.2\sim 0.4$	$0.4\sim 0.8$		
	$500\sim 700$	—	<10	$0.02\sim 0.05$	$0.12\sim 0.2$	$6\sim 10$	
			$10\sim 25$	$0.05\sim 0.12$	$0.15\sim 0.3$		
			$25\sim 40$	$0.12\sim 0.2$	$0.2\sim 0.4$		
			>40	$0.2\sim 0.4$	$0.3\sim 0.6$		
铸 铁	—	≤ 200	<10	$0.03\sim 0.06$	$0.2\sim 0.3$	$8\sim 12$	
			$10\sim 25$	$0.06\sim 0.15$	$0.3\sim 0.5$		
			$25\sim 40$	$0.15\sim 0.25$	$0.4\sim 0.7$	$10\sim 15$	
			>40	$0.25\sim 0.5$	$0.5\sim 1.0$		
	—	>200	<10	$0.03\sim 0.06$	$0.15\sim 0.25$	$6\sim 10$	
			$10\sim 25$	$0.06\sim 0.15$	$0.2\sim 0.4$		
			$25\sim 40$	$0.15\sim 0.25$	$0.3\sim 0.5$	$8\sim 12$	
			>40	$0.25\sim 0.5$	$0.4\sim 0.8$		

注：铰($R_{a3.2}\sim1.6\mu\text{m}$)钢和灰铸铁时，切削速度可高达 $60\sim80\text{m}/\text{min}$ 。

5.3.4 镗削用量

卧式镗床的镗削用量如表 5-118 所示。

表 5-118 卧式镗床的镗削用量

加工方式	刀具材料	刀具类型	铸铁		钢(包括铸钢)		铜、铝及其合金		a_p /mm 直径上
			$v/(m \cdot \min^{-1})$	$f/(mm \cdot r^{-1})$	$v/(m \cdot r^{-1})$	$f/(mm \cdot r^{-1})$	$v/(m \cdot r^{-1})$	$f/(mm \cdot r^{-1})$	
粗镗	高速钢	刀头	20~25	0.3~1.0	20~40	0.3~1.0	100~150	0.4~1.5	5~8
		镗刀块	25~40	0.3~0.8			120~150	0.4~1.5	
	硬质合金	刀头	40~80	0.3~1.0	40~60	0.3~1.0	200~250	0.4~1.5	
		镗刀块	35~60	0.3~0.8			200~250	0.4~1.0	
半精镗	高速钢	刀头	25~40	0.2~0.8	30~50	0.2~0.8	150~200	0.2~1.0	1.5~3
		镗刀块	30~40	0.2~0.6			150~200	0.2~1.0	
		粗铰刀	15~25	2.0~5.0	10~20	0.5~3.0	30~50	2.0~5.0	0.3~0.8
	硬质合金	刀头	60~100	0.2~0.8	80~120	0.2~0.8	250~300	0.2~0.8	1.5~3
		镗刀块	50~80	0.2~0.6			250~300	0.2~0.6	
		粗铰刀	30~50	3.0~5.0			80~120	3.0~5.0	0.3~0.8
精镗	高速钢	刀头	15~0	0.15~0.5	20~35	0.1~0.6	150~200	0.2~1.0	0.6~1.2
		镗刀块	8~15	1.0~4.0	6.0~12	1.0~4.0	20~30	1.0~4.0	0.1~0.4
		精铰刀	10~20	2.0~5.0	10~20	0.5~3.0	30~50	2.0~5.0	
	硬质合金	刀头	50~80	0.15~0.5	60~100	0.15~0.5	200~250	0.15~0.5	0.6~1.2
		镗刀块	20~40	1.0~4.0	8.0~20	1.0~4.0	30~50	1.0~4.0	0.1~0.4
		精铰刀	30~50	2.5~5.0			50~100	2.0~5.0	

注:① 镗杆以镗套支承时, v 取中间值;镗杆悬伸时, v 取小值。

② 当加工孔径较大时, a_p 取大值;当加工孔径较小,且加工精度要求较高时, a_p 取小值。

5.3.5 铣削用量

铣削用量有背吃刀量 a_p 、侧吃刀量 a_e 、每齿进给量 f_z ,(即进给吃刀量,单位为 mm/齿)或每转进给量 f (单位为 mm/r)和切削速度 v_c 等。端铣时, a_p 为切削层深度, a_e 为被加工表面宽度;圆柱铣削时, a_e 为切削层深度, a_p 为被加工表面宽度。

一般切削层深度根据加工质量要求、加工余量、工艺系统刚性和机床功率来选择。铣削平面时,当工件表面粗糙度 $R_a=25\sim12.5\mu\text{m}$ 时,若用圆柱形铣刀,其预留的切削层深度小于 5 mm,或用面铣刀,其预留的切削层深度小于 6 mm,则一次进给粗铣就可达到要求;当预留的切削层深度较大或工艺系统刚性较差或机床功率不足时,可分两次铣削。当 $R_a=12.5\sim3.2\mu\text{m}$ 时,可分粗铣和半精铣两次铣削。半精铣时的切削层深度为 0.5~1 mm。当 $R_a=3.2\sim0.8\mu\text{m}$ 时,可分三次铣削,半精铣的切削层深度为 1.5~2 mm,精铣的切削层深度为 0.5~1 mm。

铣刀的每齿进给量 f_z 可按表 5-119~表 5-123 选取。铣削速度 v_c 可按切削用量手册中推荐公式计算或按表 5-124 确定。

表 5-119 高速钢端铣刀、圆柱形铣刀和圆盘铣刀铣削时的进给量

(1)粗铣时每齿进给量 $f_z/(\text{mm}/\text{齿})$									
铣床 (铣头) 功率 /kW	工艺系统 刚度	粗齿和镶齿铣刀				细齿铣刀			
		端铣刀与圆盘铣刀		圆柱形铣刀		端铣刀与圆盘铣刀		圆柱形铣刀	
		钢	铸铁及 铜合金	钢	铸铁及 铜合金	钢	铸铁及 铜合金	钢	铸铁及 铜合金
>10	大	0.2~0.3	0.3~0.45	0.25~0.35	0.35~0.40	—	—	—	—
	中	0.15~0.25	0.25~0.40	0.20~0.30	0.30~0.40				
	小	0.10~0.15	0.20~0.25	0.15~0.20	0.25~0.30				
5~10	大	0.12~0.20	0.25~0.35	0.15~0.25	0.25~0.35	0.08~0.12	0.20~0.35	0.10~0.15	0.12~0.20
	中	0.08~0.15	0.20~0.30	0.12~0.20	0.20~0.30	0.06~0.10	0.15~0.30	0.06~0.10	0.10~0.15
	小	0.06~0.10	0.15~0.25	0.10~0.15	0.12~0.20	0.04~0.08	0.10~0.20	0.06~0.08	0.08~0.12
<5	中	0.04~0.06	0.15~0.30	0.10~0.15	0.12~0.20	0.04~0.06	0.12~0.20	0.05~0.08	0.06~0.12
	小	0.04~0.06	0.10~0.20	0.06~0.10	0.10~0.15	0.04~0.06	0.08~0.15	0.03~0.06	0.05~0.10

(2)半精铣时每转进给量 $f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$							
要求表面 粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	镶齿端铣刀 与圆盘铣刀	圆柱形铣刀					
		铣刀直径					
		40~80	100~125	160~250	40~80	100~125	160~250
		钢及铸钢			铸铁、铜及铝合金		
6.3	1.2~2.7	—					
3.2	0.5~1.2	1.0~2.7	1.7~3.8	2.3~5.0	1.0~2.3	1.4~3.0	1.9~3.7
1.6	0.23~0.5	0.6~1.5	1.0~2.1	1.3~2.8	0.6~1.3	0.8~1.7	1.1~2.1

注：① 表中大进给量用于小的铣削深度和铣削宽度；小进给量用于大的铣削深度和铣削宽度。

② 铣削耐热钢时，进给量与铣削钢时相同，但不大于 0.3mm/齿。

表 5-120 硬质合金立铣刀铣削平面和凸台的进给量

铣刀 类型	铣刀直径 d_0/mm	铣削宽度 a_c/mm			
		1~3	5	8	12
		每齿进给量 $f_z/(\text{mm}/\text{齿})$			
带整体 刀头的 立铣刀	10~12	0.03~0.025	—	—	—
	14~16	0.06~0.04	0.04~0.03	—	—
	18~22	0.08~0.05	0.06~0.04	0.04~0.03	—
镶螺旋形 刀片的立 铣刀	20~25	0.12~0.07	0.10~0.05	0.10~0.03	0.08~0.05
	30~40	0.18~0.10	0.12~0.08	0.10~0.06	0.10~0.05
	50~60	0.20~0.10	0.16~0.10	0.12~0.08	0.12~0.06

注：① 大进给量用于在大功率机床上铣削深度较小的粗铣；小进给量用于在中等功率机床上铣削深度较大的铣削。

② 表列进给量可得到 $R_a=6.3\sim3.2\mu\text{m}$ 的表面粗糙度。

表 5-121 硬质合金端铣刀、圆柱形铣刀和圆盘铣刀铣削平面和凸台的进给量

机床功率/kW	钢		铸铁及铜合金	
	每齿进给量 f_z /(mm/齿)			
	YT15	YT5	YG6	YG8
5~10	0.09~0.18	0.12~0.18	0.14~0.24	0.20~0.29
>10	0.12~0.18	0.16~0.24	0.18~0.28	0.25~0.38
精铣时每转进给量 f				
要求表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	3.2	1.6	0.8	0.4
每转进给量 $f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	0.5~1.0	0.4~0.6	0.2~0.3	0.15

注:① 表列数值用于圆柱铣刀铣削深度 $a_p \leq 30 \text{ mm}$;当 $a_p > 30 \text{ mm}$ 时,进给量应减少 30%。

② 用圆盘铣刀铣槽时,对称铣时进给量取小值;不对称铣时进给量取大值。主偏角大时取小值;主偏角小时取大值。

③ 铣削材料的强度或硬度大时,进给量取小值;反之取大值。

表 5-122 高速钢立铣刀、角铣刀、半圆铣刀、切槽铣刀和切断铣刀铣削时钢进给量

铣刀 直径 d_0 /mm	铣刀 类型	铣削宽度 a_c /mm									
		3	5	6	8	10	12	15	20	30	
		每齿进给量 f_z /(mm/齿)									
16	立铣刀	0.08~ 0.05	0.06~ 0.05	—	—	—	—	—	—	—	
20		0.10~ 0.06	0.07~ 0.04	—							
25		0.12~ 0.07	0.09~ 0.05	0.08~ 0.04							
32	立铣刀	0.16~ 0.10	0.12~ 0.07	0.10~ 0.05	—	—	—	—	—	—	
	角铣刀	0.08~	0.07~	0.06~							
	半圆铣刀	0.04	0.05	0.04							
40	立铣刀	0.20~ 0.12	0.14~ 0.08	0.12~ 0.07	0.08~ 0.05	—	—	—	—	—	
	角铣刀	0.09~	0.07~	0.06~	0.06~						
	半圆铣刀	0.05	0.05	0.03	0.03						
	切槽铣刀	0.009~ 0.005	0.007~ 0.003	0.01~ 0.007							

续表

铣刀 直径 d_0 /mm	铣刀 类型	铣削宽度 a_c /mm									
		3	5	6	8	10	12	15	20	30	
		每齿进给量 f_z /(mm/齿)									
50	立铣刀	0.25~ 0.15	0.15~ 0.10	0.13~ 0.08	0.10~ 0.07						
	角铣刀 半圆铣刀	0.10~ 0.06	0.08~ 0.05	0.07~ 0.04	0.06~ 0.04						
	切槽铣刀	0.01~ 0.006	0.008~ 0.004	0.012~ 0.008	0.012~ 0.008						
	角铣刀 半圆铣刀	0.10~ 0.06	0.08~ 0.05	0.07~ 0.04	0.06~ 0.04	0.05~ 0.03					
	切槽铣刀	0.013~ 0.008	0.01~ 0.005	0.015~ 0.01	0.015~ 0.01	0.015~ 0.01					
	切断铣刀	—	—	0.025~ 0.015	0.022~ 0.012	0.02~ 0.01					
80	角铣刀 半圆铣刀	0.12~ 0.08	0.10~ 0.06	0.09~ 0.05	0.022~ 0.012	0.06~ 0.04	0.06~ 0.03				
	切槽铣刀	—	0.015~ 0.005	0.025~ 0.01	0.07~ 0.05	0.02~ 0.01	0.017~ 0.008	0.015~ 0.007			
	切断铣刀	—	—	0.03~ 0.15	0.022~ 0.01	0.025~ 0.01	0.022~ 0.01	0.02~ 0.01			
100	角铣刀 半圆铣刀	0.12~ 0.07	0.12~ 0.05	0.11~ 0.05	0.10~ 0.05	0.09~ 0.04	0.08~ 0.04	0.07~ 0.03	0.05~ 0.03		
	切断铣刀	—	—	0.03~ 0.02	0.028~ 0.016	0.027~ 0.015	0.023~ 0.015	0.022~ 0.012	0.023~ 0.013		
125	切断铣刀	—	—	0.03~ 0.025	0.03~ 0.02	0.03~ 0.02	0.025~ 0.02	0.025~ 0.02	0.025~ 0.015	0.02~ 0.01	
160				—	—	—	—	0.03~ 0.02	0.025~ 0.015	0.02~ 0.01	

表 5-123 旋风铣削螺纹常用切削用量

工件材料	刀具材料	螺纹牙形	工件直径/mm	螺距/mm	装刀把数	转速/(r·mm ⁻¹)		进给次数
						刀盘转速	主轴转速	
碳钢或合金钢	YT15	三角形	<30	<3	1~2	1400~1600	12~25	1
			<30		4	1000~1200	12~20	1
			30~50		1~2	1200~1400	12	1
			30~50		4	1000~1200	12	1
		梯形	50~68	3~6	1~2	1000~1200	4~12	1~2
			50~68	3~6	4	1000~1200	8~12	1~2
			24~40	4~8	1~2	1200~1400	4~8	2~3
			40~60	4~12	2~4	1000~1200	2~4	2~3
非铁金属	TG8	三角形或梯形	<30	<3	1~2	1400~1600	12~16	1
			30~70	3~6	1~2	1200~1400	8~12	1~3
			<30	<3	4	1200~1400	12~16	1~2
			30~70	3~6	4	1000~1200	4~8	2~3
钢件或铜件	YT15	三角形或梯形内螺纹	20~30	<3	1	1600~2400	8~12	1
	YG8		30~60	3~6	1		4~8	1~3

注:切削不锈钢时,转速比表中加工相应钢件数值略低。

表 5-124 铣削时的铣削速度 v_c 推荐值 (m/min)

刀具材料	工件硬度/HBS	碳钢	合金钢	工具钢	灰铸铁	可锻铸铁
高速钢	<150	25~42	20~35	—	20~36	40~60
	150~225	20~40	15~30	10~20	15~30	15~35
	225~300	15~36	12~30	15~22	10~18	9~20
	300~425	10~20	6~15	—	—	—
硬质合金	<150	75~150	70~130	—	110~115	100~210
	150~225	60~110	60~120	45~70	60~120	80~120
	225~300	55~115	55~100	60~85	45~90	40~90
	300~425	35~75	30~80	—	—	—

5.3.6 刨、插、拉削用量

刨削用量如表 5-125 所示。

插削用量如表 5-126 所示。

拉削用量如表 5-127 和表 5-128 所示。

表 5-125 常用刨削用量

工序名称	机床类型	刀具材料	工件材料	切削深度 a_p/mm	进给量 f $/(\text{mm}/\text{行程})$	切削速度 v $/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$
粗加工	牛头刨床	W18Cr4V	铸铁	4~6	0.66~1.33	15~25
			钢	3~5	0.33~0.66	15~25
		YG8	铸铁	10~15	0.66~1.0	30~40
		YT5	钢	8~12	0.33~0.66	25~35
	龙门刨床	W18Cr4V	铸铁	10~20	1.2~4.0	15~25
			钢	5~15	1.0~2.5	15~25
		YG8	铸铁	25~50	1.5~3.0	30~60
		YT5	钢	20~40	1.0~2.0	40~50
精加工	牛头刨床	W18Cr4V	铸铁	0.03~0.05	0.33~2.33	5~10
			钢	0.03~0.05	0.33~2.33	5~8
		YG8	铸铁	0.03~0.05	0.33~2.33	5~8
		YT5	钢	0.03~0.05	0.33~2.33	5~8
	龙门刨床	W18Cr4V	铸铁	0.005~0.01	1~15	3~5
			钢	0.005~0.01	1~15	3~5
		YG8	铸铁	0.03~0.05	1~20	4~6
		YT5	钢	0.03~0.05	1~20	4~6

表 5-126 插平面及插槽的进给量

(1)粗加工平面					
工件材料	刀杆截面/mm	插削深度 a_p /mm			
		3	5	8	
		进给量 f /(mm/行程)			
钢	16×25	1.2~1.0	0.7~0.5	0.4~0.3	
	20×30	1.6~1.3	1.2~0.8	0.7~0.5	
	30×45	2.0~1.7	1.6~1.2	1.2~0.9	
铸铁	16×25	1.4~1.2	1.2~0.8	1.0~0.6	
	20×30	1.8~1.6	1.6~1.3	1.4~1.0	
	30×4	2.0~1.7	2.0~1.7	1.6~1.3	
(2)精加工平面					
表面粗糙度 $R_s/\mu\text{m}$	工件材料	副偏角 κ'_r	刀尖圆弧半径/mm		
			1.0	2	3
			进给量 f /(mm/行程)		
6.3	钢	3°~4°	0.9~1.0	1.2~1.5	
	铸铁	5°~10°	0.7~0.8	1.0~1.2	
3.2	钢	2°~3°	0.25~0.4	0.5~0.7	0.7~0.9
	铸铁		0.35~0.5	0.6~0.8	0.9~1.0

续表

(3)精加工槽						
工艺系统的刚性	工件材料	槽的长度/mm	槽宽 B /mm			
			5	8	10	>12
			进给量 f /(mm/行程)			
刚性足	钢		0.12~0.14	0.15~0.18	0.18~0.20	0.18~0.22
	铸铁		0.22~0.27	0.28~0.32	0.30~0.36	0.35~0.40
刚性不足 (工件孔径 <100 mm 的孔内槽)	钢	100	0.10~0.12	0.11~0.13	0.12~0.15	0.14~0.18
		200	0.07~0.10	0.09~0.11	0.10~0.12	0.10~0.13
		>200	0.05~0.07	0.06~0.09	0.07~0.08	0.08~0.11
	铸铁	100	0.18~0.22	0.20~0.24	0.22~0.27	0.25~0.30
		200	0.13~0.15	0.16~0.18	0.18~0.21	0.20~0.24
		>200	0.10~0.12	0.12~0.14	0.14~0.17	0.16~0.20

表 5-127 拉削速度选用表

拉刀类别与表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$												
拉削速度组别	圆柱孔			花键孔		外表面与键槽			螺旋齿		硬质合金齿	
	0.63~1.25	1.25~2.5	2.5~10	1.25~2.5	2.5~10	0.63~1.25	1.25~2.5	2.5~10	0.32~1.25	1.25~5	1.25~5	2.5~5
拉削速度 $v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$												
I	5~4	6~4	8~5	5~4	8~5	6~5	7~4	10~8	10~8	15~10	12~10	10~8
Ⅱ	4~3	5~3.5	7~5	4.5~3.5	7~5	4~3.5	6~4	8~6	8~6	10~8	10~8	8~6
Ⅲ	3.5~2.5	4~3	6~4	3.5~3	6~4	3.5~2	5~3.5	7~5	6~4	8~6	6~4	6~4
Ⅳ	2.5~1.5	3~2.5	4~3	2.5~2	4~3	2.5~1.5	3.5~2.5	4~3	4~3	6~4	5~3	4~3

表 5-128 拉削的进给量(单面的齿升)

(mm)

拉刀形式	钢 σ_b/GPa			铸铁		铝	青铜、黄铜
	≤ 0.49	0.49~0.735	>0.735	灰铸铁	可锻铸铁		
圆柱拉刀	0.01~0.02	0.015~0.03	0.01~0.025	0.03~0.08	0.05~0.1	0.02~0.05	0.05~0.12
矩形齿花键拉刀	0.04~0.06	0.05~0.08	0.03~0.06	0.04~0.1	0.05~0.1	0.02~0.1	0.05~0.12

续表

拉刀形式	钢 σ_b /GPa			铸铁		铝	青铜、黄铜
	≤ 0.49	0.49~0.735	>0.735	灰铸铁	可锻铸铁		
三角形及渐开线花键拉刀	0.03~0.05	0.04~0.06	0.03~0.05	0.04~0.08	0.05~0.08	—	—
键及槽拉刀	0.05~0.15	0.05~0.2	0.05~0.12	0.06~0.2	0.06~0.2	0.05~0.08	0.08~0.2
直角及平面拉刀	0.03~0.12	0.05~0.15	0.03~0.12	0.06~0.2	0.05~0.15	0.05~0.08	0.06~0.15
型面拉刀	0.02~0.05	0.03~0.06	0.02~0.05	0.03~0.08	0.05~0.1	0.02~0.05	0.05~0.12
正方形及六角形拉刀	0.015~0.08	0.02~0.15	0.015~0.12	0.03~0.15	0.05~0.15	0.02~0.1	0.05~0.2
各种类型的渐进拉刀	0.02~0.3	0.015~0.2	0.01~0.12	0.03	0.03~0.3	0.03~0.5	0.03~0.5

其中,① 小的进给量用于有提高拉削表面质量及尺寸精度要求的、零件刚度不足的、必须带横向尺寸的拉刀。

② 为了达到 $R_a2.5\sim1.25\text{ }\mu\text{m}$ 的表面粗糙度,当采用符合表内的切削速度时,拉刀的精加工部分的余量、齿数及进给量(单面)如下表 5-129 所示。

表 5-129 拉削精加工余量、齿数和进给量

单面余量/mm	齿数或区段数 ^①	精加工齿的进给量/mm
0.02~0.035	1~3	进给量是可变的,且逐渐减少(最高的齿升不大于0.1)
0.035~0.07	4~5	
0.07~0.1	4~7	
0.1~0.16	6~8	

注:① 齿的精加工区段(同样尺寸的两个齿称为一个区段)用于渐进拉刀。渐进拉刀的精加工部分可以既有区段齿又有逐齿升高的齿。

5.3.7 磨削用量

磨削用量包括砂轮切入工件的径向进给量 f_r (相当于车削时的背吃刀量)、工件相对于砂轮的轴向进给量 f_a ,工件旋转的线速度或工作台直线移动的速度 v_w ,以及砂轮旋转的线速度 v_c 等。常用的磨削用量如表 5-130 所示。

无心外圆磨削用量如表 5-131 和表 5-132 所示。

表 5-130 用刚玉和碳化硅磨料砂轮磨削时常用的磨削用量

磨削方式	$v_c/(m \cdot s^{-1})$	$f_r/(mm/单行程)或$ (mm/双行程)		$f_s/(mm \cdot r^{-1})或$ (mm/单行程)		$v_w/(m \cdot min^{-1})$	
		粗磨	精磨	粗磨	精磨	粗磨	精磨
外圆磨削	25~35	0.015~0.05	0.005~0.01	$(0.3 \sim 0.7)B$	$(0.3 \sim 0.4)B$	20~30	20~60
内圆磨削	18~30	0.005~0.02	0.0025~0.01	$(0.4 \sim 0.7)B$	$(0.25 \sim 0.4)B$	20~40	20~40
平面磨削	25~35	0.015~0.05	0.005~0.015	$(0.4 \sim 0.7)B$	$(0.2 \sim 0.3)B$	6~30	15~20

其中,① 表 5-130 中 B 为砂轮宽度,单位为 mm。
② 用单层电镀和高温钎焊的超硬磨料砂轮磨削时 v_c 可达 150~250 m/s。
无心外圆磨削用量见表 5-131、表 5-132 所示。

表 5-131 无心外圆磨粗磨磨削用量

双面的 磨削深度 $2a_p/mm$	工件磨削表面直径 d_w/mm									
	5	6	8	10	15	25	40	60	80	100
	纵向进给速度/(mm·min ⁻¹)									
0.10	—	—	—	1 910	2 180	2 650	3 660	—	—	—
0.15	—	—	—	1 270	1 460	1 770	2 440	3 400	—	—
0.20	—	—	—	955	1 090	1 325	1 830	2 550	3 600	—
0.25	—	—	—	760	875	1 060	1 465	2 040	2 880	3 820
0.30	—	—	3 720	635	730	885	1 220	1 700	2 400	3 190
0.35	—	3 875	3 200	545	625	760	1 045	1 450	2 060	2 730
0.40	3 800	3 390	2 790	475	547	665	915	1 275	1 800	2 380

其中,① 纵向进给速度建议不大于 4000 mm/min。
② 导轮倾斜角为 3°~5°。
③ 表内磨削用量能得到加工表面粗糙度 $R_a1.6\mu m$ 。

表 5-132 无心外圆磨精磨磨削用量

(1)精磨行程次数 N 及纵向进给速度 $v_f/(\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$																		
精度等级	工件磨削表面直径 d_w/mm																	
	5		10		15		20		30		40		60		80		100	
	N	v_f	N	v_f	N	v_f	N	v_f	N	v_f	N	v_f	N	v_f	N	v_f	N	v_f
IT5 级	3	1 800	3	1 600	3	1 300	3	1 100	4	1 100	4	1 050	5	1 050	5	900	5	800
IT6 级	3	2 000	3	2 000	3	1 700	3	1 500	4	1 500	4	1 300	5	1 300	5	1 100	5	1 000
IT7 级	2	2 000	2	2 000	3	2 000	3	1 750	3	1 450	3	1 200	4	1 200	4	110	4	1 100
IT8 级	2	2 000	2	2 000	2	1 750	2	1 500	3	1 500	3	1 500	3	1 300	3	1 200	3	1 200

续表

纵向进给速度的修正系数				
工件材料	壁厚和直径之比			
	>0.15	0.12~0.15	0.10~0.11	0.08~0.09
淬火钢	1	0.8	0.63	0.5
非淬火钢	1.25	1.0	0.8	0.63
铸钢	1.6	1.25	1.0	0.8

(2)与导轮转速及导轮倾斜角有关的纵向进给速度 v_f

导轮 转速/ ($r \cdot s^{-1}$)	导轮倾斜角								
	1°	1°30′	2°	2°30′	3°	3°30′	4°	4°30′	5°
纵向进给速度 $v_f/(mm \cdot min^{-1})$									
0.30	300	430	575	720	865	1 000	1 130	1 260	1 410
0.38	380	550	730	935	1 110	1 270	1 450	1 610	1 790
0.48	470	700	930	1 165	1 400	1 600	1 830	2 030	2 260
0.57	550	830	1 100	1 370	1 640	1 880	2 180	2 380	2 640
0.65	630	950	1 260	1 570	1 880	2 150	2 470	2 730	3 040
0.73	710	1 060	1 420	1 760	2 120	2 430	2 790	3 080	3 440
0.87	840	1 250	1 670	2 130	2 500	2 860	3 280	3 630	4 050

纵向进给速度的修正系数						
导轮直径/mm	200	250	300	350	400	500
修正系数	0.67	0.83	1.0	1.17	1.33	1.67

其中,① 精磨用量不应大于粗磨用量。

② 表内行程次数是砂轮宽度 $B=150\sim 200\text{ mm}$ 计算的。当 $B=250\text{ mm}$ 时,行程次数可减少 40%;当 $B=400\text{ mm}$ 时,减少 60%。

③ 导轮倾斜角磨削 IT5 级精度时用 $1^\circ\sim 2^\circ$;IT6 级精度用 $2^\circ\sim 2^\circ40'$;IT8 级精度用 $2^\circ30'\sim 3^\circ30'$ 。

④ 精磨进给速度建议不大于 2000 mm/min 。

⑤ 磨轮的耐用度等于 900s 机动时间。

⑥ 精磨中最后一次行程的磨削深度:IT5 级精度为 $0.015\sim 0.02\text{ mm}$;IT6 及 IT7 级精度为 $0.02\sim 0.03$;其余几次都是半精行程,其磨削深度为 $0.04\sim 0.05\text{ mm}$ 。

高速磨削用量如表 5-133 所示。

表 5-133 高速外圆磨削钢件的磨削用量

砂轮速度 /($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	纵向磨削		切入磨削/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	速比(砂轮速 度/工件速度)
	纵向进给速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	磨削深度/mm		
45	0.016~0.033	0.015~0.02	1~2	60~90
50~60	0.033~0.042	0.02~0.03	2~2.5	
80	0.02~0.05	0.04~0.05	2.5~3	60~100

5.3.8 齿轮加工切削用量

齿轮加工切削用量如表 5-134~表 5-137 所示。

表 5-134 高速钢滚刀滚切 45 钢齿轮常用切削用量

模数/mm	粗 切		精 切	
	$v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$f_a/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$	$v/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	$f_a/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$
≤ 10	25~30	1.5~3	30~40	1.0~2.0
> 10	12~20	1.2~2.5	15~25	1.0~1.5

表 5-135 插齿圆周进给量 f_c

加工 性质	模数 /mm	机床传动功率/kW			
		<1.5	1.5~2.5	2.5~5.0	>5.0
		圆周进给量 $f_c/(\text{mm}/\text{行程})$			
粗 插 齿	2~4	0.35	0.45	—	—
	5	0.25	0.40	—	—
	6	0.20	0.35	0.45	—
	8	—	—	0.35	0.45
	10	—	—	0.25	0.35
	12	—	—	0.15	0.25
精插齿	2~12	0.25~0.35			

当材料硬度改变时, f_c 的修正系数如下:

材质硬度 HBS	≤ 190	$>190 \sim 220$	$>220 \sim 240$	$>240 \sim 290$	$>290 \sim 320$
修正系数	1	0.9	0.8	0.7	0.6

其中,① 工件材质:碳素钢 ≤ 190 HBS,铸铁 170~207 HBS。

② 径向进给量 $f_r = (0.1 \sim 0.3)f_c$ 。

表 5-136 插齿刀切削速度

圆周进给量 $f_c/(\text{mm}/\text{行程})$		切削速度 $/(m \cdot \min^{-1})$						
		实体齿坯粗、精插齿				开槽后精插齿		
		模数 $/\text{mm}$						
		2	4	6	8	10	12	2~12
0.10		41	33	28	25	23	21	—
0.13		36	29	24	22	20	19	—
0.16		32	26	22	20	18	17	44
0.20		29	23	20	18	17	16	39
0.26		25	21	17	16	15	14	34
0.32		23	18	15	14	13	13	31
0.42		20	16	14	13	12	12	25
0.52		18	14	12	11	10	10	—
刀具耐用度 T/h	粗插	5			7			5
	精插	4						

表 5-137 剃齿的切削用量(盘形剃齿刀)

剃齿刀的切削速度 v										
工件材料	碳素钢				合金钢				灰铸铁	
	15	30	40		20Cr	35Cr	40Cr	20CrMnTi		30CrMnTi
	20	35	45		12CrNi4A	20CrNiMo	12CrNi3	18CrNiWA		
	25		50		38CrMoAlA	5CrNiMo	6CrNiMo	0CrNi3Mo		
硬度 HB	170	196	217	285	229				210	
$v/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	150	140	130	80	105				80	

进 给 量

齿轮精度等级	齿面粗糙度 R_a $/\mu\text{m}$	齿数				单行程径向进给量 f_r/mm
		17	25	40	100	
		齿轮每转工作台纵向进给量 $f_a/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$				
6	≥ 0.63	0.15~0.20	0.20~0.25	0.25~0.30	0.35~0.40	0.02~0.025
	1.25	0.20~0.25	0.25~0.30	0.35~0.40	0.50~0.60	
7	> 0.63	0.15~0.20	0.20~0.25	0.25~0.30	0.35~0.40	0.04~0.05
	1.25	0.20~0.30	0.25~0.30	0.35~0.40	0.50~0.60	

其中,① 剃削 6 级精度齿轮时,须增光整行程的单行程数 4~6 次。
② 剃削 7 级精度齿轮时,须增光整行程的单行程数 2~4 次。

5.4 劳动定额的制订

劳动定额因表述方式不同,有时间定额(即工时定额)和产量定额两种。前者指完成一定工作量所用时间;后者指单位时间内完成规定的合格产品数,两者互为倒数。目前工厂常用时间定额作为劳动定额指标。

完成一个零件加工的一个工序的时间定额称为单件时间定额。它由下列各部分时间组成。

1. 基本时间 T_j

直接用于改变工件的尺寸、形状和表面质量等所消耗的时间称为基本时间。它包括刀具的趋近、切入、切削和切出等时间。基本时间又称为机动时间。

2. 辅助时间 T_f

完成一个工件的加工所必须进行的各种辅助动作所消耗的时间称为辅助时间,如装卸工件、启动和停止机床、改变切削用量、测量尺寸等所花费的时间。

基本时间和辅助时间之和又称为作业时间。

3. 布置工作地时间 T_{fw}

为使加工正常进行,工人照管工作地所消耗的时间称为布置工作地时间,如检查、润滑机床,更换、修磨刀具,校对量具,检具,清理切屑等所花费的时间。

4. 休息与生理需要时间 T_x

工人在工作班内为恢复体力和满足生理需要所消耗的时间称为休息与生理需要时间。

布置工作地时间和休息与生理需要时间有时很难精确计算,常用这两项时间占作业时间的百分比($K\%$)来表示。

5. 准备与终结时间 T_z

工人加工一批工件的开始与结束必须做的准备工作和结束工作所消耗的时间称为准备与终结时间,如借、还、阅读工艺文件,借、还工、夹具、刃具,领取毛坯,安装刀具和夹具,调整机床,首件检查,清点、下传工件等所花费的时间。

准备与终结时间对一批工件只需要一次,工件批量 N 越大,分摊到一个工件上的准备与终结时间(T_z/N)就越少。大量生产时,该项时间可忽略不计。

成批生产时,单件时间定额(min)可用下式表示:

$$T_d = (T_j + T_f)(1 + K\%) + T_z/N$$

5.4.1 机动时间的计算

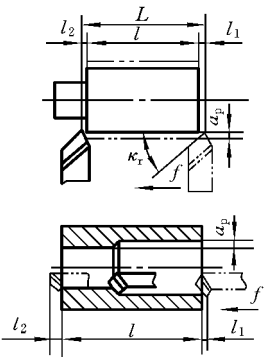
1. 车削和镗削机动时间的计算

车削和镗削加工常用符号如下：

- T_j ——机动时间(min)；
- L ——刀具或工作台行程长度(mm)；
- l ——切削加工长度(mm)；
- l_1 ——刀具切入长度(mm)；
- l_2 ——刀具切出长度(mm)；
- v ——切削速度(m/min 或 m/s)；
- d ——工件或刀具直径(mm)；
- n ——机床主轴转速(r/min)；
- f ——工件每转刀具进给量(mm /r)；
- a_p ——切削深度(mm)；
- i ——进给次数。

车削和镗削机动时间的计算如表 5-138 所示。试切附加长度按表 5-139 选取。

表 5-138 车削和镗削机动时间计算公式

加工示意图	计算公式	备 注
车外圆和镗孔 	$T_j = \frac{L}{fn} i = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{fn} i$ $l_1 = \frac{a_p}{\tan \kappa_r} + (2 \sim 3)$ $l_2 = 3 \sim 5$ $l_3 \text{——单件小批生产时的试切附加长度}$	(1) 当加工到台阶时 $l_2 = 0$ (2) l_3 的值按表 5-139 选取 (3) 主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$ 时 $l_1 = (2 \sim 3)$

续表

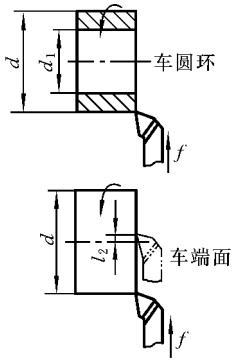
加工示意图	计算公式	备 注
车端面、切断或车圆环端面、切槽 	$T_j = \frac{L_i}{f n}$ $L = \frac{d - d_1}{2} + l_1 + l_2 + l_3$ $l_1, l_2, l_3 \text{ 同 ①}$	(1) 车槽时 $l_2 = l_3 = 0$, 切断时 $l_3 = 0$ (2) d_1 为车圆环的内径或车槽后的底径(mm) (3) 车实体端面 and 切断时 $d_1 = 0$

表 5-139 试切附加长度 l_3 (mm)

测量尺寸	测量工量	l_3
—	游标卡尺、直尺、卷尺、内卡钳、塞规、样板、深度尺	5
≤ 250 > 250	卡规、外卡钳、千分尺	3~5 5~10
$\leq 1\ 000$	内径百分尺	5

2. 刨削和插削机动时间的计算

刨削和插削加工常用符号如下：

B ——刨削或插削的宽度(mm)；

f_d ——每双行程刀具进给量(mm/双行程)；

n_d ——每分钟的双行程次数；

$$n_d = \frac{1\ 000v}{L(1 + k)}$$

k ——考虑刨削或插削空回行程快于工作行程的系数,对于龙门刨床, $k = 0.4 \sim 0.75$ ；

对于牛头刨床, $k = 0.7 \sim 0.9$ ；对于插床, $k = 0.65 \sim 0.93$ ；

l_4 ——工作行程开始时刀具对工件的超出长度(mm)；

l_5 ——工作行程结束时刀具对工件的超出长度(mm);

h ——被加工槽的深度(mm)。

刨削和插削机动时间的计算如表 5-140 所示。

表 5-140 刨削和插削机动时间的计算公式

加工示意图	计算公式	备 注
刨平面或插平面	$T_j = \frac{B + l_1 + l_2 + l_3}{f_d n_d}$ $n_d = \frac{1\,000v}{L(1+k)}$ $L = l + l_4 + l_5$	(1) l_1, l_2, l_3 的计算和确定同车削 (2) l_4, l_5 的值见表 5-141
刨槽或插槽	$T_j = \frac{H}{f_d n_d}$ $n_d = \frac{1\,000v}{L(1+k)}$ $L = l + l_4 + l_5$	手动进给时 $H = h$, 机动进给时 $H = h + 1$

刨床和插床的行程超出长度如表 5-141 所示。

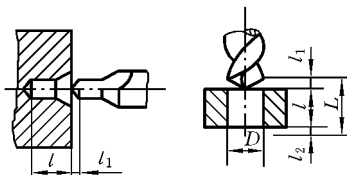
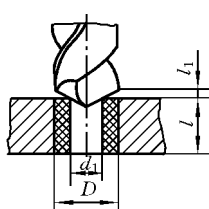
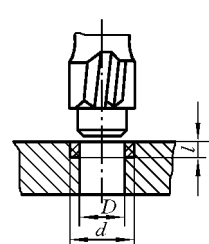
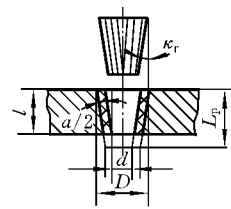
表 5-141 刨床和插床的行程超出长度($l_4 + l_5$) (mm)

龙门刨床		牛头刨床和插床	
刨削长度 l	$l_4 + l_5$	刨(插)削长度 l	$l_4 + l_5$
$\leq 2\,000$	200	≤ 100	35
$> 2\,000 \sim 4\,000$	200~325	$> 100 \sim 200$	50
$> 4\,000 \sim 6\,000$	330~375	$> 200 \sim 300$	60
$> 6\,000 \sim 10\,000$	390~475	> 300	75

3. 钻削机动时间的计算

钻削机动时间的计算如表 5-142 所示。

表 5-142 钻削机动时间的计算公式

加工示意图	计算公式	备 注
钻孔和钻中心孔 	$T_j = \frac{L}{f_n} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_n}$ $l_1 = \frac{D}{2} \cot \kappa_r + (1 \sim 2)$ $l_2 = 1 \sim 4$	(1) 钻中心孔和钻盲孔时 $l_2 = 0$ (2) D 为孔径 (mm)
扩钻、扩孔和铰圆柱孔 	$T_j = \frac{L}{f_n} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_n}$ $l_1 = \frac{D - d_1}{2} \cot \kappa_r + (1 \sim 2)$	(1) 扩钻盲孔、扩盲孔和铰盲孔时 $l_2 = 0$ 扩钻、扩孔时 $l_2 = 2 \sim 4$; 铰圆柱孔时, l_2 按表 5-143 选取 (2) d_1 为扩、铰前的孔径 (mm), D 为扩、铰后的孔径 (mm)
镗倒角、镗埋头孔和镗凸台 	$T_j = \frac{L}{f_n} = \frac{l + l_1}{f_n}$ $l_1 = 1 \sim 2$	
扩和铰圆锥孔 	$T_j = \frac{L}{f_n} i = \frac{L_p + l_2}{f_n} i$ $l_1 = 1 \sim 2$ $L_p = \frac{D - d}{2 \tan \kappa_r}$ $\kappa_r = \frac{\alpha}{2}$	(1) L_p 为行程计算长度 (mm) (2) κ_r 为主偏角, α 为圆锥角

铰圆柱孔的超出长度按表 5-143 选取。

表 5-143 铰圆柱孔的超出长度 l_2 (mm)

