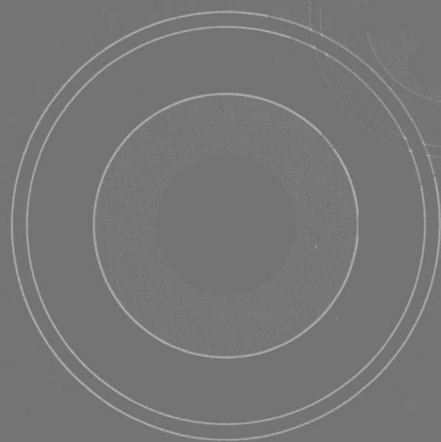




全国中等职业技术学校机械类通用教材

机床加工工艺学

(第二版)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校机械类通用教材

机床加工工艺学

(第二版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

机床加工工艺学：中职机械类/徐洪主编. —2 版. —北京：中国劳动社会保障出版社，
2007

全国中等职业技术学校机械类通用教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 6097 - 1

I. 机… II. 徐… III. 金属切削 - 加工工艺 - 专业学校 - 教材 IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第099822 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京金明盛印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 354 千字

2007 年7月第2版 2007 年7月第1次印刷

定价：22.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211

发行部电话：010 - 64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

前言

劳动和社会保障部教材办公室组织编写的机械类专业 96 新版教材自出版以来,为满足中等职业技术学校教学及相关职业培训发挥了重要作用,受到了广大师生的好评。但是,随着改革开放的不断深入和社会主义市场经济的迅速发展,社会及企业对技能人才的知识与技能结构提出了更新、更高的要求,职业教育的理念、模式也在不断地改革与创新。

为适应培养 21 世纪技能人才的需要,满足全国中等职业技术学校机械类专业教学,我们组织有关专家对机械类专业 96 新版教材进行了全面修订,修订后的教材包括:《车工工艺学(第四版)》《车工技能训练(第四版)》《钳工工艺学(第四版)》《钳工技能训练(第四版)》《机修钳工工艺学(第二版)》《机修钳工技能训练(第二版)》《铣工工艺学(第三版)》《铣工技能训练(第三版)》《焊工工艺学(第三版)》《焊工技能训练(第三版)》《电焊工工艺学(第二版)》《电焊工技能训练(第二版)》《冷作工工艺学(第三版)》《冷作工技能训练(第三版)》《机床加工工艺学(第二版)》《机床加工技能训练(第二版)》。

在本套教材的编写过程中,我们始终坚持了以下几个原则:

以学生就业为导向,以企业用人标准为依据。在专业知识的安排上,紧密联系培养目标特征,坚持够用、实用的原则,摒弃“繁难偏旧”的理论知识。同时,进一步加强技能训练的力度,特别是加强基本技能与核心技能的训练。在考虑各地办学条件的前提下,力求反映机械行业发展的现状和趋势,尽可能多地引入新技术、新工艺、新方法、新材料,使教材富有时代感。同时,采用最新的国家技术标准,使教材更加科学和规范。

遵从中等职业技术学校学生的认知规律,力求教学内容为学生“乐学”和“能学”。在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进,强调师生互动和学生自主学习,并通过大量生产中的案例和图文并茂的表现形式,使学生能

够比较轻松地学习。

为了方便教学，工艺学教材还配有习题册及答案、教学参考书，有的教学参考书还配有机械教学多媒体素材（光盘）。

本套教材的编写工作得到了北京、山东、河南、陕西、辽宁、湖南、福建、四川、浙江、江苏等省劳动和社会保障厅及有关学校的支持和帮助，对此我们表示衷心的感谢。

《机床加工工艺学》（第二版）主要内容有：绪论、机床加工的基本知识、金属切削原理与刀具、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、数控加工和零件加工工艺等。

本书由徐洪、陈爱华、祝国磊、朱国明、吴德胜编写，浙江师范大学徐洪为主编、浙江金华高级技工学校陈爱华为副主编。其中，绪论、机床加工的基本知识、金属切削原理与刀具由陈爱华编写；车削加工、刨削加工、零件加工工艺由徐洪编写；铣削加工由朱国明编写；磨削加工由祝国磊编写；数控加工由吴德胜编写。全书由刘翔审稿。

