



高等院校应用型特色规划教材

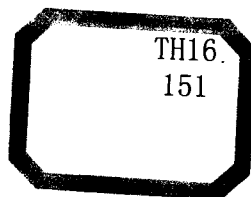
# 机械制造 与模具制造 工艺学

杨 耀 陈国香 主 编  
伍少敏 刘花兰 副主编



清华大学出版社

高等院校应用型特色规划教材



# 机械制造与模具制造工艺学

杨 耀 陈国香 主 编  
伍少敏 刘花兰 副主编

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是根据教育部提出的“高等职业教育为制造业和农业现代化培养高能型人才的任

本书可作为本科高等工科院校、高职高专等机械类、机电类、近机类专业的专业课教材,可以满足60~100学时的教学要求。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造与模具制造工艺学/杨耀, 陈国香主编; 伍少敏, 刘花兰副主编. —北京: 清华大学出版社, 2006.5  
(高等院校应用型特色规划教材)

ISBN 7-302-12342-X

I. 机… II. ①杨… ②陈… ③伍… ④刘… III. ① 机械制造工艺—高等学校—教材 ②模具—制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16②TG760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 000797 号

出 版 者: 清华大学出版社      地 址: 北京清华大学学研大厦  
http://www.tup.com.cn      邮 编: 100084  
社 总 机: 010-62770175      客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑：刘建龙

文稿编辑：桑任松

排版人员：王 婷

印 装 者：三河市春园印刷有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 23.5 字数: 553 千字

版次: 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-12342-X/TH · 191

印 数: 1 ~ 4000

定 价：33.00 元

# 前 言

本书是根据教育部提出的“高等职业教育为制造业和农业现代化培养高技能型人才的任务”而编写的,综合了机械制造工艺学、模具制造工艺学、机床夹具设计三门学科的主要内容,突出高等职业教育注重培养学生的学习能力、实践能力和创新能力的特点。因此,本书可作为本科高等工科院校、高职高专等机械类、机电类、近机类专业的专业课教材,可以满足 60~100 学时的教学要求。

全书共分 8 章,各章的主要内容简单介绍如下:

第 1 章 零件机械加工方法综述,介绍一般机械加工、仿形加工以及精密加工。

第 2 章 机械加工工艺规程的制订,介绍有关基本概念、零件的工艺性分析、毛坯选择、定位基准的选择、工艺线路的拟定、加工余量的确定、工序尺寸及其公差确定以及机械加工时间定额。

第 3 章 典型零件的机械加工,介绍轴类零件加工、杆类零件加工、套类零件加工、模座平板类零件加工、凸、凹模的加工以及箱体加工。

第 4 章 模具的特种加工及其他加工方法,介绍电火花加工、电火花线切割加工、电化学及化学加工、超声加工以及模具成型零件的其他加工方法。

第 5 章 机械加工质量,介绍机械加工精度和机械加工表面质量。

第 6 章 机械与模具装配工艺,介绍装配概述、装配尺寸链、装配方法及其选择、装配工艺规程的制订、冷冲模的装配以及塑料模装配。

第 7 章 机床专用夹具设计,介绍机床夹具及其功用、机床夹具的分类与组成、工件的定位、工件的夹紧、各类机床夹具的设计特点、组合夹具、专用夹具设计方法。

第 8 章 现代机械制造技术,介绍机械与模具的 CAPP/CAM 以及机械制造系统的自动化技术。

本书由南昌理工学院教授杨耀,南昌大学教授陈国香主编,江西航空职业技术学院副教授伍少敏、副教授刘花兰副主编。本书绪论、第 2、3 章由杨耀编写,第 4、6 章由陈国香编写,第 1、5、8 章由伍少敏编写,第 7 章由刘花兰编写。全书由杨耀、陈国香审稿、统稿和定稿。南昌理工学院张娟、顾吉仁、李玉满、李利花、焦芳,及解放军第二炮兵学院杨建军等同志参加了书稿的打印、制图、编排等工作。蓝天学院邱映辉教授对本书编写提出了宝贵意见,在此一并致以衷心的感谢!

由于作者水平和时间有限,难免有错误或欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

# 绪 论

## 1. 机械与模具制造业在国民经济中的地位

机械制造业是国民经济中一个十分重要的产业，它为国民经济各部门科学研究、国防建设和人民生活提供各种技术装备，在社会主义建设事业中起着中流砥柱的作用。从农业机械到工业机械，从轻工业机械到重工业机械，从航空航天设备到机车车辆、汽车、船舶等设备，从机械产品到电子电器、仪表产品等，都必须有机械及其制造。在工业高度发达的国家中，机械工业的产值常常占整个工业总产值的 40% 或更多。

在机械制造中，机床夹具、模具都是不可缺少的工艺装备，尤其是模具以其特定的形状通过一定的方式使材料成形。根据国际生产技术协会提供的资料显示，机械零件粗加工的 75% 和精加工的 50% 都将由模具成形来完成。因此模具被誉为“金属加工中的帝王”，是“进入富裕社会的原动力”、“模具就是黄金”。