$a_p = \frac{D \sim d}{2}$	0.05	0.10	0.125	0.15	0.20	0.25	0.30
l_2	13	15	18	22	28	39	45

4. 铣削机动时间的计算

铣削常用符号如下：

z ——铣刀齿数；

f_z ——铣刀每齿的进给量 (mm/齿)；

f_M ——工作台的进给量 (mm/min)；

$$f_M = f_z z n$$

f_{Mz} ——工作台的水平进给量 (mm/min)；

f_{Mc} ——工作台的垂直进给量 (mm/min)；

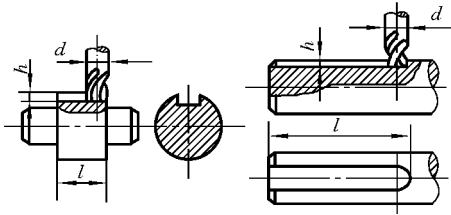
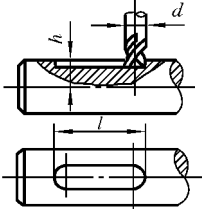
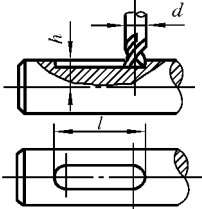
a_e ——铣削宽度 (垂直于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸) (mm)；

a_p ——铣削深度 (平行于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸) (mm)；

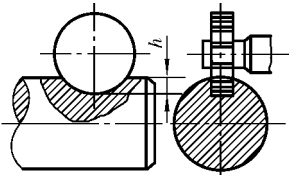
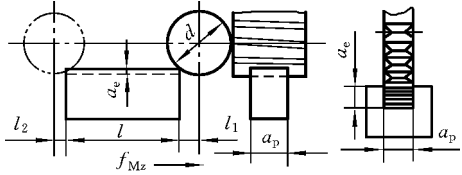
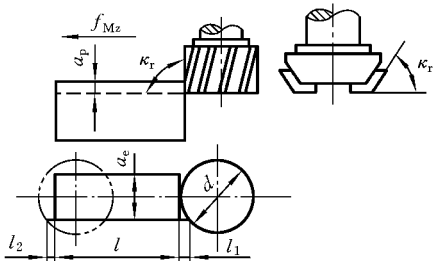
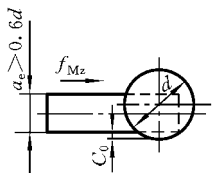
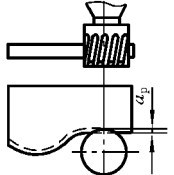
d ——铣刀直径 (mm)。

铣削机动时间的计算公式如表 5-144 所示。

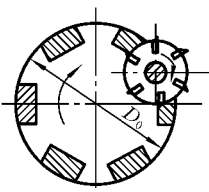
表 5-144 铣削机动时间的计算公式

加工示意图	计算公式	备 注
铣键槽(两端开口) 	$T_j = \frac{l + l_1 + l_2 i}{f_{Mz}}$ $l_1 = 0.5d + (1 \sim 2)$ $l_2 = 1 \sim 3$ $i = \frac{h}{a_p}$	(1) h 为键槽深度 (2) 通常 $i = 1$, 即一次铣削到规定深度
铣键槽(一端闭口) 	$l_2 = 0, \text{ 其余计算同上}$	
铣键槽(两端闭口) 	$T_j = \frac{h + l_1}{f_{Mc}} + \frac{l - d}{f_{Mz}}$ $l_1 = 1 \sim 2$	

续表

加工示意图	计算公式	备注
铣半圆键槽 	$T_j = \frac{l + l_1}{f_{Mc}} = \frac{h + l_1}{f_{Mz}}$ $l_1 = 1 \sim 2$	
圆柱铣刀铣平面、三面刃铣刀铣槽 	$T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_{Mz}}$ $l_1 = \sqrt{a_e(d - a_e)} + (1 \sim 3)$ $l_2 = 2 \sim 5$	
端面铣刀铣平面(对称铣削) 	$T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_{Mz}}$ 当主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$ 时 $l_1 = 0.5(d - \sqrt{d^2 - a_e^2}) + (1 \sim 3)$ 当主偏角 $\kappa_r < 90^\circ$ 时 $l_1 = 0.5(d - \sqrt{d^2 - a_e^2}) + \frac{a_p}{\tan \kappa_r} + (1 \sim 2)$ $l_2 = 1 \sim 3$	
端面铣刀铣平面(不对称铣削) 	$l_1 = 0.5d - \sqrt{C_0(d - C_0)} + (1 \sim 3)$ $C_0 = (0.03 \sim 0.05)d$ $l_2 = 3 \sim 5$	
轮廓铣削和仿形铣削 	$T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_{Mz}}$ $l_1 = a_p + (1 \sim 2)$ 封闭轮廓铣削时 $l_2 = 0$ 非封闭轮廓铣削时 $l_2 = 1 \sim 3$	l 为铣削轮廓的实际长度(mm)

续表

加工示意图	计算公式	备注
回转铣削 	$T_j = \frac{L}{f_M} = \frac{\pi D_0}{f_M}$	D_0 为工作台直径(mm)

5. 磨削机动时间的计算

磨削常用符号如下：

z_b ——单面加工余量(mm)；

B_M ——砂轮宽度(mm)；

f_a ——轴(纵)向进给量(mm /r)；

n ——工件每分钟转速(r/min)；

f_{rs} ——单行程磨削深度(或横向)进给量(mm/单行程)；

f_{rd} ——双行程磨削深度(或横向)进给量(mm/双行程)；

f_r ——切入法磨削进给量(mm/min)；

f_{ra} ——切入法磨削深度进给量(mm/r)；

k ——考虑磨削加工终了时的无火花磨削以及为消除加工面形状误差而进行局部修磨的系数,其值如表 5-145 和表 5-146 所示。

表 5-145 外圆磨削的修磨系数 k

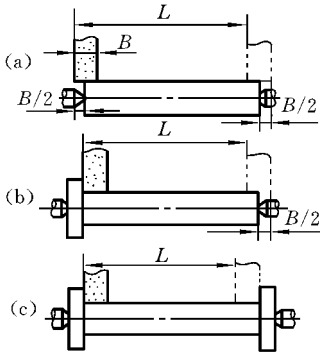
磨削方法	加工表面的形状	加工性质和表面粗糙度			
		粗磨	精磨		
			$R_a0.8\mu\text{m}$	$R_a0.4\mu\text{m}$	$R_a0.2\mu\text{m}$
纵磨	圆柱体	1.1	1.4	1.4	1.55
		1.1	1.0	1.0	—
切入磨	圆柱体带 1 个圆角	1.3	1.3	1.3	—
	圆柱体带 2 个圆角	1.65	1.65	1.65	—
	端面	—	1.4	1.4	—

表 5-146 无心磨、内圆磨和平面磨削的修磨系数 k

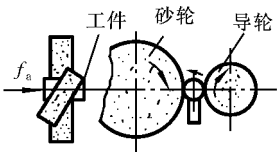
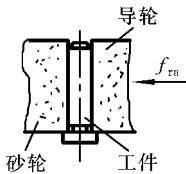
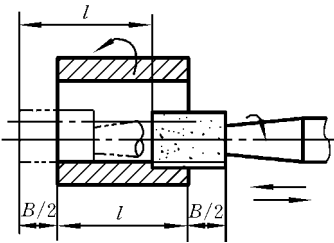
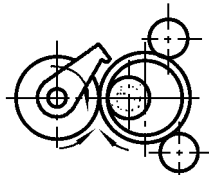
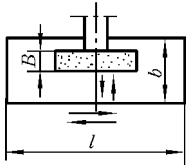
磨 削 方 法	磨削精度/mm				
	≤ 0.1	$0.10 \sim 0.07$	$0.07 \sim 0.05$	$0.05 \sim 0.03$	$0.03 \sim 0.02$
无心磨(通磨)	—	1.05	1.3	1.3	1.3
内圆磨	1.1	1.25	1.4	1.7	2.0
平面磨	1.0	1.07	1.2	1.44	1.7

磨削机动时间的计算公式如表 5-147 所示。

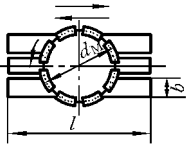
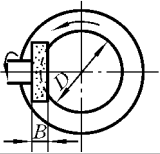
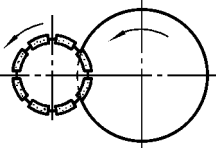
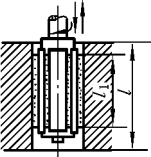
表 5-147 磨削机动时间的计算公式

加工示意图	计 算 公 式	备 注
纵进给法磨外圆 	磨轮按工作台单行程横向进给时, $T_j = \frac{Lz_b k}{nf_s f_{rs}}$ 磨轮按工作台双行程横向进给时, $T_j = \frac{2Lz_b k}{nf_s f_{rd}}$ 通磨时(见图(a)), $L = l$ — 一面有端面 and 圆角时(见图(b)) $L = l - \frac{B}{2}$ 两面都有端面 and 圆角时(见图(c)) $L = l - B$	L 为磨轮行程长度(mm); l 为加工面长度(mm)
切入法磨外圆 	$T_j = \left(\frac{z_b A}{f_r} + tk_1 \right) k$	t 为光磨时间, 见表 5-148; k_1 为光磨时间的修正系数, 见表 5-149; A 为切入次数

续表

加工示意图	计算公式	备注
无心磨床磨外圆 (1) 通磨法 	通磨法: $T_j = \frac{(l_q + B_M)ik}{f_a q}$ $f_a = 1\,000 v \sin \alpha$ $= \pi d_{\text{导}} n_{\text{导}} \sin \alpha \eta$ $\eta = 0.85 \sim 0.90$ 切入法: $T_j = \frac{z_b dk}{d_{\text{导}} n_{\text{导}} \eta f_{ra}}$	l 为工件磨削长度(mm);q 为每批工件数量;$d_{\text{导}}$ 为导轮直径(mm);$n_{\text{导}}$ 为导轮每分钟转速(r/min);d 为工件直径(mm);v 为工件速度(mm/min);α 为导轮倾斜角($^{\circ}$);粗磨时 $\alpha=3^{\circ} \sim 5^{\circ}$, 精磨时 $\alpha=1^{\circ} \sim 3.5^{\circ}$
(2) 切入法 		
磨内圆 	$T_j = \frac{2l z_b k}{n f_a f_{rd}}$	
无心磨床磨内圆 	$T_j = \frac{z_b}{n_d f_{rd}}$	n_d 为磨轮每分钟双行程数
在矩台磨床上用磨轮圆周磨平面 	单行程进给时, $T_j = \frac{L b z_b k}{1\,000 v f_a f_{rs} z}$ 双行程进给时, $T_j = \frac{2L b z_b k}{1\,000 v f_a f_{rd} z}$ $L = l + 20$	L 为磨削计算长度(mm);z 为同时磨削工件数量;l 为工件磨削面长度(mm);v 为工作台往复运动的速度(m/min);b 为工件磨削宽度(mm);f_a 为工作台往复一次砂轮轴向进给量

续表

加工示意图	计 算 公 式	备 注
在矩台磨床上用砂轮端面磨平面 	$T_j = \frac{Lz_b k}{1\,000vf_{rs}z}$ $L = l + d_M + 10$	d_M 为砂轮直径(mm);其余符号意义同上
在圆台磨床上用磨轮圆周磨平面 	$T_j = \frac{Lz_b k}{nf_a f_{rs} z}$ $L = B + b + 10$	n 为工作台每分钟转速(r/min); b 为工件磨削面宽度(mm);其余符号意义同上
在圆台磨床上用磨轮端面磨平面 	$T_j = \frac{z_b k}{nf_{rs} z}$	
珩磨 	$T_j = \frac{2Ln_d}{1\,000v}$ $L = l + 2b - l_1$ $b = 15 \sim 25$	v 为珩磨头往复运动的速度(m/min); b 为每面超出量(mm); l_1 为磨条的长度(mm); l 为孔的长度(mm); n_d 为除去余量所需的行程数; L 为珩磨头的行程(mm)

光整时间及其修正系数分别如表 5-148 和表 5-149 所示。

表 5-148 光整时间 t (min)

工件的磨削 表面直径 d/mm	表面粗糙度 $R_a 0.8\ \mu m$										表面粗糙度 $R_a 0.4\ \mu m$									
	工件的磨削表面长度 l/mm										工件的磨削表面长度 l/mm									
	20	30	40	50	60	80	100	120	150		20	30	40	50	60	80	100	120	150	
20	0.05	0.07	0.10	0.13	0.15	0.20	0.26	0.31	0.42	0.08	0.11	0.16	0.21	0.24	0.32	0.42	0.50	0.67		
30	0.06	0.09	0.12	0.15	0.19	0.25	0.32	0.38	0.52	0.10	0.14	0.19	0.24	0.30	0.40	0.51	0.60	0.83		
40	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.28	0.36	0.43	0.57	0.12	0.16	0.22	0.27	0.34	0.45	0.57	0.70	0.95		
50	0.08	0.12	0.16	0.19	0.24	0.32	0.41	0.50	0.67	0.14	0.19	0.25	0.30	0.39	0.51	0.66	0.80	1.08		
60	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.35	0.46	0.55	0.73	0.15	0.21	0.27	0.35	0.42	0.56	0.73	0.90	1.15		
80	0.10	0.15	0.19	0.25	0.36	0.40	0.51	0.63	0.84	0.16	0.24	0.30	0.40	0.48	0.64	0.82	1.00	1.35		
100	0.11	0.16	0.22	0.27	0.30	0.45	0.57	0.69	0.92	0.18	0.26	0.35	0.45	0.60	0.72	0.91	1.10	1.45		
120	0.12	0.18	0.25	0.31	0.40	0.50	0.65	0.80	1.05	0.19	0.29	0.40	0.50	0.64	0.80	1.05	1.30	1.70		
150	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.57	0.72	0.90	1.20	0.21	0.32	0.45	0.56	0.69	0.91	1.15	0.45	1.90		

表 5-149 光整时间的修正系数 k_1

工 件 材 料	公差等级 IT5 和 IT6							公差等级 IT7 级和 IT8 级精度						
	直 径 余 量 /mm													
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
耐 热 钢	0.9	1.10	1.30	1.40	1.50	1.75	2.00	1.10	1.30	1.50	1.75	1.90	2.20	2.50
非淬火钢及铸铁	0.8	0.95	1.11	1.25	1.36	1.58	1.76	1.00	1.20	1.40	1.60	1.70	2.00	2.20
淬 火 钢	0.64	0.77	0.89	1.00	1.09	1.26	1.41	0.80	0.95	1.11	1.20	1.36	1.58	1.76

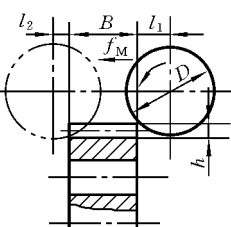
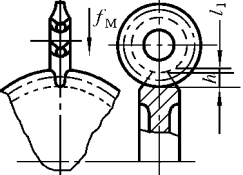
6. 齿轮加工机动时间的计算

齿轮加工常用符号如下：

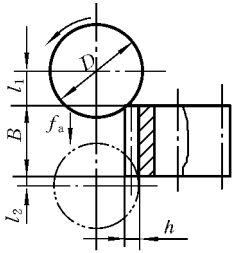
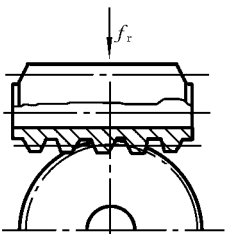
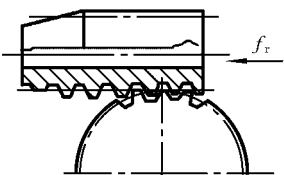
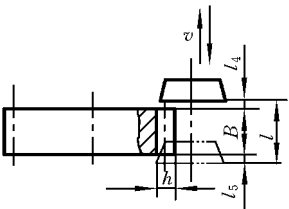
- B —— 齿轮宽度(mm)；
- β —— 螺旋角($^{\circ}$)；
- m —— 齿轮模数(mm)；
- h —— 全齿高(mm)；
- z —— 齿轮的齿数；
- f_M —— 每分钟进给量(mm/min)；
- n —— 铣刀或滚刀每分钟转数(r/min)；
- q —— 滚刀头数；
- D —— 刀具直径(mm)。

齿轮加工机动时间的计算公式如表 5-150 所示。

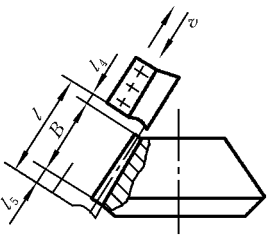
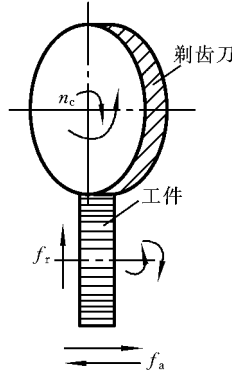
表 5-150 齿轮加工机动时间的计算公式 (mm)

加 工 示 意 图	计 算 公 式	备 注
用模数盘铣刀铣圆柱齿轮 	$T_j = \frac{\left(\frac{B}{\cos \beta} + l_1 + l_2 \right) z_i}{f_M}$ $l_1 = \sqrt{h(D - h)} + (2 \sim 3)$ $l_2 = 2 \sim 4$	(1) $\beta=0$ 为铣直齿齿轮 (2)同时加工多个齿轮时, B 为所有齿轮宽度之和,算出之 T_j 应被齿轮数除 (3) $h \leq 13$ 时,应一次切削 (4) $h \geq 14 \sim 26$ 时,分两次切削,第一次切深为 13 mm,第二次切至全深,分两次计算 l_1 ,取平均值代入 T_j 公式 (5) $h \geq 27 \sim 36$ 时,分三次切削, l_1 与 T_j 的计算同上
用模数盘铣刀铣蜗轮 	$T_j = \frac{(h + l_1) z}{f_M}$ $h = 2.2m$ $l_1 = 0.55m$	—

续表

加工示意图	计算公式	备注
用滚刀滚圆柱齿轮 	$T_j = \frac{\left(\frac{B}{\cos \beta} + l_1 + l_2 \right) z}{qn f_a}$ $l_1 = \sqrt{h(D - h)} + (2 \sim 3)$ $l_2 = 2 \sim 5$	(1) β, B 意义同上 (2) $h \leq 13$ 时, 可一次切削 (3) $h > 13 \sim 36$ 时, 分两次切削, 第一次 $h = 1.4m$, 第二次 $h = 0.85m$, 分别计算 l_1, 将其平均值代入 T_j 公式 (4) f_a 为工件每转轴向进给量 (mm/r)
用滚刀径向进给法滚蜗轮 	$T_j = \frac{(h + l_1 + l_2)z}{qn f_r} = \frac{3mz}{qn f_r}$ $h = 2.2m$ $l_1 = 0.55m$ $l_2 = 0.25m$	f_r 为工件每转的径向进给量 (mm/r)
用滚刀切线进给法滚蜗轮 	$T_j = \frac{Lz}{qn f_r}$ $L = 2.94m \sqrt{z}$	L 为滚刀在切线方向的行程量 (mm) f_r 为工件每转的滚刀切线进给量 (mm/r)
用圆盘插齿刀插圆柱齿轮 	$T_j = \frac{h}{f_r n_d} + \frac{\pi d i}{f_r n_d}$ $n_d = \frac{1000v}{2L}$ $L = B + l_4 + l_5$ 插直齿时: $l_4 + l_5 = 5 \sim 6$ 插斜齿时 $\beta = 15^\circ, l_4 + l_5 = 5 \sim 10$ $\beta = 30^\circ, l_4 + l_5 = 6 \sim 12$	f_r 为插齿刀每双行程的径向进给量 (mm/双行程); f_r 为每双行程的圆周进给量 (mm/双行程); n_d 为插齿刀的每分钟双行程数; d 为工件分度圆直径 (mm); L 为插齿刀的行程 (mm); $l_4 + l_5$, 模数大时取大值

续表

加工示意图	计算公式	备注	
在刨齿机上刨圆锥齿轮 	$T_j = t_0 z i = \frac{n_z z i}{n_d}$ $n_d = \frac{1000 v}{2 L}$ $L = B + l_4 + l_5$	t_0 为每齿的刨削时间 (min); n_z 为加工一个齿的双行程数; n_d 为刨刀每分钟的双行程数; L 为刨刀的行程长度 (mm); $l_4 + l_5$ 为双面超出长度 (mm); B 为齿长 (mm)	
	m		$l_4 + l_5$
	≤ 5		10
	$> 5 \sim 10$		15
	$> 10 \sim 15$		20
	$> 15 \sim 25$		25
用盘形剃齿刀剃齿 	$T_j = \frac{(B + l_1 + l_2) z}{f_a n_c z_c} \frac{z_b}{f_r}$ $l_1 + l_2 = 10$	z_b 为单面剃齿余量 (mm); f_a 为工件每转工作台的纵向进给量 (mm/r); n_c 为剃齿刀每分钟转数 (r/min); z_c 为剃齿刀的齿数; f_r 为径向进给量 (mm/双行程)	

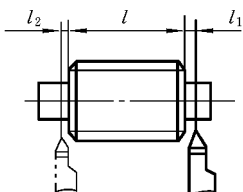
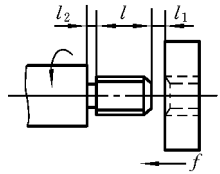
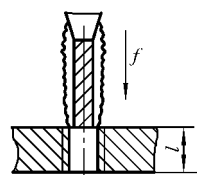
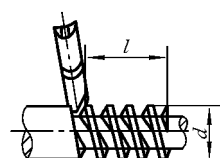
7. 螺纹加工机动时间的计算

螺纹加工常用符号如下：

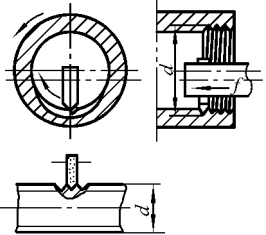
- d —— 螺纹大径 (mm)；
- f —— 工件每转进给量 (mm / r), 等于工件螺纹的螺距 P ；
- q —— 螺纹的线数。

螺纹加工机动时间的计算公式如表 5-151 所示。

表 5-151 螺纹加工机动时间的计算公式

加工示意图	计 算 公 式	备 注
在车床上车螺纹 	$T_j = \frac{L}{fn} iq = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} iq$ 通切螺纹 $l_1 = (2 \sim 3)P$ 不通切螺纹 $l_1 = (1 \sim 2)P$ $l_2 = 2 \sim 5$	
用板牙攻螺纹 	$T_j = \left(\frac{l + l_1 + l_2}{fn} + \frac{l + l_1 + l_2}{fn_0} \right) i$ $l_1 = (1 \sim 3)P$ $l_2 = (0.5 \sim 2)P$	n_0 为工件回程的每分钟转数 (r/min); i 为使用板牙的次数
用丝锥攻螺纹 	$T_j = \left(\frac{l + l_1 + l_2}{fn} + \frac{l + l_1 + l_2}{fn_0} \right) i$ $l_1 = (1 \sim 3)P$ $l_2 = (2 \sim 3)P$ 攻盲孔时 $l_2 = 0$	n_0 为丝锥或工件回程的每分钟转数 (r/min); i 为使用丝锥的数量; n 为工件或丝锥的每分钟转数 (r/min)
用盘铣刀铣螺纹 	$T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f} \frac{\pi d}{f_c \cos \beta} iq$ $l_1 = (1 \sim 3)P$ $l_2 = (0.5 \sim 2)P$ 用定位器时 $l_2 = 0$ $f_c = f_\tau z n_c$	f_c 为螺纹铣刀沿螺旋展开线的进给量 (mm/min); f_x 为螺纹铣刀每齿进给量 (mm/齿); z 为螺纹铣刀齿数; n_c 为螺纹铣刀每分钟转数 (r/min); β 为螺纹的螺旋角 ($^\circ$)

续表

加工示意图	计算公式	备注
用旋风切削头切削螺纹和用单线砂轮磨螺纹 	$T_j = \frac{L}{fn} i = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} i$ $n = \frac{f_0 n_c z_c}{\pi d}$ $l_1 = (2 \sim 3)P$ $l_2 = (1 \sim 2)P$ (用定位器磨削时, $l_2 = 0$) 用单线砂轮磨螺纹时, $i = \frac{z_b}{a_p} + i_1$ 粗磨时 $i_1 = 0$, 精磨时 $i_1 = 1 \sim 2$	f_0 为旋风切削头或工件在刀具每转时的进给量 (mm/r); n_c 为刀具每分钟转数 (r/min); z_c 为旋风切削头的切刀数; z_b 为螺纹中径的单面磨削余量 (mm); a_p 为横向进给量 (切深) (mm); i_1 为停止横向进给后的行程次数

8. 拉削机动时间的计算

拉削机动时间的计算公式如表 5-152 所示。

表 5-152 拉削机动时间的计算公式

计算公式	备注
$T_j = \frac{l_p + l + l_1}{1\ 000v} i$ $l_1 = 5 \sim 10; l_p = (z_1 + z_2)P$ $z_1 = \frac{z_b}{f_z}; z_2 = \frac{l}{P} + 2; P = A \sqrt{l}, A = 1.5 \sim 2.5$ 当 l_p 未知时, $T_j = \frac{z_b l \eta k}{1\ 000v f_z z}$ $\eta = 1.17 \sim 1.25 \text{ (考虑校准部分长度的系数, 无校准部分时, } \eta = 1)$ $k = 1.14 \sim 1.5 \text{ (考虑机床返回行程的系数)}$ $z = \frac{l}{P}$	l_p 为拉刀工作部分长度 (mm); l 为工件拉削表面长度 (mm); z_1 为切削刀齿的齿数; z_2 为校准刀齿的齿数; z_b 为单面加工余量 (mm); f_z 为拉刀每齿进给量 (mm/齿); P 为拉刀的齿距 (mm); A 为系数; z 为拉刀同时工作的齿数

5.4.2 辅助时间定额

辅助时间部分典型动作的定额如表 5-153 所示。

表 5-153 辅助时间部分典型动作的定额

(min)

动 作	时 间	动 作	时 间
(1) 拿取工件并放在夹具上	0.5~1	(29) 拿取镗杆, 将其穿过工件和镗模支架并连接在主轴上	1
(2) 拿取扳手	0.05~0.10	(30) 在钻头、铰刀或丝锥上刷油	0.1
(3) 夹紧工件(手动)	0.5~1	(31) 根据手柄刻度调整吃刀量	0.05
(4) 夹紧工件(气、液动)	0.02~0.05	(32) 移动摇臂和钻头对准钻套	0.05~0.08
(5) 启动机床	0.02	(33) 更换普通钻套	0.3
(6) 工件快速趋近刀具	0.02~0.05	(34) 用斜楔从主轴中打出锥柄钻头	0.5
(7) 接通自动进给	0.03	(35) 回转钻模转换方位	0.3~0.5
(8) 断开自动进给	0.03	(36) 在工作台上用手翻转钻模	0.2
(9) 工件或刀具退离并复位	0.03~0.05	(37) 更换单铣刀	8
(10) 变速或变换进给量	0.02	(38) 更换组合铣刀	15
(11) 变换刀架或转换方位	0.05	(39) 摇动分度头分度	0.15
(12) 放松—移动—锁紧尾座	0.4~0.5	(40) 调整牛头刀架以便刨斜面	0.4
(13) 更换夹具导套	0.1	(41) 关闭或移开磨床防护罩	0.02
(14) 更换快换刀具(钻头、铰刀)	0.1~0.2	(42) 清理磁性工作台以便装工件	0.5
(15) 取量具	0.04	(43) 将拉刀穿入工件并固定在夹头上	0.15
(16) 测量一个尺寸(用极限量规)	0.1	(44) 用压缩空气吹净夹具	0.05
(17) 放下量具	0.03	(45) 穿系或解开起吊绳索	0.5~1.0
(18) 启动和调节切削液	0.05~0.10	(46) 用内径千分尺测量一个孔	0.3
(19) 拿取清扫工具	0.03	(47) 用深度尺测量 1 个孔的深度	0.2
(20) 清扫工件和夹具定位基面	0.1~0.2	(48) 自尾座上取下顶尖或换装钻头	0.6
(21) 放下清扫工具	0.02	(49) 打开或关上回转压板或钻模板	0.5
(22) 放松夹紧(手动)	0.5~0.8	(50) 取下工件	0.2~0.8
(23) 放松夹紧(气、液动)	0.02~0.40		
(24) 操纵伸缩式定位件	0.02~0.05		
(25) 调整一个辅助支承	0.02~0.05		
(26) 用划针找正并锁紧工件	0.2~0.3		
(27) 调整尾座偏心, 以便车锥度	0.5		
(28) 调整刀架角度, 以便车锥度	0.5		

其中, ① 上述数据是在使用通用设备、加工中小零件时得到的。

② 当同种动作不止一次时, 表中时间应按次数重复计算。

③ 未给出的动作可借用已给的类似动作的时间(如“停止机床”可借用“启动

机床”的时间；“用压缩空气吹净工件”可借用“用压缩空气吹净夹具”的时间）。

5.4.3 布置工作地、休息和生理需要所需时间

各种机床布置工作地、休息和生理需要所需时间按表 5-154 选取。

表 5-154 布置工作地、休息和生理需要所需时间

机 床 名 称	共占作业时间 百分比 <i>K</i> /(%)	机 床 名 称		共占作业时间 百分比 <i>K</i> /(%)
卧式车床	21.8	立式圆工作台铣床		20.0
转塔车床	15.9	单轴自动车床	一台	12.9
立式钻床	15.7		两台	16.5
摇臂钻床	17.4	多轴自动车床	一台	22.4
外圆磨床	18.5		两台	28.0
内圆磨床	15.7	半自动车床		21.5
矩台平面磨床	15.4	卧式拉床		16.5
圆台平面磨床	17.6	立式拉床		15.9
无心磨床	17.9	金刚镗床		18.5
卧式铣床	16.5	滚齿机		14.0
立式铣床	15.9	插齿机		9.1

第 6 章 机械加工工艺流程制订实例

机械制造课程设计说明书

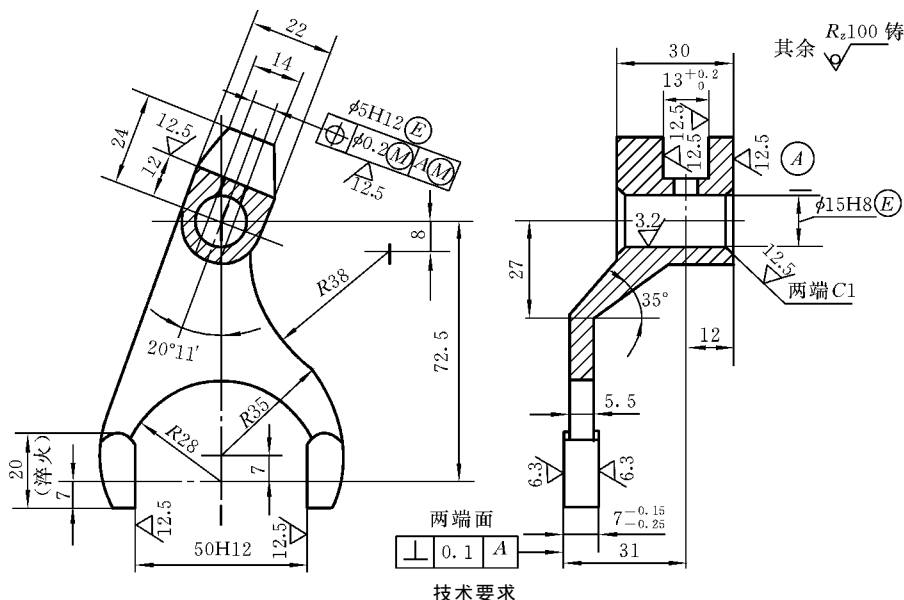
设计题目:设计东风-150 型拖拉机变速箱内用于Ⅱ-Ⅲ挡变速齿轮拨叉零件的机械加工工艺流程

班 级 _____
学 生 _____
指导 教师 _____

学校 _____
年 月 日

机械制造课程设计是在学完了机械制造技术基础(含机床夹具设计)和大部分专业课,并进行了生产实习的基础上进行的一个教学环节。这次设计使我们能综合运用机械制造工艺学中的基本理论,并结合生产实习中学到的实践知识,独立地分析和解决工艺问题,初步具备设计一个中等复杂程度零件(图6-1 东风-150 型拖拉机变速箱内用于Ⅱ-Ⅲ挡变速齿轮拨叉零件)的工艺规程的能力,也是熟悉和运用有关手册、图表等技术资料及编写技术文件等基本技能的一次实践,可为今后的毕业设计及未来从事的工作打下良好的基础。

由于能力所限,经验不足,设计中还有许多不足之处,希望各位老师多加指教。



1. 铸件表面应清除毛刺、披缝结瘤和粘砂,不应有裂缝、砂眼和局部缩松、气孔及夹渣等缺陷
2. 正火处理,硬度174~207 HBS,拨叉脚局部淬火,硬度不小于50 HRC,淬深为0.7~1.2 mm
3. 未注铸造圆角为R3~R5
4. 去除锐边毛刺
5. 不加工表面清砂洗净,涂铁红环氧底漆

图6-1 东风-150型拖拉机Ⅱ-Ⅲ挡变速齿轮拨叉零件图

6.1 零件的工艺分析

6.1.1 零件的功用、结构及特点

该零件是以 $\phi 15H8$ 孔套在轴上,并用销钉经 $\phi H12$ 孔与轴定位的,拨叉脚卡在

双联齿轮的槽中,变速操纵机构通过拨叉头部的操纵槽带动拨叉与轴一起在变速箱中滑动,拨叉脚拨动双联齿轮在花键轴上滑移,就可实现变速箱的变速功能,从而实现拖拉机的变速。

拨叉的主要工作表面为操纵槽及拨叉脚两端面。主要配合面为 $\phi 15H8$ 孔、 $\phi 5H12$ 孔和拨叉脚内侧面 $50H12$ 。该零件属特殊形状零件,但复杂程度一般。由于拨叉在工作时承受一定的力,因此要求有一定的强度、刚度和韧度。

6.1.2 主要加工表面及其要求

1. 拨叉安装孔

孔径 $\phi 15H8 (+0.027_0)$ 的孔是拨叉的安装孔,其形状公差遵守包容要求,表面粗糙度 R_a 为 $3.2\ \mu\text{m}$;孔端面位置尺寸为 $30\ \text{mm}$,表面粗糙度 R_a 为 $12.5\ \mu\text{m}$ 。

2. 拨叉脚端面

拨叉脚端面的厚度为 $7_{-0.25}^{+0.15}\ \text{mm}$,两端面对孔 $\phi 15H8$ 轴线的垂直度公差为 $0.1\ \text{mm}$,外端面与操纵槽对称面的距离为 $31\ \text{mm}$,表面粗糙度 R_a 为 $6.3\ \mu\text{m}$ 。

3. 拨叉脚内侧面

拨叉脚内侧面的宽度为 $50H12 (+0.25_0)$ mm,其对称面与拨叉头对称面间的夹角为 $20^\circ 11'$,表面粗糙度 R_a 为 $12.5\ \mu\text{m}$ 。

4. 操纵槽

操纵槽的宽度为 $13_{+0}^{+0.2}\ \text{mm}$,深度为 $12\ \text{mm}$,对称面与拨叉安装孔端面的距离为 $12\ \text{mm}$,表面粗糙度 R_a 为 $12.5\ \mu\text{m}$ 。

5. 拨叉紧定孔

拨叉紧定孔的孔径为 $\phi 5H12 (+0.12_0)$ mm,孔深为 $23\ \text{mm}$,其形状公差遵守包容要求,孔轴线对孔 $\phi 15H8$ mm 轴线的位置度公差为 $\phi 0.2\ \text{mm}$,并遵守最大实体要求。

6.2 毛坯的选择

6.2.1 确定毛坯的类型、制造方法和尺寸及其公差

① 因零件材料为铸钢,要求的年产量为 $5\ 000$ 件,属大批生产,拨叉的轮廓尺寸不大,且有较多不需要切削加工的表面,所以毛坯选用金属模砂型机器造型铸造成形。

② 选择以通过零件最高线且平行于拨叉脚对称面的平面(拨叉脚对称面偏右 1.7 mm)作为分型面,采用带型芯的分模造型,可多件同时浇注,钢液由两拨叉脚经横浇道流入。

③ 拨叉属特形零件,且加工过程中利用不加工表面进行定位的工序较多,故零件毛坯选为精铸件。铸件尺寸公差等级为CT9(见表3-1),加工余量等级按CT9-MA-H/G级(见表3-2)。查表3-3,拨叉头端面留单边余量为2.5 mm, $\phi 15H8$ 孔不铸出,拨叉脚两端面留为3.5 mm的单边余量,拨叉脚内侧面留单边余量为3.5 mm,操纵槽留单边余量为6.5 mm。

6.2.2 确定毛坯的技术要求

① 铸件不应有裂纹,砂眼和局部缩松、气孔及夹渣等缺陷。铸件表面应清除毛刺、结瘤和粘砂等。

② 正火处理硬度为174~207HBS,以消除内应力,改善切削加工性能。

③ 未注圆角为 $R3\sim R5\text{mm}$ 。

④ 起模斜度为 $30'$ 。

6.2.3 绘制毛坯图

根据图6-1所示拨叉零件图,在各加工表面上加上机械加工余量,绘制毛坯图,并标注尺寸和技术要求,如图6-2所示。

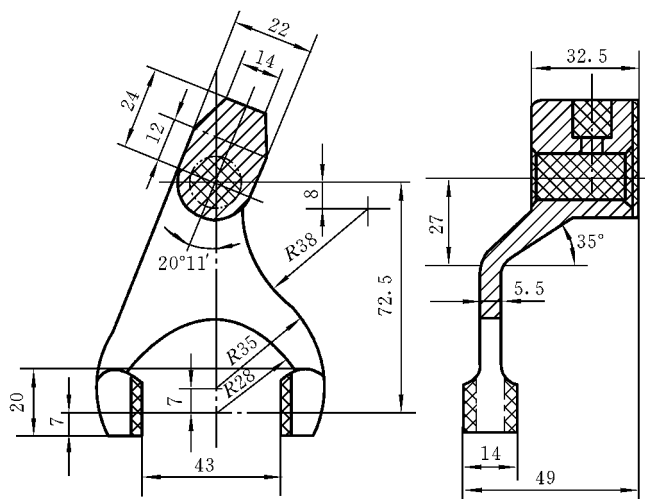


图 6-2 东风-150 型拖拉机 II-III 挡变速齿轮拨叉毛坯图

6.3 基准的选择

该拨叉零件图中较多尺寸及形位公差是以 $\phi 15H8$ 孔及其端面为设计基准的,因此,必须首先加工出 $\phi 15H8$ 孔及其端面,为后续工序作为基准。根据粗、精基准选择原则,确定各加工表面的基准如表 6-1 所示。

表 6-1 加工表面的基准

序号	加 工 部 位	基 准 选 择
1	$\phi 15H8$ 孔及其端面	拨叉头的外形轮廓及端面(粗基准)
2	拨叉脚两端面(粗加工)	$\phi 15H8$ 孔及其端面
3	拨叉脚两端面(精加工)	$\phi 15H8$ 孔及拨叉脚端面
4	拨叉脚内侧面 50H12	$\phi 15H8$ 孔、拨叉脚端面及拨叉脚外侧面
5	操纵槽 13($^{+0.2}_0$)	$\phi 15H8$ 孔及其端面、拨叉脚内侧面
6	$\phi 5H12$ 孔	$\phi 15H8$ 孔、操纵槽、拨叉脚内侧面

6.4 拟订机械加工工艺路线

6.4.1 确定各表面的加工方法

根据各加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求,选定如下加工方法:

$\phi 15H8$ 孔的端面加工方法为车削; $\phi 15H8$ 孔的加工方法为钻、扩、铰和孔口倒角;拨叉脚两端面的加工方法为铣削—磨削;其内侧两端面的加工方法为铣削;操纵槽的加工方法为铣削; $\phi H12$ 孔的加工方法为钻削。

具体加工方法的分析如下。

① 拨叉头端面:为未注公差尺寸,公差等级按 IT14,表面粗糙度为 $R_a 12.5 \mu m$,查表 4-2 及表 4-5,需进行粗车。

② $\phi 15H8$ 孔:表面粗糙度为 $R_a 3.2 \mu m$,公差等级 IT8,查表 4-3 知 $\phi 15H8$ 孔可采用钻—扩—铰。

③ $\phi 15H8$ 孔口倒角,表面粗糙度为 $R_a12.5\ \mu\text{m}$,粗车即可。

④ 拨叉脚两端面:表面粗糙度为 $R_a6.3\ \mu\text{m}$,公差等级为 IT12,查表 4-5 知粗铣可达到要求。拨叉脚局部淬火,铣后需进行磨削。

⑤ 操纵槽:宽度 $13^{+0.2}_0\text{mm}$,公差等级为 IT12,表面粗糙度为 $R_a12.5\ \mu\text{m}$,查表 4-2 只需粗铣。

