



全国中等职业技术学校机械类通用教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO JIXIELEI TONGYONG JIAOCAI

机床加工 工艺学

(第三版)

配电子课件



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

(第三版)

人力资源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

简介

本书主要包括：机床加工的基础知识、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、数控加工、零件加工工艺。

本书由管林东、严红俊、张荣全、秦正超、颜维维、王文景、郭守超、陈玉琴参加编写，管林东主编，严红俊、张荣全副主编；孙喜兵审稿。

图书在版编目(CIP)数据

机床加工工艺学/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —3版. —北京：中国劳动社会保障出版社，2014

全国中等职业技术学校机械类通用教材

ISBN 978-7-5167-0871-2

I. ①机… II. ①人… III. ①金属切削-工艺学-中等专业学校-教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 039912 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)

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 15 印张 354 千字

2014 年 3 月第 3 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

定价：26.00 元

读者服务部电话：(010) 64929211/64921644/84643933

发行部电话：(010) 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错，请与本社联系调换：(010) 80497374

本书封面轧有我社社标和英文缩写的暗纹，否则即为盗版。

我社将与版权执法机关配合，大力打击盗印、销售和使用盗版图书活动，敬请广大读者协助举报，经查实将给予举报者奖励。

举报电话：(010) 64954652

前言

为了更好地适应全国中等职业技术学校机械类专业的教学要求，全面提升教学质量，人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的骨干教师和行业、企业专家，在充分调研企业生产和学校教学情况、广泛听取教师对现有教材使用情况的反馈意见的基础上，吸收和借鉴各地职业技术学院教学改革的成功经验，对现有全国中等职业技术学校机械类通用教材中所包含的车工、钳工、机修钳工、铣工、焊工、冷作工、机床加工等工艺学、技能训练教材进行了修订。

本次教材修订工作的重点主要体现在以下几个方面：

第一，合理定位工艺学和技能训练两种教材的配合关系。

根据学校实际教学开展情况，进一步梳理了各工种对应工艺学和技能训练教材的配合关系，在教学内容设计上力求同步，充分发挥工艺教学对技能训练的支撑作用，使工艺学和技能训练两种教材既可单独使用，也可配套使用，从而适应不同学校理实相分或理实相合教学模式的需要。

第二，及时更新教材内容。

根据企业岗位的需要和教学实际情况的变化，确定学生应具备的能力与知识结构，对部分教材内容及其深度、难度做了适当调整；根据相关专业领域的最新发展，在教材中充实新知识、新技术、新设备、新材料等方面的内容，体现教材的先进性；采用最新的国家技术标准，使教材更加科学和规范。

第三，做好与职业技能鉴定要求的衔接。

教材编写以 2009 年修订的车工、机修钳工、装配钳工、工具钳工、铣工、焊工、冷作钣金工等国家职业技能标准为依据，涵盖国家职业技能标准（中级）的知识和技能要求，并在与教材配套的习题册中增加了针对相关职业技能鉴定考试的练习题。

第四，精心设计教材形式。

在教材内容的呈现形式上，尽可能使用图片、实物照片和表格等形式将知识点生动地展示出来，力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。尤其是在教材插图的制作中采用了立体造型技术，同时部分教材在印刷工艺上采用了四色印刷，增强了教材的表现力。

第五，提供全方位教学服务。

本套教材除配有习题册、教学参考书外，还配有方便教师上课使用的电子课件，电子课件和习题册答案可通过中国人力资源和社会保障出版集团网站（<http://www.class.com.cn>）下载。

本次教材的修订工作得到了辽宁、江苏、浙江、山东、河南、陕西等省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2014年3月

目 录

第 1 章 基础知识	(1)
§ 1—1 机床分类和型号编制方法	(1)
§ 1—2 机加工类型和工件分类	(5)
§ 1—3 切削基本概念	(10)
§ 1—4 刀具分类与组成	(12)
§ 1—5 刀具材料	(13)
§ 1—6 切削液	(16)
习题	(17)
第 2 章 车削加工	(19)
§ 2—1 车削基本知识	(19)
§ 2—2 车刀	(29)
§ 2—3 工件装夹	(35)
§ 2—4 车削台阶轴	(40)
§ 2—5 车削圆锥台	(52)
§ 2—6 车削三角形螺纹	(63)
§ 2—7 车削套类零件	(71)
§ 2—8 车削质量分析	(81)
习题	(87)
第 3 章 铣削加工	(89)
§ 3—1 铣削基本知识	(89)
§ 3—2 铣床	(97)
§ 3—3 铣床附件及工件装夹	(102)
§ 3—4 常用铣刀及其安装	(107)
§ 3—5 铣平面	(111)
§ 3—6 铣台阶	(117)
§ 3—7 铣槽	(120)
§ 3—8 铣削质量分析	(128)
习题	(130)