## 2. 模具制造工艺的特点

模具制造也是机械制造，但由于其特殊功能，与一般机械制造相比较，有着特殊的要求与明显的特点，主要表现为：

(1) 单件生产 除模架制造成批生产外，模具工作零件或其他结构件都是单件生产，每种模具一般只生产 1~2 副，普遍采用修锉、修配方法加工，很少采用“互换法”加工。在零件制造过程中，工件更换频繁，工序组合相对集中，对工人技术水平要求较高。

(2) 制造质量高 一般地，模具工作零件的制造精度比产品零件高 2~4 级。例如，模具工作部分制造偏差控制在 0.01 mm 左右，工作部分的表面粗糙度值  $R_a$  要求小于 0.8  $\mu\text{m}$ ，需要采用精密机床如坐标磨床、数控机床加工。

(3) 形状复杂 模具工作部分都是二维、三维复杂曲面，而不是一般机械的简单几何体，加工难度大，必要时采用镶嵌结构、拼合结构，需要采用专门化机床，特种加工方法，需要高技术水平的工人。

(4) 材料硬度高 一般采用工具钢淬火、低温回火，或硬质合金，需要采用特种加工方法。

(5) 模具生产需具备专业化的生产组织形式，且该形式与其生产方式应相适应。

## 3. 本课程的内容与特点

本课程的内容主要包括：机械与模具的制造方法、机械与模具零件制造工艺规程、机械与模具装配工艺、机械加工质量、机床专用夹具设计。具体分 8 章，即：零件机械加工方法综述，机械加工工艺规程制订，典型零件的机械加工，模具的特种加工，机械加工质量，机械与模具装配工艺，机床专用夹具设计，以及现代机械制造技术。

由此，本课程的特点之一是新的结构体系。它突破了传统的学科内容结构，综合了机械制造工艺学、模具制造工艺学、机床夹具设计三门学科主要的内容，将机械制造与模具

制造工艺有机地结合,充实了传统的机械制造工艺学中的内容,确定了传统的模具制造工艺学中的理论依据。

本课程的特点之二是涵盖的知识面广。它既阐述了机械制造共同的理论、规律、加工方法,又概述了模具制造特殊加工方法与特点,以介绍制造与装配工艺为主,又较详细地介绍了夹具设计基本知识。适应了不同专业培养目标的差异,不同学历层次对教材内容的需求,因而,本课程涵盖的知识面较广泛,可供授课时取舍。

本课程的特点之三是注重应用能力的培养。坚持工艺理论的分析以够用为度,着重于介绍机械与模具制造方法的基本原理、特点及应用;着重于如何引导学生编制零件的机械加工工艺流程、线切割编程、模具装配工艺过程、夹具设计方法等方面独立工作能力的培养,力求体现应用型本科、高职高专培养目标与教学特色。

本课程的特点之四是实践性极强。课程中阐述的工艺理论来源于实践和科研实践,而工艺理论的发展又促进和指导生产的发展。学习制造工艺理论的目的在于应用,在于为将来从事工艺技术工作奠定基础,在于提高工艺技术水平。因此,要安排实践性教学环节,如到工厂机械或模具制造现场参观学习,进行必要的课程设计或大作业,如工艺规程的编制,拆装模具,设计夹具;完成习题与思考题的练习,从而建立感性认识,加深对基本概念和基本理论的理解及其应用。

#### 4. 学习本课程的目的、要求与方法

《机械制造与模具制造工艺学》是高等工科院校“机械制造工艺及设备”、“机械设计制造及其自动化”、“材料成型及其自动化”、“机电一体化”、“模具设计与制造”、“数控技术”等专业的一门必修的主要专业课。通过本课程的课堂理论教学,以及实践教学环节的配合,使学生掌握基本的工艺知识,初步具有分析和解决机械与模具制造工艺技术问题的能力,自学工艺理论和新工艺、新技术的能力。

具体有以下几点要求:

- (1) 熟悉机械与模具零件精密加工、特种加工方法的基本原理、特点及应用。
- (2) 掌握机械与模具零件制造工艺的基本理论(包括定位和基准理论、工艺和装配尺寸链理论、加工精度和误差分析理论、表面质量和机械振动理论等),注重基本理论的应用。
- (3) 掌握典型零件制造工艺及典型模具装配工艺过程。
- (4) 掌握机床夹具设计的定位原理、定位误差分析、夹紧装置的应用、设计特点及方法。
- (5) 具有制订中等复杂程度的典型机械与模具零件机械加工工艺规程的能力。
- (6) 具有设计中等复杂程度零件机床夹具的能力。
- (7) 了解现代机械制造技术的特点与应用。