⑥ $\phi 5H12$ 孔表面粗糙度为 $R_a12.5\ \mu\text{m}$,查表 4-3 只需钻削。

⑦ 拨叉脚内侧面,宽度尺寸为 $50H12$,公差等级为 IT12,表面粗糙度为 $R_a12.5\ \mu\text{m}$,查表 4-2 粗铣即可。

6.4.2 拟定加工工艺路线

加工方案有以下两种,分别如表 6-2 和表 6-3 所示。

表 6-2 加工方案一

工序号	内 容	设 备	工序号	内 容	设 备
10	车拨叉头端面、钻、扩、铰 $\phi 15H8$ 孔,孔口倒角	回轮式 转塔车床	60	钻 $\phi 5H12$ 孔	钻床
			70	去毛刺	
20	孔口倒角、校正拨叉脚	钻床、校 正工具	80	拨叉脚局部淬火	
			90	校正拨叉脚	校正工具
30	粗铣拨叉脚两端面	铣床	100	磨拨叉脚两端面	磨床
40	铣拨叉脚内侧面	铣床	110	清洗	
50	铣操纵槽	铣床	120	检验	

表 6-3 加工方案二

工序号	内 容	设 备	工序号	内 容	设 备
10	车拨叉头端面	卧式车床	80	钻 $\phi 5H12$ 孔	钻床
20	钻、扩、铰 $\phi 15H8$ 孔	钻床	90	去毛刺	
30	孔口倒角	车床	100	拨叉脚局部淬火	
40	校正拨叉脚	校正工具	110	校正拨叉脚	校正工具
50	粗铣拨叉脚两端面	铣床	120	磨拨叉脚两端面	磨床
60	铣拨叉脚内侧面	铣床	130	清洗	
70	铣操纵槽	铣床	140	检验	

6.4.3 工艺路线方案的分析与比较

1. 方案一

按工序集中原则组织工序, $\phi 15H8$ 孔及端面采用回轮式转塔车床和专用夹具加工, 在一台车床上完成。其优点是: 工艺路线短, 减少了工件装夹次数, 易于保证加工面的相互位置精度, 需要的车床数量少, 减少工件在工序间的运输, 减少辅助时间和准备终结时间。

2. 方案二

按工序分散原则组织工序, 先在卧式车床上用三爪自定心卡盘装夹加工拨叉头端面, 然后在钻床上用钻模加工 $\phi 15H8$ 孔(钻—扩—铰), 孔口倒角则在另一台车床上加工。其优点是可以采用通用夹具, 缺点是工艺路线长, 增加了工件的装夹次数, 而且工序 10 和工序 20 重复使用粗基准定位。

由于该拨叉零件形状不规则, 加工面分散, 要适应大批生产, 可以采用自动机床或专用机床配以专用夹具, 尽量使工序集中以满足生产率和保证质量的要求, 综合比较, 考虑选择方案一更为合理。

6.5 确定机械加工余量、工序尺寸及公差

加工余量可采用查表修正法确定。确定工序尺寸的一般方法是: 由加工表面的最后工序往前推算, 最后工序的工序尺寸按零件图样的要求标注。当无基准转换时, 同一表面多次加工的工序尺寸只与工序(或工步)的加工余量有关。当基准不重合时, 工序尺寸用工艺尺寸链解算。中间工序尺寸按“单向、入体”原则标注, 但毛坯和孔心距尺寸公差带一般取双向对称布置。中间工序尺寸的公差可从相应的加工经济精度表中查得。

拨叉零件第一道工序各工步无基准转换, 其余各表面加工均用统一基准且基准重合, 故只需查得加工余量, 便可确定工序尺寸。为保证拨叉脚局部淬火淬深, 要进行一个工艺尺寸链的计算。

根据上述原始资料和加工工艺, 查各种表面加工余量表分别确定各加工表面的加工余量、工序尺寸及公差, 如表 6-4 所示。

表 6-4 机械加工余量及工序尺寸

工序号	工序内容	单边余量/mm	工序尺寸/mm	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$
10	(1)车拨叉头端面	2.5	30	12.5
	(2)钻 $\phi 15\text{H}8$ 孔	7	$\phi 14$	12.5
	(3)扩 $\phi 15\text{H}8$ 孔	0.4	$\phi 14.8$	6.3
	(4)铰 $\phi 15\text{H}8$ 孔	0.2	$\phi 15\text{H}8(+0.027_0)$	3.2
	(5)孔口倒角	1	C1	12.5
30	粗铣拨叉脚两端面	3.2	$7.6_{-0.1}^0$	12.5
40	铣拨叉脚内侧面	3.5	$50\text{H}12(+0.25_0)$	12.5
50	铣操纵槽	6.5	$13_{+0}^{+0.2}$	12.5
60	钻 $\phi 5\text{H}12$ 孔	2.5	$5\text{H}12(+0.12_0)$	12.5
100	磨拨叉脚两端面	0.3	$7_{-0.25}^{-0.15}$	6.3

6.6 选择机床及工艺装备

6.6.1 选择机床

1) 工序 10

由于加工零件轮廓尺寸不大,该工序又包括五个工步,为减少装卸刀时间,选用 C336-1 型回轮式转塔车床比较合适。

2) 工序 20

孔口倒角。由于零件形状不规则、尺寸较小,故采用铤钻在 Z525 型立式钻床上加工。

3) 工序 30、40、50

粗铣拨叉脚两端面、内侧面时,为提高效率,采用两把错齿三面刃组合铣刀同时加工;粗铣操纵槽也用三面刃铣刀。考虑该零件是大批生产,以所选用机床使用范围较广为宜,因此选用 XA6132 型卧式铣床能满足加工要求。

4) 工序 60

钻 $\phi 5\text{H}12$ 。由于孔的直径较小,故可采用专用夹具在立式钻床上加工,选用 Z515 型立式钻床。

5) 工序 100

磨拨叉脚两端面。为减少工件装夹次数,选用 M7120A 卧轴矩台平面磨床。

6.6.2 选择刀具

该零件无特形表面,成批生产,一般采用通用或标准刀具。

车床上粗车拨叉头端面用 P10 端面车刀,钻—扩—铰 $\phi 15H8$ 孔及孔口倒角、钻 $\phi 5H12$ 孔均可选用标准刀具: $\phi 14$ mm 标准麻花钻、 $\phi 14.8P10$ 扩孔钻、 $\phi 15H8P10$ 机用铰刀、锥柄铰钻和 $\phi 5$ 直柄麻花钻。

查表 5-40 可知,铣拨叉脚两端面、内侧面、操纵槽可选高速钢错齿三面刃铣刀加工。铣操纵槽要求铣切深度为 12 mm,查表 5-41 可知,铣刀的直径应为 110~150 mm;根据槽宽 $13^{+0.2}_0$ mm,查表 5-44 可知,槽宽为 13 mm,该标准铣刀无此宽度需特殊定制,所制铣刀规格为:直径 $d=125$ mm,宽度 $L=13$ mm,齿数 $Z=20$,孔径 $D=32$ mm。

磨拨叉脚两端面,工件材料为 ZG310-570,选用白刚玉平形砂轮。

6.6.3 选择夹具

该零件加工中工序 10 采用三爪自定心卡盘,其余工序需用专用夹具。

6.6.4 选择量具

该零件属批量生产,一般采用通用量具。

1) 选择车拨叉头端面、钻—扩—铰 $\phi 15H8$ 孔量具

现按计量器具的不确定度选择该表面加工时所用的量具:拨叉头为未注公差尺寸,按 IT14 要求,端面尺寸 30 的标准公差值 T 为 0.52 mm,查表 5-56,计量器具不确定度允许值 $U_1=0.029$ mm。查表 5-57,分度值 0.02 mm 的游标卡尺,其不确定度数值 $U=0.02$ mm, $U < U_1$,查表 5-59,选用 0~200 mm/0.02 mm 的游标卡尺。而钻、扩 $\phi 15H8$ 孔与拨叉头端面在同一工序中,选用 0~200 mm/0.02 mm 的游标卡尺可达到检测要求。铰 $\phi 15H8$ 孔,此时达到的公差等级为 IT8。由于精度要求高,加工时每个工件都需要进行测量,故选用极限量规,孔量具选用锥柄圆柱塞规。

2) 选择铣拨叉脚两端面、内侧面、铣操纵槽量具

按计量器具的不确定度选择该表面加工时所用的量具:拨叉脚端面距离尺寸公差 $T=0.1$ mm,按表 5-56,计量器具不确定度允许值 $U_1=0.0054$ mm。根据表 5-59,选用分度值 0.02 mm/0~200 mm 的游标卡尺。同样,拨叉脚两内侧面距离、槽宽都为 IT12,均可选用分度值为 0.02 mm,测量范围 0~200 mm 的游标卡尺。

3) 钻 $\phi 5H12$ 孔

$\phi 5H12$ 孔尺寸公差 $T=0.12\text{ mm}$, 查表 5-56 和表 5-59, 可选用 $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 的游标卡尺。

4) 磨拨叉脚两端面

查表 5-56 和表 5-59, 可选用 $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 的游标卡尺。

根据生产类型和满足被加工零件的技术要求, 且结合工厂现有的生产条件, 各工序所选用的机床设备和工艺装备如表 6-5 所示。

表 6-5 机床设备和工艺装备选择

工序号	工 序 内 容	机床设备和工艺装备
10	(1) 车拨叉头端面 (2) 钻 $\phi 15H8$ 孔 (3) 扩 $\phi 15H8$ 孔 (4) 铰 $\phi 15H8$ 孔 (5) 孔口倒角	C336-1 回轮式转塔车床, P10 端面车刀, 游标卡尺 $\phi 14\text{ mm}$ 标准麻花钻, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺 $\phi 14.8\text{ mm}$ P10 扩孔钻 $\phi 15H8$ P10 机用铰刀, $\phi 15H8$ 孔用塞规 P10 倒角车刀
20	孔口倒角校正拨叉脚	Z5125A 钻床, 镗钻钳工台, 校正工具
30	粗铣拨叉脚两端面	XA6132 卧式铣床, 专用夹具, P10 三面刃铣刀, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺
40	铣拨叉脚内侧面	XA6132 卧式铣床, 专用夹具, P10 三面刃铣刀, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺
50	铣操纵槽	XA6132 卧式铣床, 专用夹具, P10 三面刃铣刀, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺
60	钻 $\phi 5H12$ 孔	Z515 台式钻床, 专用夹具, $\phi 5$ 直柄麻花钻, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺
90	校正拨叉脚	钳工台, 校正工具, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺
100	磨拨叉脚两端面	M7120A 平面磨床, 专用夹具, 白刚玉砂轮, $0\sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺

6.7 确定切削用量及基本工时

1. 工序 10

车拨叉头端面, 钻、扩、铰 $\phi 15\text{H}8$ 孔, 孔口倒角。

1) 车拨叉头端面

步骤如下。

① 确定背吃刀量 a_p : 端面总加工余量为 2.5 mm, 一次走刀加工, $a_p = 2.5$ mm。

② 确定进给量 f : 根据表 5-102 查得 $f = 0.3 \sim 0.4$ mm/r; 查 5-4 表根据机床的横向进给量, 取 $f = 0.39$ mm/r。

③ 确定切削速度 v_c : 根据表 5-109 和表 5-110, 查得 $C_v = 242$, $m = 0.2$, $x_v = 0.15$, $y_v = 0.35$, 修正系数 $K_{Mv} = 1$, $K_{Hv} = 1.24$, $K_{hv} = 0.8$, $K_{\kappa_v} = 0.81$, $K_{tv} = 1$, 刀具寿命选 $T = 60$ min, 故

$$\begin{aligned} v_c &= \frac{C_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} K_v \\ &= \left(\frac{242}{60^{0.2} \times 2.5^{0.15} \times 0.39^{0.35}} \times 1 \times 1.24 \times 0.8 \times 0.81 \times 1 \right) \text{m/min} \\ &= 103.9 \text{ m/min} \end{aligned}$$

④ 确定机床主轴转速 n :

$$n = \frac{1\,000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1\,000 \times 103.9}{\pi \times 50} \text{ r/min} = 661 \text{ r/min}$$

根据表 5-4 查得相近较小的机床转速为 $n = 400$ r/min, 所以实际的切削速度 $v_c = 62.8$ m/min。

⑤ 计算基本时间 T_j : 切削加工长度 $L = 24$ mm, 端面车刀选用主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$,

背吃刀量 $a_p = 2.5$, 查表 5-138 和表 5-139 得: $l_1 = \frac{a_p}{\tan \kappa_r} + (2 \sim 3)$, 取 $l_1 = 4$ mm;

$l_2 = (3 \sim 5)$ mm; 批量生产 $l_3 = 0$ 。

$$\begin{aligned} L &= \frac{d - d_1}{2} + l_1 + l_2 + l_3 \\ &= (24 + 4 + 4 + 0) \text{ mm} \\ &= 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_j = \frac{L}{n f} i = \frac{32}{400 \times 0.39} \times 1 \text{ min}$$

$$\approx 0.21 \text{ min}$$

⑥ 辅助时间 T_f : 查表 5-152 得, 装夹工件的时间为 0.8 min, 启动机床的时间为 0.02 min, 启动调节切削液的时间为 0.05 min, 取量具并测量尺寸的时间为 0.5 min, 共计 $T_f = 1.37 \text{ min}$ 。

2) 钻 $\phi 15\text{H}8$ 孔至 $\phi 14 \text{ mm}$

步骤如下。

① 确定进给量 f 。

根据表 5-113, 取 $f = 0.02d_0 = 0.02 \times 14 \text{ mm/r} = 0.28 \text{ mm/r}$, 根据 C336-1 回轮式转塔车床 (见表 5-4) 实际纵向进给量取 $f = 0.35 \text{ mm/r}$ 。

② 确定切削速度 v_c 。

按表 5-113, 取 $v_c = 20 \text{ m/min}$ 。

③ 确定机床主轴转速 n 。

$$n = \frac{1000v_c}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 20}{\pi \times 14} \text{ r/min} = 455 \text{ r/min}$$

根据表 5-4, 按机床实际转速取 $n = 400 \text{ r/min}$, 实际切削速度 $v_c = 17.6 \text{ m/min}$ 。

④ 计算基本时间 T_j 。

被加工孔长度 $l = 30 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{切入量 } y &= \left[\frac{d_0}{2} \cot \phi + (1 \sim 2) \right] \text{ mm} \\ &= \left[\frac{14}{2} \cot 60^\circ + (1 \sim 2) \right] \text{ mm} \\ &= 5.2 \sim 6.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中, d_0 为钻头直径 (mm); ϕ 为钻头半顶角, 常为 60° 。

取 $y = 6 \text{ mm}$, 切出量 $\Delta = 4 \text{ mm}$ 。

$$T_j = \frac{l + y + \Delta}{nf} = \frac{30 + 6 + 4}{400 \times 0.35} \text{ min} = 0.29 \text{ min}$$

⑤ 确定辅助时间 T_f 。

查表 5-153 得, 变换刀架的时间为 0.05 min, 变速或变换进给量的时间为 0.02 min, 启动和调节切削液的时间为 0.05 min, 共计 $T_f = 0.12 \text{ min}$ 。

3) 扩 $\phi 15\text{H}8$ 孔至 $\phi 14.8 \text{ mm}$

方法同上, 查表 5-114, 背吃刀量 $a_p = 0.4 \text{ mm}$, 选进给量 $f = 0.56 \text{ mm/r}$, 机床转速 $n = 1000 \text{ r/min}$, 切削速度 $v_c = 46.5 \text{ m/min}$, 基本时间 $T_j = 0.07 \text{ min}$, 辅助时间 $T_f = 0.1 \text{ min}$ 。

4) 铰 $\phi 15\text{H}8$ 孔

查表 5-117, 吃刀量 $a_p = 0.1 \text{ mm}$, 选进给量 $f = 0.23 \text{ mm/r}$, 主轴转速 $n = 198 \text{ r/min}$, 切削速度 $v_c = 9.33 \text{ m/min}$, 基本时间 $T_j = 0.88 \text{ min}$, 辅助时间 $T_f = 0.22 \text{ min}$ 。

5) 孔口倒角 C1

取 $n = 760 \text{ r/min}$, 基本时间 $T_j = 0.003 \text{ min}$, 辅助时间 $T_f = 0.08 \text{ min}$ 。

2. 工序 60

钻 $\phi 5\text{H}12$ 孔。

① 确定进给量 f 。

按表 5-113 得, $f = (0.01 \sim 0.02)d_0$, 考虑钻头直径小, 刚性差, 进给量宜选小值, 取 $f = 0.01d_0 = 0.05 \text{ mm/r}$ 。台式钻床没有自动进给系统, 均采用手动进给。

② 确定切削速度 v_c 。

由表 5-113 可知, 加工材料为铸钢, 考虑到孔径小, 钻削速度 v_c , 可选高些, 故取 $v_c = 25 \text{ m/min}$ 。

③ 确定台钻主轴转速 n 。

$$n = \frac{1000v_c}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 25}{\pi \times 5} \text{ r/min} = 1592 \text{ r/min}$$

按表 5-3, Z515 台式钻床主轴转速可取 $n = 1540 \text{ r/min}$, 实际钻削速度 $v_c = 24.19 \text{ m/min}$ 。

④ 计算基本时间 T_j 。

$\phi 5\text{H}12$ 孔深为 $L = 23 \text{ mm}$, 切入量 $y = 2.5 \sim 3.5 \text{ mm}$, 取 $y = 4 \text{ mm}$, 切出量 $\Delta = 4 \text{ mm}$ 。

$$T_j = \frac{l + y + \Delta}{nf} = \frac{23 + 4 + 4}{1540 \times 0.05} \text{ min} = 0.4 \text{ min}$$

⑤ 确定辅助时间 T_f 。

查表 5-153 取工件装夹时间为 0.05 min , 启动机床时间为 0.02 min , 取下工件时间为 0.2 min , 共计 $T_f = 0.72 \text{ min}$ 。

6.8 填写工艺文件

按上述所确定的工艺过程和工艺参数填写机械加工工艺过程卡, 如表 6-6 所示; 填写机械加工程序卡片, 如表 6-7~表 6-12 所示。

表 6-6 机械加工工艺过程卡片

机械学院			机械加工工艺过程卡片			产品型号		150 型		零件图号		150 · 37 · 143		共 1 页		
材料牌号			ZG310-570 GB/T11352—1989		毛坯种类 铸件		毛坯外形尺寸		产品名称		东风-150 型拖拉机		零件名称		I - III 挡拨叉	
工序号			00		毛胚		104×70×49 mm×mm×mm		每毛坯可 制件数/件		1		每台件数/件		1 备注	
工序名称			铸造		正火		金工		设备		工段		工艺装备		工时/min	
毛胚							热工									
热处理							金工									
10 车			1. 车拨叉头端面, 保证尺寸 30 mm				C336-1		车夹具, P10 端面车刀, 游标卡尺							
			2. 钻 φ15H8 孔至 φ14 mm						麻花钻 φ14mm							
			3. 扩 φ15H8 孔至 φ14. 8mm						P10 扩孔钻 φ14. 8mm							
			4. 铰 φ15H8 孔至图样要求						P10 铰刀 φ15H8, 孔用塞规							
			5. 孔口倒角 C1						P10 45°倒角刀							
20 钳			校正拨叉脚, 保证两端面余量均匀, φ15H8 另一 端孔口倒角 C1				金工		Z5125A		校正工具, 卡尺, 锥面铰钻 20×90°					
30 铣			粗铣拨叉脚两端面, 厚 7. 6- ⁰ _{-0. 1} mm				金工		XA6132		铣夹具, P10 三面刃铣刀, 游标卡尺					
40 铣			铣拨叉脚内侧面, 保证 50H12 (⁺⁰ _{-0. 25}) mm				金工		XA6132		铣夹具, P10 三面刃铣刀, 游标卡尺					
50 铣			铣操纵杆至图样要求, 对称面距端面 12 mm				金工		XA6132		铣夹具, P10 三面刃铣刀, 游标卡尺					
60 钻			钻 φ5H12 孔, 对 φ15H8 位置度 ≤0. 2 mm				金工		Z515		钻夹具, 麻花钻 φ5mm, 游标卡尺					
70 热处理			拨叉脚局部淬火, 硬度 ≥50HRC 淬深 0. 7~1. 2 mm				热处理									
80 校正			校正拨叉脚端面, 对 φ15H8 垂直度 ≤0. 1 mm				金工				校正工具, 游标卡尺					
90 磨			磨拨叉脚两端面至 7- ⁰ _{-0. 03} mm, 对 φ15H8 垂直度 ≤ 0. 1 mm				金工		M7120A		砂轮 1-350×40×127-WA46K5V, 磨 夹具, 游标卡尺					
100 辅助			清洗													
110 检			终检													
标记			处数		更改文件号		签字		日期		标记处数		更改文件号		签字	
									设计(日期)		审核(日期)		标准化(日期)		会签(日期)	

表6-7 机械加工工序卡片

机械学院		机械加工工序卡片		产品型号	150型	零件图号	150·37·143		
		产品名称	东风-150型拖拉机	零件名称	I—Ⅲ档拨叉	共1页 第1页			
		车 间	金工	工 序 号	10	工 序 名	车	材料牌号 ZG310-570	
		毛坯种类	铸件	毛坯外形尺寸	$104 \times 70 \times 49$ $\text{mm} \times \text{mm} \times \text{mm}$	每毛坯可制件数/件	1	每台件数/件 1	
		设备名称	回枪式转塔车床	设备型号	C336-1	设备编号		同时加工件数/件 1	
		夹具编号	713-1	夹具名称	拨叉头车夹具			切削液 柴油	
		工位器具编号		工位器具名称				工序工时/min 准终 单件	
工步号	工步内容	工艺装备		主轴转速 $(r \cdot \min^{-1})$	切削速度 $(m \cdot \min^{-1})$	进给量 $(mm \cdot r^{-1})$	背吃刀量 $/mm$	进给次数	工序工时/min 机动 辅助
05	车拨叉头端面,保证尺寸 $\phi 30\text{ mm}$	P10 端面车刀, $0 \sim 200\text{ mm}/0.02\text{ mm}$ 游标卡尺		400	62.8	0.39	2.5	1	0.21 1.37
描图	10 钻 $\phi 15H8$ 孔至 $\phi 14\text{ mm}$	麻花钻 $\phi 14\text{ mm}$		400	17.6	0.35	7	1	0.29 0.12
描校	15 扩 $\phi 15H8$ 孔至 $\phi 14.8\text{ mm}$	P10 扩孔钻 $\phi 14.8\text{ mm}$		1 000	46.5	0.56	0.4	1	0.07 0.10
	20 铰 $\phi 15H8$ 孔达要求	P10 铰刀 $\phi 15H8$,孔用塞规		198	9.33	0.23	0.1	1	0.88 0.22
底图号	25 $\phi 15H8$ 孔口倒角C1	P10 45° 倒角刀		760	40.6	0.39	1	1	0.003 0.08
装订号									
		设计(日期)		审核(日期)	标准化(日期)	会签(日期)			
标记	处数 更改文件号 签字 日期 标记处数 更改文件号 签字 日期								

表 6-9 机械加工工序卡片

[illegible]

表 6-11 机械加工工序卡片

机械学院	机械加工工序卡片		产品型号	150 型	零件图号	150 • 37 • 143	共 1 页 第 1 页	
		产品名称	东风-150 型拖拉机	零件名称	Ⅱ-Ⅲ 挡拨叉			
		车 间	工 序 号	工 序 名 称	材料牌号			
		金工	50	铣	ZG310-570			
		毛坯种类	毛坯外形尺寸	每毛坯可制件数/件	每台件数/件			
		铸件	$104 \times 70 \times 49$ $\text{mm} \times \text{mm} \times \text{mm}$	1	1			
		设备名称	设备型号	设备编号	同时加工件数/件			
		卧式铣床	XA6132		1			
		夹具编号	夹具名称		切削液			
		713-1	专用夹具		柴油			
		工位器具编号	工位器具名称		工序工时/min			
					准终		单件	
工步号	工步内容	工艺装备	主轴转速 $/(r \cdot \text{min}^{-1})$	切削速度 $/(m \cdot \text{min}^{-1})$	进给量 $/(mm \cdot r^{-1})$	背吃刀量 $/mm$	进给次数	工步工时/min 机动 辅助
05	铣操作槽至图样要求, 对称面距端面 12 mm	P10 三面刃铣刀, 0 ~ 200 mm/ 0.02 mm 游标卡尺	60	23.4	1.26	6.5	1	0.68
描图								
描校								
底图号								
装订号								
标记	处数	更改文件号	签字	日期	标记处数	更改文件号	签字	日期

第7章 机床夹具设计指导

7.1 机床夹具设计方法

夹具设计一般是在零件的机械加工工艺过程制订之后按照某一工序的具体要求进行的。制订工艺过程,应充分考虑夹具实现的可能性,而设计夹具时,如确有必要也可以对工艺过程提出修改意见。

7.1.1 机床夹具设计的目的

按照“机械制造基础”课程教学的基本要求,这是一个重要教学环节,也是对学生进行一次较全面的设计能力训练的重要方面,其基本目的如下。

① 综合运用机械制造技术及其他有关先修课程,如机械制图、公差与配合、金属材料与热处理、工程力学等的理论和生产实际知识,进行机床夹具设计训练,可使理论和实际结合起来,使这些知识得到进一步巩固、加深和拓展。

② 学习和理解机床夹具设计的一般步骤和方法,培养设计能力和解决实际实际问题的能力。

③ 进行机床夹具设计基本技能的训练,对于计算、制图、运用设计资料(如手册、图册、技术标准、规范等)以及进行经验估算等基本技能,会得到一次综合训练,提高技能水平。

7.1.2 机床夹具的作用与组成

机床夹具(以下简称夹具)是在机床上加工零件时所使用的一种工艺装备,其主要功用是实现工件的定位和夹紧,使工件加工时相对于机床、刀具有正确的位置,以保证工件的加工质量和生产率能达到设计要求。

夹具通常由定位元件或装置、夹紧元件或装置、夹具体、对刀和导引元件、分度元件或装置、动力元件或装置以及其他元件或装置(如定位键及有关零部件)等组成。

夹具设计时常用的零部件的规格和型号已有国家标准或部颁标准,可直接查

阅选用。

7.1.3 机床夹具设计的基本要求

(1) 保证工件的加工精度

夹具应采用合理的定位、夹紧方案,选择合适的定位、夹紧元件,确定合适的尺寸、形位公差,保证工件的加工精度要求。

(2) 提高劳动生产率

夹具设计应合理,能缩短辅助时间,提高生产效率。

(3) 良好的加工使用性能

夹具结构应简单、合理,便于加工、装配、检验、维修。使用简便、安全、可靠,减轻劳动强度。

(4) 经济性好

夹具元件标准化程度应高,成本低廉,根据生产批量,应设计不同复杂程度的夹具,以提高生产的经济效益。

7.1.4 机床夹具设计的一般步骤

机床夹具设计的一般步骤如图 7-1 所示。

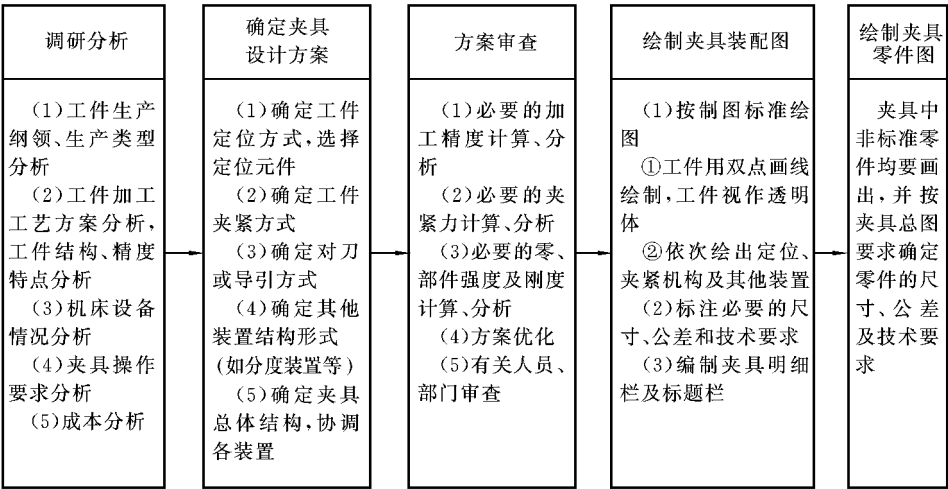


图 7-1 机床夹具设计的一般步骤

具体内容如下。

1. 明确设计任务与收集设计资料

夹具设计的第一步是在已知生产纲领的前提下,研究被加工零件的零件图、工序图、工艺规程和设计任务书,对工件进行工艺分析。其目的首先是了解零件的结构特点、材料,确定本工序的加工表面、加工要求、加工余量、定位基准和夹紧表面及所用的机床、刀具、量具等。其次是根据设计任务收集有关资料,如机床的技术参数,夹具零部件的国家标准、部颁标准和厂订标准,各类夹具图册、夹具设计手册等,收集一些同类夹具的设计图样,并了解该厂的工装制造水平,以供参考。

2. 拟定夹具结构方案与绘制夹具草图

- ① 确定工件的定位方案,选择定位元件,设计定位装置。
- ② 确定工件的夹紧方式,选择夹紧机构,设计夹紧装置。
- ③ 确定对刀或导向方案,设计对刀或导向元件和装置。
- ④ 确定夹具和机床的连接方式,设计连接元件及安装基面。
- ⑤ 确定和设计其他装置及元件的结构形式,如分度装置、吊装元件等。
- ⑥ 确定夹具体的结构形式及夹具在机床上的安装方式。
- ⑦ 绘制夹具草图,并标注尺寸、公差和技术要求。

3. 进行必要的分析计算,审查方案,改进设计

在确定夹具结构方案的过程中,工件定位、夹紧、对刀和夹具在机床上定位等各部分结构以及总体布局会有几种不同的方案可供选择,因而都应画出草图,进行必要的计算。进行定位误差计算以确定定位元件的结构尺寸与精度;进行夹紧力计算以确定夹紧装置的尺寸及结构形式,同时对夹紧机构中的薄弱环节进行强度校核以确定夹紧元件的结构尺寸。

画出夹具草图后,应征求有关人员的意见,并送达有关部门审查,然后根据意见对夹具方案作进一步修改。

4. 绘制夹具装配总图

按国家制图标准绘制夹具装配总图,绘图比例尽量采用1:1。主视图按夹具面对操作者的方向绘制。总图应把夹具的工作原理、各装置的结构及其相互关系表达清楚。

夹具总图的绘制顺序如下。

- ① 用双点划线将:工件的外形轮廓、定位基面、夹紧表面及加工表面绘制在各个视图的合适位置上。在总图中,工件可看作透明体,不遮挡后面夹具上的线条。
- ② 依次绘出定位装置、夹紧装置、对刀或导向装置、其他装置、夹具体及连接元件和安装基面。
- ③ 标注必要的尺寸、公差和技术要求。

④ 编制夹具明细表及标题栏。

5. 绘制夹具零件图

对夹具中的非标准零件均要画零件图,并按夹具总图的要求确定零件的尺寸、公差及技术要求。

7.1.5 设计的内容、基本要求、时间分配

设计的内容及要求如表 7-1 所示。

表 7-1 机床夹具的设计内容及要求

序号	内 容	基 本 要 求	时 间	备注
1	制订夹具方案草案	掌握机床夹具的设计方法及步骤	4 天	
2	绘制夹具图纸	熟悉夹具总装图和非标零件图的绘制	4 天	
3	编写设计计算说明书	整理和编写设计计算说明书	2 天	
4	答辩或验收	由指导教师酌情个别进行	可在设计专用周后进行	
	小计		10 天	

7.2 机床夹具设计常用资料及计算

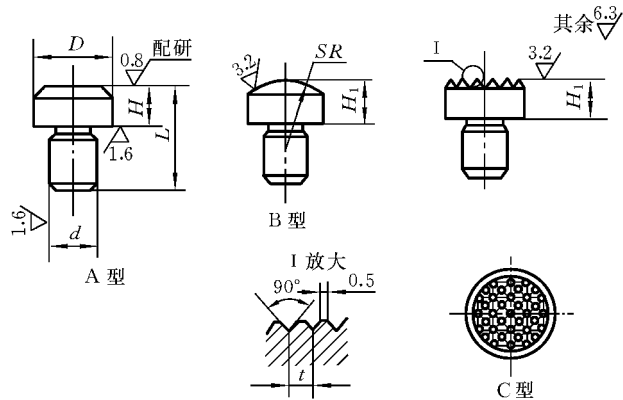
7.2.1 机床夹具设计常用定位元件

当以平面定位时,所用的定位元件是各种形式的支承,有支承钉(JB/T 8029.2—1995)、六角头支承(JB/T 8026.1—1995)、顶压支承(JB/T 8026.2—1995)、圆柱头调节支承(JB/T 8026.3—1995)、调节支承(JB/T 8026.4—1995)、球头支承(JB/T 8026.5—1999)、支柱(JB/T8027.1—1999)、低支脚(JB/T 8028.1—1999)、支承板(JB/T8029.1—1995)和支板(JB/T8030.7—1995)等。

机床夹具设计常用的定位元件如表 7-2~表 7-9 所示。

表 7-2 支承钉

(mm)



标记示例

$D = 16, H = 8$ 的 A 型支承
钉标记为: 支承钉 A16×
8JB/T 8029.2—1995

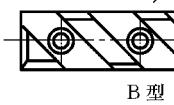
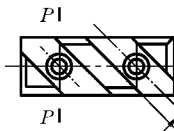
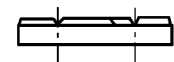
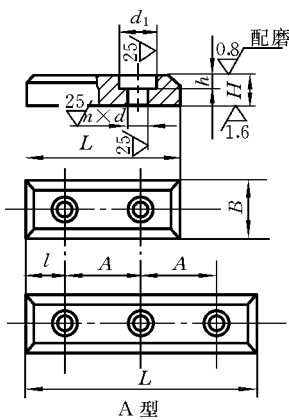
技术条件

- 1. 材料 T8
- 2. 热处理 55~60 HRC
- 3. 其他技术条件按 JB/T
8044—1995 的规定

D	H	H_1		L	d		SR	t	
		基本尺寸	极限偏差 h_{11}		基本尺寸	极限偏差 r_6			
5	2	2	0 −0.060	6	3	+0.016 +0.010	5	1	
	5	5	0 −0.075	9					
6	3	3		8	4	+0.023 +0.015	6	1.2	
	6	6		11					
8	4	4		12	6		+0.028 +0.019		8
	8	8	0 −0.090	16					
12	6	6	0 −0.075		8	+0.028 +0.019			12
	12	12	0 −0.110	22					
16	8	8	0 0.090	20	10		16	1.5	
	16	16	0 −0.110	28					

表 7-3 支承板

(mm)



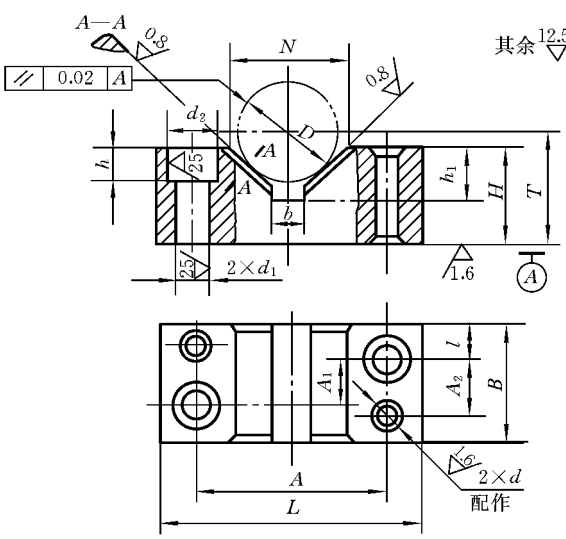
标记示例
其余 $\sqrt{12.5}$ $H = 16, L = 100$ 的 A 型支承板
标记为: 支承板 A16×100
JB/T 8029.1—1995

- 技术条件
1. 材料 T8
 2. 热处理 55~60 HRC
 3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

H	L	B	b	l	A	d	d ₁	h	h ₁	孔数 n
6	30	12	—	7.5	15	4.5	8	3	—	2
	45									3
8	40	14	—	10	20	5.5	10	3.5	—	2
	60									3
10	60	16	14	15	30	6.6	11	4.5	1.5	2
	90									3

表 7-4 V 形块

(mm)



标记示例
其余 $\sqrt{12.5}$ $N = 24$ 的 V 形块标记为: V 形块 24 JB/T 8018.1—1995

- 技术条件
1. 材料 20
 2. 热处理渗碳深度 0.8~1.2, 58~64 HRC
 3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

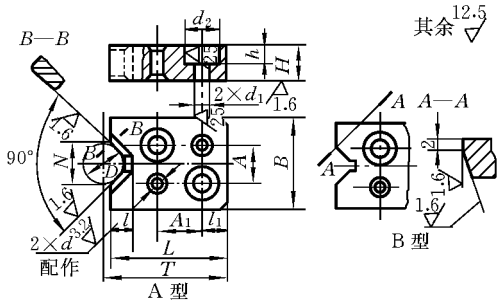
续表

9	5~10	32	16	10	20	5	7	2	5.5	4	+0.012 0	4.5	8	4	5
14	>10~15	38	20	12	26	6	9	4	7			5.5	10	5	7
18	>15~20	46	25	16	32	9	12	6	8	5		6.6	11	6	9
24	>20~25	55		20	40			8							11
32	>25~35	70	32	25	50	12	15	12	10	6		9	15	8	14
42	>35~45	85	40	32	64	16	19	16	12	8	+0.015 0	11	18	10	18
55	>45~60	100		35	76			20							22
70	>60~80	125	50	42	96	20	25	30	15	10		13.5	20	12	25
85	>80~100	140		50	110			40							30

注:尺寸 T 按公式计算: $T=H+0.707D-0.5N$ 。

表 7-5 固定 V 形块

(mm)



标记示例

$N=18$ 的 A 型固定 V 形块标记
为: V 形块 A18
JB/T 8018.2—1995

技术条件

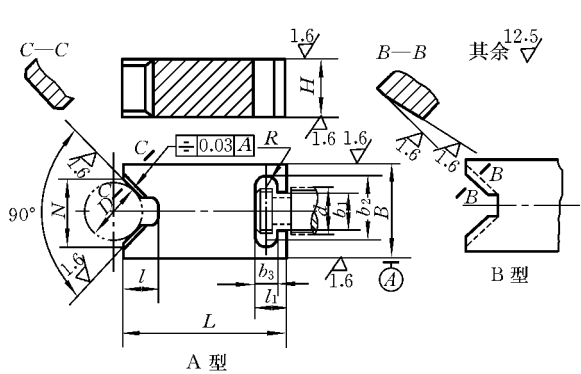
1. 材料 20
2. 热处理渗碳深度 $0.8 \sim 1.2, 58 \sim 64$ HRC
3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

N	D	B	H	L	l	l_1	A	A_1	d		d_1	d_2	h
									基本尺寸	极限偏差 H7			
9	5~10	22	10	32	5	6	10	13	4	+0.012 0	4.5	8	4
14	>10~15	24	12	35	7	7		14	5		5.5	10	5
18	>15~20	28	14	40	10	8	12	15	6		6.6	11	6
24	>20~25	34	16	45	12	10	15	15	8	+0.015 0	9	15	8
32	>25~35	42		55	16	12	20	18	10		11	18	10
42	>35~45	52	20	68	20	14	26	22	+0.018 0		13.5	20	12
55	>45~60	65		80	25	15	35	28					
70	>60~80	80	25	90	32	18	45	35	12				

注:尺寸 T 按公式计算: $T=L+0.707D-0.5N$ 。

表 7-6 活动 V 形块

(mm)



标记示例

$N = 18$ 的 A 型活动 V 形块标记为: V 形块 A18
JB/T 8018.4—1995

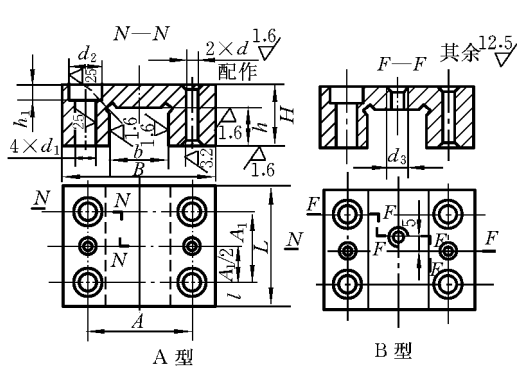
技术条件

- 1. 材料 20
- 2. 热处理渗碳深度 $0.8 \sim 1.2, 58 \sim 64$ HRC
- 3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

N	D	B		H		L	l	l_1	b_1	b_2	b_3	相配件 d
		基本尺寸	极限偏差 f_7	基本尺寸	极限偏差 f_9							
9	5~10	18	-0.016 -0.034	10	-0.013 -0.049	32	5	6	5	10	4	M6
14	>10~15	20	-0.020	12	-0.016 -0.059	35	7	8	6.5	12	5	M8
18	>15~20	25	-0.041	14		40	10	10	8	15	6	M10
24	>20~25	34	-0.025	16		45	12	12	10	18	8	M12
32	>25~35	42	-0.050			55	16	13	13	24	10	M16
42	>35~45	52	-0.030	20	-0.020	70	20					
55	>45~60	65	-0.060	25	-0.072	85	25	15	17	28	11	M20
70	>60~80	80				105	32					