第4章 刨削加工	(131)
§4—1 刨床.....	(131)
§4—2 刨刀及安装.....	(137)
§4—3 牛头刨床上工件的装夹.....	(138)
§4—4 牛头刨床的刨削操作.....	(140)
§4—5 刨削质量分析.....	(144)
习题.....	(145)
第5章 磨削加工	(146)
§5—1 磨削基本知识.....	(146)
§5—2 砂轮.....	(150)
§5—3 磨削用量.....	(155)
§5—4 磨外圆.....	(156)
§5—5 磨平面.....	(159)
§5—6 磨削质量分析.....	(164)
习题.....	(167)
第6章 数控加工	(169)
§6—1 数控加工基本知识.....	(169)
§6—2 数控车床.....	(171)
§6—3 数控铣床.....	(186)
§6—4 特种加工.....	(193)
§6—5 数控加工质量分析.....	(198)
习题.....	(199)
第7章 零件加工工艺	(201)
§7—1 工艺基本概念.....	(201)
§7—2 零件加工方法选择.....	(203)
§7—3 工件定位与夹紧.....	(206)
§7—4 工艺规程.....	(217)
§7—5 提高劳动生产率的途径.....	(221)
§7—6 典型零件切削工艺分析.....	(227)
习题.....	(233)

第1章

基础知识

§ 1—1

机床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做如下分类：

1. 按机床的加工性能和结构特点分类

我国将机床分为 11 大类，分别是车床、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、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，使用范围较广泛，如卧式车床、卧式铣床、镗床和立式升降台铣床等	加工范围较广泛，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，适用于大批量生产
专业化机床	用于完成形状类似而尺寸不同的工件的某一工序的机床，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，可分为手动机床、机动机床、半自动机床和自动机床；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。

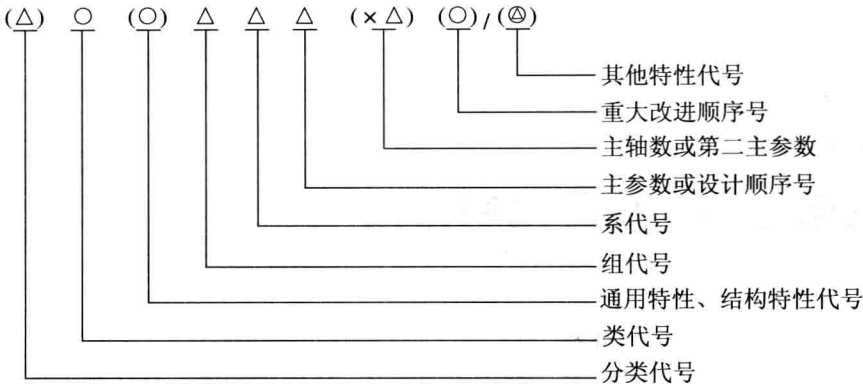
二、金属切削机床型号的编制方法

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国家标准《金属切削机床 型号编制方法》(GB/T 15375—2008) (不适用于组合机床、特种加工机床) 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：



- 注：1. 有“()”的代号或数字，当无内容时，则不表示。若有内容则不带括号。
2. 有“O”符号的，为大写的汉语拼音字母。
3. 有“Δ”符号的，为阿拉伯数字。
4. 有“⊙”符号的，为大写的汉语拼音字母，或阿拉伯数字，或两者兼有之。

(2) 机床类、组、系的划分及其代号。机床的类别用大写汉语拼音字母表示，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。第一分类代号前的“1”省略，第“2”“3”分类代号则应予以表示，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	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