劳动和社会保障部教材办公室

2007年7月

目 录

绪论	(1)
----------	-------

第 1 章 机床加工的基本知识	(3)
-----------------------	-------

§ 1—1 机床的分类和型号编制方法	(3)
--------------------------	-------

§ 1—2 机加工类型和工件的分类	(6)
-------------------------	-------

§ 1—3 切削的基本概念	(9)
---------------------	-------

§ 1—4 切削液	(12)
-----------------	--------

习题	(13)
----------	--------

第 2 章 金属切削原理与刀具	(15)
-----------------------	--------

§ 2—1 金属的切削过程	(15)
---------------------	--------

§ 2—2 刀具的分类与组成	(20)
----------------------	--------

§ 2—3 刀具的几何角度	(21)
---------------------	--------

§ 2—4 刀具材料	(24)
------------------	--------

§ 2—5 刀具磨损与刀具的耐用度	(26)
-------------------------	--------

习题	(29)
----------	--------

第 3 章 车削加工	(31)
------------------	--------

§ 3—1 车床工作的基本知识	(31)
-----------------------	--------

§ 3—2 车刀	(36)
----------------	--------

§ 3—3 工件的装夹	(39)
-------------------	--------

§ 3—4 轴类零件的车削	(44)
---------------------	--------

§ 3—5 套类零件的车削	(55)
---------------------	--------

§ 3—6 圆锥零件的车削	(67)
---------------------	--------

§ 3—7 成形面的车削	(77)
--------------------	--------

§ 3—8 螺纹的车削	(79)
-------------------	--------

习题	(92)
----------	--------

第 4 章 铣削加工	(94)
------------------	--------

§ 4—1 铣削基本知识	(94)
--------------------	--------

§ 4—2 铣刀简介	(99)
------------------	--------

§ 4—3 铣削运动和铣削用量·····	(103)
§ 4—4 铣削方式·····	(105)
§ 4—5 铣平面·····	(107)
§ 4—6 铣阶台·····	(113)
§ 4—7 铣槽·····	(116)
§ 4—8 分度方法·····	(123)
§ 4—9 铣削质量分析·····	(126)
习题·····	(129)
第 5 章 刨削加工 ·····	(130)
§ 5—1 刨床·····	(130)
§ 5—2 刨刀及安装·····	(135)
§ 5—3 牛头刨床上工件的装夹·····	(137)
§ 5—4 牛头刨床的刨削操作·····	(138)
§ 5—5 刨削质量分析·····	(142)
习题·····	(143)
第 6 章 磨削加工 ·····	(145)
§ 6—1 磨削的基本知识·····	(145)
§ 6—2 砂轮·····	(149)
§ 6—3 磨削用量·····	(154)
§ 6—4 磨平面·····	(155)
§ 6—5 磨外圆·····	(160)
§ 6—6 磨内圆·····	(166)
§ 6—7 磨外圆锥面·····	(168)
§ 6—8 简单刀具的刃磨·····	(170)
习题·····	(173)
第 7 章 数控加工 ·····	(174)
§ 7—1 数控加工的基本知识·····	(174)
§ 7—2 数控车床·····	(176)
§ 7—3 数控铣床·····	(189)
§ 7—4 特种加工·····	(195)
习题·····	(199)
第 8 章 零件加工工艺 ·····	(201)
§ 8—1 工艺基本概念·····	(201)

§ 8—2 零件的加工方法选择·····	(203)
§ 8—3 工件的定位与夹紧·····	(206)
§ 8—4 工艺规程·····	(216)
§ 8—5 提高劳动生产率的途径·····	(221)
§ 8—6 典型零件的切削工艺分析·····	(227)
习题·····	(232)

绪 论

一、机床加工发展概况及我国机加工的现状

机床加工是机械制造业的重要组成部分,机床可以加工出各种零件,除了部分零件由精密铸造或冷挤压外,绝大部分零件都是利用机床进行金属切削加工而成的。机械制造业肩负着为国民经济各部门提供各种先进技术装备的任务。机加工所承担的工作量,约占总制造工作量的 40%~60%,机床加工能力、水平是衡量一个国家工业水平的重要标志。因此,机加工在国民经济中占有重要的地位。