表 7-7 导板

(mm)



标记示例

$b = 20$ 的 A 型导板标记为: 导板 A20
JB/T 8019—1995

技术条件

- 1. 材料 20
- 2. 热处理渗碳深度 $0.8 \sim 1.2, 58 \sim 64$ HRC
- 3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

续表

b		h		B	L	H	A	A ₁	l	h ₁	d		d ₁	d ₂	d ₃	
基本尺寸	极限偏差 H7	基本尺寸	极限偏差 H8								基本尺寸	极限偏差 H7				
18	+0.018 0	10	+0.022 0	50	38	18	34	22	8	6	5	+0.012 0	6.6	11	M8	
20	+0.021	12	+0.027 0	52	40	20	35	24	9		6					+0.015 0
25	0	14		60	42	25	42		11				8	10	8	
34	+0.025	16		72	50	28	52	28	13	10	10	+0.018 0	13.5	20		
42	0			90	60	32	65	34	15		12				12	
52	+0.030 0	20	+0.033 0	104	70	35	78	40	15	12	12	+0.018 0	13.5	20	M12	
65		25		120	80		90	48	15.5		12					12
80	0		25	0	140	100	40	110	66	17	12	12	0			

表 7-8 固定式定位销

(mm)

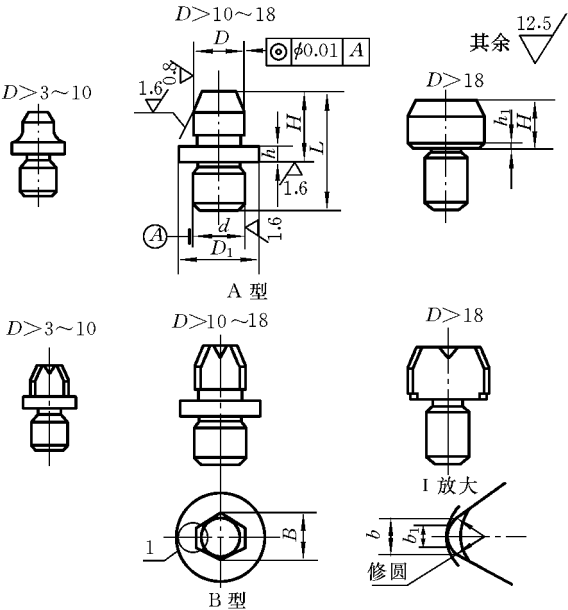
标记示例

$D = 11.5$ ，公差带为 $f7$ 、 $H = 14$ 的 A 型固定式定位销标记为：

定位销 A11. 5f7 × 14 JB/T 8014.1—1995

技术条件

1. 材料 $D \leq 18$, T8
 $D > 18, 20$
2. 热处理 T8 为 55~60 HRC
20 钢渗碳深度 0.8~1.2, 55~60 HRC
3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定



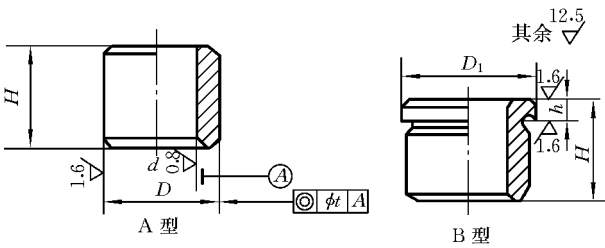
续表

D	H	d		D_1	L	h	h_1	B	b	b_1
		基本尺寸	极限偏差 r6							
$>3\sim 6$	8	6	+0.023	12	16	3	—	$D-0.5$	2	1
	14		+0.015		22	7				
$>6\sim 8$	10	8	+0.028	14	20	3	—	$D-1$	3	2
	18		+0.019		28	7				
$>8\sim 10$	12	10	+0.028	16	24	4	—	$D-2$	4	3
	22		+0.019		34	8				
$>10\sim 14$	14	12	+0.034	18	26	4	—	$D-2$	4	3
	24				36	9				
$>14\sim 18$	16	15	+0.023	22	30	5	—	$D-2$	4	3
	26				40	10				
$>18\sim 20$	12	12			26		1	$D-2$	4	
	18				32					
	28				42					
$>20\sim 24$	14		+0.034	—	30		2	$D-3$	5	3
	22				38					
	32				48					
$>24\sim 30$	16	15	+0.023		36		2	$D-4$	5	
	25				45					
	34				54					

注： D 的公差带按设计要求决定。

表 7-9 定位衬套

(mm)



标记示例

$d=22\text{ mm}$ ，公差带为H6， $H=20\text{ mm}$ 的 A 型
定位衬套标记为：
定位衬套 A22H6×20 JB/T 8013—1995

技术条件

- 材料 $d\leqslant 25\text{ mm}$ ，T8 按 GB1298—1986 的规定
 $d>25\text{ mm}$ ，20 按 GB/T 699—1988 的规定
- 热处理 T8 为 55~60 HRC；20 钢渗碳深度 0.8~1.2，
55~60 HRC
- 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

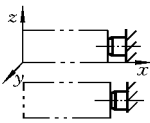
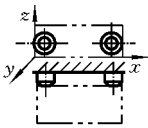
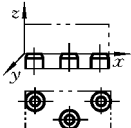
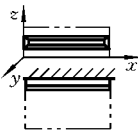
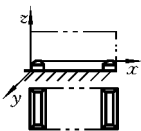
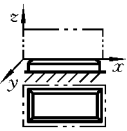
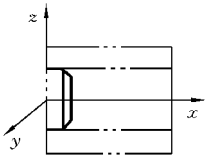
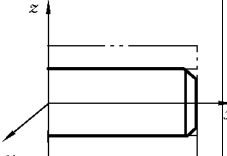
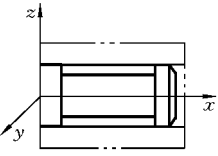
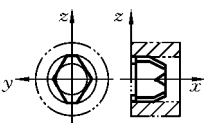
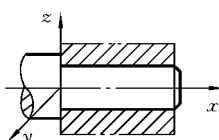
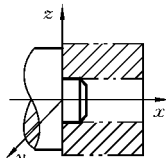
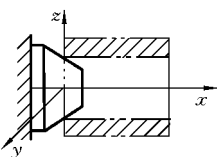
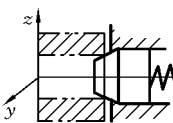
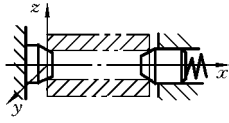
续表

<i>d</i>			<i>H</i>	<i>D</i>		<i>D</i> ₁	<i>h</i>	<i>ϕt</i>	
基本尺寸	极限偏差 H6	极限偏差 H7		基本尺寸	极限偏差 n6			用于 H6	用于 H7
3	+0.006 0	+0.010 0	8	8	+0.019 +0.010	11	3	0.005	0.008
4	+0.008	+0.012	10			10			
6	0	0		12	+0.023 +0.012				
8	+0.009	+0.015	12	15		18			
10	0	0		18	22				
12	+0.011 0	+0.018 0	16	22	+0.028 +0.015	26			
15				26		30			
18	+0.013 0	+0.021 0	20	30	34	5			
22				35			39		
26			25	+0.033 +0.017	46				
30	45	42	52						
35	25	48	+0.039 +0.020		59				
42	+0.016 0	+0.025 0		30	55	66			
				56			62	74	
48	30	70		78	82				
55	+0.019 0		+0.030 0			56	85	90	
		35		95	100				
62		67				+0.045 +0.023			
70		35		40					
78		67			78				

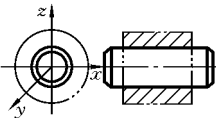
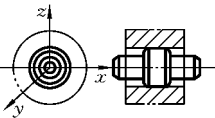
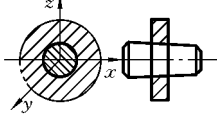
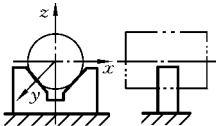
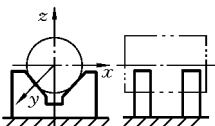
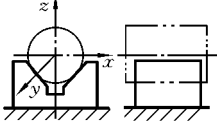
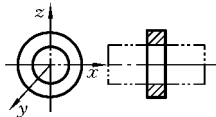
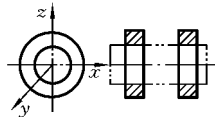
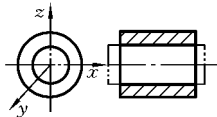
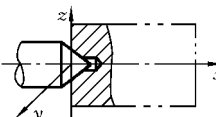
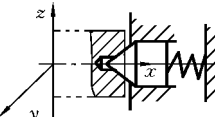
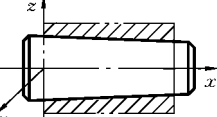
7.2.2 常用定位元件所能限制的自由度

常用定位元件所能限制的自由度如表 7-10 所示。

表 7-10 常用定位元件所能限制的自由度

工件的定位面		夹具的定位元件			
平面	支承钉	定位情况	1 个支承钉	2 个支承钉	3 个支承钉
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{x}$	$\vec{y} \vec{z}$	$\vec{z} \vec{x} \vec{y}$
	支承板	定位情况	一块条形支承板	两块条形支承板	一块矩形支承板
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{y} \vec{z}$	$\vec{z} \vec{x} \vec{y}$	$\vec{z} \vec{x} \vec{y}$
圆孔	圆柱销	定位情况	短圆柱销	长圆柱销	两段短圆柱销
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{y} \vec{z}$	$\vec{y} \vec{z} \vec{x}$	$\vec{y} \vec{z} \vec{x}$
		定位情况	菱形销 ^①	长销小平面组合	短销大平面组合
	圆锥销	图 示			
		限制的自由度	$\vec{z}$	$\vec{x} \vec{y} \vec{z} \vec{y}$	$\vec{x} \vec{y} \vec{z} \vec{y}$
		定位情况	固定锥销	浮动锥销	固定锥销与浮动锥销组合
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{x} \vec{y} \vec{z}$	$\vec{y} \vec{z}$	$\vec{x} \vec{y} \vec{z} \vec{y}$

续表

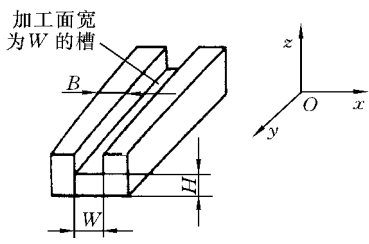
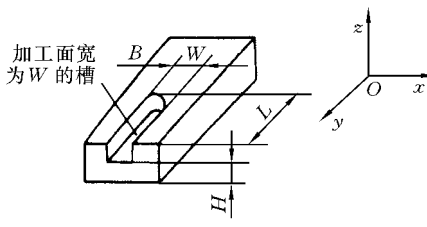
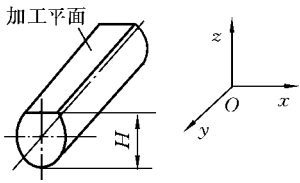
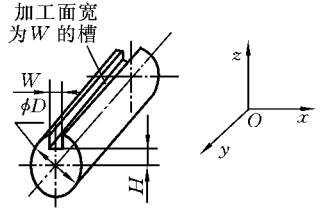
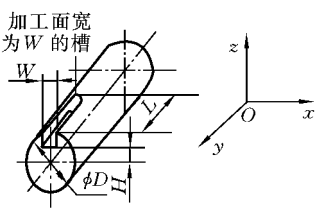
工件的定位面		夹具的定位元件			
圆孔	心轴	定位情况	长圆柱心轴	短圆柱心轴	小锥度心轴
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{x} \vec{z} \hat{x} \hat{z}$	$\vec{x} \vec{z}$	$\vec{x} \vec{z}$
外圆柱面	V 形块	定位情况	一块短 V 形块	两块短 V 形块	一块长 V 形块
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{x} \vec{z}$	$\vec{x} \vec{z} \hat{x} \hat{z}$	$\vec{x} \vec{z} \hat{x} \hat{z}$
	定位套	定位情况	一个短定位套	两个短定位套	一个长定位套
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{x} \vec{z}$	$\vec{x} \vec{z} \hat{x} \hat{z}$	$\vec{x} \vec{z} \hat{x} \hat{z}$
圆锥孔	锥顶尖和锥度心轴	定位情况	固定顶尖	浮动顶尖	锥度心轴
		图 示			
		限制的自由度	$\vec{x} \vec{y} \vec{z}$	$\vec{y} \vec{z}$	$\vec{x} \vec{y} \vec{z} \hat{y} \hat{z}$

注:箱体加工时,工件常以“一面两销”定位,平面限制三个自由度,一个短圆柱销限制了两个自由度 $\vec{y} \vec{z}$,故此时另一个菱形销限制的为回转自由度 $\hat{x}$ 。

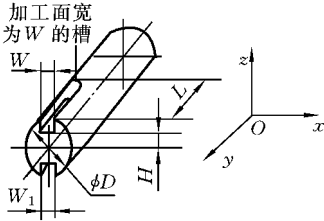
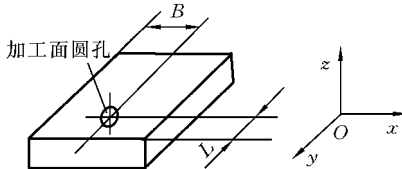
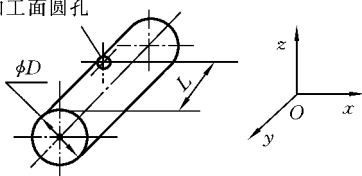
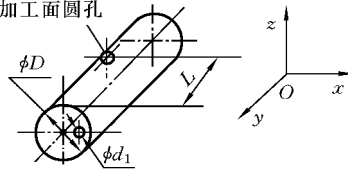
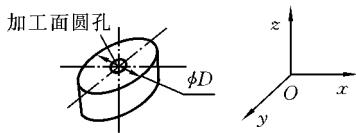
7.2.3 常见加工形式中应限制的自由度

常见加工形式中应限制的自由度如表 7-11 所示。

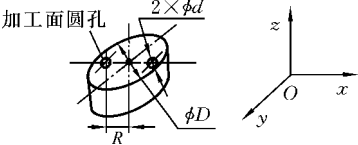
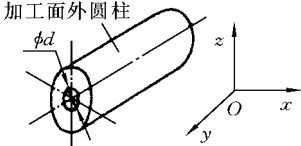
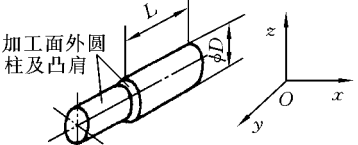
表 7-11 常见加工形式中应限制的自由度

工 序 简 图	加 工 要 求	必须限制的自由度
 加工面宽为 W 的槽	(1) 尺寸 B (2) 尺寸 H	$\vec{x}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
 加工面宽为 W 的槽	(1) 尺寸 B (2) 尺寸 H (3) 尺寸 L	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
 加工平面	尺寸 H	$\vec{z}$ $\hat{x}$
 加工面宽为 W 的槽	(1) 尺寸 H (2) W 中心对 ϕD 中心的对称度	$\vec{x}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{z}$
 加工面宽为 W 的槽	(1) 尺寸 H (2) 尺寸 L (3) W 中心对 ϕD 中心的对称度	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{z}$

续表

工 序 简 图	加 工 要 求		必须限制的自由度
	(1) 尺寸 H (2) 尺寸 L (3) W 中心对 ϕD 中心的对称度 (4) W_1 中心对 ϕD 中心的对称度		$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
	通孔	(1) 尺寸 B	$\vec{x}, \vec{y}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
	不通孔	(2) 尺寸 L	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
	通孔	(1) 尺寸 L	$\vec{x}, \vec{y}$ $\hat{x}, \hat{z}$
	不通孔	(2) 加工孔轴线对 ϕD 轴线的位置	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{z}$
	通孔	(1) 尺寸 L (2) 加工孔轴线对 ϕD 轴线的位置度	$\vec{x}, \vec{y}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
	不通孔	(3) 加工孔轴线对 ϕd_1 的位置度	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$
	通孔	加工孔轴线对 ϕD 轴线的同轴度	$\vec{x}, \vec{y}$ $\hat{x}, \hat{y}$
	不通孔		$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\hat{x}, \hat{y}$

续表

工 序 简 图	加 工 要 求		必须限制的 自由度
加工面圆孔 	通 孔	(1) 尺寸 R	$\vec{x}, \vec{y}$ $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$
	不 通 孔	(2) 加工孔轴线对 ϕd 轴线的位置度	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$
加工面外圆柱 	加工面轴线对 ϕd 轴线的 同轴度		$\vec{x}, \vec{z}$ $\vec{x}, \vec{z}$
加工面外圆柱及凸肩 	(1) 加工面轴线对 ϕD 轴 线的同轴度 (2) 尺寸 L		$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\vec{x}, \vec{z}$

7.2.4 常见定位方式的定位误差计算

机械加工总误差为各误差值的合成。这些误差主要有如下几种。

① 一批工件在夹具中定位时,工件及定位元件存在公差,使各个工件所占据的位置不一致而引起的误差称为定位误差 Δ_D 。造成定位误差的原因:一是定位基准与工序基准不重合,由此而产生的误差称为基准不重合误差 Δ_B ;二是定位基准与限位基准不重合,由此而产生的误差称为基准位移误差 Δ_Y 。上述两项误差之和(或代数和),即为定位误差 Δ_D ($\Delta_D = \Delta_B \pm \Delta_Y$)。

② 夹具误差 Δ_J 。夹具上定位元件、对刀或导向元件、分度装置及安装基准之间的位置不精确造成的加工误差,称为夹具误差 Δ_J 。它主要包含定位元件相对于安装基准的尺寸或位置误差 Δ_{J1} ;定位元件相对于对刀或导向元件(包含导向元件之间)的尺寸或位置误差 Δ_{J2} ;导向元件相对于安装基准的尺寸或位置误差 Δ_{J3} ;若有分度装置,则还存在分度误差 Δ_F 。

③ 夹具在机床上安装不准确引起的误差称为安装误差 Δ_A 。

④ 刀具与对刀或导向元件之间的位置不准确引起的误差称为对刀或导向误差 Δ_T 。

⑤ 机床精度、刀具精度、刀具与机床的位置精度以及工艺系统变形等因素引起的加工误差,称为加工方法误差 Δ_G 。

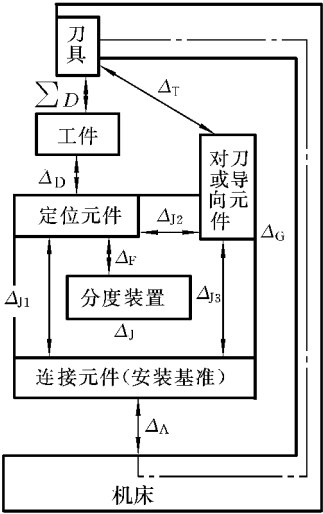


图 7-2 工件在夹具上加工时影响加工精度的主要因素

图 7-2 列出了工件在夹具上加工时,影响加工精度的主要因素。

上述各项误差均为极限值。但在机械加工中极限值的出现概率是较小的,为使计算结果接近实际情况,加工的总误差应按概率法合成,即

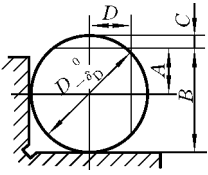
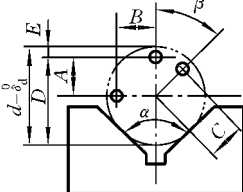
$$\sum \Delta = \sqrt{\Delta_D^2 + \Delta_J^2 + \Delta_A^2 + \Delta_T^2 + \Delta_G^2} \leq \delta_K$$

即工件的总加工误差 $\sum \Delta$ 应不大于工件的加工尺寸公差 δ_K 。

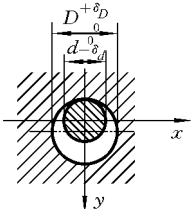
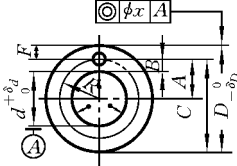
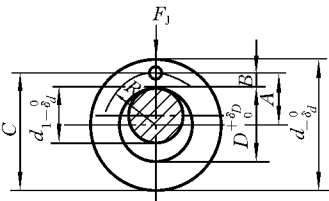
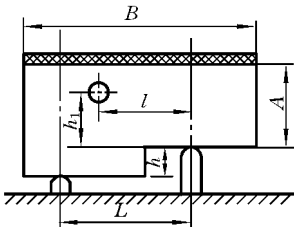
Δ_D 、 Δ_J 、 Δ_A 和 Δ_T 与夹具设计制造有关,可以在设计夹具时予以控制。 Δ_G 对加工尺寸的影响不同,既会造成加工表面本身的尺寸误差,也会导致加工表面的位置发生变化。对设计夹具来说,应取其对加工表面位置发生变化的那部分误差值。如计算复杂,夹具与工件加工有关的尺寸或形位公差可按经验取为工件相应公差的 $1/5 \sim 1/3$ 。

表 7-12 列出了工件常见定位方式的定位误差计算公式。

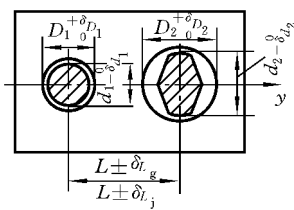
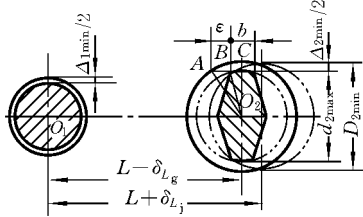
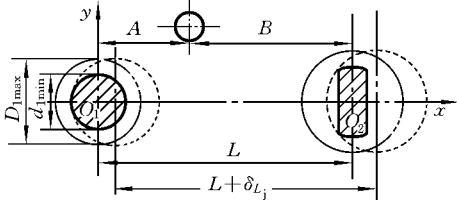
表 7-12 工件常见定位方式的定位误差计算公式

定位方式		定位简图	定位误差计算公式
定位基面	限位基面		
外圆柱面	二垂直平面	 (1)	$\Delta_{DA} = \delta_D / 2$ $\Delta_{DB} = 0$ $\Delta_{DC} = \delta_D$ $\Delta_{DD} = \delta_D / 2$
圆柱面	V形面	 (2)	$\Delta_{DA} = \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ $\Delta_{DB} = 0$ $\Delta_{DC} = (\delta_d \cos \beta) / (2 \sin \frac{\alpha}{2})$ $\Delta_{DD} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ $\Delta_{DE} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$

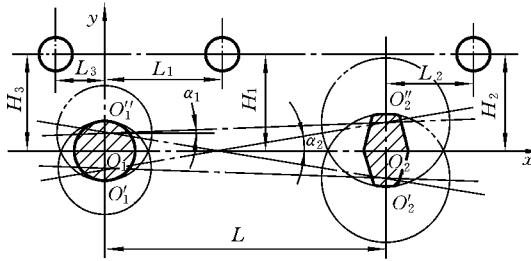
续表

定位方式		定位简图	定位误差计算公式
定位 基面	限位 基面		
内孔面	圆柱面	 (3)	$\Delta_{D(x)} = 0$ $\Delta_{D(y)} = (\delta_D + \delta_d) / 2$ (定位基准同方向移动)
内孔面	定心夹紧机构	 (4)	$\Delta_{DA} = \Delta_{DR} = 0$ $\Delta_{DB} = \delta_d / 2$ $\Delta_{DC} = \Delta_{DF} = \delta_D / 2 + x$
内孔面	圆柱面	 (5)	$\Delta_{DA} = \frac{\delta_D}{2} + \frac{\delta_{d1}}{2}$ $\Delta_{DB} = \frac{\delta_{d1}}{2}$ $\Delta_{DC} = \frac{\delta_d}{2} + \frac{\delta_{d1}}{2} + \frac{\delta_D}{2}$
台阶平面	两支承板	 (6)	$\Delta_{DA} = B \tan \alpha = B \frac{\delta_h}{L}$ $\Delta_{Dh1} = 2l \tan \alpha$ 转角误差 $\tan \alpha = \frac{\delta_h}{L}$ δ_h —— h 尺寸公差

续表

定位方式		定位简图	定位误差计算公式
定位 基准	限位 基准		
一个平面和两个圆孔	平面和两个定位销	 (7)	$\Delta_{D(y)} = \delta_{D_1} + \delta_{d_1} + \Delta_{1\min}$ $\Delta_a = \arctan \frac{\delta_{D_1} + \delta_{d_1} + \Delta_{1\min} + \delta_{D_2} + \delta_{d_2} + \Delta_{2\min}}{2L}$ 式中, $\Delta_{1\min}$——第一定位孔与圆定位销间的最小间隙 $\Delta_{2\min}$——第二定位孔与削边销间的最小间隙 Δ_a——转角误差
	一个平面和两个圆孔	平面和两个定位销	 (1) 菱形销的最大直径 $d_{2\max}$ $d_{2\max} = D_{2\min} - \frac{2b(\delta_{L_g} + \delta_{L_j} - \Delta_{1\min})}{D_{2\min}}$ 式中, b——菱形销宽度 δ_{L_g}——两孔中心距的公差 δ_{L_j}——两定位销中心距的公差, 一般取 $\left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}\right) \delta_{L_g}$ $\Delta_{1\min}$——圆柱销与孔配合的最小间隙, $\Delta_{1\min} = D_{1\min} - d_{1\max}$ $D_{2\min}$——圆柱销定位孔的最小直径 圆柱销和圆柱销与定位孔的配合可按 h6、g6、f7 选取 (2) 工序尺寸(A、B 沿 x 轴方向)的定位误差  (工件相对于定位销右靠时)

续表

定位方式		定 位 简 图	定位误差计算公式
定位 基准	限位 基准		
一个平面和两个圆孔	平面和两个定位销	$\Delta_{D(A)} = D_{1\max} - d_{1\min} = \delta_{D1} + \delta_{d1} + \Delta_{1\min}$ 式中, δ_{D1}——以圆柱销定位的定位孔直径的公差 δ_{d1}——圆柱销直径的公差 $\Delta_{1\min}$——圆柱销与定位孔间的最小间隙, $\Delta_{1\min} = D_{1\min} - d_{1\max}$$\vec{\Delta}_{D(B)} = \delta_{D1} + \delta_{d1} + \Delta_{1\min} + 2\delta_{L_g}$ 式中, $2\delta_{L_g}$——两孔中心距的公差 (3) 工件的转角误差 	$\vec{\Delta}_{D(a_2)} = \arctan \frac{\delta_{D1} + \delta_{d1} + \Delta_{1\min} + \delta_{D2} + \delta_{d2} + \Delta_{2\min}}{2L}$ 式中, δ_{D2}——以菱形销定位的定位孔直径的公差 δ_{d2}——菱形销直径的公差 $\Delta_{2\min}$——菱形销与孔的最小配合间隙 $\Delta_{2\min} = \frac{2b(\delta_{L_g} + \delta_{L_j} - \Delta_{1\min})}{D_{2\min}}$$\vec{\Delta}_{D(a_1)} = \arctan \frac{\delta_{D2} + \delta_{d2} + \Delta_{2\min} - \delta_{D1} - \delta_{d1} - \Delta_{1\min}}{2L}$ (4) 工序尺寸 H_1、H_2 和 H_3(沿 y 轴方向)的定位误差 $\vec{\Delta}_{D(H_1)} = \delta_{D1} + \delta_{d1} + \Delta_{1\min} + 2L_1 \tan \alpha_1$$\vec{\Delta}_{D(H_2)} = \delta_{D2} + \delta_{d2} + \Delta_{2\min} + 2L_2 \tan \alpha_2$$\vec{\Delta}_{D(H_3)} = \delta_{D1} + \delta_{d1} + \Delta_{1\min} + 2L_3 \tan \alpha_2$

7.2.5 常用夹紧元件

常用的夹紧元件有螺母、垫圈、压块和压板。压块有光面压块(JB/T 8009.1—1995)、槽面压块(JB/T 8009—1995)、弧形压块(JB/T 8009.4—1995);压板形式多样,有移动压板(JB/T 8010.1—1995)、移动弯压板(JB/T 8010.3—1995)、转动压板(JB/T 8010.2—1995)、移动宽头压板(JB/T 8010.5—1995)、转动宽头压板(JB/T 8010.6—1995)、平压板(JB/T 8010.9—1995)、弯头压板(JB/T 8010.10—1995)、U形压板(JB/T 8010.11—1995)、鞍形压板(JB/T 8010.12—1995)、直压板(JB/T 8010.13—1995)、铰链压板(JB/T 8010.14—1995)、回转压板(JB/T 8010.15—1995)、钩形压板(JB/T 8012.1—1995)和自调式压板(GB/T 12872—1991)等。

常用夹紧元件如表 7-13~表 7-19 所示。

表 7-13 带肩六角螺母 (mm)

d		D	H	S		D ₁ ≈	D ₂ ≈
普通螺纹	细牙螺纹			基本尺寸	极限偏差		
M5	—	10	8	8	0	9.2	7.5
M6	—	12.5	10	10	−0.220	11.5	9.5
M8	M8×1	17	12	13	0	14.2	13.5
M10	M10×1	21	16	16		17.59	16.5
M12	M12×1.25	24	20	18	−0.270	19.85	17
M16	M16×1.5	30	25	24	0	27.7	23
M20	M20×1.5	37	32	30	−0.330	34.6	29
M24	M24×1.5	44	38	36	0	41.6	34
M30	M30×1.5	56	48	46	−0.620	53.1	44
M36	M36×1.5	66	55	55	0	63.5	53
M42	M42×1.5	78	65	65		75	62
M48	M48×1.5	92	75	75	−0.740	86.5	72

标记示例

$d=M16$ 的带肩六角螺母标记为:
螺母 M16 JB/T8004.1—1995

$d=M16\times1.5$ 的带肩六角螺母标记为:
螺母 M16×1.5 JB/T8004.1—1995

技术条件

1. 材料 45
2. 热处理 40~45HRC
3. 细牙螺母的支承面对螺纹轴心线的垂直度按 GB1184—1980 附表中表 3 规定的 9 级公差
4. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

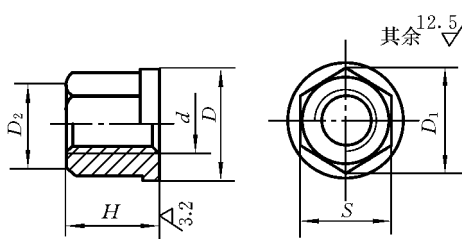
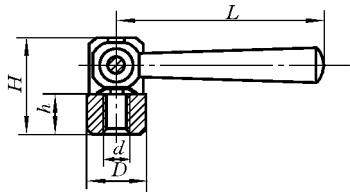


表 7-14 回转手柄螺母

(mm)



标记示例

$d=M10$ 的回转手柄螺母标记为：
手柄螺母 M10 JB/T8004.9—1995

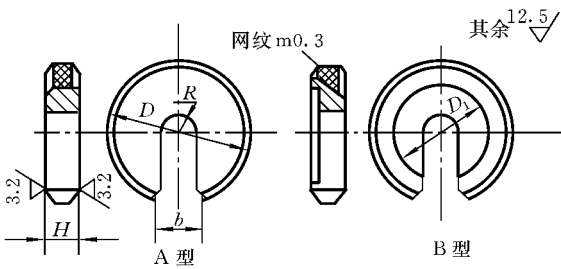
技术条件

1. 材料 45
2. 热处理 35~40HRC
3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

d	D	L	H	h
M8	18	65	30	14
M10	22	80	36	16
M12	25	100	45	20
M16	32	120	58	26
M20	40	160	72	32

表 7-15 快换垫圈(GB/T 12871—1991)

(mm)



标记示例

公称直径 = 6、 $D=30$ 的 A 型快换垫圈标记为：
垫圈 A6×30 GB/T12871—1991

技术条件

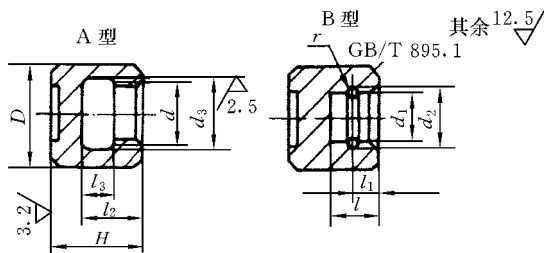
1. 材料 45
2. 热处理 35~40HRC
3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

公称直径(螺纹直径)	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36
b	6	7	9	11	13	17	21	25	31	37
D_1	13	15	19	23	26	32	42	50	60	72
m	0.3					0.4				

续表

D	H									
16	4	5	6	7	8	10	10	12	14	16
20										
25		6	7	8	10	10	12	14	16	18
30										
35	5	7	8	10	12	12	14	16	18	20
40										
50		8	10	12	14	16	18	20	22	24
60										
70	6	9	10	12	14	16	18	20	22	24
80										
90		10	12	14	16	18	20	22	24	26
100										
110	7	11	12	14	16	18	20	22	24	26
120										
130		12	14	16	18	20	22	24	26	28
140										
160	8	13	14	16	18	20	22	24	26	28

表 7-16 光面压块(JB/T8009.1—1995)



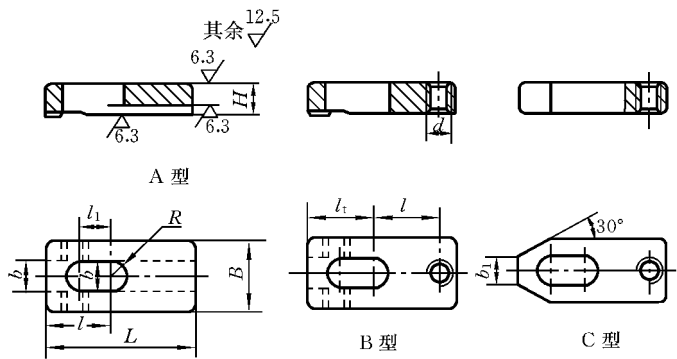
技术条件

1. 材料 45 按 GB/T 699 的规定
2. 热处理 35~40HRC
3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

公称直径 (螺纹直径)	D	H	d	d_1	d_2		d_3	l	l_1	l_2	l_3	r	挡圈 (GB895.1)		
					基本尺寸	极限偏差									
4	8	7	M4	—	—	—	4.5	—	—	4.5	2.5	—	—		
5	10	9	M5				6			6	3.5				
6	12		M6	4.8	5.3		7	6	2.4					0.4	5
8	16	12	M8	6.3	6.9		10	7.5	3.1	8	5				6
10	18	15	M10	7.4	7.9		12	8.5	3.5	9	6				7
12	20	18	M12	9.5	10		14	10.5	4.2	11.5	7.5				9
16	25	20	M16	12.5	13.1	+0.120	18	13	4.4	13	9	0.6	12		
20	30	25	M20	16.5	17.5	0	22	16	5.4	15	10.5	1	16		
24	36	28	M24	18.5	19.5	+0.280 0	26	18	6.4	17.5	12.5		18		

表 7-17 移动压板

(mm)



标记示例

技术条件

公称直径=6、 $L=45$ 的 A 型移动压板标记为：

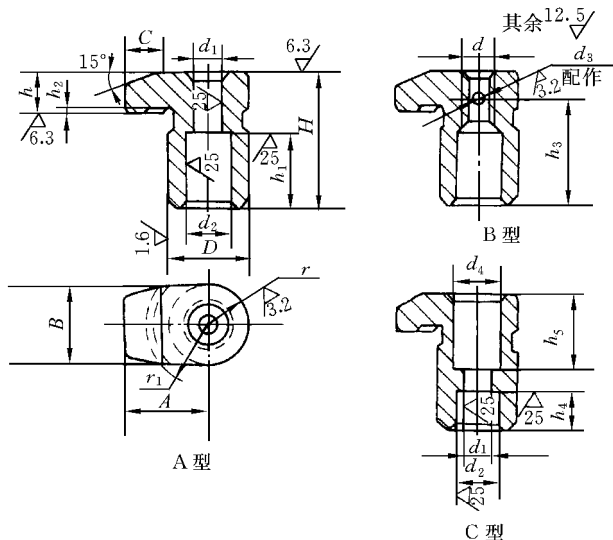
压板 A6×45 JB/T8010.1—1995

1. 材料 45

2. 热处理 35~40HRC

3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

公称直径 (螺纹直径)	L			B	H	l	l ₁	b	b ₁	d
	A 型	B 型	C 型							
6	40	—	40	18	6	17	9	6.6	7	M6
	45		—	20	8	19	11			
	50			22	12	22	14			
8	45	—	—	20	8	18	8	9	9	M8
	50			22	10	22	12			
	60	60		25	14	27	17			
—		—	10		14					
10	70			28	12	30	17	11	10	M10
	80			30	16	36	23			
12	70	—	—	32	14	30	15	14	12	M12
	80				16	35	20			
	100			36	18	45	30			
	120				22	55	43			
16	80	—	—	40	18	35	15	18	16	M16
	100				22	44	24			
	120			45	25	54	36			
	160				30	74	54			

(mm) 

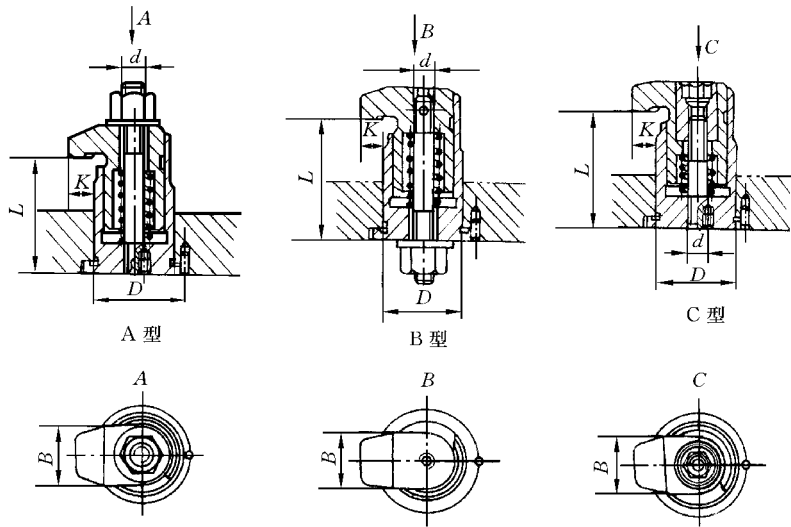
技术条件

1. 材料 45
2. 热处理 35~40HRC
3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

A C 型	配用螺钉	M6		M8		M10		M12		M16		M20		M24	
B 型	d	M6		M8		M10		M12		M16		M20		M24	
A		18	24	28		35		45		55		65		75	
B		16		20		25		30		35		40		50	
D	基本尺寸	16		20		25		30		35		40		50	
	极限偏差 f9	-0.016 -0.059		-0.020 -0.072						-0.025 -0.087					
H		28	35		45		58	55	70		90	80	100	95	120
h		8	10	11	13		16		20	22	25	28	30	32	35
r	基本尺寸	8		10		12.5		15		17.5		20		25	
	极限偏差 h11	0 -0.090				0 -0.110						0 -0.130			
r_1		14	20	18	24	22	30	26	36	35	45	42	52	50	60
C		8	12	10	14	12	16	15	18	20	25		30		
d_1		6.6		9		11		13		17		21		25	
d_2		10		14		16		18		23		28		34	
d_3	基本尺寸	2		3		4				5		6			
	极限偏差 H7	+0.010 0				+0.012 0									
d_4		10.5		14.5		18.5		22.5		25.5		30.5		39	
h_1		16	21	20	28	25	36	30	42	40	60	45	60	50	75
h_2		1								1.5				2	
h_3		22	28		35		45	42	55		75	60	75	70	95
h_4		8	14	11	20	16	25	20	30	24	40	24	40	28	50
h_5		16		20		25		30		40		50		60	

表 7-19 钩形压板(组合)

(mm)



标记示例

技术条件

$d=M12$ 、 $K=14$ 的 A 型钩形压板标记为：
压板 AM12×14 JB/T8012.2—1995

1. 材料 45
2. 热处理 35~40HRC
3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

d	K	D	B	$L_{\min}$	$L_{\max}$	d	K	D	B	$L_{\min}$	$L_{\max}$
M6	7	22	16	31	36	M16	21	48	35	70	86
	13			36	42		31			87	105
M8	10	28	20	37	44	M20	27.5	55	40	81	100
	14			45	52		37.5			99	120
M10	10.5	35	25	48	58	M24	32.5	65	50	100	120
	17.5			58	70		42.5			125	145
M12	14	42	30	57	68						
	24			70	82						

7.2.6 典型夹紧方式夹紧力的计算

1. 切削力的计算

(1) 车削力的计算

为了适应设计和使用机床、刀具及工艺装备的需要,一般把切削合力 F 分解成空间三个相互垂直的切削分力:切削力 F_c ,进给力 F_f 和背向力 F_p 。且合力 F 为