机床的组和系代号用两位数字表示。每类机床按其主要布局和使用范围划分为10个组，用数字0~9表示，见表1—3。每组机床又分若干个系（系列），系的划分原则是：在同一组机床中，主参数相同，且主要结构和布局形式相同的机床，即划为同一系。

表 1—3 部分机床类别、组别划分

组别 类别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
车床	仪表小型车床	单轴自动车床	多轴自动、半自动车床	回转、转塔车床	曲轴及凸轮轴车床	立式车床	落地及卧式车床	仿型及多刀车床	轮、轴、辊、链及铲齿车床	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，还具有某种通用特性时，则在类代号之后加上通用特性代号，见表 1—4。

表 1—4 机床通用特性代号

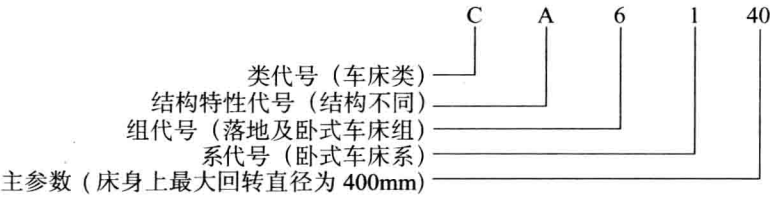
通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	柔性加工 单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	柔	显	速

(4) 机床主参数。机床主参数是代表机床规格大小的参数。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（单位为 mm）或实际值的 1/10 或 1/100。

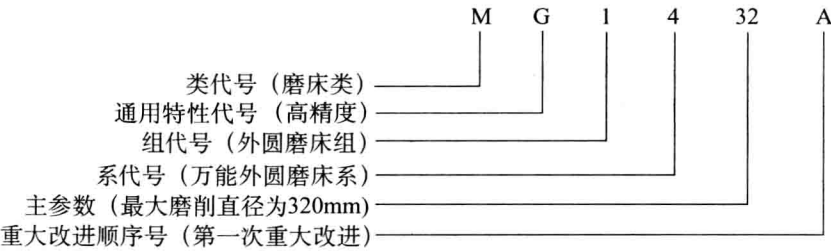
(5) 机床的重大改进顺序号。当机床的性能和结构布局有重大改进，并按新产品重新设计、试制和鉴定时，在原机床型号的尾部加重大改进顺序号，以区别于原机床型号。序号按字母 A、B、C…的顺序选用。

综合上述通用机床型号的编制方法，举例如下：

例 1—1 CA6140 型卧式车床



例 1—2 MG1432A 型高精度万能外圆磨床



例 1—3 Z3040 型摇臂钻床



例 1—4 Z4012 型台式钻床



例 1—5 X5032 型立式铣床



例 1—6 T6111 型卧式铣镗床



例 1—7 M7130 型平面磨床



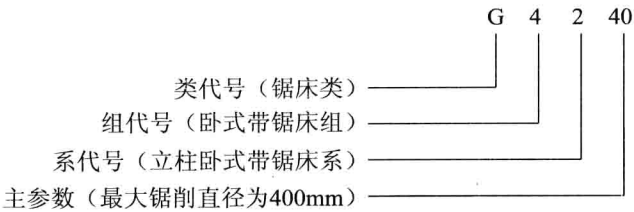
例 1—8 Y3150 型滚齿机



例 1—9 B2016 型龙门刨床

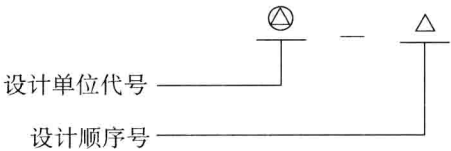


例 1—10 G4240 型锯床



2. 专用机床型号

专用机床型号构成如下：



(1) 设计单位代号。包括机床生产厂和机床研究单位代号（位于型号之首）。

(2) 设计序号。按设计单位的设计顺序排列，由 001 起始，位于设计单位代号之后，并用 “—” 隔开。

§ 1—2

机加工类型和工件分类

一、机加工类型

机加工是在机床上利用切削工具（刀具或砂轮等）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

工件旋转做主运动，车刀的移动做进给运动的加工方法称为车削加工，如图 1—1 所示。车削是加工回转面的主要方法，而回转表面是机械零件中应用最广泛的一种表面形式，在车削加工中所占比例最大。