金属机床切削加工在我国有悠久的历史。早在公元 8 世纪已经有了手工操作的车床雏形,加工技术也比较成熟。到了明代,在天文仪器上的大型零件的切削加工,已经达到相当高的加工精度。到了近代,我国处在半封建半殖民地的政治环境下,民族工业发展缓慢,机床加工技术发展停滞不前。机床设备数量少,精度差,产品质量不高,生产效率很低。

新中国成立后,机械制造工业有了很大发展,已初步建立了独立、完整的工业体系。特别是党的十一届三中全会以后,机械工业日新月异,发展迅速。随着现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术、电子计算机技术、数控技术的应用,机床加工业的面貌和内容都发生了极其深刻的变化。数控技术的应用使机床结构发生了重大变化,传动结构大大简化,主轴实现无级变速;采用交流变频技术,机床调速范围可达 1:10 000 以上;主轴和进给超高速化,满足了高速切削的要求。同时,机床加工的精度、效率也在不断地提高。当然,与世界先进技术相比,差距仍然很大,主要表现在普通工厂机床的生产效率较低、刀具的使用寿命较短、机床的自动化程度低等方面。

二、本课程的性质和主要任务

机床加工工艺学主要研究金属材料在机床上进行切削加工的规律及特点,介绍加工工艺过程中各主要技术环节、技术措施等方面的应用知识。主要内容有:切削原理、刀具选用、工夹量具的使用、工件装夹、典型零件的工艺分析、提高产品质量的措施及提高劳动生产率的途径等。

本课程属技工学校、职业学校机械专业的专业理论课。教材中对车削工艺及技术措施作了较全面的介绍,同时还介绍了铣、刨、磨等工艺的主要内容。要求掌握的专业理论以车削为主,兼顾铣、刨、磨等,以适应现代企业对工人“一专多能”和具有较强适应能力的要求。

学完本课程后，应达到以下要求：

1. 掌握常用车床，了解常用铣床、刨床、磨床及数控机床的性能、结构、传动系统及维护保养方法；
2. 能够较熟练地解决实际操作中的计算问题；
3. 掌握常用工夹量具的结构、用途、使用及维护保养方法；
4. 能够合理地选用刀具的材料及几何形状；
5. 学会合理地选择工件的定位基准，掌握常用机床夹具的结构原理；掌握一般工件的车削，熟悉铣、刨、磨初级工件的安装方法；
6. 能够合理地选择切削用量；
7. 学会独立制定车削中等复杂零件的工艺，了解铣、刨、磨初级零件的切削加工步骤，并根据实际情况采用先进工艺；
8. 学会分析产生废品的原因，并能提出其预防措施；
9. 熟悉安全生产、文明生产的一般知识；
10. 学会查阅有关技术手册。

三、本课程的学习方法

《机床加工工艺学》是广大工人和科技工作者在机床加工实践中不断总结、长期积累起来的应用性理论知识，它具有很强的实践性。涉及的是技术工人在机床加工过程中常接触、常遇到的专业内容，具有明确的针对性。学习本课程应努力做到以下几点：

1. 重视掌握基本知识 with 原理，重视掌握机加工的基本知识，掌握金属切削原理。在机床加工中，车削既普遍又典型，应着力学好车削知识，以掌握金属切削加工的共性。在此基础上，抓住其他工种切削的特殊性，通过对比、借鉴，分析总结各类机床加工工艺的共性与特性，达到触类旁通的效果。

2. 理论联系实际，学以致用。书本知识是先人实践经验的总结，从书本上学到的知识是间接、不完全的知识，只有接触实际，亲自实践，才能变间接知识为完全知识。

3. 密切结合技能训练。正确处理好专业理论学习和技能训练二者之间相辅相成、互相促进的关系。专业理论能指导操作训练，实际操作可验证并加深理解专业理论。在实际教学中要善于分析，以求巩固或深化理论知识，完成理论到实践认识过程质的飞跃。

4. 重视培养分析问题和解决问题的能力。知识是能力的基础，应该认真学好。在获得专业知识的同时，应努力培养自己的思维能力及工艺分析能力，实现由知识向能力的转移，从而提高解决机加工中实际问题的能力。