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2}$$

一般情况下, $F_c : F_p : F_f = 1 : 0.4 : 0.25$ 。

表 7-20 给出了对于不同工件材料、不同刀具材料的车削力计算公式。

表 7-20 车削时切削力 F_c 的计算公式

工件材料	刀具材料	加工形式	计算公式/N	修正系数 $K = K_1 \times K_2$					
				K_1					K_2
				主偏角 $\kappa_r / (^\circ)$					
				30	45	60	75	90	
结构钢、 铸 钢 $\sigma_b = 650$ MPa	硬质 合金	外圆纵车、 横车及镗孔	$F_c =$ $2\ 795a_p f^{0.75} v_c^{-0.15} K$	1.08	1	0.94	0.92	0.89	$K_2 = (\sigma_b / 650)^{0.75}$
		外圆纵车 ($\kappa'_r = 0^\circ$)	$F_c =$ $3\ 570a_p^{0.9} f^{0.9} v_c^{-0.15} K$						
		切槽及切断	$F_c = 3\ 600a_p^{0.72} f^{0.8} K$						
	高 速 钢	外圆纵车、 横车及镗孔	$F_c = 1\ 770a_p f^{0.75} K$	1.08	1	0.98	1.03	1.08	$K_2 = (\sigma_b / 650)^m$ $\sigma_b \leq 600\text{ MPa},$ $m = 0.35$ $\sigma_b > 600\text{ MPa},$ $m = 0.75$
		切槽及切断	$F_c = 2\ 160a_p f K$						
		成形车削	$F_c = 1\ 855a_p f^{0.75} K$						
灰铸铁 190HBS	硬质 合金	外圆纵车、 横车及镗孔	$F_c = 900a_p f^{0.75} K$	1.08	1	0.94	0.92	0.89	$K_2 = (\text{HBS} / 190)^{0.4}$
		外圆纵车 ($\kappa'_r = 0^\circ$)	$F_c = 1\ 205a_p f^{0.85} K$						
	高 速 钢	外圆纵车、 横车及镗孔	$F_c = 1\ 120a_p f^{0.75} K$	1.08	1	0.98	1.03	1.08	$K_2 = (\text{HBS} / 190)^{0.55}$
		切槽及切断	$F_c = 1\ 550a_p f K$						

注: a_p ——背吃刀量(mm); f ——进给量(mm/r); v_c ——切削速度(m/min)。

(2) 钻削力和转矩的计算

钻削力及转矩的计算如表 7-21 所示。

表 7-21 钻削时钻削力 F_f 和转矩 M_c 的计算公式

加工材料	刀具材料	进给力 F_f/N	转矩 $M_c/(\text{N} \cdot \text{m})$
钢, $\sigma_b=650 \text{ MPa}$	高速钢	$F_f=600df^{0.7}K$	$M_c=0.305d^2f^{0.8}K$
	高速钢	$F_f=420df^{0.8}K$	$M_c=0.206d^2f^{0.8}K$
灰铸铁, 190HBS	高速钢	$F_f=410d^{1.2}f^{0.75}K$	$M_c=0.117d^{2.2}f^{0.8}K$
	硬质合金		

其中,① 当钢和铸铁的强度和硬度改变时,钻削力 F_f 和转矩 M_c 的修正系数 K 如表 7-22 所示。

② 用硬质合金钻头钻未淬硬的结构碳钢、铬钢及镍铬钢时,力 F_f 与 M_c 可按下列公式计算:

$$F_f = 3.48d^{1.4}f^{0.8}\sigma_b^{0.75}, \quad M_c = 5.87d^2f\sigma_b^{0.7}$$

③ d 为钻头直径,单位为 mm; f 为进给量,单位为 mm/r。

表 7-22 加工材料力学性能对钻孔钻削力及转矩的修正系数 K

钢	硬度/ HBS	110 ~140	>140 ~170	>170 ~200	>200 ~230	>230 ~260	>260 ~290	>290 ~320	>320 ~350	>350 ~380
	σ_b/MPa	400 ~500	>500 ~600	>600 ~700	>700 ~800	>800 ~900	>900 ~1 000	>1 000 ~1 100	>1 100 ~1 200	>1 200 ~1 300
	K	0.75	0.88	1	1.11	1.22	1.33	1.43	1.54	1.63
灰铸铁	硬度/HBS	160~180		180~200		200~220		220~240		240~260
	K	0.94		1		1.06		1.12		1.18

(3) 攻螺纹的转矩的计算

攻螺纹的转矩计算如表 7-23 所示。

表 7-23 攻螺纹的转矩计算公式

(N · m)

加工铸铁	180~200HBS	$M_c=0.195d^{1.4}P^{1.5}$
加工 45 钢	$\sigma_b=650 \text{ MPa}$	$M_c=0.27d^{1.4}P^{1.5}$

注: d ——公称直径(mm); P ——螺距(mm); M_c ——攻螺纹转矩(N · m)。

(4) 铣削力计算

根据需要,可将工件作用于铣刀上的总切削力 F 分解为三个互相垂直的分力,即切削力 F_c (是力 F 在铣刀主运动方向上的分力,它消耗功率最多);垂直切削分力 F_{cN} (是力 F 在垂直于主运动方向上的分力)和背向力 F_p (是力 F 在垂直于工作平面上的分力)。为了测试和机床及夹具设计工作的方便,常将作用在工件上的总切削力 F' (大小和 F 相等,但方向相反)沿铣床工作台运动方向分解为以下三个

分力,即进给力 F_f (是力 F' 在纵向进给方向上的分力);横向进给力 F_e (力 F' 在横向进给方向上的分力) 和垂直进给力 F_{fN} (力 F' 在垂直进给方向上的分力)。各进给力与切削力 F_c 有一定的比例关系,如表 7-24 所示;力 F_c 则可按表 7-25 所列公式计算。

表 7-24 各铣削力之间比值

铣 削 条 件	比 值	对称铣削	不对称铣削	
			逆 铣	顺 铣
端铣削 $a_e=(0.4\sim0.8)d$ $f_z=0.1\sim0.2\text{mm/齿}$	F_f/F_c	0.3~0.4	0.6~0.9	0.15~0.3
	F_e/F_c	0.85~0.95	0.45~0.7	0.9~1.0
	F_{fN}/F_c	0.5~0.55	0.5~0.55	0.5~0.55
圆柱铣削 $a_e=0.05d$ $f_z=0.1\sim0.2\text{mm/齿}$	F_f/F_c	—	1.0~1.2	0.8~0.9
	F_{fN}/F_c		0.2~0.3	0.75~0.8
	F_e/F_c		0.35~0.4	0.35~0.4

表 7-25 圆柱铣削和端铣削时铣削力 F_c 计算公式

铣刀类型	刀具材料	工件材料	切 削 力 F_c/N
圆 柱 形 铣 刀	高速钢	碳 钢	$F_c=9.81(65.2)a_e^{0.86}f_z^{0.72}d^{-0.86}a_pz$
		灰铸铁	$F_c=9.81(30)a_e^{0.83}f_z^{0.65}d^{-0.83}a_pz$
	硬质合金	碳 钢	$F_c=9.81(96.6)a_e^{0.88}f_z^{0.75}d^{-0.87}a_pz$
		灰铸铁	$F_c=9.81(58)a_e^{0.9}f_z^{0.8}d^{-0.9}a_pz$
面 铣 刀	高速钢	碳 钢	$F_c=9.81(78.8)a_e^{1.1}f_z^{0.8}d^{-1.1}a_p^{0.95}z$
		灰铸铁	$F_c=9.81(50)a_e^{1.14}f_z^{0.72}d^{-1.14}a_p^{0.9}z$
	硬质合金	碳 钢	$F_c=9.81(789.3)a_e^{1.1}f_z^{0.75}d^{-1.3}a_pn^{-0.2}z$
		灰铸铁	$F_c=9.81(54.5)a_ef_z^{0.74}d^{-1.0}a_p^{0.9}z$
工件材料机械性能 不同时的修正系数 K_{F_c}			切钢: $K_{F_c}=(\sigma_b/0.637)^{0.3}$ 切铸件: $K_{F_c}=(HBS/190)^{0.55}$

注: a_p ——背吃刀量(mm);端铣时 a_p 为切削层深度,圆柱铣削时 a_p 为被加工表面宽度; a_e ——侧吃刀量(mm);端铣时 a_e 为被加工表面宽度,圆柱铣削时 a_e 为切削层深度; f_z ——每齿进给量(mm/齿); n ——铣刀转数(r/min); d ——铣刀直径(mm); z ——铣刀齿数; K_{F_c} ——修正系数,当加工材料性能不同时, F_c 需乘修正系数 K_{F_c} ; σ_b (MPa)。

2. 估算所需夹紧力

估算夹紧力时,以切削力为依据,与夹紧力建立静平衡方程式,即可求得所需夹紧力的大小。但由于工件在加工中还受到惯性力和自身重力的作用,此外,切削力本身在加工过程中由于材质不均匀、刀具磨损等因素是变化的,所以按静力平衡求得的夹紧力大小需乘以一定的安全系数予以修正,因此,所需夹紧力的基本公式为

$$F_{\text{J需}} = KF_0$$

式中, F_0 ——在一定条件下由静力平衡计算出的夹紧力大小;

K ——安全系数,通常情况下,取 K 为 1.5~2.5。

当夹紧力与切削力、工件重力同向时, K 值可较小;当夹紧力与切削力的方向相反时,可取 $K = 2.5 \sim 3$ 。

计算夹紧力时,所需的摩擦因数如表 7-26 所示。

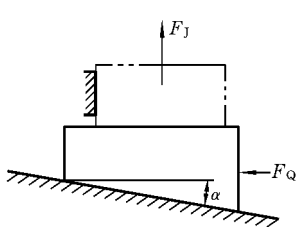
表 7-26 摩擦因数选用表

定位支承面的形式	摩擦因数 f
光滑表面	0.1~0.25
具有与切削力方向一致的直沟槽	0.30
具有与切削力方向垂直的直沟槽	0.40
具有交错的网状沟槽	0.70~0.80

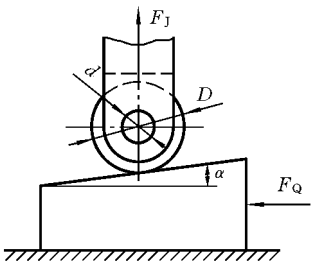
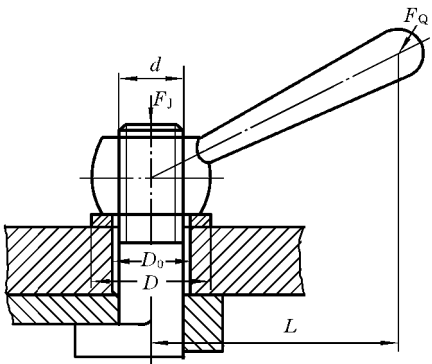
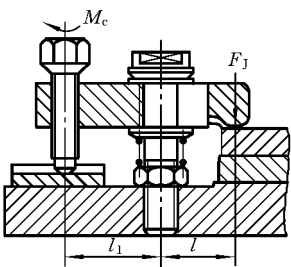
3. 典型夹紧机构

典型夹紧机构及其所能产生的夹紧力如表 7-27 所示。

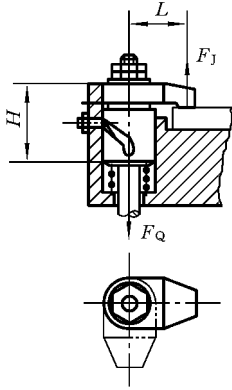
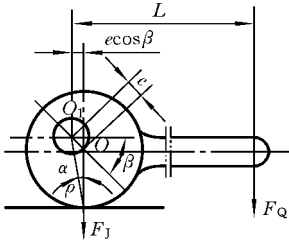
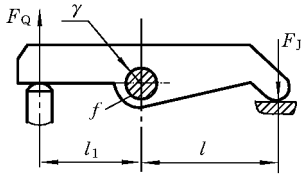
表 7-27 典型夹紧机构及其夹紧力的计算公式

夹紧机构	夹 紧 简 图	夹紧力公式及备注
斜楔夹紧机构		$F_J = \frac{F_Q}{\tan(\alpha + \varphi_1) + \tan\varphi_2}$ 而 $\tan\varphi_0 = d / (D \tan\varphi_1)$ 式中, α——斜楔的升角 φ_1——平面摩擦时作用在斜楔斜面上的摩擦角 φ_2——平面摩擦时作用在斜楔基面上的摩擦角 式中, φ_0——滚子作用在斜楔面上的当量摩擦角

续表

夹紧机构	夹 紧 简 图	夹紧力公式及备注
斜楔夹紧机构		$F_J = \frac{F_Q}{\tan(\alpha + \varphi_{10}) + \tan\varphi_{20}}$ 式中， φ_{20}——滚子作用在基面上的当量摩擦角 而 $\tan\varphi_{20} = d / (D \tan\varphi_2)$ 式中， d——滚子转轴直径 (mm) D——滚子外径 (mm)
螺旋夹紧机构		$F_J = \frac{2F_Q L}{d_2 \tan(\alpha + \varphi) + \frac{2}{3} f \frac{D^3 - D_0^3}{D^2 - D_0^2}}$ 式中，α——螺纹升角 φ——螺纹摩擦角 f——螺杆(螺母)端面与工件间的摩擦因数 d_2——螺纹中径
螺旋压板夹紧机构		$F_J = \frac{2M_c l_1 \eta}{d_2 l \tan(\alpha + \varphi)}$ 式中，η——考虑传动机构转轴摩擦损失时的传动效率，一般取为 0.80 ~ 0.95 α——螺纹升角 d_2——螺纹中径 φ——螺纹摩擦角 M_c——转矩 (N·m)

续表

夹紧机构	夹 紧 简 图	夹紧力公式及备注
螺旋压板夹紧机构	 自动回转钩形压板	$F_J = \frac{F_Q}{1 + \frac{3Lf}{H}}$ 式中, H——钩形压板的高度(mm) L——压板轴线至夹紧点的距离(mm) f——摩擦因数,一般取 0.1~0.15
圆偏心轮夹紧机构		$F_J = \frac{F_Q L}{\rho [\tan(\alpha + \varphi_1) + \tan \varphi_2]}$ 式中, $\rho = \frac{R + e \sin \beta}{\cos \alpha}$ $\alpha = \arctan \frac{e \cos \beta}{R + e \sin \beta}$ L——力臂(mm) φ_1——偏心轮与夹紧面的摩擦角 φ_2——偏心轮与轴销的摩擦角 ρ——回转中心到接触点距离(mm) R——偏心轮半径(mm) e——偏心距(mm) α——接触点升角 β——偏心轮回转角
杠杆夹紧机构		$F_J = F_Q \frac{l_1 - rf}{l + rf}$ 式中, r——轴销半径(mm) f——销与压板间的摩擦因数

注:表中 F_Q 为作用力(N);图例中计算的 F_J 必须大于或等于 $F_{J需}$ 才能保证夹紧可靠。

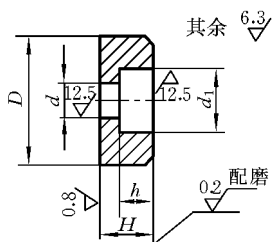
7.2.7 常用对刀、导向元件

常用对刀、导向元件如表 7-28~表 7-38 所示。

表 7-28 常用对刀块的结构

(mm)

(1) 圆形对刀块 (摘自 JB/T803.1—1995)



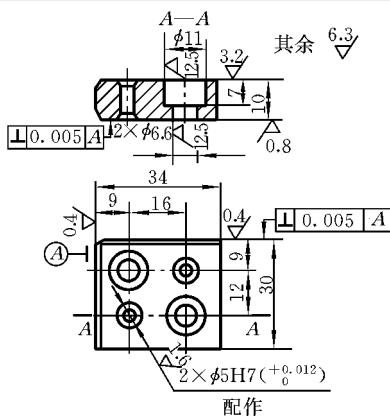
标记示例

 $D=25$ 的圆形对刀块标记为:

对刀块 25JB/T803.1—1995

D	H	h	d	d_1
16	10	6	5.5	10
25		7	6.6	11

(2) 方形对刀块 (摘自 JB/T803.1.2—1995)

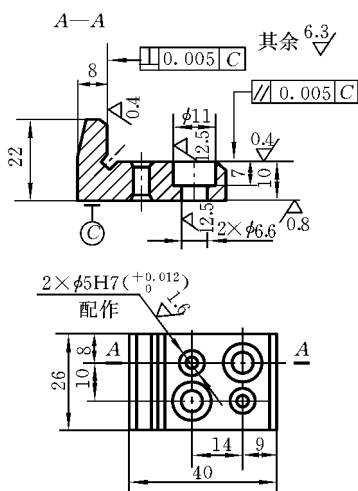


标记示例

方形对刀块标记为:

对刀块 JB/T803.1.2—1995

(3) 直角对刀块 (摘自 JB/T803.3—1995)

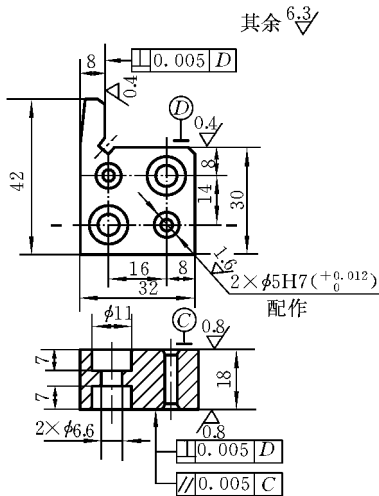


标记示例

直角对刀块标记为:

对刀块 JB/T 803.1.3—1995

(4) 侧装对刀块 (摘自 JB/T803.1.4—1995)



标记示例

侧装对刀块标记为:

对刀块 JB/T 803.1.4—1995

其中, ① 材料: 20 钢。

② 热处理: 渗碳深度 0.8~1.2mm, 58~64HRC。

③ 技术条件: 按 JB/T8044—1995 的规定。

表 7-29 对刀平塞尺(JB/T 8032.1—1995) (mm)

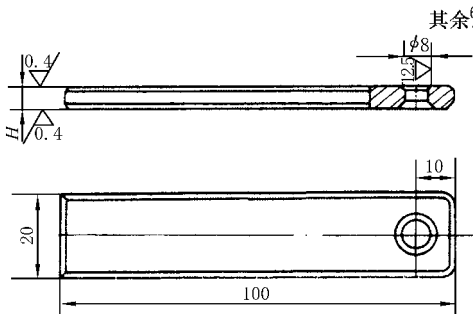
 技术条件 1. 材料 T8 按 GB/T 1298—1989 的规定 2. 热处理 55~60HRC 3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定	H	
	基本尺寸	极限偏差 h8
	1	0 -0.014
	2	
	3	
	4	0 -0.018
	5	

表 7-30 定向键(JB/T 8017—1995) (mm)

其余 $12.5/\sqrt{}$

相配件尺寸

技术条件

1. 材料 45 按 GB/T 699—1989 的规定
2. 热处理 40~45HRC
3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

B		B_1	L	H	h	相 配 件			
基本尺寸	极限偏差 h6					T 形槽 宽度 b	B_2		h_1
							基本尺寸	极限偏差 H7	
18	0 -0.011	8	20	12	4	8	10	+0.018 0	6
		10				10			
		12				12			
		14				14			

续表

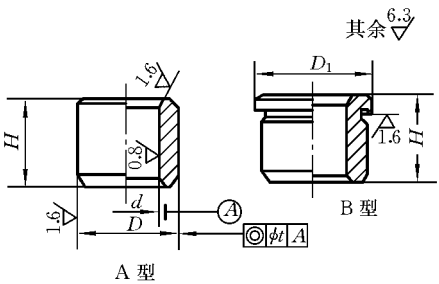
B		B ₁	L	H	h	相 配 件			
基本尺寸	极限偏差 h6					T 形槽 宽度 b	B ₂		h ₁
							基本尺寸	极限偏差 H7	
24	0 - 0. 013	16	25	18	55	(16)	24	+0. 021 0	7
		18							
		(20)							
28		22	40	22	7	22	28		9
		24				(24)			
36	0	28				50	35		
48	- 0. 016	36	36	48					
		42	42						
60	0	48	65	50	12	48	60	+0. 030 0	14
	- 0. 019	54				54			

注:① 尺寸 B₁ 留磨量 0.5 mm 按机床 T 形槽宽度配作,公差带为 h6 或 h8。

② 括弧内尺寸尽量不采用。

表 7-31 固定钻套

(mm)



标记示例

d=18、H=16 的 A 型固定钻套标记为:

钻套 A18×16 JB/T8045.1—1995

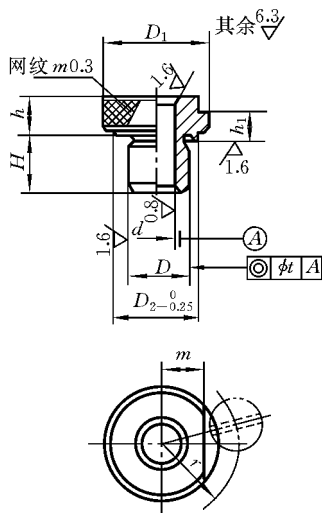
技术条件

1. 材料 d≤26 T10A 按 GB1298—1986 的规定
d>26 20 按 GB699—1988 的规定
2. 热处理 T10A 为 58~64HRC; 20 钢渗碳深度 0.8~1.2, 58~64HRC
3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

d		D		D_1	H			t
基本尺寸	极限偏差 F7	基本尺寸	极限偏差 n6					
$>6\sim 8$	$+0.028$	12	$+0.023$ $+0.012$	15	10	16	20	0.008
$>8\sim 10$	$+0.013$	15		18	12	20	25	
$>10\sim 12$	$+0.034$ $+0.016$	18	22					
$>12\sim 15$		22	$+0.028$ $+0.015$	26	16	28	36	
$>15\sim 18$	26	30						
$>18\sim 22$	$+0.041$ $+0.020$	30	34	20	36	45		
$>22\sim 26$		35	39					
$>26\sim 30$		42	$+0.017$				46	25

表 7-32 可换钻套

(mm)



标记示例

$d=12$ 、公差带为 F7、 $D=18$ 、公差带为 k6、 $H=16$ 的可换钻套标记为：

钻套 12F7×18k6×16 JB/T8045.2—1995

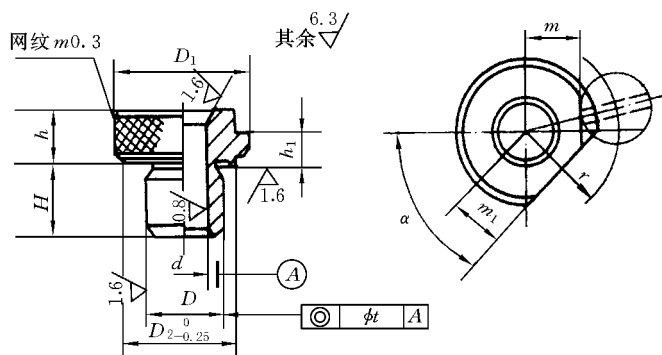
技术条件

1. 材料 $d \leq 26$ T10A 按 GB1298—1986 的规定
 $d > 26$ 20 按 GB699—1988 的规定
2. 热处理 T10A 为 58~64HRC；20 钢渗碳深度为 0.8~1.2, 58~64HRC
3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

d		D			滚花前 D_1	D_2	H			h	h_1	r	m	t	配用螺钉 JB/T 8045.5—1995		
基本尺寸	极限偏差 F7	基本尺寸	极限偏差 m6	极限偏差 k6													
$>0\sim 3$	$+0.016$ $+0.006$	8	$+0.015$ $+0.006$	$+0.010$ $+0.001$	15	12	10	16	—	8	3	11.5	4.2	0.008	M5		
$>3\sim 4$	$+0.022$				10	18	15	12	20			25	13			5.5	
$>4\sim 6$	$+0.010$	12	$+0.018$ $+0.007$	$+0.012$ $+0.001$				22	18	16	28	36	10			4	16
$>6\sim 8$	$+0.028$				15	26	22	20	36					45	23.5		12
$>8\sim 10$	$+0.013$	18	30	26	25	45	56			32.5	21						
$>10\sim 12$	$+0.034$	22	34	30				30	56			67	36	24.5			
$>12\sim 15$	$+0.016$	26	39	35	35	46	59			53	67				36	24.5	
$>15\sim 18$		30	46	42				52	46			59	53	67			36
$>18\sim 22$	$+0.041$	35	52	46	59	53	67			36	24.5						
$>22\sim 26$	$+0.020$	42	59	53				59	53			67	36	24.5			
$>26\sim 30$																	

表 7-33 快换钻套(JB/T 8045.3—1995)

(mm)



技术条件

1. 材料 $d \leq 26$ T10A 按 GB/T 1298—1986 的规定
 $d > 26$ 20 按 GB/T 699—1988 的规定
2. 热处理 T10A 为 58~64HRC;
20 渗碳深度 0.8~1.2, 58~64HRC
3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

d		D			D_1	D_2	H			h	h_1	r	m	m_1	α	t	配用螺钉 JB/T 8045.5—1995
基本尺寸	极限偏差 F7	基本尺寸	极限偏差 m6	极限偏差 k6	滚花前												
$>0\sim 3$	$+0.016$ $+0.006$	8	$+0.015$ $+0.006$	$+0.010$ $+0.001$	15	12	10	16	—	8	3	11.5	4.2	4.2	50°	0.008	M5
$>3\sim 4$	$+0.022$																
$>4\sim 6$	$+0.010$	10			18	15	12	20	25	13	6.5	5.5					
$>6\sim 8$	$+0.028$	12			22	18	16	28	56	16	7	7					
$>8\sim 10$	$+0.013$	15	$+0.018$ $+0.007$	$+0.012$ $+0.001$	26	22	16	28	56	10	4	18	9	9			55°
$>10\sim 12$	$+0.024$	18			30	26	20	36	45	12	5.5	20	11	11			
$>12\sim 15$	$+0.016$	22	$+0.021$ $+0.008$	$+0.016$ $+0.002$	34	30	25	45	56			16	7	23.5	12	12	
$>15\sim 18$		26			39	35	30	56	67	16	7			26	14.5	14.5	
$>18\sim 22$	$+0.041$	30			46	42	35	67	78			20	8	29.5	18	18	
$>22\sim 26$	$+0.020$	35	$+0.025$ $+0.009$	$+0.018$ $+0.002$	52	46	40	78	105	25	9			32.5	21	21	
$>26\sim 30$		42			59	53	40	78	105			30	10	36	24.5	25	
$>30\sim 35$		48			66	60	45	89	112	35	11			41	27	28	
$>35\sim 42$	$+0.050$	55			74	68	50	90	110			40	12	45	31	32	
$>42\sim 48$	$+0.025$	62	$+0.030$ $+0.011$	$+0.021$ $+0.002$	82	76	50	90	110	45	13			49	35	36	
$>48\sim 50$		70			90	84	55	95	115			50	14	53	39	40	
$>50\sim 55$		78			100	94	60	100	120	55	15			58	44	45	
$>55\sim 62$	$+0.060$	85			110	104	65	105	125			60	16	63	49	50	
$>62\sim 70$	$+0.030$	95	$+0.035$ $+0.013$	$+0.025$ $+0.003$	120	114	70	110	130	65	17			68	54	55	
$>70\sim 78$							75	115	135			70	18	73	59	60	
$>78\sim 80$										75°							
$>80\sim 85$	$+0.071$ $+0.036$	105			130	124	80	120	140								

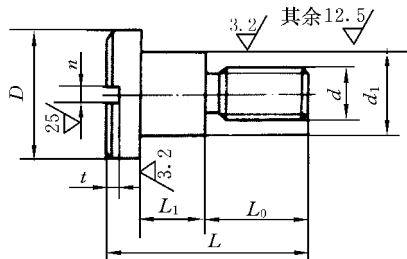
注: 当作铰(扩)套使用时, d 的公差带推荐如下:

采用 GB/T 1132—1984/CB/T 1133—1984 铰刀, 铰 H7 孔时取 F7; 铰 H9 孔时取 E7。

铰(扩)其他精度孔时, 公差带由设计选定。

表 7-34 钻套螺钉(JB/T8045.5—1995)

(mm)



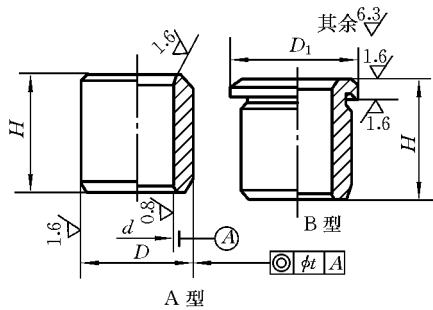
技术条件

- 1. 材料 45 按 GB/T 699—1988 的规定
- 2. 热处理 35~40HRC
- 3. 其他技术条件按 JB/T8045.5—1995 的规定

d	L_1		d_1		D	L	L_0	n	t	钻套 内径
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差						
M5	3	+0.200 +0.050	7.5	-0.040	13	15	9	1.2	1.7	>0 ~6
	6					18				
M6	4		9.5	-0.130	16	18	10	1.5	2	>6 ~12
	8					22				
M8	5.5		12	-0.050	20	22	11.5	2	2.5	>12 ~30
	10.5					27				
M10	7		15	-0.160	24	32	18.5	2.5	3	>30 ~85
	13					38				

表 7-35 钻套用衬套

(mm)



标记示例

$d=18$ 、 $H=28$ 的 A 型钻套用衬套标记为：
钻套 A18×18 JB/T8045.4—1995

技术条件

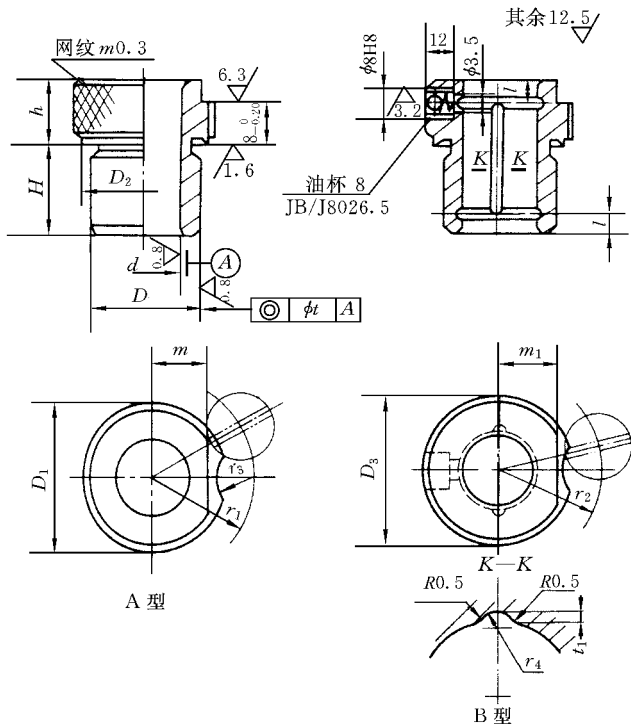
- 1. 材料 $d \leq 26$ T10A 按 GB1298—1986 的规定
 $d > 26$ 20 按 GB699—1988 的规定
- 2. 热处理 T10A 为 58~64HRC；20 钢渗碳深度 0.8~1.2, 58~64HRC
- 3. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

续表

<i>d</i>		<i>D</i>		<i>D</i> ₁	<i>H</i>			<i>t</i>
基本尺寸	极限偏差 F7	基本尺寸	极限偏差 n6					
8	+0.028	12	+0.023 +0.012	15	10	16	—	0.008
10	+0.013	15		18	12	20	25	
12	+0.034 +0.016	18		22				
(15)		22	+0.028 +0.015	26	16	28	36	
18		26		30				
22	+0.041 +0.020	30		+0.033 +0.017	34	20	36	45
(26)		35	39					
30		42	46		25	45	56	
35	48	52						
(42)	+0.050 +0.025	55	+0.039 +0.020	59	30	56	67	
(48)		62		66				

表 7-36 镗套(JB/T 8046.1—1995)

(mm)



技术条件

1. 材料 20 按 GB/T 699—1988 的规定
HT200 按 GB/T 9439—1988 的规定
2. 热处理 20 渗碳深度 0.8~1.2, 55~60HRC; HT200 粗加工后进行时效处理
3. *d* 的公差带为 H7 时, *t* = 0.010; *d* 的公差带为 H6 时, 当 *D* < 85, *t* = 0.005; *D* ≥ 85, *t* = 0.01
4. 油槽锐角磨后倒钝
5. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

续表

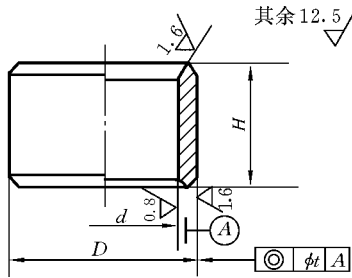
d	基本尺寸	20	22	25	28	32	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	120	160	
	极限偏差 H6	+0.013 0				+0.016 0				+0.019 0				+0.022 0				+0.025 0	
	极限偏差 H7	+0.021 0				+0.025 0				+0.030 0				+0.035 0				+0.040 0	
D	基本尺寸	25	28	32	35	40	45	50	55	60	65	75	85	100	110	120	145	185	
	极限偏差 g ₆	-0.007 -0.016		-0.009 -0.020				-0.010 -0.023				-0.012 -0.027				-0.014 -0.032		-0.015 -0.035	
	极限偏差 g ₆	-0.007 -0.020		-0.009 -0.025				-0.010 -0.029				-0.012 -0.054				-0.014 -0.039		-0.015 -0.044	
H		20		25		35				45				60		80		100	125
		25		35		45				60				80		100		125	160
		35		45		55		60		80				100		125		160	200
l		—			6			8											
D ₁ 滚花前		34	38	42	46	52	56	62	70	75	80	90	105	120	130	140	165	220	
D ₂		32	36	40	44	50	54	60	65	70	75	85	100	115	125	135	160	210	
D ₃ 滚花前		—			56	60	65	70	75	80	85	90	105	120	130	140	165	220	
h		15						18											
m		13	15	17	18	21	23	26	30	32	35	40	47	54	58	65	75	105	
m ₁		—			23	25	28	30	33	35	38								
r ₁		22.5	24.5	26.5	30	33	35	38	45.5	46	48.5	53.5	61	68.5	75.5	81	93	121	
r ₂		—			35	37	39.5	42	46	48.5	51	53.5	61	68.5	75.5	81	93	121	
r ₃		9			11				12.5						16				
r ₄		—			2									2.5					
t ₁					1.5									2					
配用螺钉		M8×8			M10×8				M12×8						M16×8				
		GB830—1988			GB830—1988				GB/T2269 —1991						GB/T 2269—1991				

注：① d 或 D 的公差带，d 与镗杆外径或 D 与衬套内径的配合间隙也可由设计确定。

② 当 d 的公差带为 H7 时，d 孔表面的粗糙度为 R_a0.8μm。

表 7-37 镗套用衬套(JB/T8046.2—1995)

(mm)



技术条件

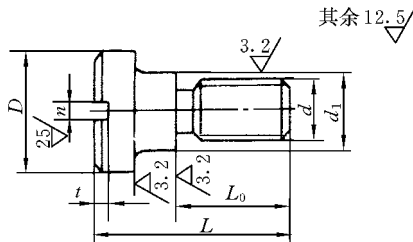
- 1. 材料20 按GB/T 699—1988 的规定
- 2. 热处理渗碳深度 0.8~1.2, 55~64HRC
- 3. d 的公差带为 H7 时, $t=0.010$; d 的公差带为 H6 时, 当 $D<52$, $t=0.005$; 当 $D \geq 52$, $t=0.010$
- 4. 其他技术条件按 JB/T8044—1995 的规定

d	基本尺寸	25	28	32	35	40	45	50	55	60	65	75	85	100	110	120	145	185
	极限	+0.013			+0.016				+0.019				+0.022			+0.025	+0.029	
	偏差 H6	0			0				0				0			0	0	
	极限	+0.021			+0.025				+0.030				+0.035			+0.040	+0.046	
	偏差 H7	0			0				0				0			0	0	
D	基本尺寸	30	34	38	42	48	52	58	65	70	75	85	100	115	125	135	160	210
	极限	+0.028	+0.033				+0.039				+0.045			+0.052			+0.060	
	偏差 n6	+0.015	+0.017				+0.020				+0.023			+0.027			+0.031	
H		20		25		35			45			60		80		100		125
		25		35		45			60			80		100		125		160
		35		45		55		60		80			100		125		160	

注:因 H6 或 H7 为装配后公差带,零件加工尺寸需由工艺决定。

表 7-38 镗套螺钉(JB/T 8046.3—1995)

(mm)



技术条件

- 1. 材料 45 按GB/T 699—1988 的规定
- 2. 热处理 35~40 HRC
- 3. 其他技术条件按 JB/T 8044—1995 的规定

d	d ₁		D	L	L ₀	n	t	镗套内径
	基本尺寸	极限偏差						
M12	16	-0.050 -0.160	24	30	15	3	3.5	>45~80
M16	20	-0.065 -0.195	28	37	20	3.5	4	>80~160

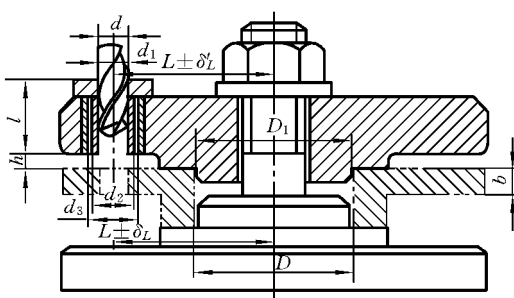
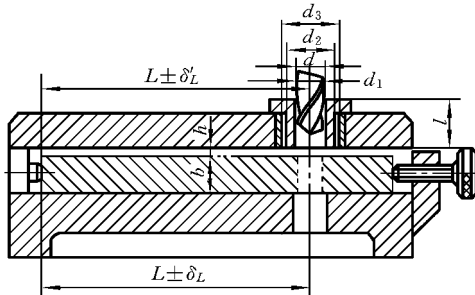
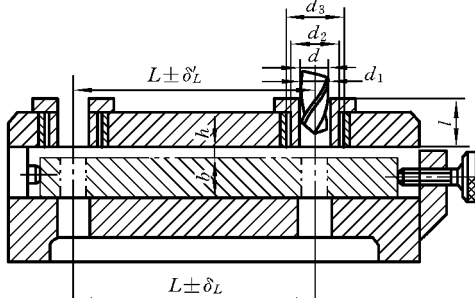
7.2.8 钻孔误差计算

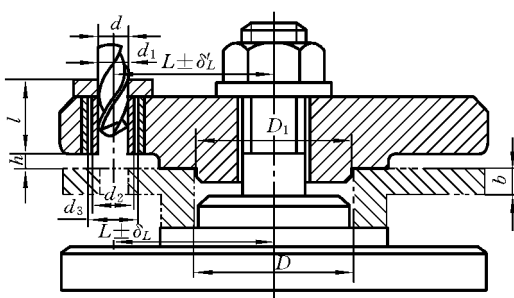
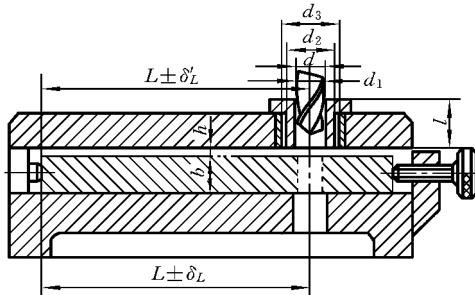
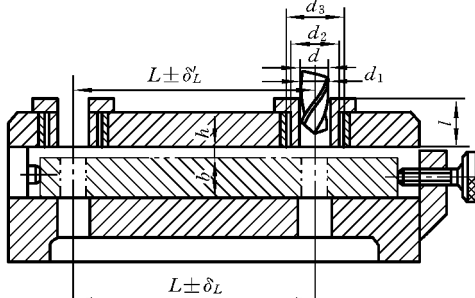
钻床夹具及其钻孔误差计算如表 7-39 所示。

表 7-39 钻床夹具及其钻孔误差计算

(mm)

加工简图	计算公式
	$\pm \delta_L \geqslant \pm F\delta'_L + K \frac{d_3 - d_2}{2}$ $\pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me$ $\pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$ $\pm K \frac{D - D_1}{2}$
	$\pm \delta_L \geqslant \pm F\delta'_L + K \frac{d_3 - d_2}{2}$ $\pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me$ $\pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$
	$\pm \delta_L \geqslant F\delta'_L \pm 2 \left[K \frac{d_3 - d_2}{2} \right.$ $\left. \pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me \right.$ $\left. \pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l} \right]$

加工简图	计算公式
	$\pm \delta_L \geqslant \pm F\delta'_L + K \frac{d_3 - d_2}{2}$ $\pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me$ $\pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$ $\pm K \frac{D - D_1}{2}$
	$\pm \delta_L \geqslant \pm F\delta'_L + K \frac{d_3 - d_2}{2}$ $\pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me$ $\pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$
	$\pm \delta_L \geqslant F\delta'_L \pm 2 \left[K \frac{d_3 - d_2}{2} \right.$ $\left. \pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me \right.$ $\left. \pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l} \right]$

加工简图	计算公式
	$\pm \delta_L \geqslant \pm F\delta'_L + K \frac{d_3 - d_2}{2}$ $\pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me$ $\pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$ $\pm K \frac{D - D_1}{2}$
	$\pm \delta_L \geqslant \pm F\delta'_L + K \frac{d_3 - d_2}{2}$ $\pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me$ $\pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$
	$\pm \delta_L \geqslant F\delta'_L \pm 2 \left[K \frac{d_3 - d_2}{2} \right.$ $\left. \pm K \frac{d - d_1}{2} \pm me \right.$ $\left. \pm P(d - d_1) \frac{h + b}{l} \right]$