# 目 录

|                                    |                                             |
|------------------------------------|---------------------------------------------|
| 第 1 章 零件机械加工方法综述..... 1            | 2.4.1 基准及其分类..... 48                        |
| 1.1 一般机械加工..... 1                  | 2.4.2 定位基准的选择..... 49                       |
| 1.1.1 车削加工..... 1                  | 2.5 工艺线路的拟定..... 51                         |
| 1.1.2 铣削加工..... 3                  | 2.5.1 表面加工方法的选择..... 52                     |
| 1.1.3 刨削加工..... 5                  | 2.5.2 加工顺序的安排..... 57                       |
| 1.1.4 磨削加工..... 6                  | 2.5.3 加工阶段的划分..... 59                       |
| 1.2 仿形加工..... 8                    | 2.5.4 工序的划分与组合..... 61                      |
| 1.2.1 仿形加工原理与控制形式..... 8           | 2.6 加工余量的确定..... 61                         |
| 1.2.2 仿形车削..... 10                 | 2.6.1 概念..... 61                            |
| 1.2.3 仿形铣削..... 11                 | 2.6.2 影响加工余量的因素..... 63                     |
| 1.2.4 仿形刨削..... 14                 | 2.6.3 确定加工余量的方法..... 63                     |
| 1.2.5 雕刻加工..... 15                 | 2.7 工序尺寸及其公差的确 定..... 64                    |
| 1.3 精密加工..... 16                   | 2.7.1 工艺基准与设计基准重合时<br>工序尺寸及其公差的确 定..... 64  |
| 1.3.1 坐标镗床加工..... 17               | 2.7.2 工艺基准与设计基准不重合时<br>工序尺寸及其公差的确 定..... 65 |
| 1.3.2 坐标磨床加工..... 21               | 2.8 机械加工时间定额..... 73                        |
| 1.3.3 成形磨削..... 23                 | 思考题与习题..... 75                              |
| 思考题与习题..... 34                     |                                             |
| 第 2 章 机械加工工艺规程的制订..... 35          | 第 3 章 典型零件的机械加工..... 79                     |
| 2.1 基本概念..... 35                   | 3.1 轴类零件加工..... 79                          |
| 2.1.1 生产过程及其组成..... 35             | 3.1.1 概述..... 79                            |
| 2.1.2 工艺过程及其组成..... 35             | 3.1.2 卧式车床主轴的机械加工..... 80                   |
| 2.1.3 生产纲领和生产类型..... 38            | 3.2 杆类零件加工..... 88                          |
| 2.1.4 工艺规程的作用及格式..... 40           | 3.2.1 概述..... 88                            |
| 2.1.5 制订工艺规程的原始资料<br>与基本步骤..... 43 | 3.2.2 模具导柱的机械加工..... 89                     |
| 2.2 零件的工艺性分析..... 44               | 3.2.3 外圆表面先进的磨削<br>方法简介..... 91             |
| 2.2.1 概念..... 44                   | 3.2.4 外圆表面的光整加工<br>方法简介..... 93             |
| 2.2.2 工艺性审查..... 44                | 3.3 套类零件加工..... 96                          |
| 2.2.3 零件的工艺性分析与<br>工艺规程的制订..... 47 | 3.3.1 概述..... 96                            |
| 2.3 毛坯选择..... 47                   | 3.3.2 液压缸的机械加工..... 98                      |
| 2.3.1 毛坯的种类和选择..... 47             | 3.3.3 模具导套的机械加工..... 100                    |
| 2.3.2 毛坯的形状与尺寸公差..... 48           | 3.3.4 深孔加工方法简介..... 102                     |
| 2.4 定位基准的选择..... 48                |                                             |