第1章

机床加工的基本知识

§ 1—1

机床的分类和型号编制方法

一、金属切削机床的分类

金属切削机床的种类繁多，为了便于区别、使用和管理，有必要对机床进行分类。根据需要，可以从不同的角度对机床作如下分类：

1. 按机床的加工性能和结构特点分类

我国将机床分为 12 大类：车床、钻床、镗床、铣床、刨插床、拉床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、特种加工机床、锯床和其他机床。

2. 按机床的通用程度分类（见表 1—1）

表 1—1 机床分类表

类别	特点描述	应用
通用机床	可加工多种工件、完成多种工序、使用范围较广，如卧式车床、卧式铣、镗床和立式升降台铣床等	加工范围较广，结构往往比较复杂，主要适用于单件、小批量生产
专用机床	用来完成特定工件的特定工序的机床，是根据特定工艺要求而专门设计、制造和使用的	一般生产效率较高，结构比通用机床简单，适合于大批量生产
专业化机床	用于完成形状类似而尺寸不同的工件的某一种工序的机床。例如，凸轮轴车床、精密丝杠车床等。它们既有加工尺寸的通用性，又有加工工序的专用性	生产效率较高，适用于成批生产

3. 按机床的精度分类

在同一种机床中，根据加工精度不同，又可分为普通机床、精密机床和高精度机床。

4. 其他分类

按机床质量的大小，可分为仪表机床、中型机床、大型机床、重型机床和超重型机床；按机床自动化程度的不同，可分为手动、机动、半自动和自动机床；按机床运动执行件数目的不同，可分为单轴的与多轴的、单刀架的与多刀架的机床等。

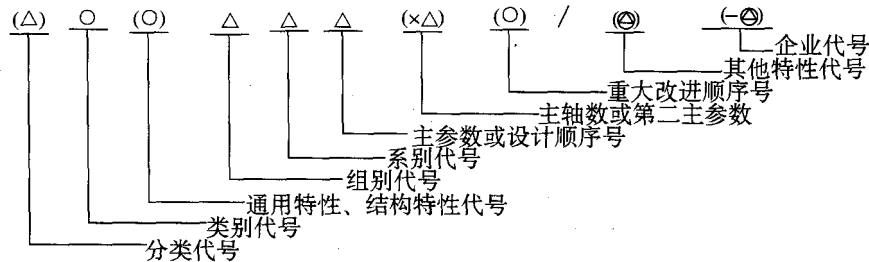
二、金属切削机床型号的编制方法

机床型号就是按一定的规律赋予每种机床一个代号，以便于机床的管理和使用。我国对

机床型号的编制，是采用汉语拼音字母加阿拉伯数字按一定规律组合而成的，它可简明地表示出机床的类型、主要规格及有关特征等。我国现行机床型号是按《金属切削机床型号编制方法》GB/T15375（1994）（不包括组合机床）编制的。

1. 通用机床型号编制

(1) 通用机床的型号。通用机床的型号由基本部分和辅助部分组成，中间用“/”隔开，读作“之”。基本部分需统一管理，辅助部分是否纳入型号，由厂家自定。型号构成如下：



- 其中：1) 有括号的代号或数字，当无内容时括号也不要，若有内容则不带括号；
2) O 表示大写的汉语拼音字母；
3) Δ 表示阿拉伯数字；
4) ⊗ 表示大写的汉语拼音字母，阿拉伯数字或两者兼而有之。

(2) 机床类、组、系的划分及其代号。机床的类别用汉语拼音大写字母表示，见表 1—2。当需要时，每类又可分为若干分类；分类代号用阿拉伯数字表示，在类代号之前，居于型号的首位，但第一分类不予表示，例如，磨床类分为 M、2M、3M 三类。

表 1—2 机床的类别和分类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	磨	磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

机床的组别和类别代号用两位数字表示。每类机床按其结构性能和使用范围划分为 10 个组，用数字 0~9 表示。每组机床又分若干个系列，系列的划分原则是：主参数相同，并按一定的公比排列，工件和刀具本身的与相对的运动特点基本相同，且基本结构和布局形式相同的机床，即划为同一系列，见表 1—3。