式中: δ_L 为工件加工尺寸 L 的偏差;

δ'_L 为固定衬套中心位置的偏差(普通精度取 ± 0.05 mm, 高精度取 ± 0.02 mm);

F 为固定衬套中心位置可能产生最大极限偏差的因数, 常取 0.8;

K 为相配合件可能产生最大间隙因数(普通精度取 0.5, 高精度取 0.35);

P 为钻头可能产生最大极限倾斜的因数(普通精度取 0.35, 高精度取 0.2);

m 为可换钻套可能产生同轴度最大极限偏差的因数, 常取 0.4;

e 为可换钻套内、外径轴线的同轴度误差;

d 、 d_1 、 d_2 、 d_3 分别为钻套内径、钻头直径、钻套外径和衬套内径。

7.3 机床夹具公差及技术要求

7.3.1 夹具总图上应标注的尺寸及公差

1. 夹具外形轮廓尺寸

标注夹具外形轮廓尺寸时, 要标注夹具的最大外形轮廓尺寸。但当夹具结构中有运动部件时, 还应用双点画线标注包括运动部分处于极限位置时在空间所占的尺寸, 例如, 当夹具上有超出夹具体外的回转部分时, 应标注其最大回转半径; 有升降部分时, 应标注其最高及最低位置, 以表明夹具的轮廓大小和运动范围, 便于检查夹具与机床、刀具的相对位置有无干涉现象和在机床上安装的可能性。

2. 工件与定位元件间的联系尺寸

这主要标注工件定位基准与定位元件间的配合尺寸, 例如, 定位基准孔与定位销(或心轴)间的配合尺寸。不仅要标注基本尺寸, 而且还要标注精度等级和公差配合。

3. 夹具和刀具的联系尺寸

这主要标注对刀元件与定位元件间的位置尺寸, 导向元件与定位元件间的位置尺寸(一般只需标注出一个钻套或膛套与定位元件间的位置尺寸即可), 以及钻套或键套与刀具导向部分的配合尺寸。

4. 夹具与机床连接部分的尺寸

这主要标注确定夹具在机床上正确位置的连接部分的尺寸, 例如, 对于铣、刨夹具, 应标注定位键与机床工作台上的 T 形槽的配合尺寸; 对于车床、内外圆磨床夹具, 则应标注夹具与机床主轴前端的连接尺寸。标注时, 还应以夹具上的定位元

件作为相互位置尺寸的基准。

5. 夹具各组成元件间的相互位置和相关尺寸公差

这主要是指定位元件、对刀或导向元件、分度装置及安装基面相互之间的尺寸、公差和位置公差。

6. 其他装配尺寸

这主要标注属于夹具内部元件之间的配合尺寸,例如,相对活动或相对固定元件之间的尺寸,以及某些夹具元件在装配后需要保持的相关尺寸;定位元件与定位元件之间的尺寸;引导元件与引导元件间的尺寸。

7.3.2 夹具的公差配合

1. 制定夹具公差的原则

① 应保证夹具的定位、制造和调整误差的总和一般不超过工序公差的1/3。

② 在不增加制造技术难度的情况下,尽量将夹具的公差定得小一些。

③ 夹具中与工件尺寸有关的尺寸公差,不论是单向的还是双向的,都应该改写成对称分布的双向公差。例如,工件尺寸公差为 $50^{+0.10}_0$ mm,应改写为 $50.05^{+0.05}_{-0.05}$ mm,并且以此作为夹具的基本尺寸,制定该尺寸的制造公差(及夹具公差)。

④ 凡注有公差的部位,在夹具中必须设置相应的检验基准。

⑤ 当采用调整、修配等方法装配夹具时,夹具零件的制造公差可适当放大。

2. 夹具公差的制定

1) 夹具的尺寸公差

夹具的尺寸公差如表 7-40 和表 7-41 所示。

表 7-40 按工件公差的比例选取夹具公差

夹具类型	工件工序尺寸公差/mm				
	0.03~0.10	0.10~0.20	0.20~0.30	0.30~0.50	未注公差
车床夹具	1/4	1/4	1/5	1/5	$\leq \pm 0.1$
钻、铣夹具	1/3	1/3	1/4	1/4	$\leq \pm 0.1$
镗、拉、磨等夹具	1/2	1/2	1/3	1/3	$\leq \pm 0.1$

夹具各组成元件工作表面之间的形位要求,可取工件相应形位公差的1/2~1/3。当工件无明确要求时,夹具元件的几何形状精度可取0.03~0.05mm,相互位置精度取0~0.05 mm /100 mm。

表 7-41 按工件公差选取夹具相应尺寸公差 (mm)

工件加工尺寸公差	夹具相应尺寸公差	工件加工尺寸公差	夹具相应尺寸公差
0.008~0.01	0.006	0.08~0.09	0.040
0.01~0.02	0.010	0.09~0.10	0.045
0.02~0.03	0.015	0.10~0.12	0.050
0.03~0.05	0.020	0.12~0.16	0.060
0.05~0.06	0.025	0.16~0.20	0.070
0.06~0.07	0.030	0.90~1.30	0.20
0.07~0.08	0.035	1.30~1.50	0.20

2) 夹具的角度公差

夹具的角度公差如表 7-42 所示。

表 7-42 按照工件的角度公差确定夹具相应角度公差

工件角度公差	夹具角度公差	工件角度公差	夹具角度公差	工件角度公差	夹具角度公差
50''~1'30''	30''	8'~10'	4'	50'~1°	20'
1'30''~2'30''	1'	10'~15'	5'	1°~1°30'	30'
2'30''~3'30''	1'30''	15'~20'	8'	1°30'~2°	40'
3'30''~4'30''	2'	20'~25'	10'	2°~3°	1°
4'30''~6'	2'30''	25'~35'	12'	3°~4°	1°
6'~8'	3'	35'~50'	15'	4°~5°	1°

3) 常用夹具元件配合的选择

常用夹具元件的配合如表 7-43 所示。

表 7-43 常用夹具元件的配合

配合件的工作形式	精度要求		示 例
	一般精度	较高精度	
定位元件与工件定位基面间的配合	$\frac{H8}{f7}, \frac{H7}{h6}, \frac{H7}{g6}, \frac{H7}{f7}$	$\frac{H6}{h5}, \frac{H6}{g5}, \frac{H6}{f5}$	定位销与工件定位基准孔的配合
有导向作用,并有相对运动的元件间的配合	$\frac{H7}{h6}, \frac{H7}{g6}, \frac{H7}{f6}, \frac{G7}{h6}, \frac{F7}{h6}$	$\frac{H6}{h5}, \frac{H6}{g5}, \frac{H6}{f5}, \frac{G6}{h5}, \frac{F6}{h5}$	移动定位元件、刀具与导轨的配合
无导向作用,但有相对运动的元件间的配合	$\frac{H8}{f7}, \frac{H8}{d7}$	$\frac{H7}{f6}$	移动夹具底座与滑座的配合

续表

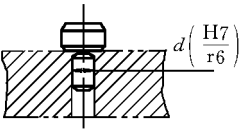
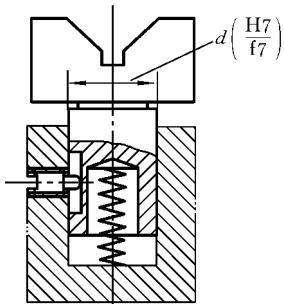
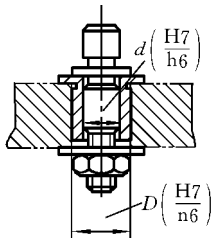
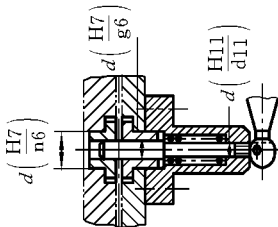
配合件的工作形式		精 度 要 求		示 例
		一般精度	较高精度	
没有相对运动的 元件间的配合	无紧 固件	$\frac{H7}{n6}$ 、 $\frac{H7}{r6}$ 、 $\frac{H7}{s6}$		固定支承钉、定位销
	有紧 固件	$\frac{H7}{m6}$ 、 $\frac{H7}{k6}$ 、 $\frac{H7}{js6}$		

表 7-43 所示数值仅供参考。根据夹具的实际结构和功用要求,也可选用其他的配合种类和公差等级。

4) 常用夹具元件的配合实例

常用夹具元件的配合实例如表 7-44 所示。

表 7-44 常用夹具元件的配合实例

配合元 件名称	图 例	配合元 件名称	图 例
定位 销		浮动 V 形块	
可换 定位销		分度 定位销	

续表

配合元 件名称	图 例	配合元 件名称	图 例
辅助 支撑		铰链 钻 模 板	

7.3.3 各类机床夹具的主要技术要求

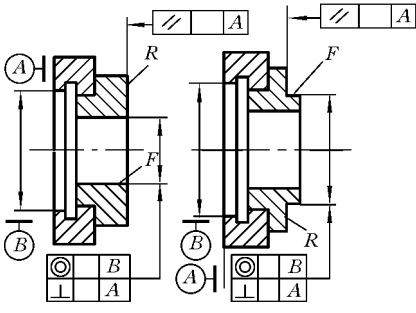
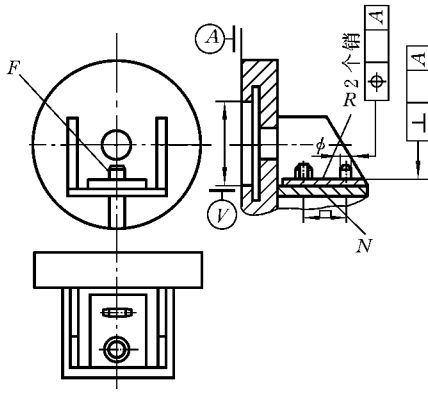
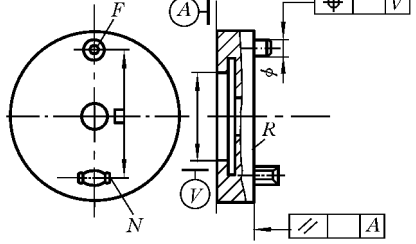
1. 车床夹具的主要技术要求

车床夹具多为心轴类和卡盘类夹具,常以工件的内孔或外圆表面作为定位基准。因此,在这些夹具中,为确定工件基准孔或外圆的正确位置所采用的定位元件的尺寸及形位公差,就构成了这类夹具的主要技术要求。表 7-45 列出了车床夹具技术要求的示例。

表 7-45 典型车床夹具技术要求示例

夹 具 简 图	技 术 要 求
	(1) 表面 F 对锥面 B 轴线的径向圆跳动量为 ... (2) 端面 R 对锥面 B 轴线的垂直度为 ...

续表

夹具简图	技术要求
	(1) 表面 F 轴线对表面 B 的轴 线同轴度公差为 ... (2) 表面 F 轴线对平面 A 的垂 直度公差为 ... (3) 表面 R 对平面 A 的平行度 公差为 ...
	(1) 表面 F 和 N 的轴心连线对 孔表面 V 的轴线的位置度公差为 ... (2) 表面 R 对端面 A 的垂直度 公差为 ...
	(1) 表面 R 对端面 A 的平行度 公差为 ... (2) 通过表面 F 和 N 的轴线之 平面对孔表面 V 的轴线的位置度 公差为 ...

心轴类夹具按其定位部分的结构形式分为刚性心轴和弹性心轴两种。刚性心轴与工件定位基准孔之间保持一定的配合间隙,其间隙越小,定位精度就越高。弹性心轴与工件定位基准孔之间的配合间隙,靠定位部分的均匀涨开消除,所以这种

心轴的制造公差可适当放宽。

表 7-46 所示的为车床心轴的制造公差,夹具上的基本尺寸是工件基准孔的最小尺寸。

表 7-46 车床心轴的制造公差 (mm)

工件的 基本直径	定位元件的结构形式				工件的 基本直径	定位元件的结构形式			
	刚性心轴		弹性涨开式心轴			刚性心轴		弹性涨开式心轴	
	精加工	一般加工	精加工	一般加工		精加工	一般加工	精加工	一般加工
0~10	-0.005	-0.023	-0.013	-0.035	30~50	-0.010	-0.050	-0.025	-0.075
	-0.015	-0.045	-0.027	-0.060		-0.027	-0.085	-0.050	-0.115
10~18	-0.006	-0.030	-0.016	-0.045	50~80	-0.012	-0.060	-0.030	-0.095
	-0.018	-0.055	-0.033	-0.075		-0.032	-0.105	-0.060	-0.145
18~30	-0.008	-0.040	-0.020	-0.060	80~120	-0.015	-0.080	-0.040	-0.120
	-0.022	-0.070	-0.040	-0.085		-0.038	-0.125	-0.075	-0.175
120~180	-0.018	-0.100	-0.050	-0.150	250~360	-0.026	-0.140	-0.070	-0.210
	-0.045	-0.155	-0.090	-0.210		-0.060	-0.210	-0.125	-0.290
180~250	-0.022	-0.120	-0.060	-0.180	360~500	-0.030	-0.170	-0.080	-0.250
	-0.052	-0.180	-0.105	-0.250		-0.070	-0.245	-0.140	-0.340

心轴可用其上顶尖孔安装在机床上,也可用带锥度的尾柄直接插入机床主轴的锥孔内。因此,心轴的定位表面对回转中心的径向圆跳动允差应加以规定。表 7-47 所示的为定位表面的中心线对其回转中心线的径向圆跳动允差。

表 7-47 车床夹具径向圆跳动允差 (mm)

工件径向圆跳动允差	定位元件定位表面对回转中心线的径向圆跳动允差	
	心轴类夹具	一般车床夹具
0.05~0.10	0.005~0.01	0.01~0.02
0.10~0.20	0.01~0.015	0.02~0.04
0.20 以上	0.015~0.03	0.04~0.06

2. 钻床夹具的主要技术要求

1) 钻套公差与配合

根据工件的加工精度和加工方法的不同,钻套公差与配合按表 7-48 选择。

钻套内外圆的同轴度:当内径公差为 H7 时,公差为 0.008 mm;当内径公差为 H6,内径小于 50 mm 时,公差为 0.005 mm;内径大于 50 mm 时,公差为 0.01 mm。

表 7-48 钻套的公差与配合

钻套名称	加工方法及配合部位		配合种类及公差等级	备 注
衬 套	外径与钻模板		$\frac{H7}{r6}, \frac{H7}{n6}, \frac{H6}{n5}$	
	内 径		F7、F6	
固定钻套	外径与钻模板		$\frac{H7}{r6}, \frac{H7}{n6}$	
	内 径		G7、F8	①
可换钻套 快换钻套	钻 孔 及 扩 孔	外径与衬套		$\frac{F7}{m6}, \frac{F7}{k6}$
		钻孔及 扩孔	刀具切削 部分导向	$\frac{F7}{h6}, \frac{G7}{h6}$
			刀柄或刀杆 导向	$\frac{H7}{f7}, \frac{H7}{g6}$
	粗 铰 孔	外径与衬套		$\frac{F7}{m6}, \frac{F7}{k6}$
		内 径		$\frac{G7}{h6}, \frac{H7}{h6}$
	精 铰 孔	外径与衬套		$\frac{F7}{m6}, \frac{F7}{k6}$
		内 径		$\frac{G6}{h5}, \frac{H6}{h5}$
				①

注：基本尺寸为刀具的最大尺寸。

2) 钻套的位置尺寸及相互位置精度

表 7-49 所示的为按工件工序尺寸公差来确定钻套中心距或钻套中心到定位面间的制造公差。

表 7-49 钻套中心距或钻套中心到定位面间的制造公差 (mm)

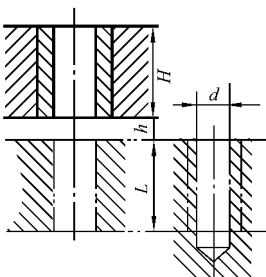
工件孔中心距或孔中心 到定位基准的公差	钻套中心距或钻套中心到定位面的制造公差	
	平行或垂直时	不平行或不垂直时
±0.05~±0.10	±0.005~±0.02	±0.005~±0.015
±0.10~±0.25	±0.02~±0.05	±0.015~±0.035
±0.25 以上	±0.05~±0.10	±0.035~±0.080

钻套中心线对定位面或对夹具的安装基面应保持相应的相互位置精度要求，其公差数值如表 7-50 所示。钻套高度和钻套端部与工件表面的距离如表 7-51 所示。

表 7-50 钻套中心线对夹具安装基面的相互位置精度 (μm)

加工孔对其定位基面的 平行度或垂直度公差	钻套中心线对夹具安装 基面的平行度或垂直度要求
0.05~0.10	0.01~0.02
0.10~0.25	0.02~0.05
0.25 以上	0.05

表 7-51 钻套高度和钻套端部与工件表面的距离 (mm)

简 图	加 工 条 件	钻 套 高 度	加 工 材 料	钻套与工件 间的距离
	一般螺孔、销孔,孔距公差为 ±0.25	$H = (1.5 \sim 2)d$	铸铁	$h = (0.3 \sim 0.7)d$
	H7 以上的孔,孔距公差为 ±0.1~±0.15	$H = (2.5 \sim 3.5)d$		
	H8 以下的孔,孔距公差为 ±0.06~±0.10	$H = (1.25 \sim 1.5) \cdot (h + L)$	钢 青铜 铝合金	$h = (0.7 \sim 1.5)d$

注:孔的位置精度要求高时,允许 $h = 0$;钻深孔 ($L/D > 5$) 时, h 一般取 $1.5d$;钻斜孔或在斜面上钻孔时, h 尽量取小一些。

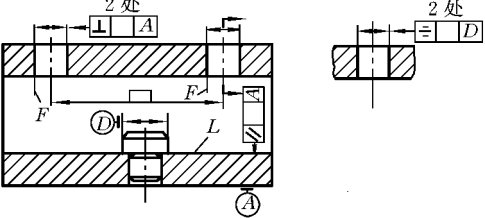
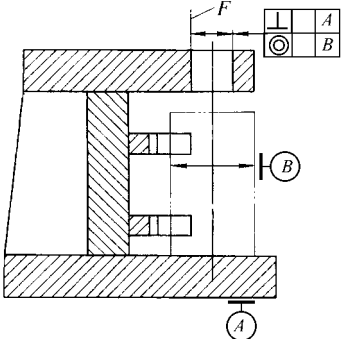
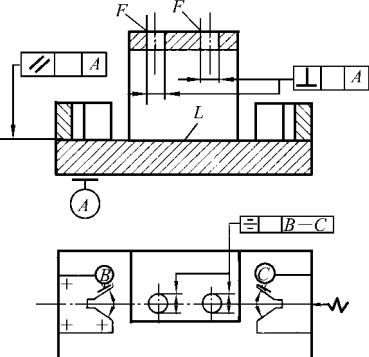
3) 钻床夹具的技术要求

钻床夹具的主要技术要求如下。

- ① 定位表面对夹具安装基面的垂直度或平行度。
- ② 钻套中心线对定位表面对夹具的安装基面的垂直度或平行度。
- ③ 同轴线钻套的同轴度。
- ④ 定位表面的直线度和平面度或位置度。
- ⑤ 定位表面和钻套中心线对找正基面的垂直度或平行度。
- ⑥ 各钻套中心间、定位表面间的尺寸要求及相互位置要求。

表 7-52 列出了钻床夹具主要技术要求示例。

表 7-52 典型钻床夹具技术要求示例

夹 具 简 图	技 术 要 求
	(1) 表面 F 的轴线(或钻套的轴线)对表面 A 的垂直度公差为… (2) 表面 L 对底面 A 的平行度公差为… (3) 通过两表面 F 轴线之平面对定位销 D 轴线的对称度为…
	(1) 表面 F 的轴线(或钻套的轴线)对表面 A 的垂直度为… (2) 表面 F 的轴线(或钻套的轴线)对 V 形块的轴线的同轴度公差为…
	(1) 表面 F 的轴线对表面 A 的垂直度为… (2) 表面 L 对表面 A 的平行度为… (3) 通过两表面 F 的轴线的平面对 V 形块的对称平面的对称度为…

3. 铣床夹具的主要技术要求

铣床夹具用对刀块、定位键来确定夹具、刀具和机床三者间的相对位置,铣床夹具的公差和技术要求的制订与其有关。

1) 对刀块

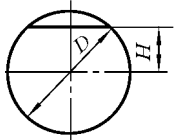
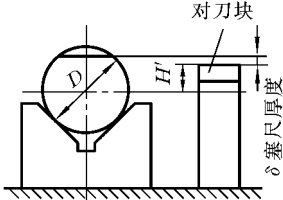
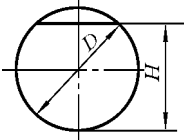
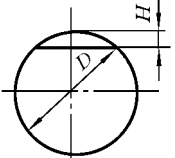
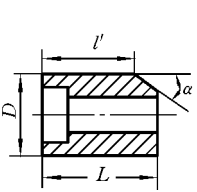
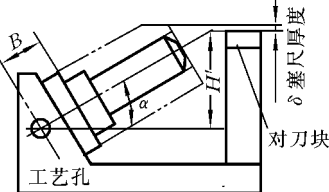
对刀块是用来确定夹具与刀具相对位置的元件。对刀时必须通过塞尺来确定刀具的位置,以免划伤对刀块的工作表面。常用的塞尺有:1~5 mm 的平塞尺和工

作直径为 3 mm 和 5 mm 的圆柱塞尺两类。其公差均按 h8 制造。

对刀块应为单独的元件,用螺钉和销钉装夹在夹具体便于操作的位置上。

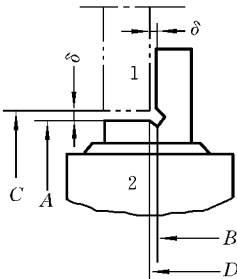
在夹具总图上,对刀块的位置应根据定位面来确定,并需按工件加工精度要求,来制订对刀块工作面的坐标尺寸、公差和位置精度要求。在对刀块工作面与刀具之间,应按选择塞尺厚度 δ ,标注“ δ mm 塞尺”的尺寸。当工件的加工面到它的定位基准成平行或垂直位置关系时,对刀块工作面的尺寸公差,可直接由定位面标注起。当加工面与其定位基准既不平行又不垂直时,必须通过工艺孔来间接标注其位置尺寸和公差要求。表 7-53 所示的为对刀块工作面到定位面的尺寸计算。表 7-54 所示的为对刀块工作面至定位表面的制造公差。

表 7-53 对刀块工作面到定位面间的位置尺寸计算

加工简图	夹具简图	计算公式
		$H' = H - \delta$
		$H' = H - \frac{D}{2} - \delta$
		$H' = \frac{D}{2} - H - \delta$
		$H' = (l' + B)\sin\alpha + \frac{D}{2}\cos\alpha - \delta$

注： H' 尺寸公差可取相应工件尺寸的 $1/5 \sim 1/3$ 。

表 7-54 对刀块工作面至定位表面的尺寸公差 (mm)



A, B ——对刀块工作面至定位表面的对刀尺寸
 C, D ——工件的加工尺寸
1——铣刀
2——夹具体
 δ ——塞尺厚度

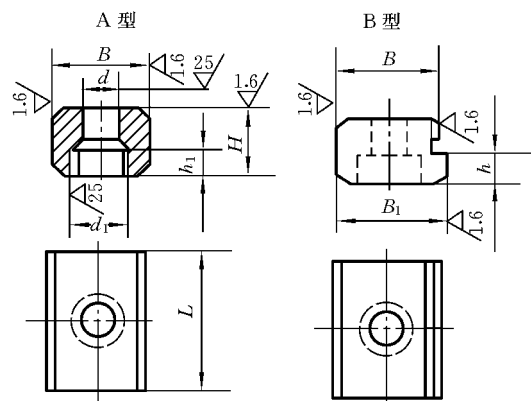
工件加工尺寸公差	对刀块到定位表面的尺寸公差	
	平行或垂直时	不平行或不垂直时
$\sim \pm 0.1$	± 0.02	± 0.015
$\pm 0.1 \sim \pm 0.25$	± 0.05	± 0.035
$> \pm 0.25$	± 0.10	± 0.08

注: 不平行、不垂直时应通过工艺孔标注尺寸公差。

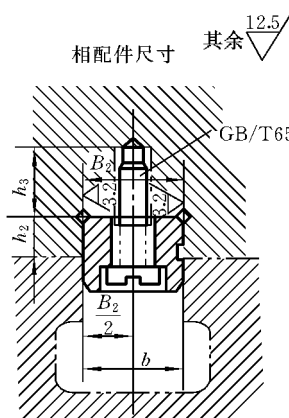
2) 定位键

定位键是用来确定夹具与机床工作台之间正确相对位置的元件。定位键应为两个, 分别用螺钉紧固在夹具底面的键槽中, 其下半部分的两侧面与铣床工作台的 T 形槽配合。定位键的尺寸如表 7-55 所示。在铣床夹具中, 对刀块工作表面和定位键的工作侧面与定位面的相互位置精度要求, 应根据被加工工件的相应要求来确定, 如表 7-56 所示。

表 7-55 定位键尺寸 (mm)



标记示例
 $B=28\text{mm}$, 公差带为 $h6$ 的 A 型定位键:
定位键 A28h6 JB/T8016—1995



技术要求
1. 材料 45
2. 热处理 40~45HRC

续表

B			B ₁	L	H	h	h ₁	d	d ₁	相 配 件																	
										T形槽 宽度	B ₂				h ₂	h ₃	螺钉 GB65										
											b	基本 尺寸	极限偏 差 H7	极限偏 差 Js6													
基本 尺寸	极限 偏差 h6	极限 偏差 h8																									
8	0	0	8	14	8	3	3.4	3.4	6	8	8	+0.015	±0.0045	4	8	M3×10											
10	−0.009	−0.022	10	16			4.6	4.5	8	10	10	0				M4×10											
12	0	0	12	20			5.7	5.5	10	12	12	+0.018			±0.0055	10	M5×12										
14			14	25	10	4	(16)	16	14	14	0																
16			16															18	18	18	18	18	18	18	18		
18	18	32	12									5	6.8	6.6		11	(20)									20	+0.021
20	20			20	20	20	20	20	20	20	20																
22	0			0	22	22	22	22	22	22	22				22			22	22	22	22	22	22				
24	−0.013	−0.033	24	40	14	6	9	9	15	(24)	24	0	7	15	M8×20												
28			28	16	7					28	28		8														

其中,① 尺寸 B₁ 留磨量 0.5mm,按机床 T 形槽宽度配作,公差带为 h6 或 h8。
② 括号内尺寸尽量不用。

表 7-56 对刀块工作面、定位键工作侧面与定位面的技术要求 (mm)

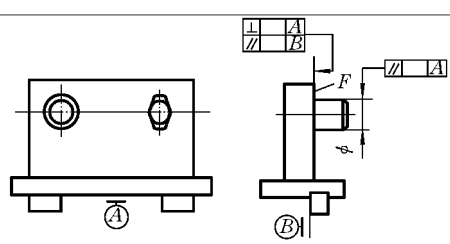
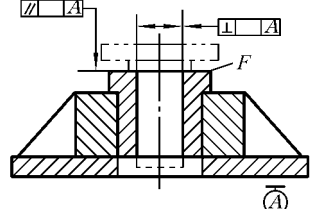
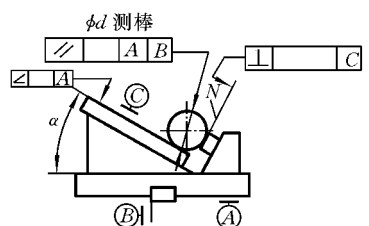
工件加工面对其定位基准的位置要求	对刀块工作面、定位键工作侧面与定位面的平行度或垂直度的公差
0.05~0.10	0.01~0.02
0.10~0.20	0.02~0.05
0.20 以上	0.05~0.10

3) 铣床夹具主要技术要求

- ① 定位表面对夹具安装基面的垂直度或平行度。
- ② 定位表面(导向面)或轴线对定位键工作面(或找正基面)的平行度或垂直度。
- ③ 定位表面的平面度或位置度。
- ④ 定位表面间的垂直度或平行度。
- ⑤ 对刀块工作表面到定位表面距离的制造公差。

表 7-57 列出了铣床夹具主要技术要求的示例。

表 7-57 典型铣床夹具技术要求示例

夹具简图	技术要求
	(1) 定位面 F 对底平面 A 的垂直度为 ... (2) 两定位销轴线所在平面对底平面 A 的平行度为 ... (3) 定位面 F 对两定位键基准面 B 的平行度为 ...
	(1) 定位面 F 对底平面 A 的平行度为 ... (2) 定位孔的轴线对底平面 A 的垂直度为 ...
	(1) 斜面 C 对底平面 A 的倾斜度为 ... (2) 斜面 N 对斜面 C 的垂直度为 ... (3) 测棒 ϕd 的轴线对底平面 A 、两定位键基准面 B 的平行度为 ...

7.3.4 夹具元件的常用材料及热处理

夹具元件常用材料及热处理要求如表 7-58 所示。

表 7-58 夹具元件常用材料及热处理要求

名称	推荐材料	热处理要求
定位元件	可调支承螺钉	$L > 50$ mm, 头部 40~45 HRC $L \leq 50$ mm, 全部 40~45 HRC
	定位心轴 $D \leq 35$ mm, T8A $D > 35$ mm, 45	55~60 HRC, 柄部 40~45 HRC 40~45 HRC
夹紧元件	斜楔	20 45 渗碳深 0.8~1.2 mm, 58~64 HRC 40~45 HRC
	压紧螺钉, 螺母	45 30~35 HRC
	摆动压块, 压板	45 35~40 HRC
	圆偏心轮	20 渗碳深 0.8~1.2 mm, 58~64 HRC

续表

名 称		推荐材料	热处理要求
其 他 专 用 元 件	对刀块	20	渗碳深 0.8~1.2 mm,58~64 HRC
	塞尺	T8	55~60 HRC
	钻套	内径≤26 mm,T10A	58~64 HRC
		内径>26 mm,20	渗碳深 0.8~1.2 mm,58~64 HRC
	衬套	内径≤26 mm,T10A	58~64 HRC
		内径>26 mm,20	渗碳深 0.8~1.2 mm,58~64 HRC
夹具体		HT150 或 HT200 Q195, Q215,Q235	时效处理 退火处理

注:其他定位元件如支承钉、支承板、定位销和 V 形块等材料见表 7-2~表 7-9。

7.4 机床联系尺寸

机床的规格是工艺人员编制加工工艺选用机床时必需的参数,它能反映出机床加工工件的尺寸范围及加工能力,其部分有关数据已在第 4 章列出。主轴及工作台联系尺寸是设计工装时所需的参数,它便于夹具在机床上正确地安放及连接装夹。表 7-59~表 7-62 所示的为设计夹具时需用的部分常用机床主轴及工作台尺寸。

表 7-59 车床联系尺寸 (mm)

车床型号	主轴尺寸简图
C616 C616A	

续表

车床型号	主轴尺寸简图
C336-1 C336 K-1	括号内为 C336K-1 型回轮式转塔车床主轴尺寸

注:CA6140 主轴尺寸见文献[10]第 7 章图 7-27。

表 7-60 常用台式、立式钻床工作台尺寸 (mm)

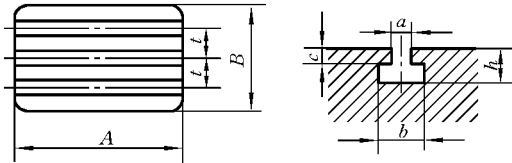
台式	型号	底面工作台尺寸(长×宽)					
	Z515	350×350					
立式							
	型 号	工作台尺寸 (A × B)	t	a	b	h	
	Z5125A	550×400	100	14	24	11	26
	Z5132A	550×400	100	14	24	11	26
	Z5140A	560×480	150	18	30	14	30

表 7-61 常用摇臂钻床工作台底座及 T 形槽尺寸 (mm)

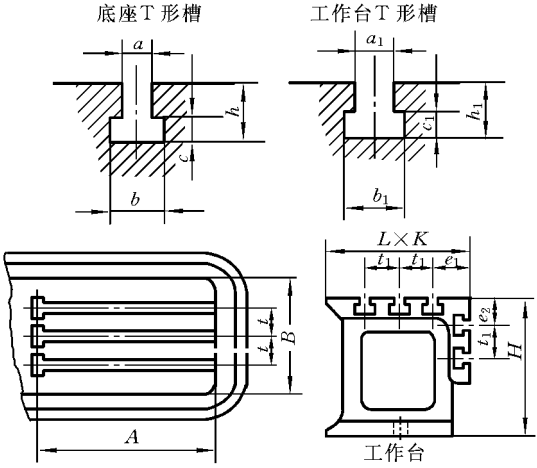
尺寸	机床型号			工作台形状
	Z3025 B×10	Z3132	Z3040 ×16	
底座 T 形槽数	3	2	3	
工作台上 面 T 形槽数	3	—	3	
工作台侧 面 T 形槽数	2	—	2	
A×B	1052× 654	650× 450	1590× 1000	
t	200	225	200	
a	22	14	28	
b	36	24	46	
c	16	11	20	
h	38	23	48	
L×K×H	450×	—	500×	
	450×		630×	
	450		500	
t ₁	150	—	150	
e ₁	75	—	100	
e ₂	75	—	100	
a ₁	18	—	22	
b ₁	30	—	36	
c ₁	14	—	16	
h ₁	32	—	43	

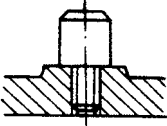
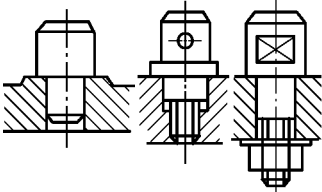
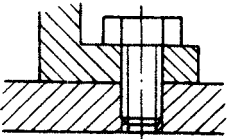
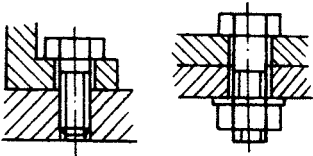
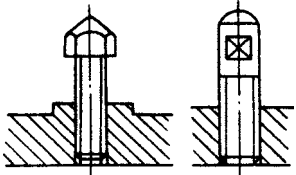
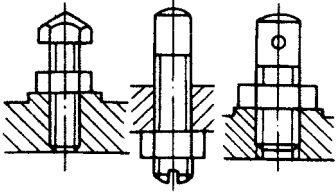
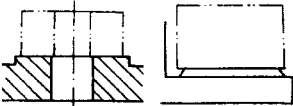
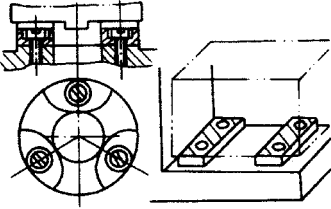
表 7-62 常用铣床工作台及 T 形槽规格 (mm)

规格		型 号					
		X6120	X6120A	X6132 XA6132	X5020A	X5025A	XA5032 X5032
工作台 面尺寸	宽	200	200	300	200	300	320
	长	500	900	1320	900	1150	1250 1320
工作台 T 形槽	槽数(条)	3	3	3	3	3	3
	槽 宽	14	14	18	14	18	18
	槽 距	65	45	80	45	70	70 80
工作台最大回转角度		±45°	±45°	±45°	—	—	—

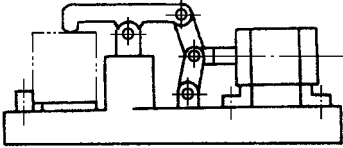
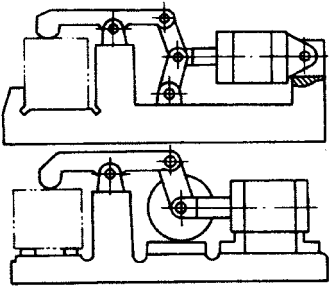
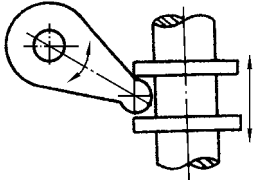
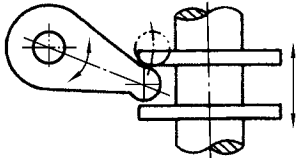
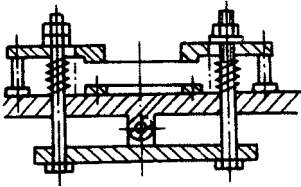
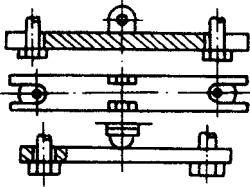
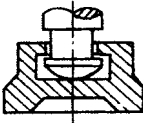
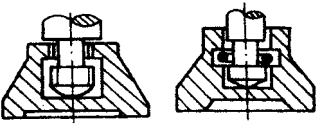
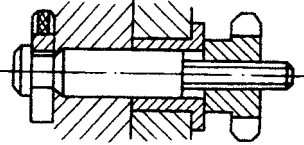
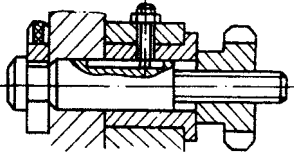
7.5 夹具设计中易出现的错误

夹具设计中易出现的错误示例如表 7-63 所示。

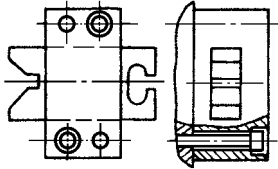
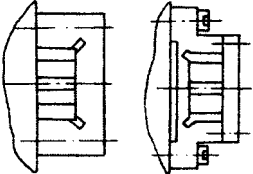
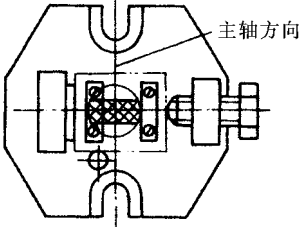
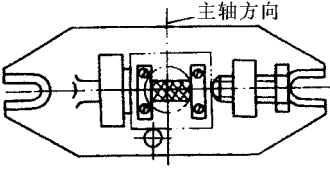
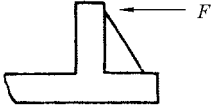
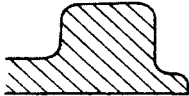
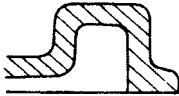
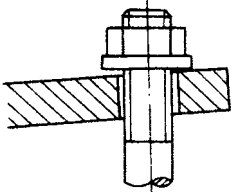
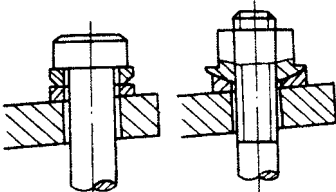
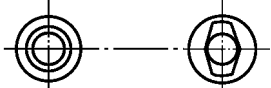
表 7-63 夹具设计中易出现的错误示例

项目	正 误 对 比		简要说明
	错误或不好的	正确或好的	
定位销在夹具体上的定位与连接			(1) 定位销本身位置误差太大, 因为螺纹不起定心作用 (2) 带螺纹的销应有旋紧用的扳手孔或扳手平面
螺纹连接			被连接件应为光孔。若两者都有螺纹, 将无法拧紧
可调支承			(1) 应有锁紧螺母 (2) 应有扳手孔(面)或一字槽(十字槽)
工件安放			工件最好不要直接与夹具体接触, 应加放支承板、支承垫圈等

续表

项目	正 误 对 比		简要说明
	错误或不好的	正确或好的	
机构自由度			夹紧机构运动时不得发生干涉,应验算其自由度 $F \neq 0$ 如左图: $F = 3 \times 4 - 2 \times 6 = 0$ 右上图: $F = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$ 右下图: $F = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$
考虑极限状态不卡死			摆动零件动作过程中不应卡死,应检查极限位置
联动机构的运动补偿			联动机构应操作灵活省力,不应发生干涉,可采用槽、长圆孔、高副等作为补偿环节
摆动压块			压杆应能装入,且当压杆上升时摆动压块不得脱落
可移动心轴			手轮转动时应保证心轴只移不转

续表

项目	正误对比		简要说明
	错误或不好的	正确或好的	
移动 V 形架			(1) V 形架移动副应便于制造、调整和维修 (2) 与夹具体之间应避免大平面接触
耳孔方向	 主轴方向	 主轴方向	耳孔方向(即机床工作台 T 形槽方向)应与夹具在机床上安放及刀具(机床主轴)之间协调一致,不应相互矛盾
加强肋的设置	 F	 F	加强肋应尽量放在使之承受压应力的方向
铸造结构			夹具体铸件应壁厚均匀
使用球面垫圈			螺杆与压板有可能倾斜受力时,应采用球面垫圈,免得螺纹产生附加弯曲应力而遭破坏
菱形销安装方向			菱形销长轴应处于两孔连心线垂直方向上

第8章 机床夹具设计示例

零件为东风-150型拖拉机变速箱Ⅱ—Ⅲ挡变速齿轮操纵拨叉(见第6章图6-1),材料为ZG310-570,年产量为5 000件。该零件工艺规程设计已在第6章中介绍,现要求设计第60道工序用的钻 $\phi H12$ 销孔的钻床夹具。

零件的加工要求为:孔径 $\phi H12(^{+0.12}_0)$ mm,表面粗糙度 R_a 为 $12.5\mu\text{m}$,孔的轴线在操纵槽对称面上,对孔 $\phi 15H8$ 轴线的位置度允差为 0.2mm 。