|                                      |     |                                             |     |
|--------------------------------------|-----|---------------------------------------------|-----|
| 3.3.5 孔的光整加工方法简介.....                | 104 | 4.4.3 基本工艺规律.....                           | 184 |
| 3.4 模座平板类零件加工.....                   | 106 | 4.4.4 超声加工的应用.....                          | 184 |
| 3.4.1 概述.....                        | 106 | 4.5 模具成型零件的其他加工方法.....                      | 185 |
| 3.4.2 材料、毛坯与热处理.....                 | 106 | 4.5.1 模具的铸造成型.....                          | 185 |
| 3.4.3 模座的加工.....                     | 106 | 4.5.2 模具挤压成形.....                           | 189 |
| 3.5 凸、凹模的加工.....                     | 110 | 思考题与习题.....                                 | 193 |
| 3.5.1 概述.....                        | 110 | <b>第5章 机械加工质量</b> .....                     | 195 |
| 3.5.2 凸模的机械加工工艺流程.....               | 111 | 5.1 机械加工精度.....                             | 195 |
| 3.5.3 凹模的机械加工<br>工艺流程.....           | 113 | 5.1.1 概述.....                               | 195 |
| 3.6 箱体加工.....                        | 114 | 5.1.2 工艺系统的几何误差.....                        | 196 |
| 3.6.1 概述.....                        | 114 | 5.1.3 工艺系统的受力变形.....                        | 202 |
| 3.6.2 车床主轴箱的机械加工.....                | 115 | 5.1.4 工艺系统的热变形.....                         | 211 |
| 3.6.3 箱体孔类的加工方法.....                 | 118 | 5.1.5 提高加工精度的工艺措施.....                      | 212 |
| 思考题与习题.....                          | 119 | 5.1.6 加工误差的统计分析法.....                       | 214 |
| <b>第4章 模具的特种加工及<br/>其他加工方法</b> ..... | 123 | 5.2 机械加工表面质量.....                           | 218 |
| 4.1 电火花加工.....                       | 123 | 5.2.1 加工表面质量的概念.....                        | 218 |
| 4.1.1 电火花加工的原理和特点.....               | 123 | 5.2.2 影响加工表面粗糙度的<br>工艺因素及其控制措施.....         | 220 |
| 4.1.2 电火花加工的基本规律.....                | 125 | 5.2.3 影响零件表面层物理<br>力学性能的主要因素<br>及其控制措施..... | 221 |
| 4.1.3 电火花加工机床.....                   | 131 | 5.2.4 机械加工中的振动.....                         | 226 |
| 4.1.4 电火花穿孔加工.....                   | 135 | 思考题与习题.....                                 | 231 |
| 4.1.5 型腔模电火花加工.....                  | 145 | <b>第6章 机械与模具装配工艺</b> .....                  | 233 |
| 4.2 电火花线切割加工.....                    | 153 | 6.1 装配概述.....                               | 233 |
| 4.2.1 电火花线切割加工<br>原理和特点.....         | 153 | 6.1.1 装配概念.....                             | 233 |
| 4.2.2 电火花线切割加工机床.....                | 155 | 6.1.2 装配工作的基本内容.....                        | 233 |
| 4.2.3 电火花线切割程序编制.....                | 158 | 6.1.3 装配的组织形式.....                          | 234 |
| 4.2.4 电火花线切割加工工艺.....                | 167 | 6.1.4 装配精度.....                             | 235 |
| 4.3 电化学及化学加工.....                    | 171 | 6.2 装配尺寸链.....                              | 236 |
| 4.3.1 电化学加工概述.....                   | 171 | 6.2.1 装配尺寸链的基本概念.....                       | 236 |
| 4.3.2 电解加工.....                      | 171 | 6.2.2 装配尺寸链的建立.....                         | 236 |
| 4.3.3 电铸加工.....                      | 175 | 6.3 装配方法及其选择.....                           | 238 |
| 4.3.4 化学加工.....                      | 179 | 6.3.1 互换装配法.....                            | 238 |
| 4.4 超声加工.....                        | 181 | 6.3.2 分组装配法.....                            | 241 |
| 4.4.1 超声加工的基本<br>原理和特点.....          | 182 | 6.3.3 修配装配法.....                            | 242 |
| 4.4.2 超声加工设备.....                    | 183 | 6.3.4 调整装配法.....                            | 244 |

|                                   |     |                                |     |
|-----------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 6.3.5 装配方法的选择.....                | 248 | 7.2.3 定位误差及其计算.....            | 301 |
| 6.4 装配工艺规程的制订.....                | 249 | 7.3 工件的夹紧.....                 | 309 |
| 6.4.1 制订装配工艺规程的<br>步骤与主要工作内容..... | 249 | 7.3.1 夹紧原理.....                | 309 |
| 6.4.2 确定装配顺序的原则.....              | 251 | 7.3.2 典型夹紧机构.....              | 312 |
| 6.5 冷冲模的装配.....                   | 251 | 7.3.3 组合夹紧机构与联动<br>夹紧机构.....   | 316 |
| 6.5.1 冷冲模装配的技术要求.....             | 251 | 7.4 各类机床夹具的设计特点.....           | 318 |
| 6.5.2 模架的装配.....                  | 253 | 7.4.1 车床夹具.....                | 318 |
| 6.5.3 凸、凹模装配.....                 | 256 | 7.4.2 铣床夹具.....                | 321 |
| 6.5.4 冲模装配的顺序.....                | 259 | 7.4.3 钻床夹具.....                | 324 |
| 6.5.5 冲裁模装配实例.....                | 259 | 7.4.4 镗床夹具.....                | 330 |
| 6.5.6 级进模装配实例.....                | 261 | 7.4.5 数控机床夹具.....              | 335 |
| 6.5.7 复合模装配实例.....                | 263 | 7.5 组合夹具.....                  | 337 |
| 6.5.8 环氧树脂等粘结技术在<br>模具装配中的应用..... | 265 | 7.5.1 组合夹具的特点与<br>应用场合.....    | 337 |
| 6.6 塑料模装配.....                    | 267 | 7.5.2 组合夹具的基本元件及<br>主要作用.....  | 337 |
| 6.6.1 塑料模装配的技术要求.....             | 267 | 7.5.3 组合夹具的组装.....             | 338 |
| 6.6.2 型芯、型腔凹模与<br>模板的装配.....      | 268 | 7.6 专用夹具设计方法.....              | 340 |
| 6.6.3 过盈配合件的装配.....               | 271 | 7.6.1 机床专用夹具的设计方法.....         | 340 |
| 6.6.4 装配中的修磨.....                 | 272 | 7.6.2 夹具结构的工艺性.....            | 342 |
| 6.6.5 导柱、导套的装配.....               | 273 | 思考题与习题.....                    | 345 |
| 6.6.6 推杆装配.....                   | 274 | <b>第 8 章 现代机械制造技术</b> .....    | 348 |
| 6.6.7 滑块抽芯机构的装配.....              | 276 | 8.1 机械与模具的 CAPP/CAM.....       | 348 |
| 6.6.8 楔紧块及斜导柱的装配.....             | 277 | 8.1.1 计算机辅助工艺<br>设计(CAPP)..... | 348 |
| 6.6.9 热塑性塑料注射<br>模具装配实例.....      | 278 | 8.1.2 机械产品的 CAD/CAM<br>技术..... | 353 |
| 思考题与习题.....                       | 281 | 8.2 机械制造系统的自动化技术.....          | 356 |
| <b>第 7 章 机床专用夹具设计</b> .....       | 283 | 8.2.1 概述.....                  | 356 |
| 7.1 概述.....                       | 283 | 8.2.2 柔性制造系统.....              | 357 |
| 7.1.1 机床夹具及其功用.....               | 283 | 8.2.3 计算机集成制造系统.....           | 359 |
| 7.1.2 机床夹具的分类与组成.....             | 285 | <b>参考文献</b> .....              | 361 |
| 7.2 工件的定位.....                    | 286 |                                |     |
| 7.2.1 工件定位的基本原理.....              | 286 |                                |     |
| 7.2.2 常用定位方式与定位<br>元件的设计.....     | 291 |                                |     |