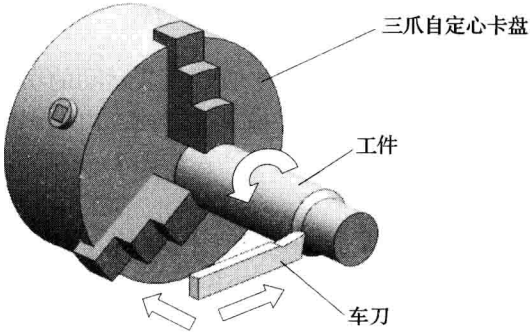


图 1—1 车削加工

2. 钻削加工

用钻头或铰刀、铰刀（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。

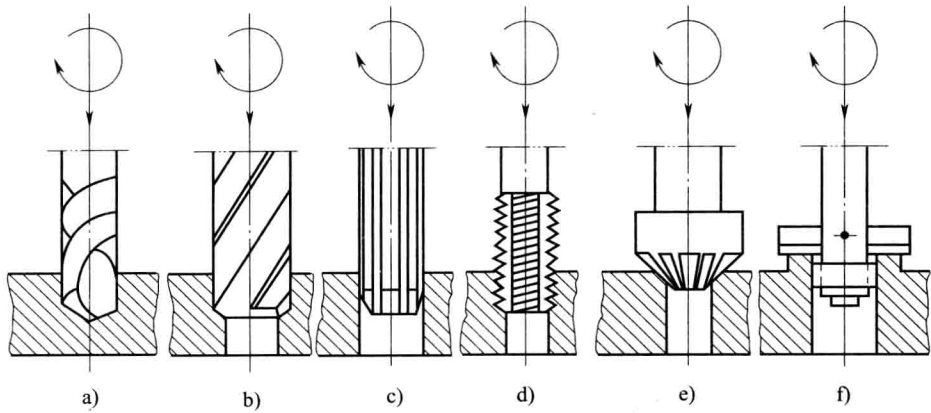


图 1—2 钻削加工

a) 钻孔 b) 扩孔 c) 铰孔 d) 攻螺纹 e) 铰孔 f) 刮平面

3. 铣削加工

铣刀旋转做主运动，工件的直线移动做进给运动的切削加工方法称为铣削加工。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。

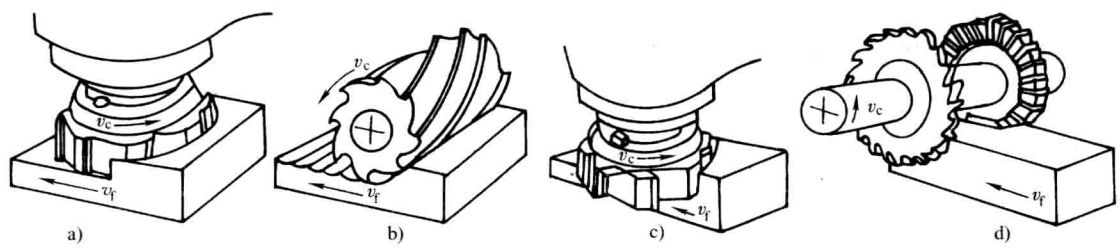


图 1—3 几种常见的铣削方式

a) 对称铣削 b) 圆周铣削 c) 不对称铣削 d) 组合铣削

4. 刨削加工

用刨刀对工件做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，但生产效率比较低，多适用于单件、小批量生产。如图 1—4 所示为刨削加工简图。

5. 磨削加工

磨削加工是指在磨床上用磨具（砂轮）对工件进行加工的一种方法。磨削时，砂轮做旋转运动，工件或砂轮架做进给运动，或者工件与砂轮架同时做进给运动。如图 1—5 所示为磨削加工简图。