本工序的加工装备为:Z515钻床及此标准麻花钻。工件上拨叉头端面、 $\phi 15H8$ 孔、操纵槽、拨叉脚内侧面均已加工,达到设计图样要求,拨叉脚端面已粗加工。

未淬硬钢实心毛坯上钻孔的经济精度可达IT12,表面粗糙度 R_a 为 $12.5\mu\text{m}$,在钻夹具上加工时适当控制切削用量,可以保证孔的尺寸精度要求和表面粗糙度要求。因此,在本工序加工时,主要应考虑如何保证孔轴线与 $\phi 15H8$ 孔轴线的位置度要求。

8.1 定位方案及定位元件的选择和设计

1. 定位方案的选择

根据工序加工要求,工件在夹具中的定位有两种方案可供选择。

(1) 方案一

如表6-12所示,以 $\phi 15H8$ 孔为主要定位基准,限制4个自由度,以操纵槽为止推基准,限制1个自由度,以拨叉脚内侧面为防转基准,限制1个自由度,夹紧操纵槽。

(2) 方案二

如图8-1所示,以 $\phi 15H8$ 孔为主要定位基准,限制4个自由度,以 $\phi 15H8$ 孔端面为止推基准,限制1个自由度,以拨叉脚内侧面为防转基准,限制1个自由度,夹紧 $\phi 15H8$ 孔的另一端面。

方案一是按照基准重合原则确定的,不存在基准不重合误差,有利于保证加工精度,夹紧力可以抵消部分切削力,有利于提高夹紧刚性。缺点是,夹紧力较大时容易引起定位元件变形。

方案二是按照基准统一原则确定的,有利于夹具的设计制造,夹紧力方向指向定位元件刚性较大的方向。缺点是,不容易保证孔的轴线与操纵槽对称面重合,钻头进给的轴向力完全由定位元件承受,会引起定位元件变形。

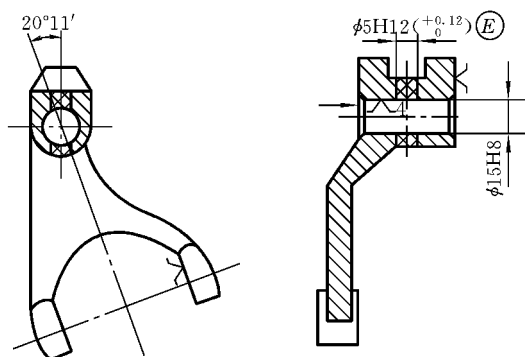


图8-1 定位方案选择

本工序加工的 $\phi 5H12$ 孔是穿过 $\phi 15H8$ 孔的通孔,在定位销上必须开一个直径大于 $\phi 5\text{mm}$ 的径向孔,以便加工时钻头通过定位销,而定位销的直径仅为 $\phi 15\text{mm}$,开孔后定位销轴向的强度较小,定位销不宜承受较大夹紧力。另外,钻孔加工的切削力主要是钻头进给的轴向力和钻削转矩,沿工件轴向几乎没有切削力,所需要的夹紧力不大。综合考虑两个方案的优缺点,及本工序加工的具体情况,决定采用方案一。

2. 定位元件设计

根据定位方案一,设计定位元件的结构如图8-2所示。 $\phi 15H8$ 孔采用圆柱心轴定位,操纵槽采用圆偏心轮式的定位夹紧装置,拨叉脚内侧面采用圆柱挡销定位。根据表7-43所示选择配合,圆柱心轴的直径及公差为 $\phi 15f7(-0.016/0.034)\text{mm}$ 。

3. 定位误差计算

圆柱心轴与工件 $\phi 15H8(+0.027/0)\text{mm}$ 孔的配合为 $\phi 15H8/f7$,影响位置度的定位误差为

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B$$

根据基准分析, $\Delta_B = 0$ 。利用上述定位方案,根据表7-12所示定位简图(3)可得

$$\Delta_D = \frac{\delta_D}{2} + \frac{\delta_d}{2} = \left(\frac{0.027}{2} + \frac{0.018}{2} \right) \text{mm} = 0.0225 \text{mm}$$

此值小于工件相应位置度公差的三分之一,即

$$\Delta_D = 0.0225 \text{mm} < (0.2/3) \text{mm} = 0.067 \text{mm}$$

偏心轮两侧面紧贴在操纵槽两内侧面实施定位夹紧,偏心轮具有定心作用。由于其定位基准是操纵槽的对称面,故 $\Delta_B = 0$,且基准位移误差 $\Delta_Y = 0$ 。采用该定位方式,本道工序的工序尺寸之一的操纵槽对称面到侧面距离 12mm 的制造误差不影响 $\phi 5H12$ 孔的位置度。

拨叉脚内侧面距离 $50H12$ 的误差(0.25mm),会对 $\phi 5H12$ 孔的位置度产生影

响(见图6-1)。该误差造成 $\phi 5H12$ 孔与拨叉对称面之间夹角 $20^{\circ}11'$ 的误差的大小为 $(0.5 \times 0.25)/72.5 \text{ rad}$,零件中 $\phi 15H8$ 孔中心线距操纵槽底部距离尺寸为12mm,故对 $\phi 5H12$ 孔的位置度的影响为 $[(0.5 \times 0.25)/72.5] \text{ rad} \times 12 = 0.021 \text{ mm}$ 。所以定位方案能满足加工要求。

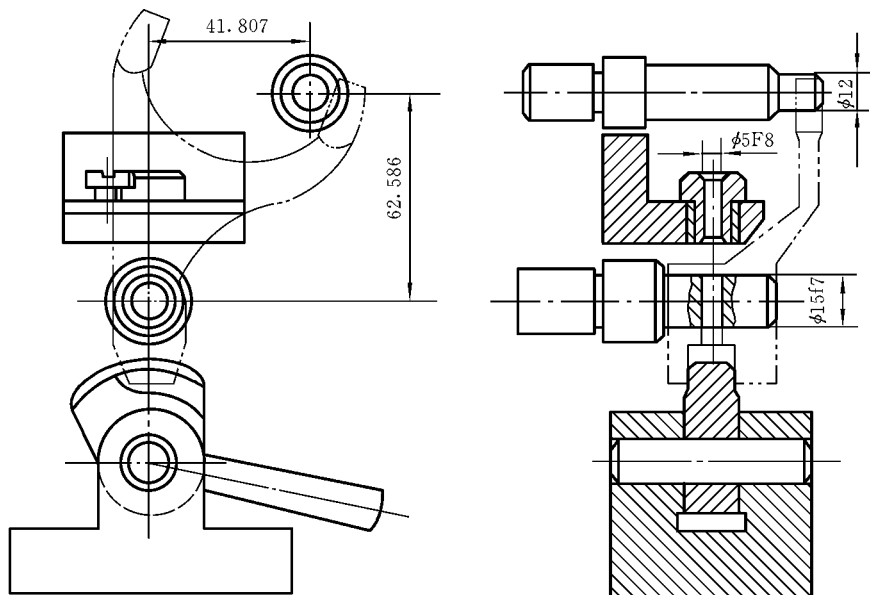


图8-2 夹具定位元件、引导元件和夹紧装置结构方案

8.2 导向方案及导向元件的选择和设计

1. 导向方案

选择导向方案如图8-2所示。由于零件的生产类型为大批生产,考虑到钻套磨损后可以更换,所以选择标准结构的可换钻套。钻套至工件表面的距离按 $(1 \sim 1.5)d = 5 \sim 7.5 \text{ mm}$ 选取。考虑本加工工序加工时钻头较细,为防止切屑将钻头别断,应有足够的排屑空间,故钻套至工件表面的距离取6mm。

2. 导向元件设计

衬套与钻模板的配合选H7/n6,钻套与衬套的配合选F7/m6。因此,根据表7-32确定可换钻套为 $5F7 \times 10m6 \times 20$ JB/T8045.2—1995。根据表7-35确定可换衬套为A10 $\times 20$ JB/8045.4—1995。

3. 导向误差计算

由于工件以夹具上的 $\phi 15f7$ 圆柱面等为限位基面,工件上 $\phi 15H8$ 孔端面并未用来定位,故表 7-39 计算精度公式中的 L 、 F 、 δ_L' 均不存在,若以 Δ_T 代表导向误差,则公式成为

$$\Delta_T = K \frac{d_3 - d_2}{2} + K \frac{d - d_1}{2} + me + P(d - d_1) \frac{h + b}{l}$$

式中: d ——钻套内孔最大直径,由 $\phi 5F7$ 知, $d=5.022$ mm;

d_1 ——钻头最小直径,按 GB/T613 5.2—1996,钻头直径公差为 h8,故 $d_1=4.982$ mm;

d_2 ——可换钻套外径的最小尺寸,由表 7-32 知, $d_2=10.006$ mm;

d_3 ——固定衬套内孔的最大直径,由表 7-35 知, $d_3=10.028$ mm;

e ——可换钻套内外径轴线的偏心量, $e=0.004$ mm(按同轴度公差 $\phi 0.008$ mm算得);

$l=28$ mm; $h=6$ mm; $b=23$ mm;由表 7-39 中查得 $K=0.5$, $m=0.4$, $P=0.35$ 。

将各参数代入上式得

$$\Delta_T = 0.0316 \text{ mm} < \frac{1}{3} \times 0.2 \text{ mm} = 0.067 \text{ mm (能满足位置度要求)}$$

8.3 夹紧装置设计

夹紧装置如图 8-2 所示,偏心轮兼有定心和夹紧的作用,能保证槽面与偏心轮接触良好,定位误差小,而且结构简单,操作方便。

8.4 设计夹具体、绘制夹具草图

在上述定位、引导、夹紧方案的基础上,设计夹具体,将各个部分连接成整体,并绘出夹具草图。

8.5 绘制夹具装配图

夹具装配图如图 8-3 所示。

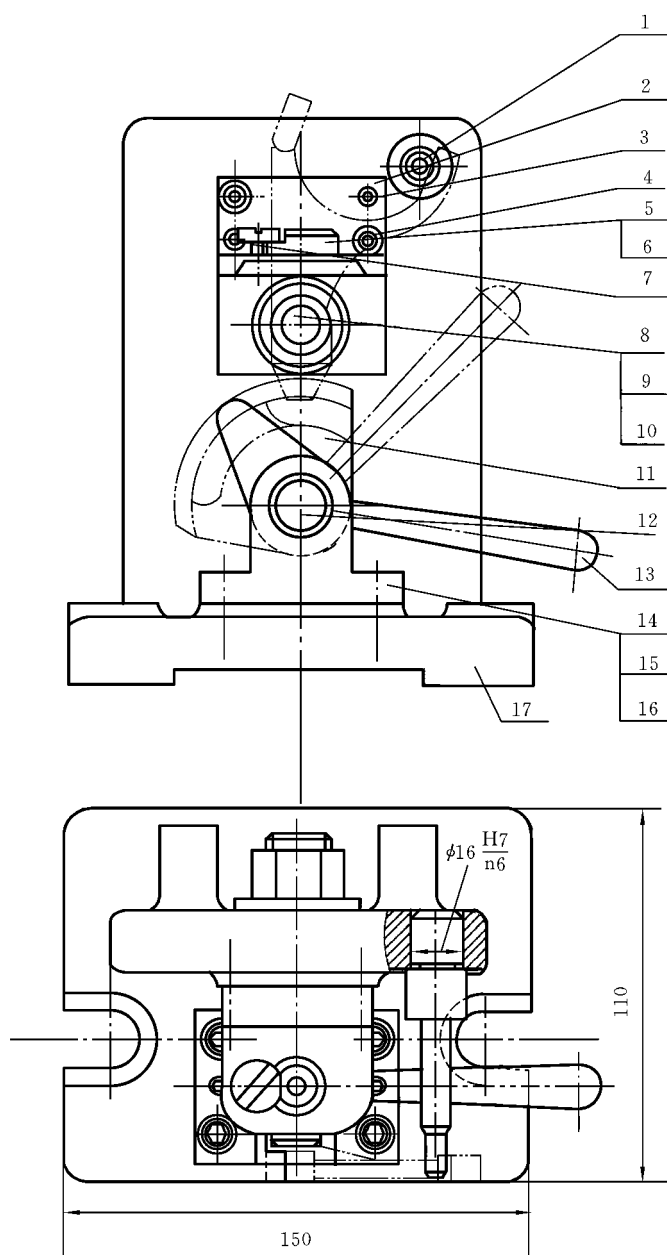
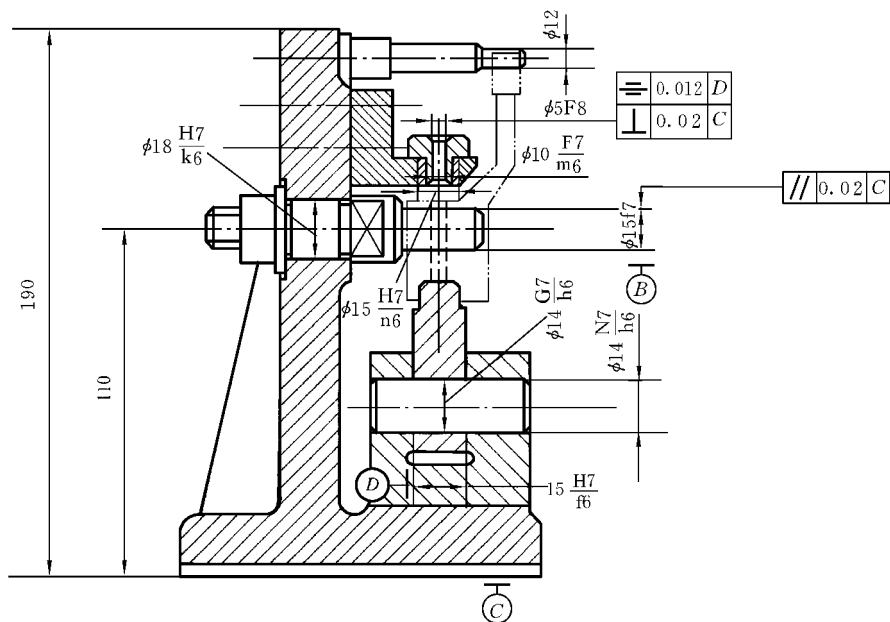


图 8-3 钻 $\phi 5H12$ 孔夹具

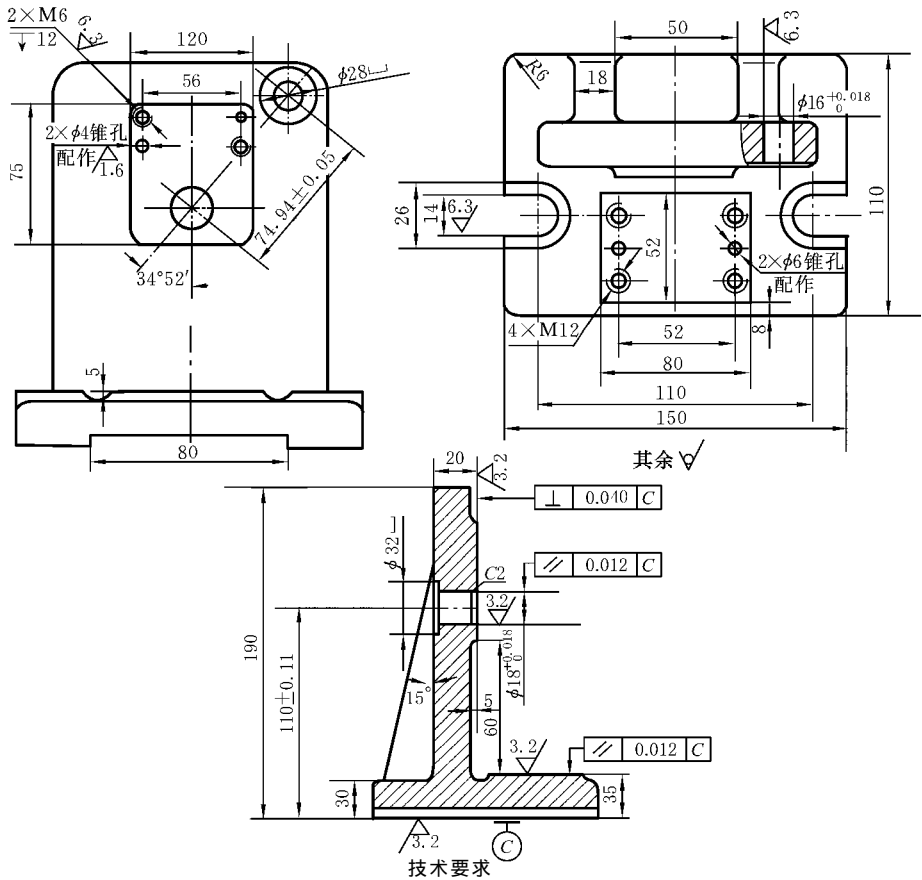


17	J31.001.1	夹具体	1	HT250	
16	GB70—1985	螺钉 M12×35	4		
15	GB117—1986	圆锥销 A6×35	2		
14	J31.001.6	销轴座	1	45	40~45HRC
13	J31.001.8	手柄	1	45	40~45HRC
12	J31.001.7	销轴	1	45	40~45HRC
11	J31.001.5	偏心轮	1	20 钢渗碳	60~64HRC
10	GB6170—1986	螺母 M16	1		
9	GB97.1—1985	垫圈 16—140HV	1		
8	J31.001.2	心轴	1	T8A	50~55HRC
7	GB/T 2268—1991	螺钉 M5×6	1		
6	GB/T 2263—1991	衬套 A10×15	1		
5	GB/T 2264—1991	钻套 5F7×10m6×20	1		
4	GB70—1985	螺钉 M6×25	2		
3	GB117—1986	圆锥销 A4×36	2		
2	J31.001.4	钻模板	1	35	30~35HRC
1	J31.001.3	挡销	1	45	40~45HRC
序号	代号	名称	数量	材料	备注
钻 φ5H12 孔夹具		比例		图号	J31.001.0
		数量		材料	
设计		钻床夹具设计		校名 班级 学号	
绘图					
审阅					

续图 8-3

8.6 绘制夹具零件图

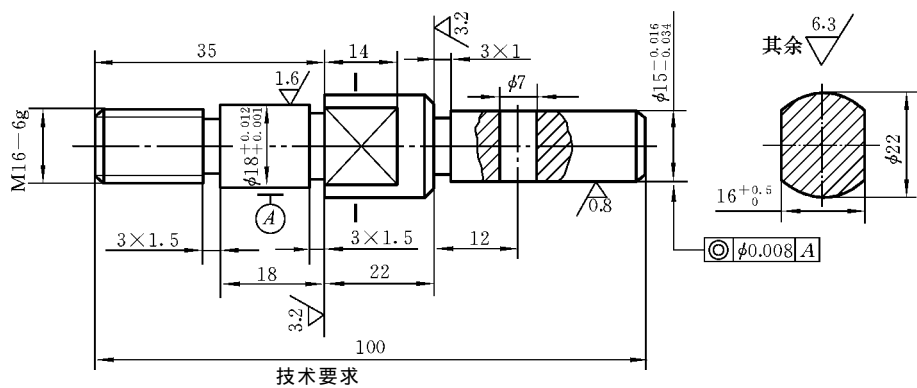
按照夹具装配图,绘制所有非标准零件的零件图,此处给出夹具体及心轴这两个主要零件的零件图,分别如图 8-4 及图 8-5 所示。



1. 铸件不应有裂纹、砂眼、气孔等铸造缺陷
2. 时效处理
3. 不加工表面清砂洗净,涂铁红环氧底漆
4. 未注圆角 $R3\sim R5$
5. 去毛刺锐边

夹具体			比例		图号	J31.001.1
设计			数量	1	材料	HT250
绘图			夹具设计		校名 班级 学号	
审阅						

图 8-4 夹具体



- 技术要求
1. 热处理 50~55HRC(螺纹部分不淬火)
 2. 未注倒角 C2

心 轴			比例		图号	J31.001.2
			数量	1	材料	T8A
设计			夹具设计		校名	
绘图					班级	
审阅					学号	

图 8-5 心轴零件图

8.7 撰写夹具设计说明书

略。

附录一 工艺文件格式及填写规则

一、机械加工工艺过程卡片格式及填写规则

机械加工工艺过程卡片的填写规则及格式如附表 1 和附表 2 所示。

附表 1 机械加工工艺过程卡片的填写

空 格 号	填 写 内 容
(1)	材料牌号按设计图样要求填写
(2)	毛坯种类填写铸件、锻件、钢条、板钢等
(3)	进入加工前的毛坯外形尺寸
(4)	每个毛坯可加工同一零件的数量
(5)	每台件数按设计图样要求填写
(6)	备注可根据需要填写
(7)	工序号
(8)	各工序名称
(9)	各工序和工步、加工内容和主要技术要求 工序中的外协工序也要填写,但只写工序名称和主要技术要求,如热处理的硬度和变形要求,电镀层的厚度等。设计图样标有配做、配钻,或根据工艺需要装配而配做、配钻的,应在配做前的最后工序另起一行注明,如: ××孔与××件装配时配钻,××部位与××件装配后加工等
(10)、(11)	分别填写加工车间和工段的代号或简称
(12)	填写设备的型号或名称,必要时还要填写设备编号
(13)	填写编号(专用的)或规格、精度、名称(标准的)

二、机械加工工序卡片格式及填写规则

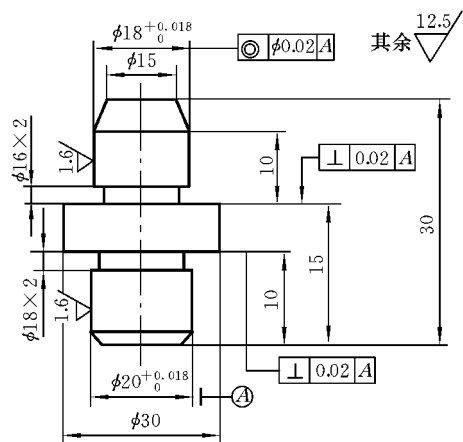
机械加工工序卡片格式及填写规则如附表 3 和附表 4 所示。

附表 4 机械加工工序卡片的填写

空 格 号	填 写 内 容
(1)	执行该工序的车间名称或代号
(2)~(8)	按表 1-28 中的相应项目填写
(9)~(11)	填写该工序所用设备的型号、名称,必要时填写设备编号
(12)	在机床上同时加工的件数
(13)、(14)	该工序需使用的各种夹具名称和编号
(15)	机床所用切削液的名称和牌号
(18)	工步号
(19)	各工步的名称、加工内容和主要技术要求
(20)	各工步所需用的辅具、模具、刀具、量具,专用的填写编号,标准的填写规格、精度、名称
(21)~(25)	加工规范,一般工序可不填,重要工序可根据需要填写

附录二 机械制造技术课程设计题目选编

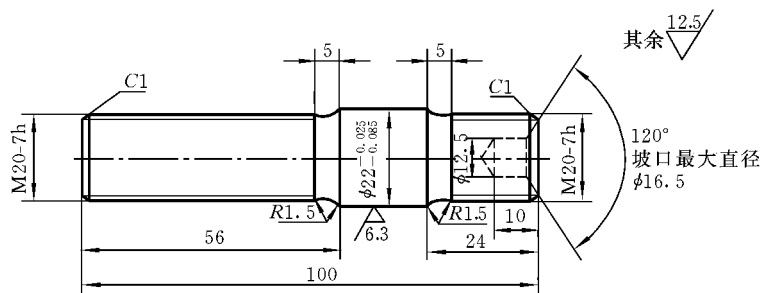
一、轴类零件



技术要求

- 1. 尖角倒钝
- 2. 防锈处理
- 3. 热处理 55~60HRC
- 4. 材料 T10A

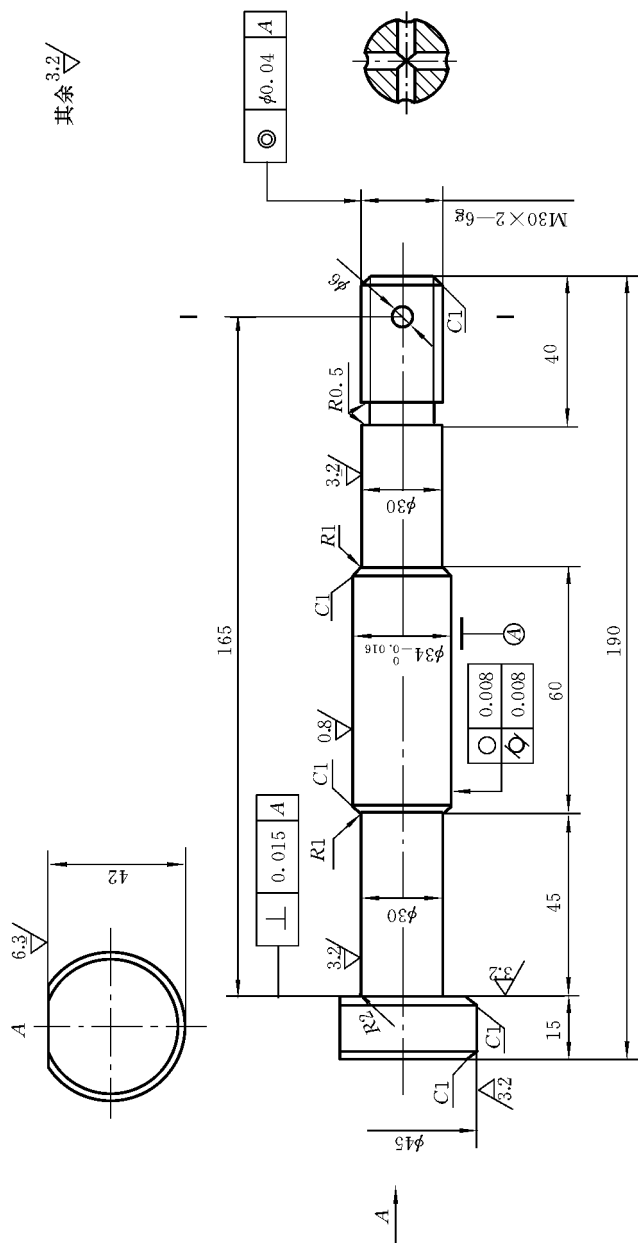
附图 1 定位销轴



技术要求

- 1. 尖角倒钝
- 2. 调质处理 28~32HRC
- 3. 发蓝处理
- 4. 材料 45

附图 2 阀螺栓



技术要求

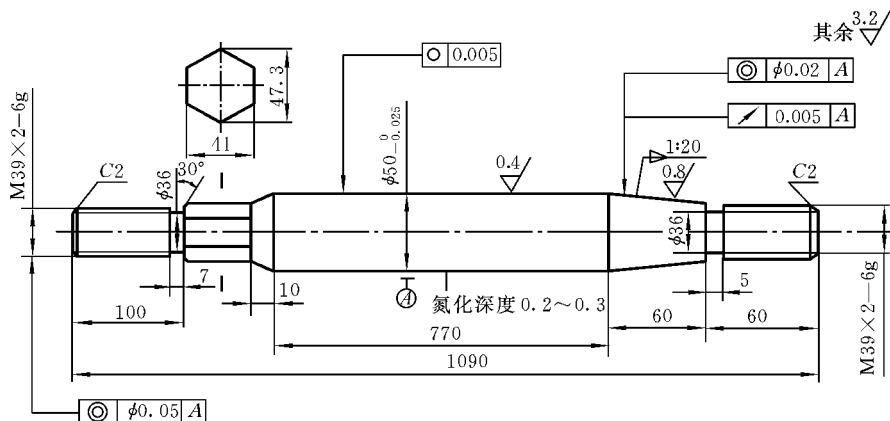
1. 调质处理 28~32HRC
2. 磁粉探伤, 无裂纹, 夹渣等缺陷
3. $\phi 34_{-0.016}^{+0}$ mm 圆度、圆柱度公差为 0.008 mm
4. 材料 40Cr

附图3 连杆螺钉



1. 调质处理 28~32HRC
2. 尖角倒钝
3. 材料 45

附图 4 调整偏心轴



技术要求

1. 1:20 锥度接触面积不少于 80%
2. $\phi 50_{-0.025}^0$ mm 部分氮化层深度为 0.2~0.3 mm, 硬度为 62~65 HRC
3. 材料 38CrMoAlA

附图 5 活塞杆



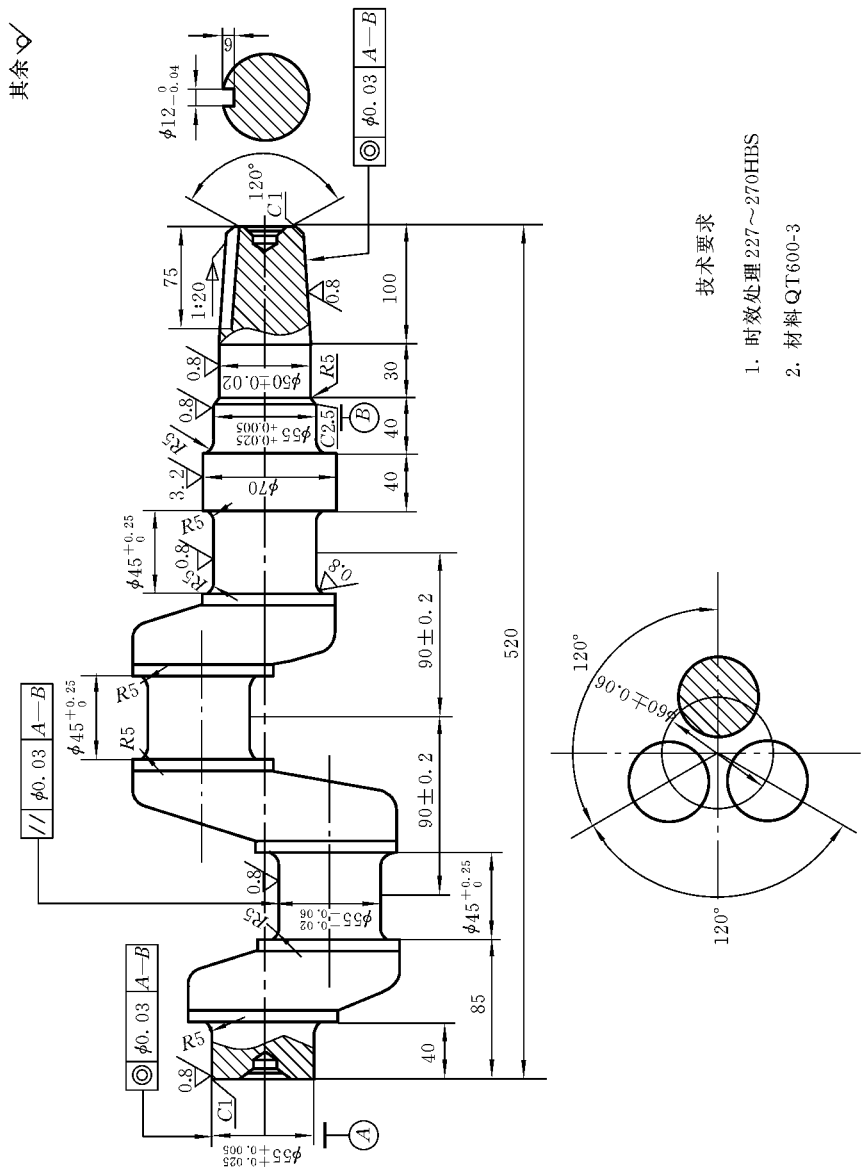
1. 不同两点间硬度差值不超过三个数值
2. 探伤检查不得有裂纹、夹渣等缺陷
3. 尖角倒圆 $R0.5$ 或 $C0.5$
4. 两端不允许留中心孔
5. 热处理 $58\sim 62\text{HRC}$
6. 材料 GCr15

附图 6 柱塞

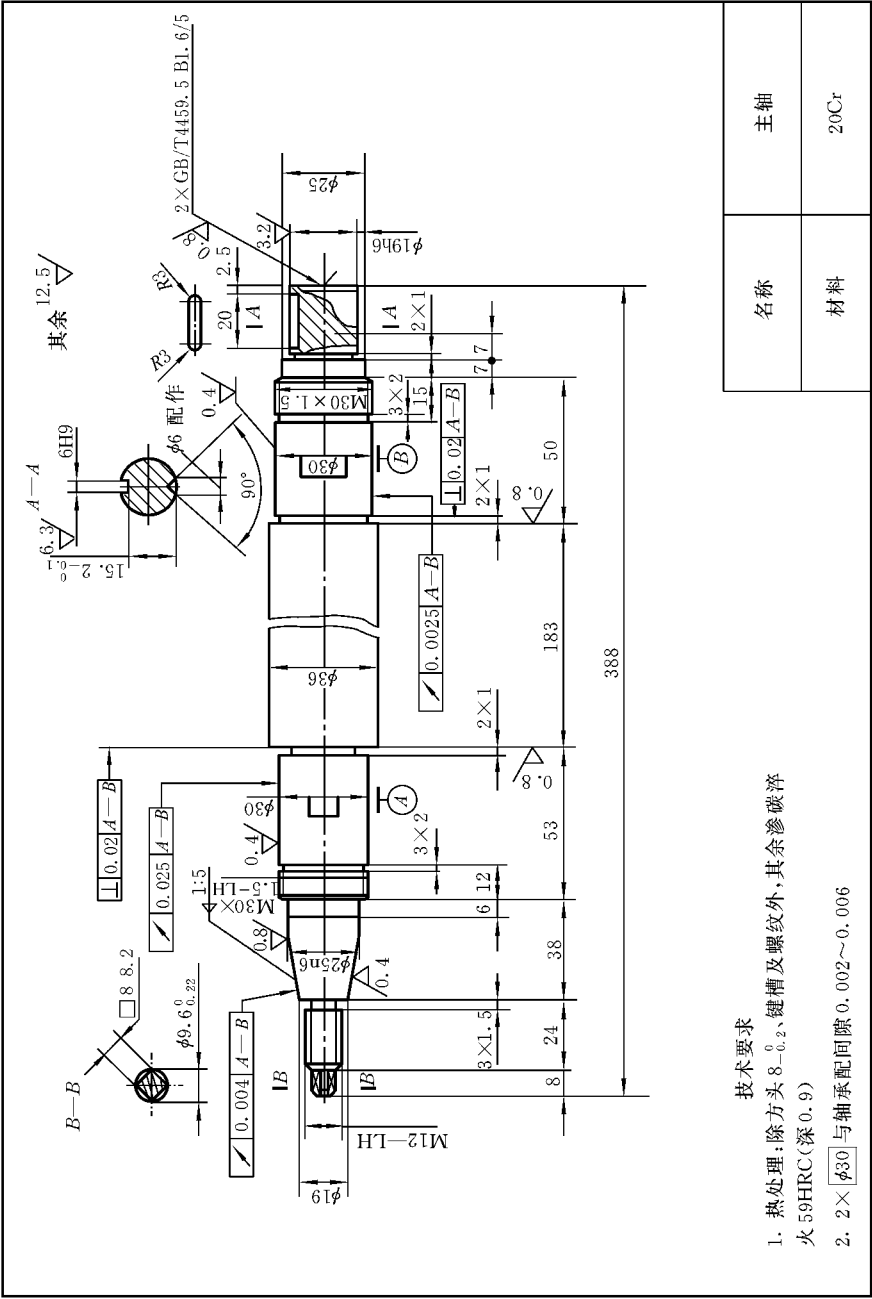


- | | |
|------------------|----------|
| 1. 未注圓角 $R1$ | 3. 保留中心孔 |
| 2. 調質處理 28~32HRC | 4. 材料 45 |