# 第 1 章 零件机械加工方法综述

零件机械加工由于其加工精度高、表面质量好、生产效率高，能加工特形表面，是零件加工的主要方法。

## 1.1 一般机械加工

机械加工的方法有很多种，常用的方法有车削、铣削、刨削、钻削、铰削、镗削和磨削等。

由于它们所使用的机床不同，应用范围不同，所以各种加工方法有不同的工艺特点。

### 1.1.1 车削加工

车削加工是在车床上主要对回转面进行加工的方法。车床的种类很多，主要有卧式车床、立式车床、转塔自动车床及数控车床。车削加工的通用性好，加工精度高，表面粗糙度低，一般精车精度达 IT7~IT8，表面粗糙度  $R_a$  值为  $1.6\sim 0.8\ \mu\text{m}$ 。精细车可达 IT5~IT6， $R_a$  值达  $0.4\ \mu\text{m}$ ，是最基本的切削加工方法之一。这里只介绍一些特殊的车削方法。

#### 1. 特形曲面的车削

在机械制造中，由于设计和使用等的需要，会出现各种复杂的特殊的型面。如：凸轮、手柄、自动机床上的靠模及球面等。当其为单件生产或小批生产时，通常用普通车床来完成这些特殊型面的加工。

车削精度要求不高的特形曲面，常用纵向、横向同时进给法来完成车削加工，即在车削时双手同时摇动大拖板手柄和中拖板手柄，通过双手协调动作，车出所要求的特形曲面形状。

例如，车削如图 1.1 所示的手柄，工件装夹在三爪卡盘上。车削时，首先按图示要求车削  $\phi 46\ \text{mm}$  与  $\phi 20\ \text{mm}$  的外圆，然后再开始车削手柄曲面，采用大拖板自动纵向进给和中拖板配合手动横向进给的方法。车削时，根据大拖板自动纵向进给的速度和工件曲面圆弧的大小，掌握中拖板进退配合的快慢，并根据工件曲面圆弧的变化，随时调整。车削顺序，先车削距离卡盘最远

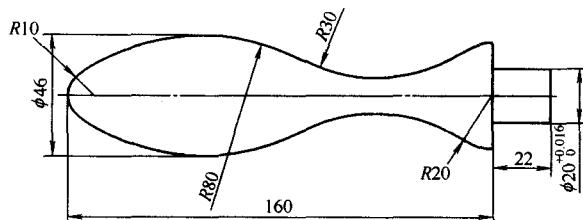


图 1.1 手柄

的曲面  $R20$ ，再车削  $R80$  的曲面，以此往左。车削时，大拖板应该由工件曲面的高处向低处作纵向进给，中拖板则由外向里以手动配合进给，这样可以避免因中拖板进给(退刀)不及时而将工件车坏。采用此种方法车削，由于手动进给的不均匀，工件表面的走刀痕迹往

往很明显,为降低表面粗糙度,应用细板锉仔细修整后再用砂布加机械油磨光。最后切断,调头车削  $R10$  的曲面并修光。

球面的加工常常也是单件或小批生产中碰到的问题。带球面的零件很多,如球面垫圈、拉深凸模、弯曲模、浮动模柄和塑料模的型芯等零件,往往都带有球面,如图 1.2 所示的浮动模柄接头,就是带球面的零件。球面的加工方法有很多种,如双手同时摇动中拖板手柄和小拖板手柄协调车削;用成形车刀车削;还可以在卧式车床上设置一个球面车削工具来车削球面,其方法是:在机床导轨上固定一基准板 2,在中拖板上紧固一调节板 3,基准板与调节板连杆 2 通过轴销铰链联接。当中拖板横向自动进给时。由于连杆 2 的作用,使大拖板作相应的纵向移动,而连杆绕基准板上的轴销回转使刀尖也作出圆弧轨迹。如图 1.3(a)所示,调节连杆 2 的长短,可以车出半径不同的球面。调整基准板的位置,可以车出内凹球面,如图 1.3(b)所示。