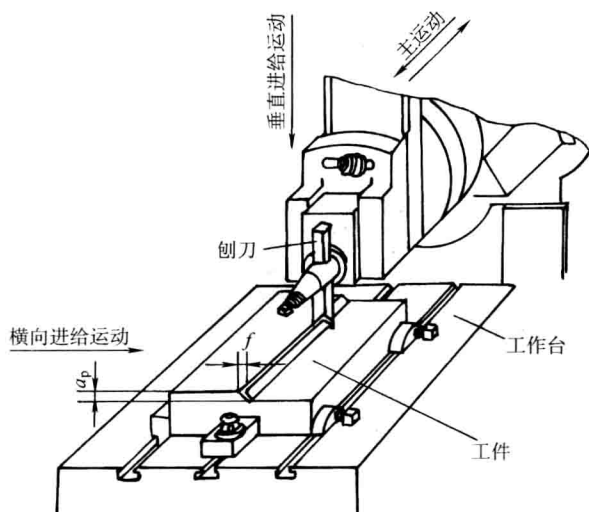


图 1—4 刨削加工简图

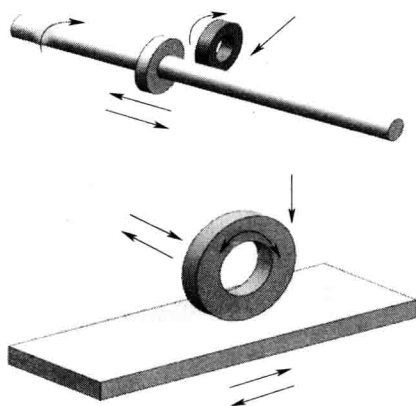


图 1—5 磨削加工简图

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、箱体支架类和特型类等。

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、台阶轴、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。