表 1—3 部分金属机床类别、组别划分

组别 类别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
车床	仪表车床	单轴自动车床	多轴(半)自动车床	转塔车床	曲轴及凸轮车床	立式车床	落地及卧式车床	仿型及多刀车床	轮、轴、辊锭及铲齿车床	其他车床
钻床		坐标镗钻床	深孔钻床	摇臂钻床	台式钻床	立式钻床	卧式钻床	铣钻床	中心孔钻床	其他钻床
镗床			深孔镗床		坐标镗床	立式镗床	卧式铣镗床	精镗床	汽车、拖拉机修理用镗床	其他镗床

(3) 机床的特性代号。机床的特性代号表示机床具有的特殊性能，包括通用特性和结构特性。如果某类型机床除有普通型机床外，还具有某种通用特征时，则在类别代号之后加上通用特征代号，见表 1—4。

表 1—4

机床通用特征代号

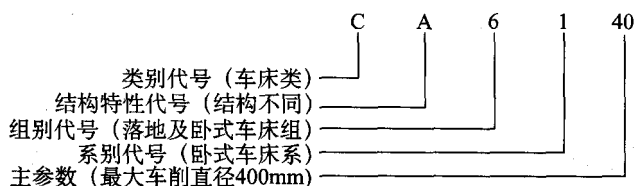
特性	精密	高精度	自动	半自动	轻型	万能	仿型	简式或经济型	数控	柔性加工单元	数显	高速	加工中心	加重型
代号	M	G	Z	B	Q	W	F	J	K	R	X	S	H	C

(4) 机床主参数。机床主参数代表机床规格大小参数。主参数在型号规格中位于组系代号之后，用数字表示。其数值是实际值（单位 mm）或实际值的 1/10 或 1/100。

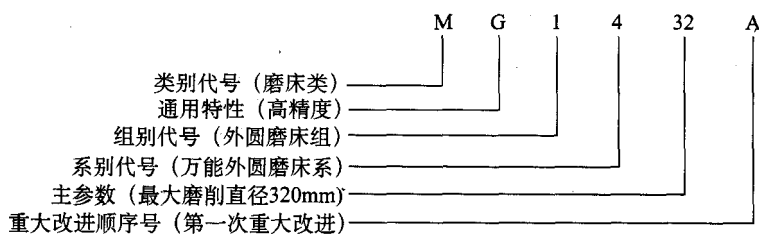
(5) 机床的重大改进顺序号。当机床的性能和结构布局有重大改进，并按新产品重新设计、试制和鉴定时，在原机床型号的尾部，加重大改进顺序号，以区别于原机床型号。序号按 A、B、C…字母的顺序选用。

综合上述通用机床型号的编制方法，举例如下：

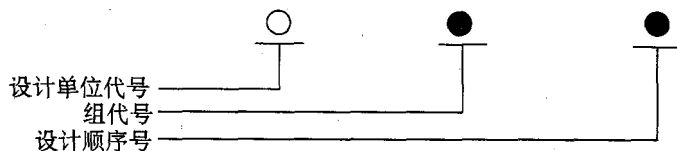
例 1—1 CA 6140 型卧式车床



例 1—2 MG1432 型高精度万能外圆磨床



2. 专用机床型号



(1) 设计单位代号。当设计单位为机床厂时，用机床厂所在城市名称的大写汉语拼音字母及该城市建立的先后顺序号或机床厂名称的大写汉语拼音字母表示；当设计单位为机床研究所时，用研究所的大写汉语拼音字母表示。

(2) 组代号。专用机床的“组”是由单位按产品的工作原理自行确定的，其代号用一位阿拉伯数字表示，位于设计单位代号之后，并用“—”分开，“—”读作“至”。

(3) 设计顺序号。按设计单位的设计顺序排列，由 001 起始，位于组代号之后。

§ 1—2

机加工类型和工件的分类

一、机加工类型

机加工是在机床上利用切削工具（刀具或砂轮）从工件表面切除多余金属，使工件获得所需几何形状、尺寸和表面粗糙度的工艺方法。它是“机床金属切削加工”的简称。

机加工类型很多，主要有车削、钻削、铣削、刨削、磨削等。

1. 车削加工

工件旋转作主运动，车刀作进给运动的加工方法，如图 1—1 所示，称为车削加工。车削是加工回转面的主要方法，而回转面是机械零件中应用最广泛的一种表面形式，在车削加工方法中所占比例最大。