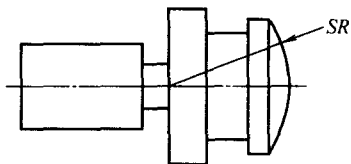


图 1.2 浮动模柄接头

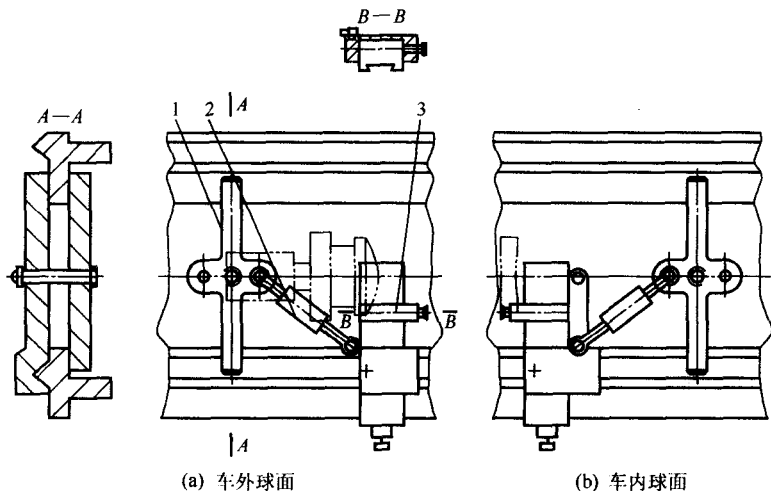


图 1.3 车球面工具

1—基准板; 2—连杆; 3—调节板

## 2. 多型腔零件的车削

模具上常常有多型腔零件,图 1.4 所示为三型腔塑料模的动模。其型腔的结构形状适合于用车削加工。因此,可用四爪卡盘或花盘装夹零件。用辅助顶尖找正型腔中心,逐个车出。车削前,须先按图示要求加工出工件的外形,以便车削时装夹,并在三个型腔的中心打上样冲眼或中心孔。车削时,把工件初步装夹在车床的花盘上,将辅助顶尖一端顶在样冲眼上或中心孔上,另一端顶在车床尾座顶尖上。用手转动主轴,以千分表校正辅助顶尖外圆,调整工件的位置,如图 1.5 所示。当辅助顶尖的外圆校正后,便可以对型腔进行车削。用同样的方法,可以校正其他型腔中心,并进行车削加工。辅助顶尖的结构如图 1.6 所示,要求  $\phi 16 \text{ mm}$  与  $\phi 10 \text{ mm}$  的外圆保持同轴。

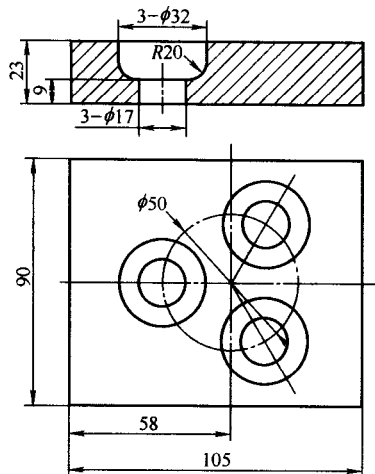


图 1.4 三型腔零件

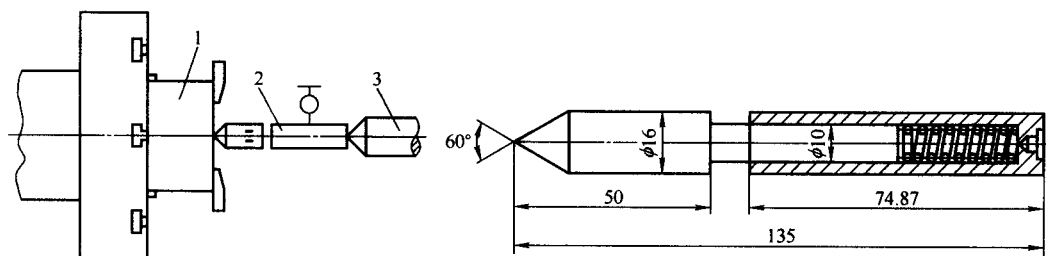


图 1.5 用辅助顶尖找正中心

1—坯料；2—辅助顶尖；3—车床尾座

图 1.6 辅助顶尖结构图

又如如图 1.7 所示的箱盖零件，现要在车床上加工  $\phi 25^{+0.033}$  mm 的两个孔及  $\phi 38$  mm 的凸台和  $136 \text{ mm} \times 96 \text{ mm}$  的大平面，我们可以采用与上例相同的加工方法来加工，只是为了调整工件方便，可在花盘上安装一辅助夹具。这样，在加工时，只需移动辅助夹具到一定位置即可继续加工。它既方便了工件的装夹、加工和测量，又可避免因移动工件而产生加工误差。