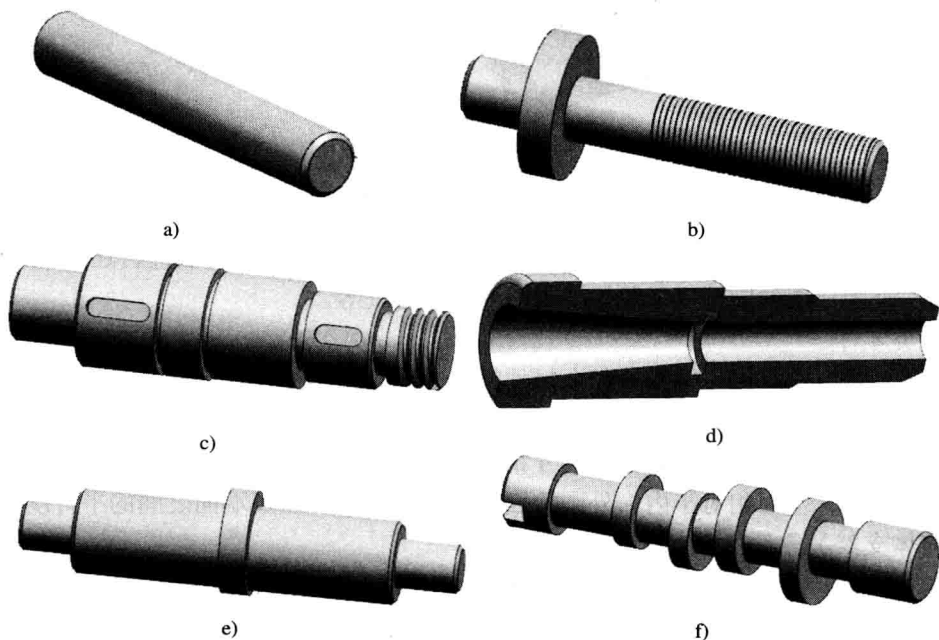


图 1—6 轴类零件的结构

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

2. 套类零件

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、液压缸套、气缸套等，如图1—7所示。

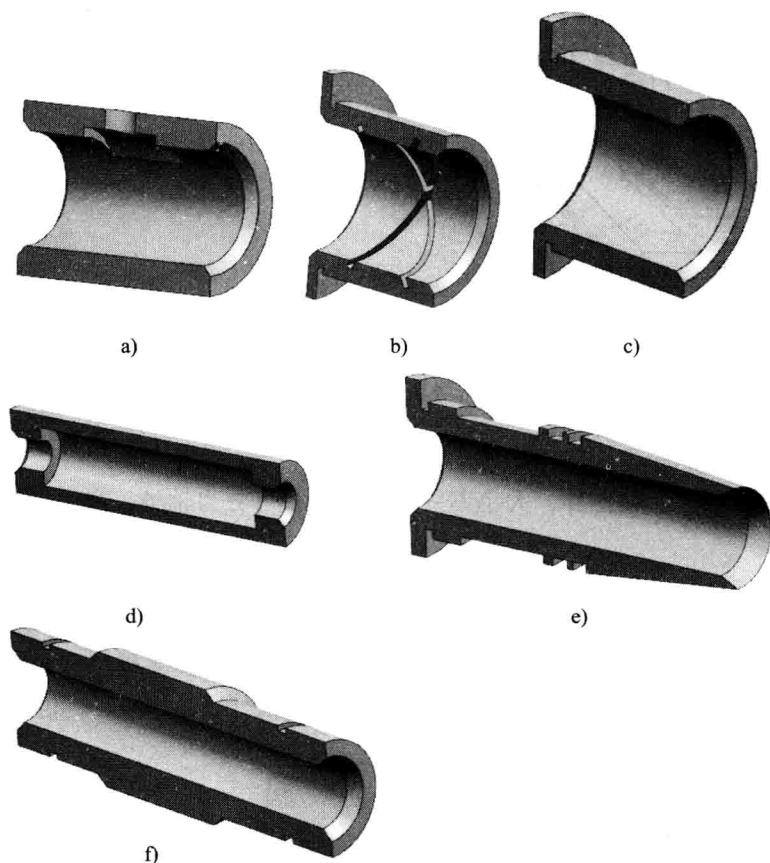


图1—7 套类零件

a)、b) 滑动轴承套 c) 钻套 d) 轴承衬套 e) 气缸套 f) 液压缸套

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，还有几何精度要求，如内、外圆柱面的同轴度以及轴线与端面的垂直度等。

3. 盘类零件

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。

盘类零件除有内、外圆柱表面的尺寸精度要求外，还有较高的几何精度要求，如内、外圆柱面的同轴度，端面相对于内、外圆柱面轴线的垂直度，以及端面之间的平行度等。

4. 箱体支架类零件

箱体支架类零件外形呈长方体或其他形状，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。箱体支架类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。箱体支架类零件如图1—9所示。