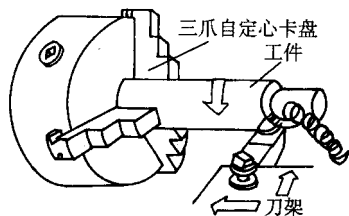


图 1—1 车削加工简图

2. 钻削加工

用钻头或铰刀、镗刀（含中心钻）等在工件上加工孔的方法统称为钻削加工。它可以在台式钻床、立式钻床、摇臂钻床上加工，也可以在车床、铣床、铣镗床上进行，钻削加工如图 1—2 所示。

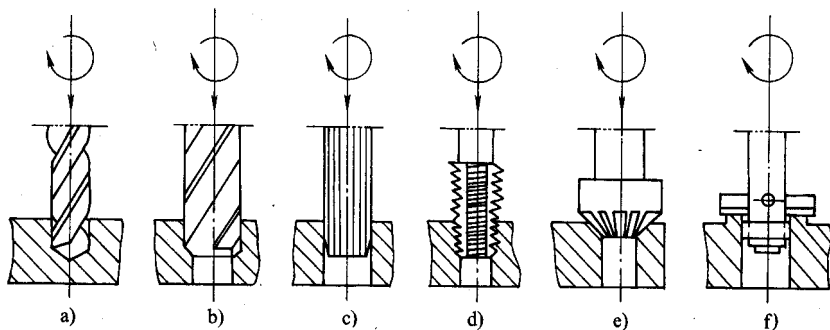


图 1—2 钻削加工

a) 钻孔 b) 扩孔 c) 铰孔 d) 攻螺纹 e) 镗孔 f) 刮平面

3. 铣削加工

铣刀旋转作主运动，工件作进给运动的切削加工的方法称为铣削加工。在铣床上，根据铣刀的形状不同，分为端铣、立铣和圆盘铣等多种。铣削可加工平面、各种形状的槽和齿轮等。铣削加工可以在卧式铣床、立式铣床、龙门铣床、工具铣床以及各种专用铣床上进行，常见的铣削方式如图 1—3 所示。