### 3. 对拼装式型腔的车削

在模具设计中，常常把型腔设计成对拼式的，即型腔的形状由两个半片或多个镶件组成。如在注射模、吹塑模、压铸模、玻璃模和胀形模等模具中都常有拼装式型腔零件。

车削加工拼装式型腔零件时，如图 1.8 所示。为保证型腔尺寸的准确性，应预先将各对拼件的对拼面磨平，相互间用工艺销钉固定组成为一个整体后再进行车削加工。

## 1.1.2 铣削加工

铣削加工可以用来加工平面、沟槽、螺纹、齿轮及成形表面，特别是复杂的特形面，几乎都是通过铣削加工来完成的。铣削加工精度较高，可达 IT8 左右，表面粗糙度  $R_a$  值为  $1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ，因此，铣削是切削加工中的重要加工方法之一，在机械加工中得到广泛的应用。

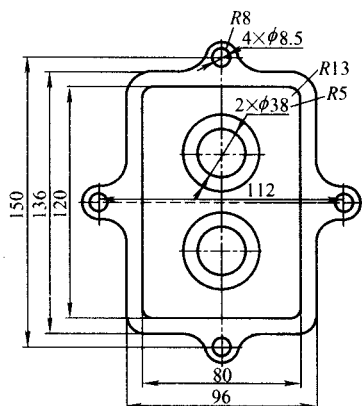


图 1.7 箱盖

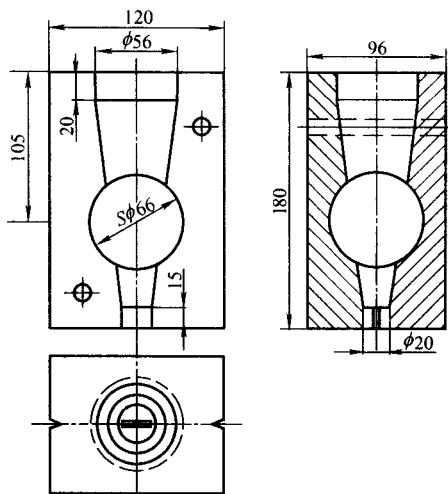


图 1.8 拼装式型腔零件

在模具零件的加工中,铣削主要用来加工各种模具的型腔和型面,铣削主要的机床是立式铣床和万能工具铣床。当模具的型腔和型面的精度要求较高时,铣削加工一般作为中间工序,铣削后经成形磨削或火花加工等来提高加工精度。

模具零件的立铣加工主要有以下几种:

### 1. 平面或斜面的铣削

在立式铣床上用端铣刀铣削平面,一般用平口钳、压板等装夹工件,其特点是切屑厚度变化小、同时进行切削的刀齿较多,切削过程比较平稳,铣刀端面的副切削刃有刮削作用,工件的表面粗糙度较低。因此,对于宽度较大的平面,都采用高速端面铣削。这样既能保证铣削精度,生产效率又高。

在立式铣床上铣削斜面,通常有三种方法:按划线转动工件铣斜面,用夹具转动工件铣斜面,转动立铣头铣斜面。

### 2. 圆弧面的铣削

在立式铣床上加工圆弧面,通常是利用圆形工作台,它是立铣加工中的常用附件,其结构组成如图 1.9 所示。

利用它进行各种圆弧面的加工。首先将圆形工作台安装在立式铣床工作台上,再将工件安装在圆形工作台上。安装工件时应注意使被加工圆弧的中心与圆形工作台的回转中心重合,并根据工件形状来确定铣床主轴中心是否需要与圆形工作台中心重合。

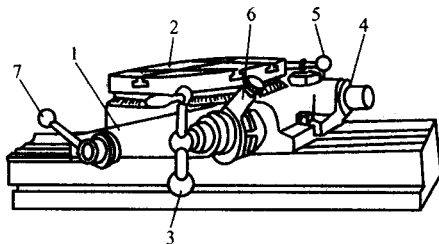


图 1.9 圆形工作台

1—底座; 2—圆台; 3、5、7—手柄; 4—接头; 6—扳动杆

### 3. 复杂型腔或型面的铣削

在模具设计与制造中, 有大量的不规则型腔或型面。对于凸凹模的不规则型腔或型面的铣削, 可采用坐标法进行。其方法是: 首先选定基准, 根据被铣削的型腔或型面的特征选定坐标的基准点。基准点(即坐标原点)的选定应根据型面或型腔的主要设计基准来确定。其次建立坐标系, 以坐标基准点为原点, 根据工作台的运动方向建立坐标系或极坐标。第三, 计算型腔或型面的横向和纵向坐标尺寸。最后用铣刀逐点铣削。如图 1.10 所示, 在铣削加工时, 根据被加工点的位置, 要准确控制工作台的纵向(X)与横向(Y)的移动。坐标法加工后的型腔或型面的精度较低, 需经钳工修整才能获得比较光滑平整的表面。