附图 7 输出轴

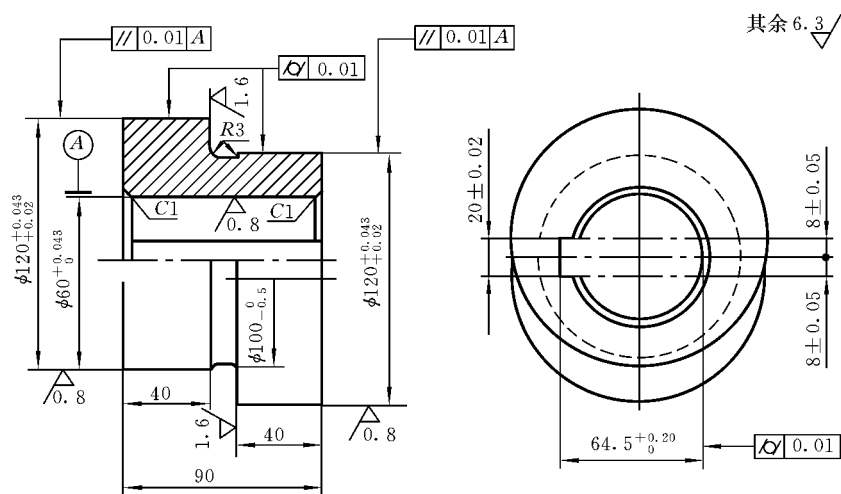


附图 9 三拐曲轴



附图 11 主轴

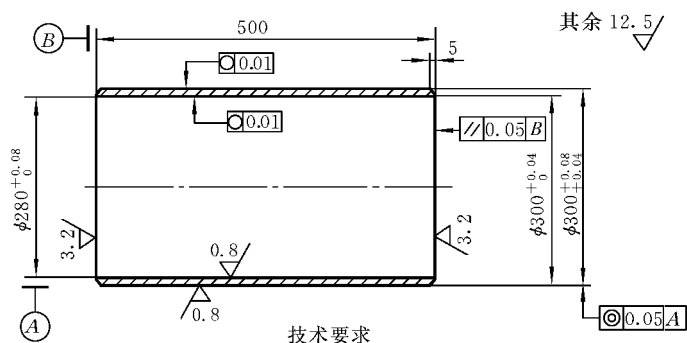
二、套类零件



技术要求

1. 未注倒角 $C 0.5$
2. 热处理 58~64HRC
3. 材料 GCr15

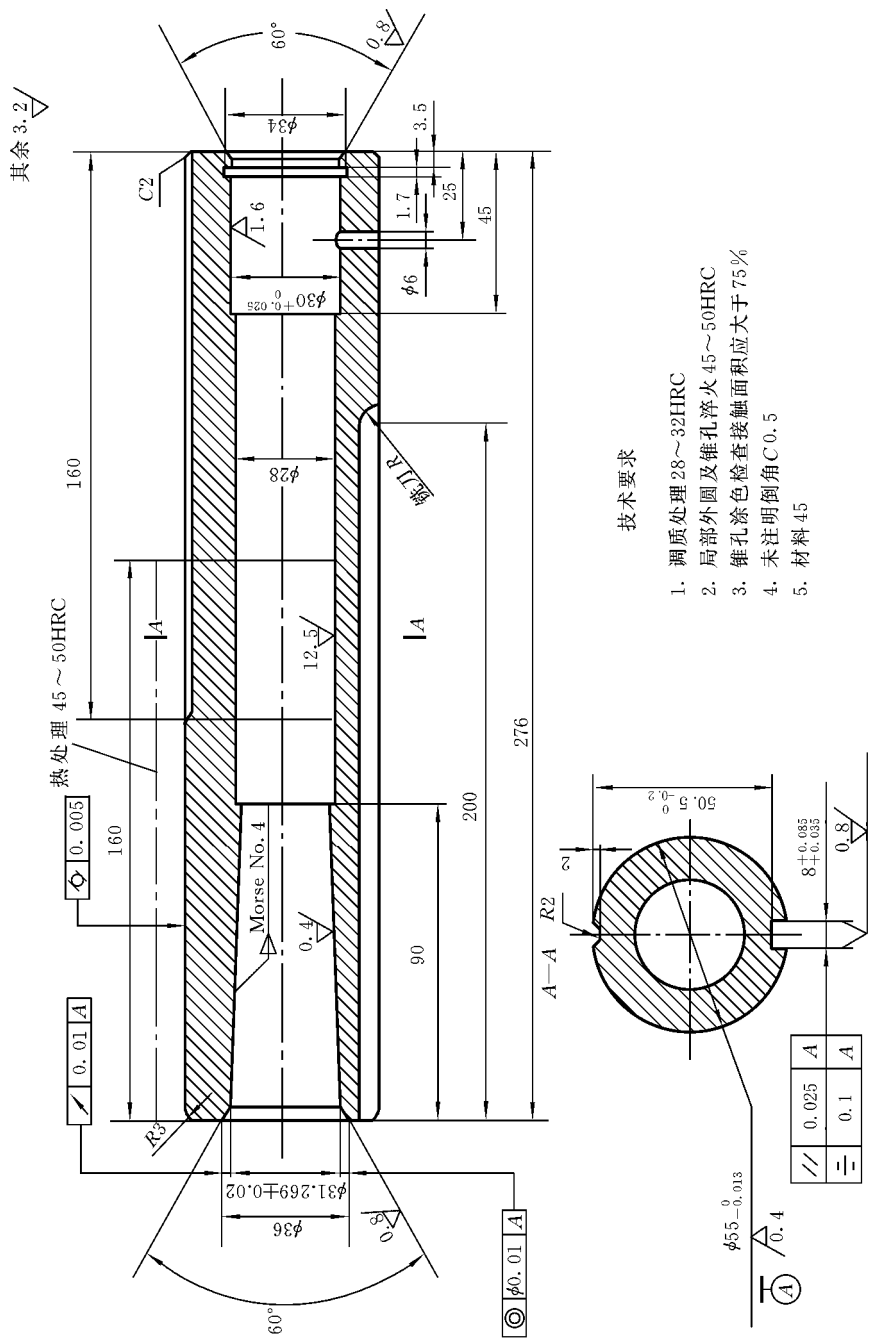
附图 13 偏心套



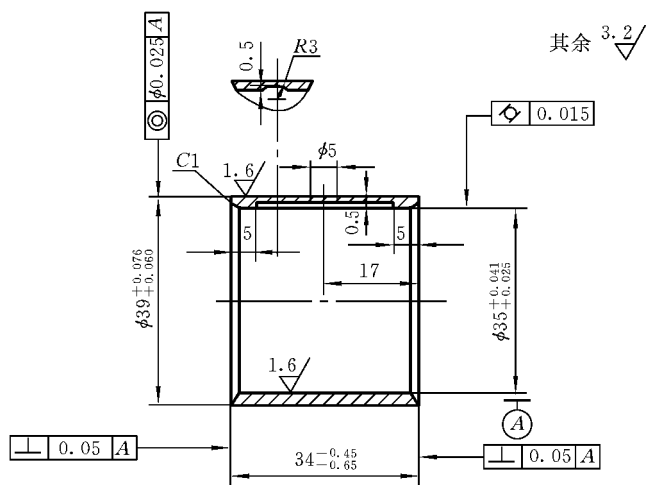
技术要求

1. 正火 190~207HBS
2. 未注倒角 $C 1$
3. 材料 QT600-3

附图 14 缸套



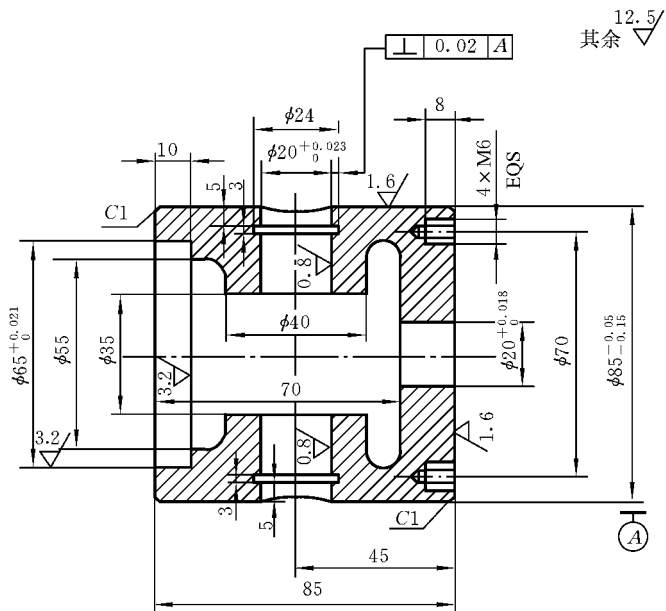
附图 19 车床尾座套筒



技术要求

1. 未注圆角为 $R0.5$
2. 材料 ZCuSn10Zn2

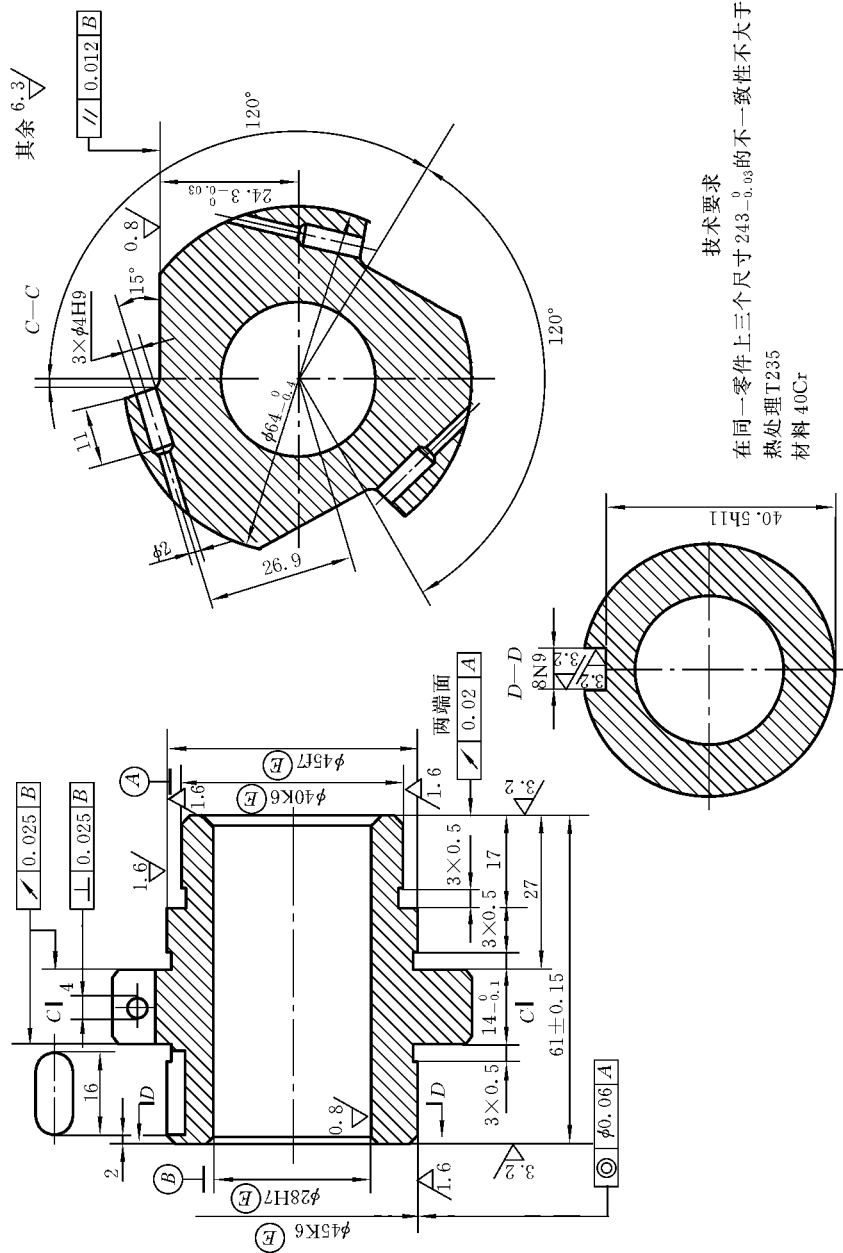
附图 20 铜套



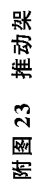
技术要求

1. 未注倒角 C1
2. 铸造圆角 $R5$
3. 铸件时效处理
4. 材料 HT200

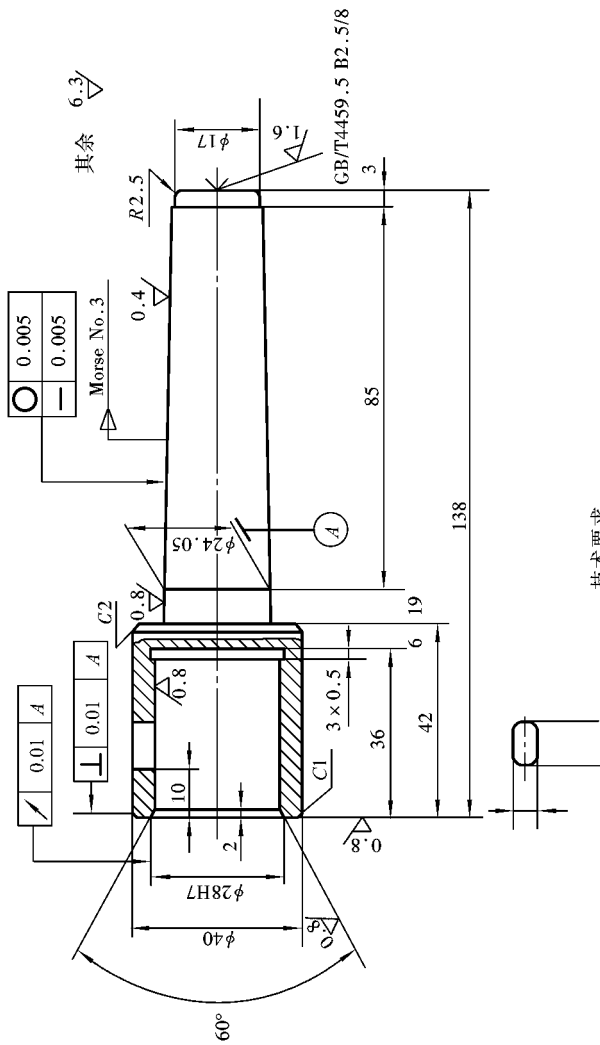
附图 21 十字头



附圖 22 星輪



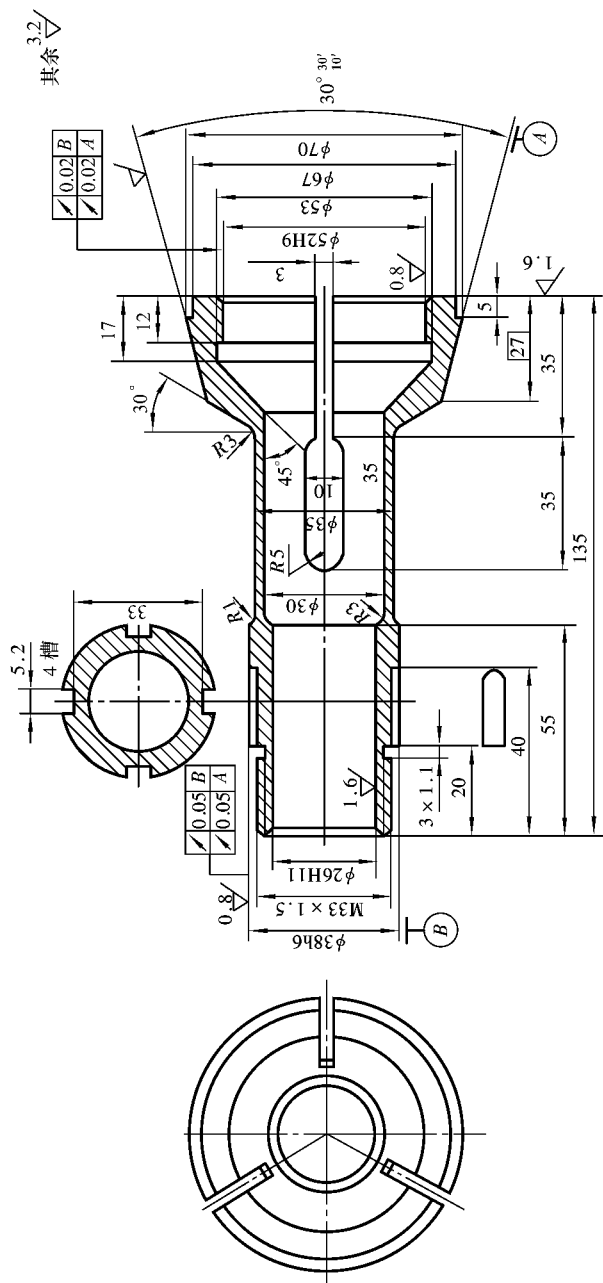
附图 23 推动架



技术要求

1. 热处理调直 250HBW, 淬火 52HRC
2. 莫氏 3 号锥度用涂色法检查, 接触面 $\geq 75\%$
3. 材料 45

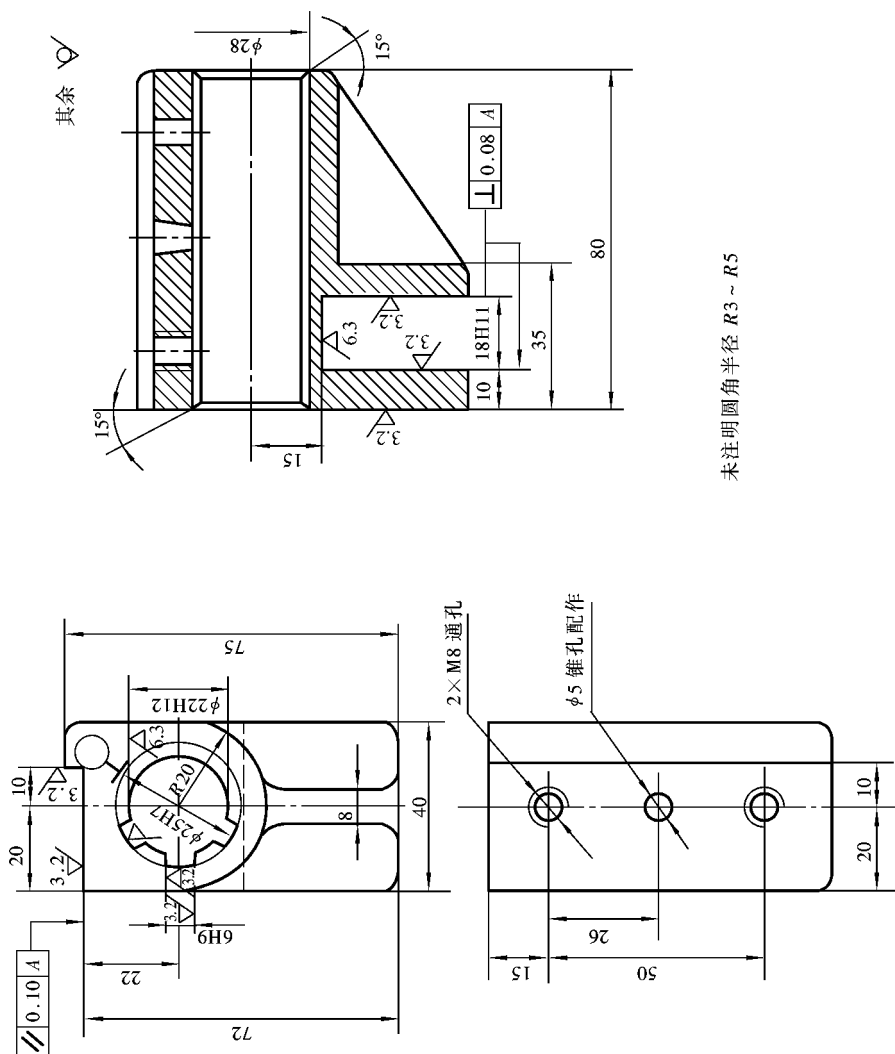
附图 24 铰刀套简体



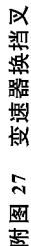
技术要求

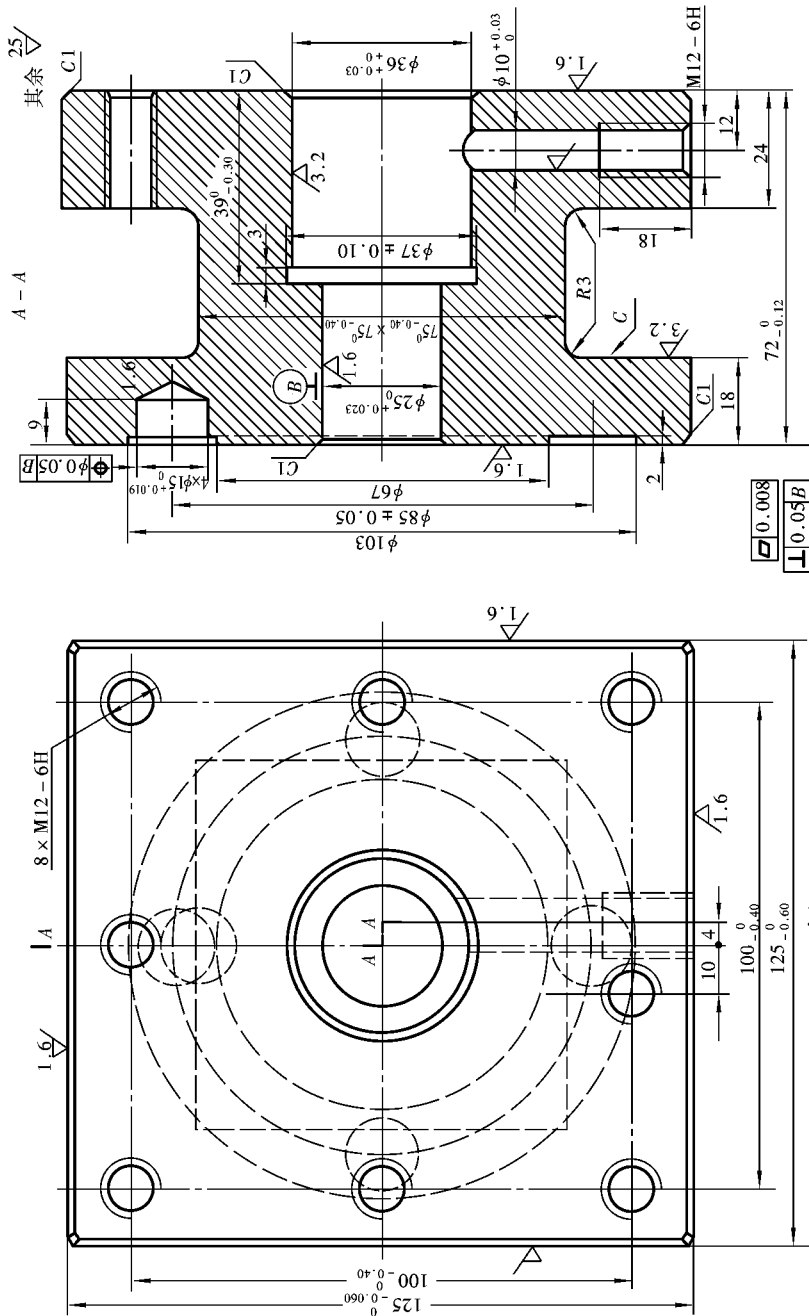
1. [27]处淬火 50HRC, 其余 43HRC
2. 锐角修钝
3. 材料 65Mn

附图 25 弹簧夹头



附图 26 CA6140 车床拨叉





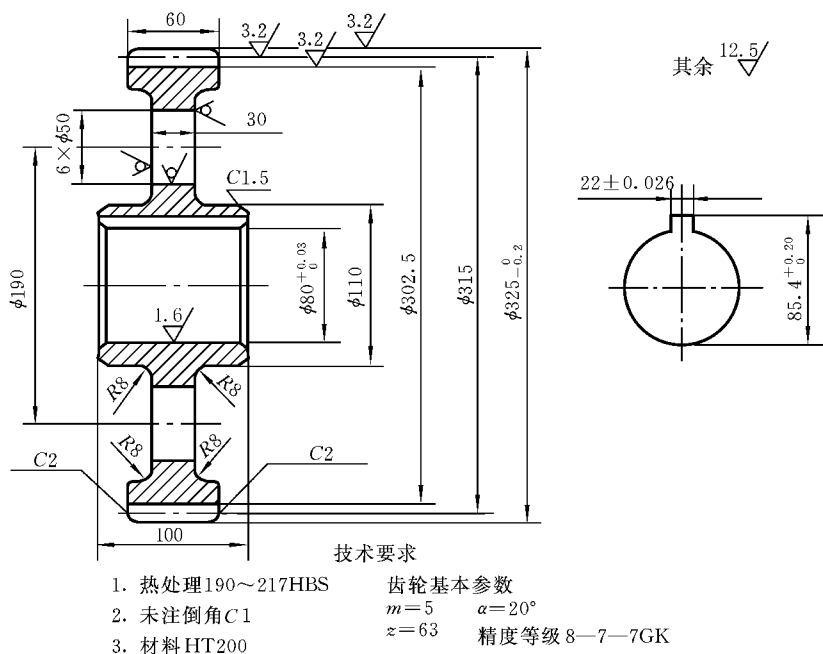
技术要求

1. C面淬火硬度 40~45HRC 2. 未注倒角 C1

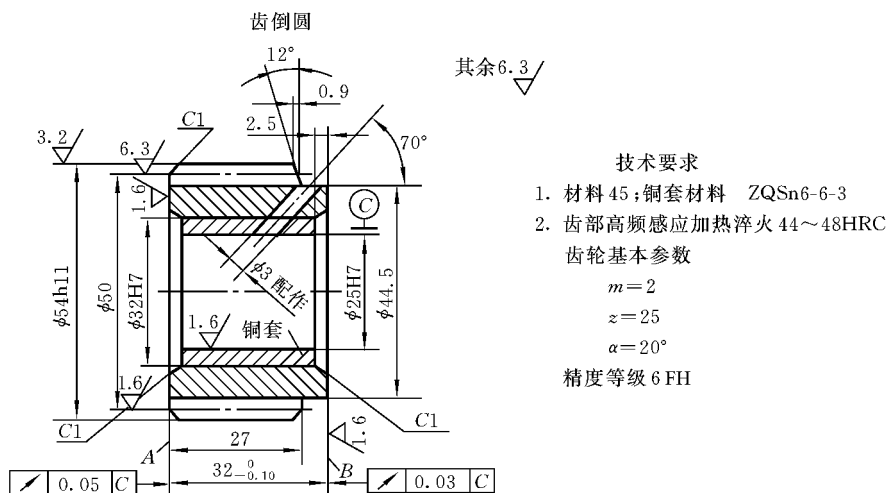
3. 材料 45

附图 28 方刀架

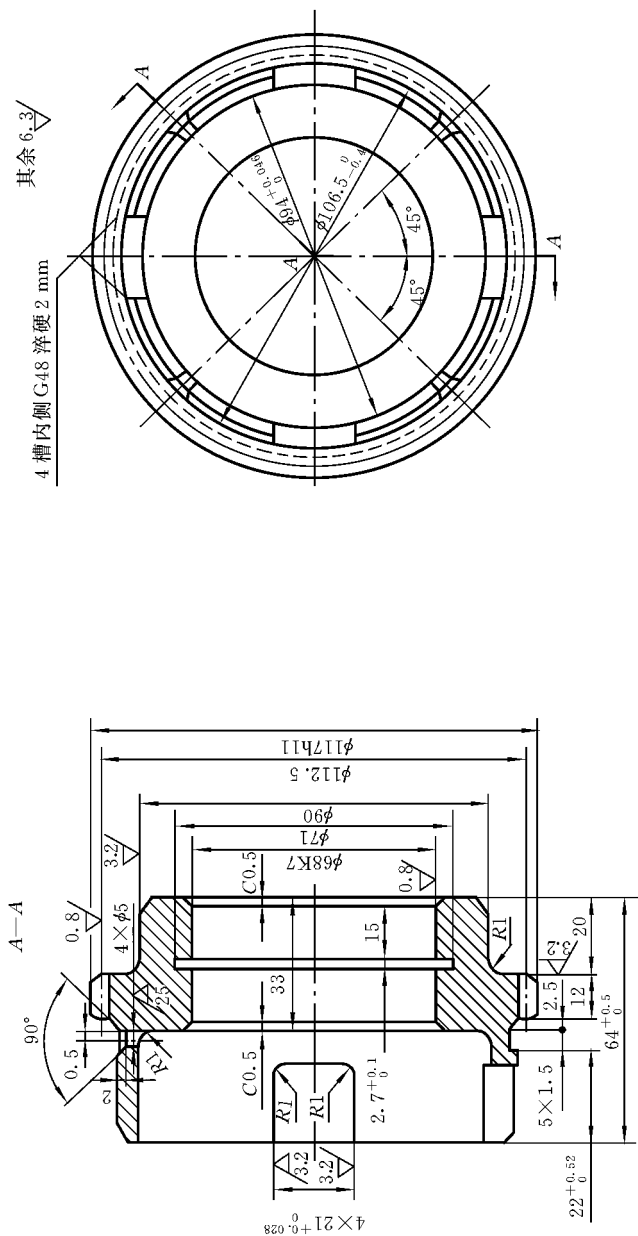
三、齿轮、花键、丝杠类零件



附图 29 圆柱齿轮



附图 30 机床主轴箱齿轮



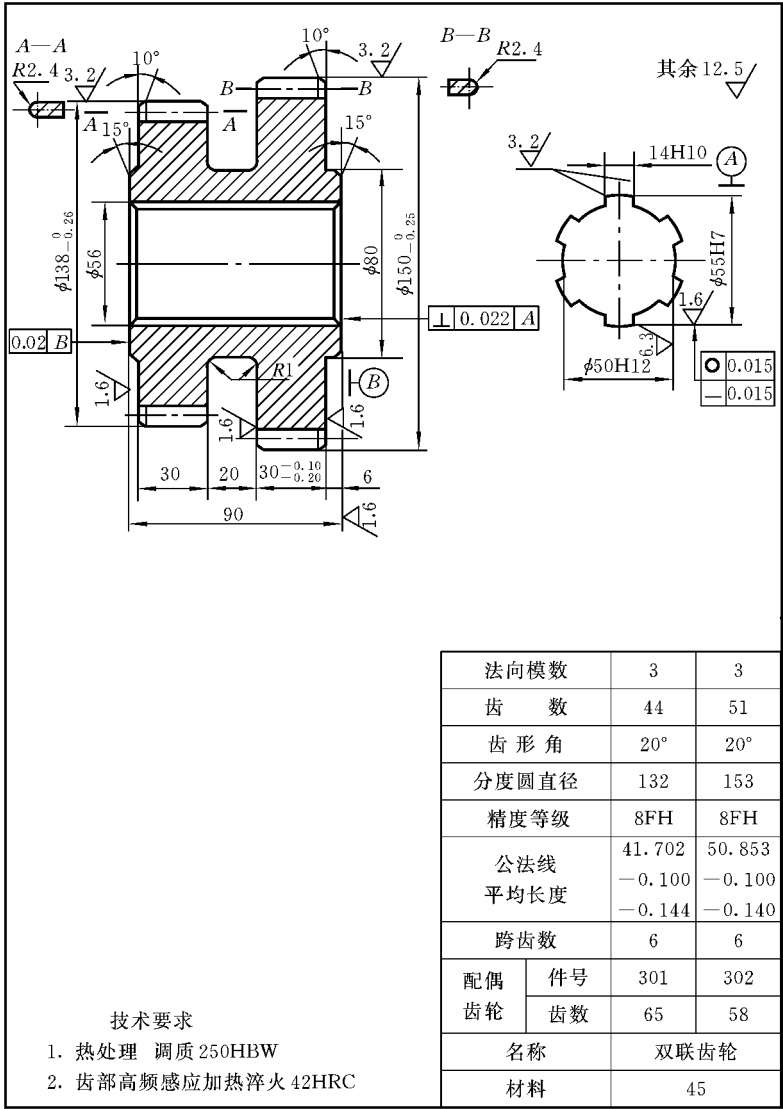
附图31 CA 6140 车床主轴

齿轮基本参数

 $m=2.2$
$$z=50$$

技术要求

1. 其余倒角 $C4$
2. 材料 45
3. 精度 7—6FL JB179—1983
4. 热处理 齿轮 G52



附图 33 双联齿轮

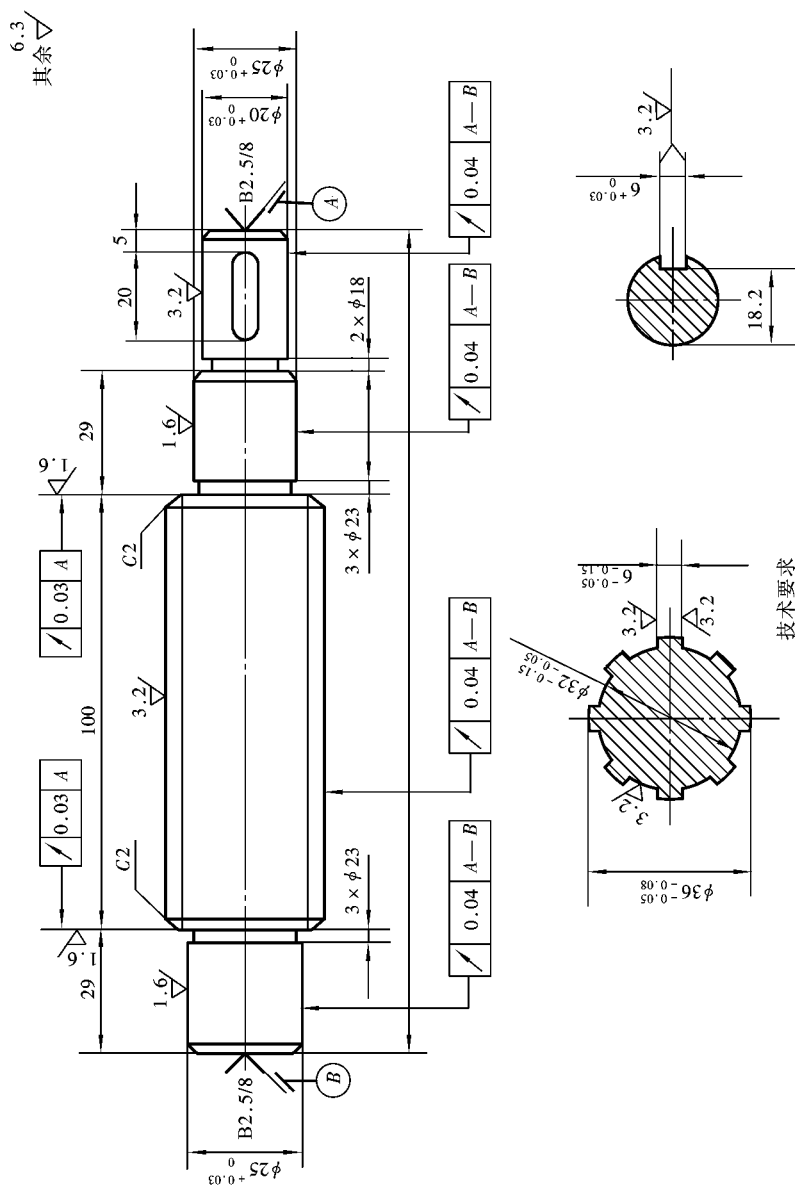


1. 热处理 28~32HRC
2. 未注明倒角 $1 \times 45^\circ$
3. 材料 45

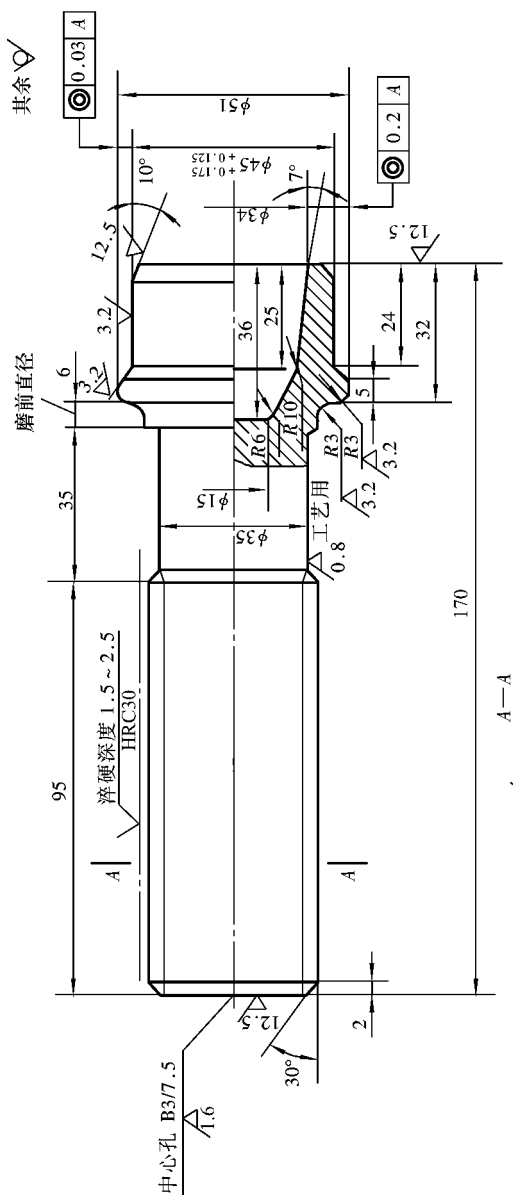
齿轮基本参数

$m=2.5$ $\alpha=20^\circ$
 $z=34$ 精度等级 12α

附图 34 锥齿轮

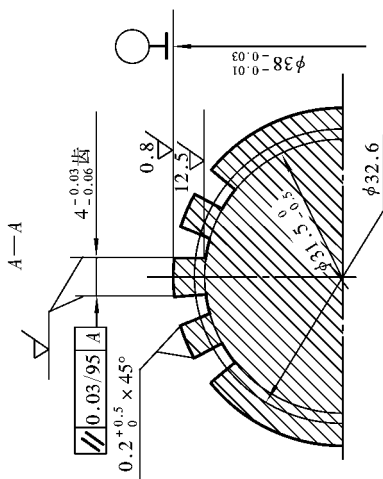


附图 35 矩形齿花键轴

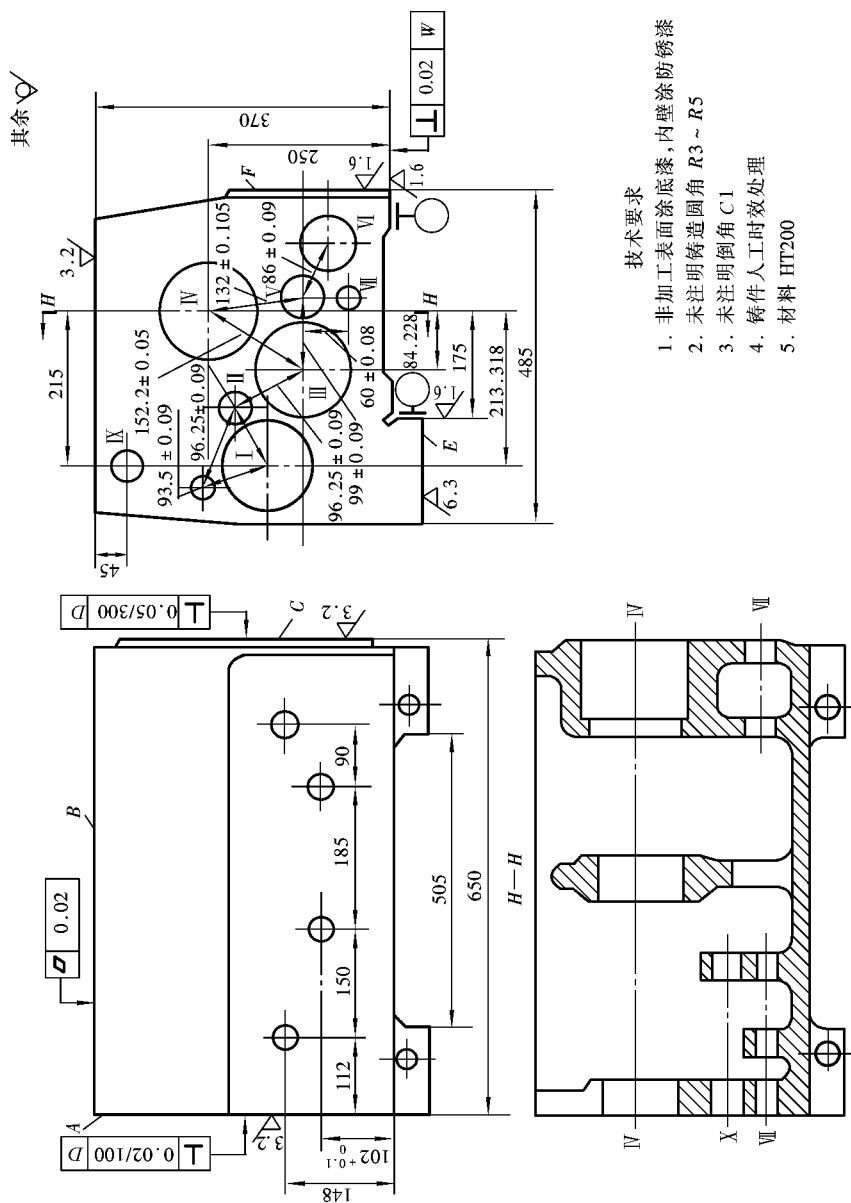


技术要求

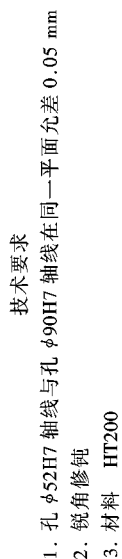
1. 热处理 锻件硬度 225 ~ 302 HB
2. 去尖角毛刺
3. 材料 40MnB



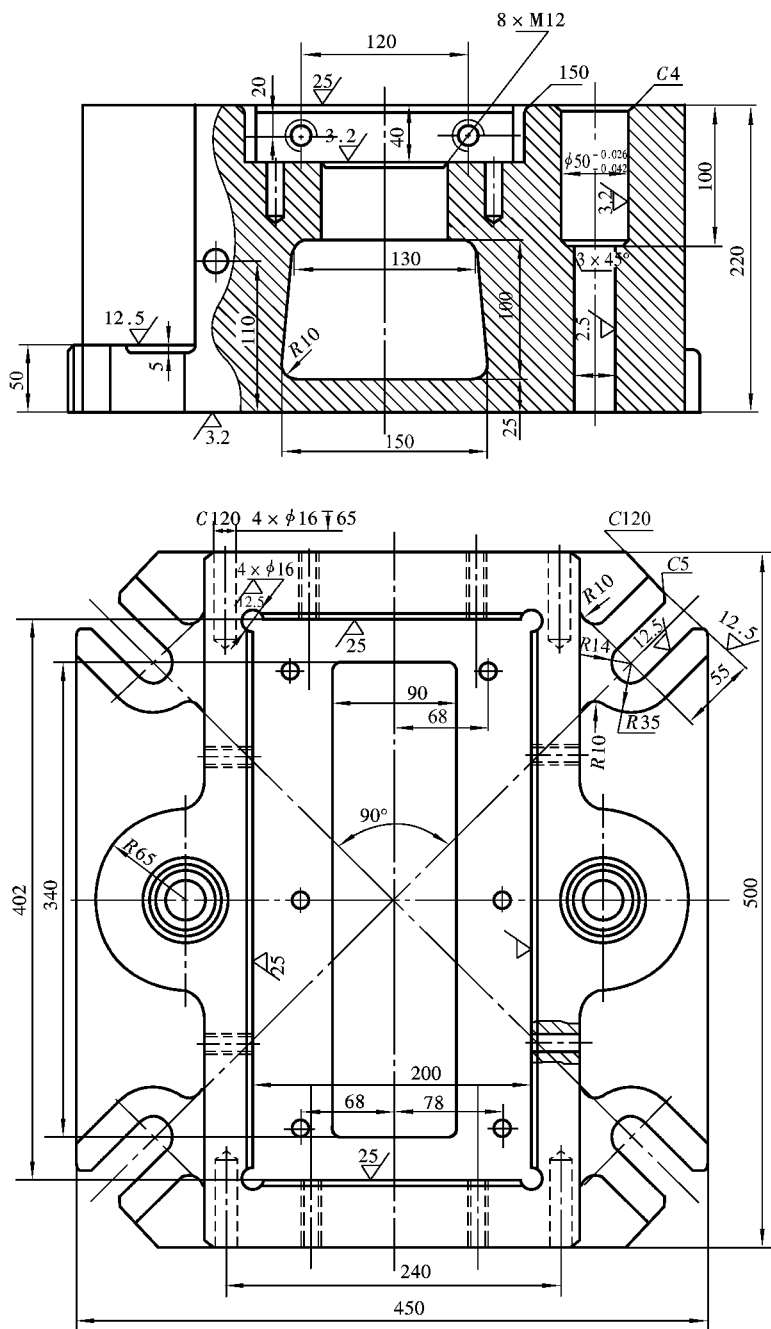
附图 36 传动轴花键轴



附图 37 C6150 车床主轴箱体



附图 39 锥齿轮座



技术要求

1. 未注明圆角 R5
2. 未注明倒角 C2
3. 铸件退火处理
4. 按铸造工艺选取起模斜度
5. 材料 ZG310-570

附图 40 左转向臂切边模下模座

参考文献

- [1] 李益民主编. 机械制造工艺设计简明手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 孟少农主编. 机械加工工艺手册第一卷[M]. 北京:机械工业出版社,1991.
- [3] 东北重型机械学院,洛阳工学院. 第一汽车制造厂职工大学编. 机床夹具设计手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1990.
- [4] 王绍俊主编. 机械制造工艺设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,1987.
- [5] 郑修本,冯冠大主编. 机械制造工艺学[M]. 北京:机械工业出版社,1991.
- [6] 肖继德,陈宁平主编. 机床夹具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [7] 陈榕林,陈同理主编. 机械制造常用资料及新旧标准对照手册[M]. 北京:中国劳动出版社,1994.
- [8] 陈宏钧等编. 典型零件机械加工生产实例[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [9] 李洪主编. 机械加工工艺手册[M]. 北京:北京出版社,1990.
- [10] 叶伟昌主编. 机械工程及自动化设计手册(上册)[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [11] 张龙勋主编. 机械制造工艺学课程设计指导书及习题[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [12] 国家职业资格培训教材编审委员会编,金福昌主编. 车工(高级)[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [13] 陈家芳主编. 车工常用技术手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,2007.
- [14] 陈宏钧主编. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京:机械工业出版社,2003.