4. 刨削加工

用刨刀对工件作水平直线往复运动的切削加工方法称为刨削加工，刨削是一种间断的切

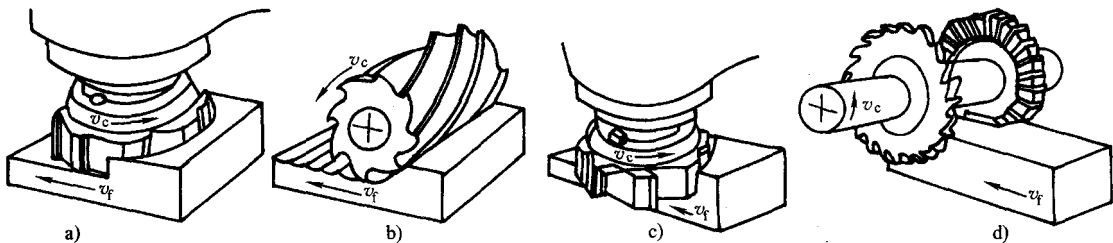


图 1—3 几种常用的铣削方式

a) 对称铣削 b) 圆周铣削 c) 不对称铣削 d) 组合铣削

削。刨削可加工平面、槽及成形面。由于刨床的结构简单，通用性好，生产效率比较低，多适用于单件小批量生产。如图 1—4 所示为刨削简图。

5. 磨削加工

在磨床上用磨具（砂轮）对工件加工的一种方法。磨削时，砂轮作旋转运动，工件或砂轮架作进给运动，或者工件与砂轮架同时作进给运动。如图 1—5 所示为磨削简图。

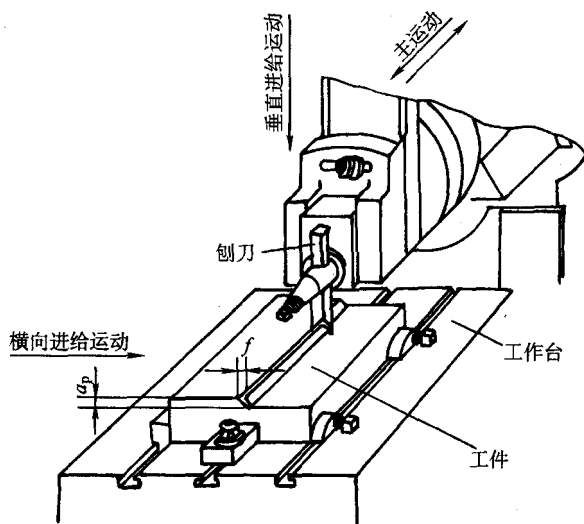


图 1—4 刨削简图

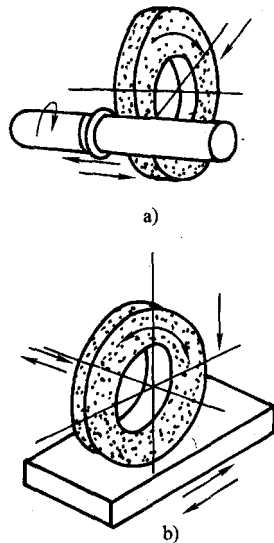


图 1—5 磨削加工简图

a) 磨外圆 b) 磨平面

二、机加工工件的分类

机床上加工的工件，形状各异，大小不一，按其形状可分为轴类、套类、盘类、箱体类和特型类等。

1. 轴类

轴类零件是一种圆杆状的机械零件。一般是由若干外圆柱面、圆锥面、沟槽、内孔和螺纹等以不同形式组合而成的，也有由单一的圆柱表面组成的。轴类零件按其结构形状可分为光轴、阶梯轴、实心轴、空心轴和特形轴（如曲轴、偏心轴、凸轮轴）等，如图 1—6 所示。

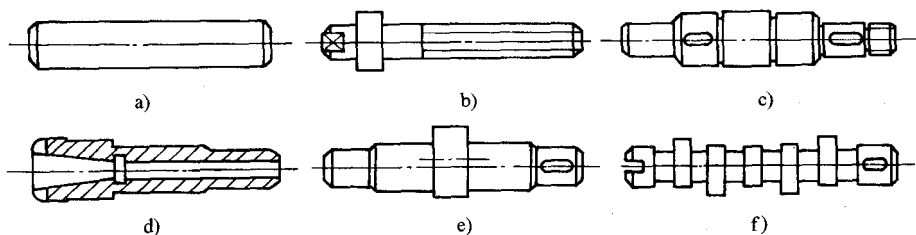


图 1—6 轴类零件的结构

a) 光轴 b) 拉杆 c) 传动轴 d) 空心轴 e) 偏心轴 f) 凸轮轴

2. 套类

由同一轴线，若干个内、外回转表面组成，且长度尺寸较大的零件称为套类零件。套类零件通常起支撑和导向作用，套类零件有衬套、轴套、液压缸、汽缸套等，如图 1—7 所示。