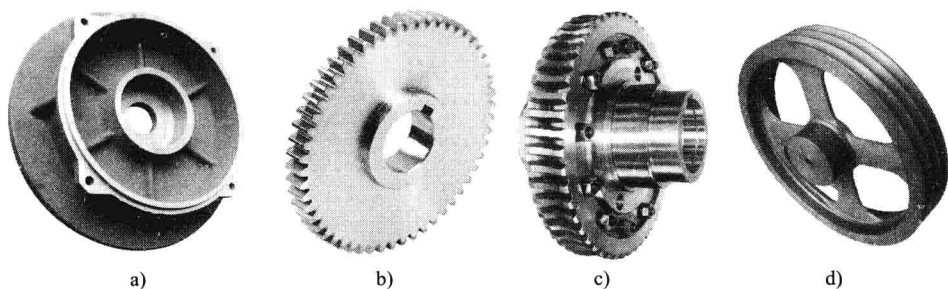


图 1—8 盘类零件
a) 端盖 b) 齿轮 c) 蜗轮 d) 带轮

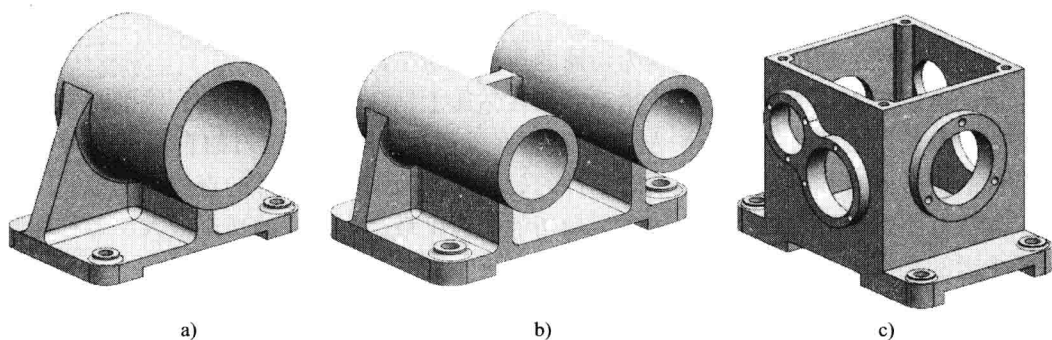


图 1—9 箱体支架类零件
a) 单孔支架 b) 双孔支架 c) 箱体

5. 特型类零件

形状比较特殊的零件称为特型类零件，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。

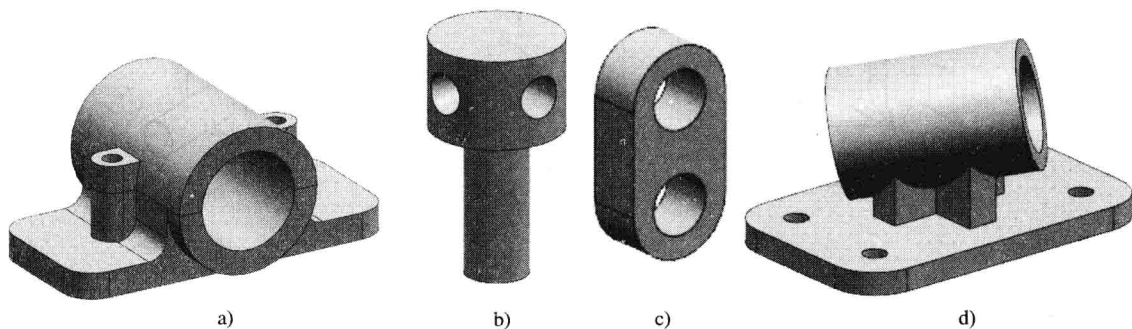


图 1—10 特型类零件
a) 轴承座 b) 十字孔工件 c) 双孔连杆 d) 支架

§ 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。按运动的作用不同,可将切削时的运动分为以下两种:

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或直线运动,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等;也可以是工件的旋转或直线运动,如车削时工件的旋转、龙门刨床上工件的直线运动等。一种切削加工方法其主运动只有一个,一般主运动切削的速度最高、消耗的功率最大。各种切削加工时的主运动如图 1—11 所示。

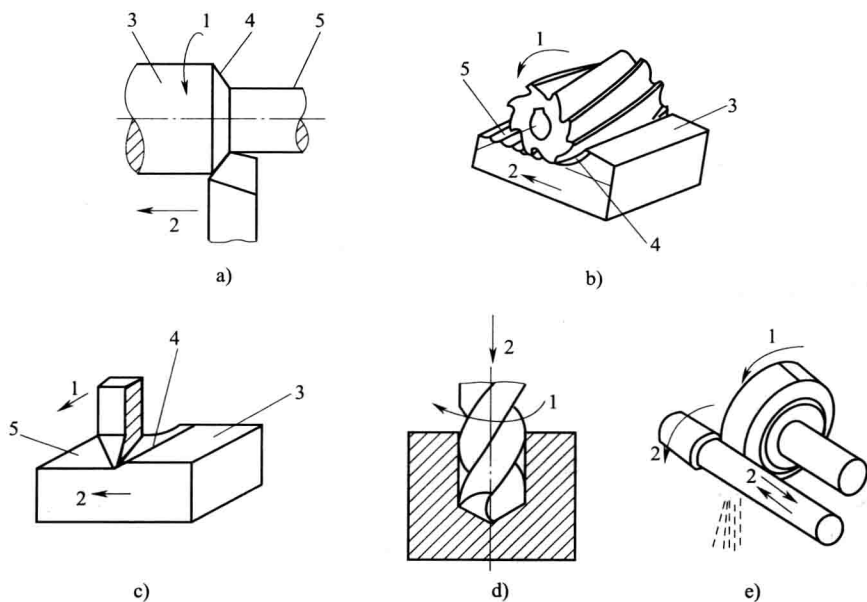


图 1—11 切削运动和工件上形成的三个表面

a) 车削 b) 铣削 c) 刨削 d) 钻削 e) 磨削

1—主运动 2—进给运动 3—待加工表面 4—过渡表面 5—已加工表面

2. 进给运动

进给运动是指使工件的新金属层不断投入切削,以便切出整个新的工件表面的运动。例如,车外圆时车刀沿工件轴向的移动、钻孔时钻头的轴向移动、铣平面时工件相对于铣刀的