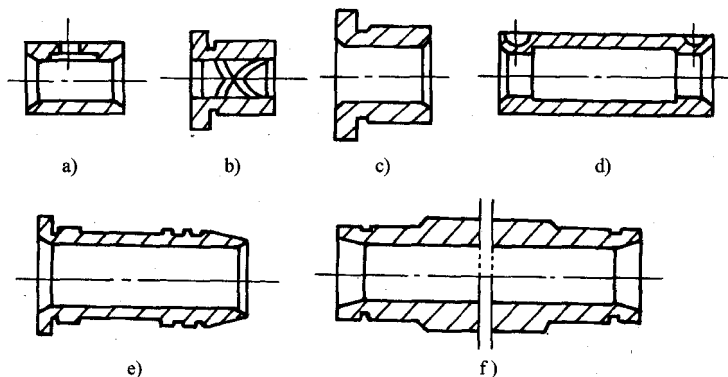


图 1—7 套类零件

a) b) 滑动轴承套 c) 钻套 d) 轴承衬套 e) 汽缸套 f) 油缸套

套类零件的主要表面是内孔和外圆。套类零件除有尺寸精度要求外，还有形位精度要求，如内、外圆柱面同轴度要求，以及轴线与端面垂直度要求。

3. 盘类

盘类零件是由具有同一轴线且径向尺寸较大的内、外圆柱表面组成的。如法兰盘、转向盘、进料盘、离合器体等，如图 1—8 所示。

盘类零件的技术要求除内、外圆柱表面的尺寸精度外，还有较高的形位精度要求，如内、外圆柱面的同轴度；端面相对内、外圆柱面轴线的垂直度；端面之间的平行度等。

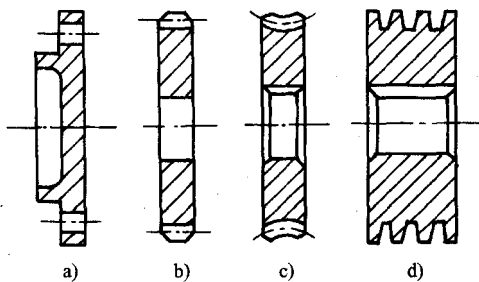


图 1—8 盘类零件

a) 端盖 b) 齿轮 c) 蜗轮 d) 带轮

4. 箱体支架类

箱体支架类零件外形呈立方体或其他形状，有些具有与外形相似的空腔。如机床的变速箱、减速箱壳体、立柱、机身等。这类零件通常作为机器的主体部分，或者支撑轴类零件，使机械传动各机构形成一个整体。箱体零件的表面一般有多向平面、多轴线的孔及螺纹、沟

槽等，因此，加工工艺复杂，技术要求较高。箱体类零件，如图 1—9 所示。

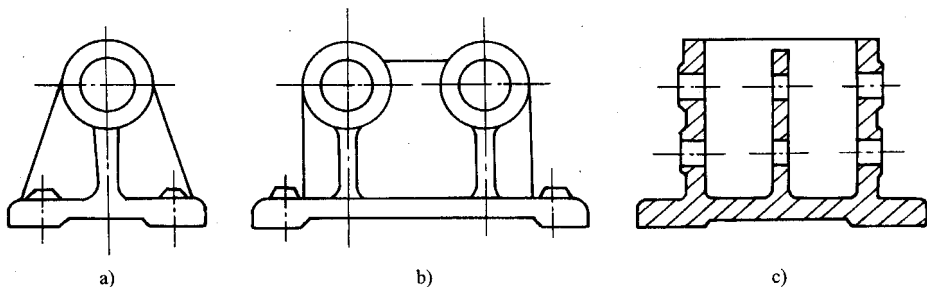


图 1—9 箱体支架零件

a) 单孔支架 b) 双孔支架 c) 箱体

5. 特型类

形状比较特殊的零件称为特型零件。如轴承座、十字孔工件、双孔连杆、支架、曲轴等。这些零件结构比较简单，但形状各异，一般不能用普通的安装方法进行加工，需要在专用夹具上切削加工。特型类零件，如图 1—10 所示。

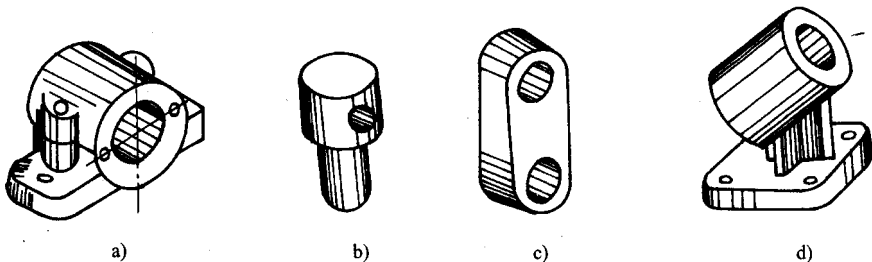


图 1—10 特型类零件

a) 轴承座 b) 十字孔工件 c) 双孔连杆 d) 支架

§ 1—3

切削的基本概念

一、切削时的运动

为了把工件上多余的金属切除掉，以获得需要的形状、尺寸和精度，必须要求刀具相对工件具有确定的运动。按运动的作用，可将切削时的运动分为如下两种：

1. 主运动

直接切削工件的切削层，使之变为切屑的运动，称为主运动。

主运动可以是刀具的旋转运动和直线运动，如在钻床上钻孔时钻头的旋转、铣削时铣刀的旋转、磨削时砂轮的旋转、刨（插）削时刨刀的直线运动、拉削时拉刀的直线运动；也可