当立铣铣削的曲面为凸凹模复杂的空间曲面时, 同样可采用坐标法, 但需要控制 X、Y、Z 三个坐标方向的移动。

### 4. 坐标孔的铣削

对于单件孔系工件, 如图 1.11 所示的凸凹模, 由于孔系孔距精度较高, 可在立铣上利用其工作台的纵向与横向移动, 加工工件上的坐标孔。但对普通立铣床因工作台移动的丝杆与螺母之间存在间隙, 故孔距的加工精度不是很高。当孔距精度要求高时, 可用坐标铣床加工。坐标铣床是以孔加工和立铣加工为主要加工对象。坐标机床上装有光电式或数字式读数装置, 其加工精度比立式铣床高。

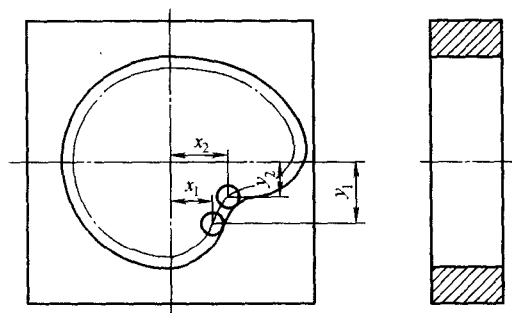


图 1.10 不规则型腔的立铣削

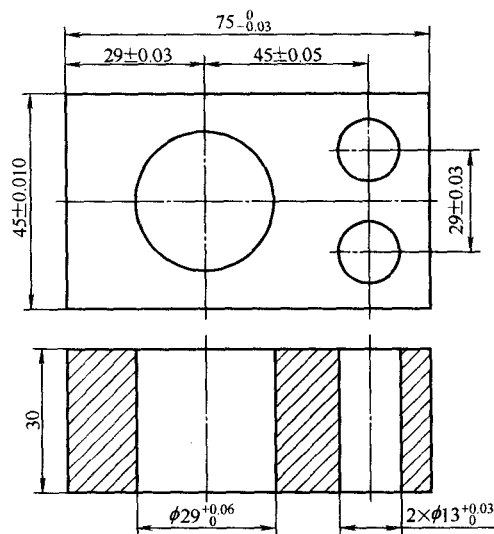


图 1.11 凸凹模

## 1.1.3 刨削加工

刨削加工是以单刃刀具——刨刀相对于工件作直线往复运动形式的主运动, 工件作间隙性移动进给的切削加工方法。在模具零件加工中, 刨削主要用于零件的外形加工, 刨削加工的精度为 IT9~IT7, 表面粗糙度值  $R_a$  为  $6.3 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。中小型零件主要用牛头刨床加工, 如冲裁模模座等。大型零件则用龙门刨床或单臂刨床进行加工。

## 1. 平面的刨削

对于较小的工件，常用平口钳装夹，对于大而薄的工件，一般是直接安装在刨床工作台上，用压板压紧。对于较薄的工件，在刨削时还常采用撑板压紧，如图 1.12 所示。其优点是便于进刀和出刀，可避免工件变形，夹紧可靠。撑板如图 1.13 所示。

斜面刨削时，可在工件底部垫入斜垫块使之倾斜。斜垫块是预先制成的一批不同角度的垫块，使用时还可用两块以上不同角度的斜块组成斜垫块组。另外，刨削斜面还可以倾斜刀架，使滑枕移动方向与被加工斜面方向一致。刨削时采用手动进给将斜面刨出。

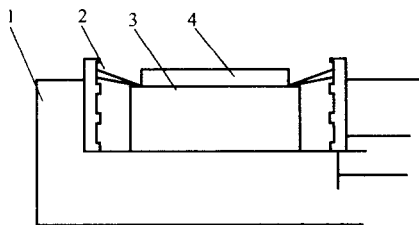


图 1.12 用撑板装夹

1—虎钳；2—撑板；3—垫板；4—工件

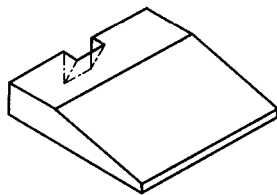


图 1.13 撑板

## 2. 曲面的刨削

刨削曲面时，刀具没有一定的位置，它随曲面的形状作相应的变化，用合成动作加工出各类曲面。曲面刨削有以下几种方法：

(1) 按划线刨削法 这种方法最常用，特别适合单件生产，其加工简单，但要求具有一定的操作技术。用该法加工曲面表面粗糙，刨后应修光表面。

(2) 成形刀具刨削法 用与曲面弧形相同的成形刨刀刨削曲面。加工后其表面粗糙度  $R_a$  可达  $6.3 \sim 3.2 \mu\text{m}$ ，用于一定批量的生产。缺点是只能刨削小面积曲面。当曲面的面积较大时要分段刨削，生产效率低，且精度不高。

(3) 机械装置刨削法 这种方法能得到较好的精度，加工质量稳定，适用于大批量生产。

### 1.1.4 磨削加工

磨削一般作为零件制造的半精加工和精加工手段，广泛地应用在机械制造和模具制造中，磨削可以加工外圆、内孔面、平面、成形表面、螺纹及齿轮廓形等各种表面，在模具制造中，可以磨削模具的型腔、型芯等成形件以及结构件。磨削加工所使用的机床有外圆磨床、内圆磨床、平面磨床及各种精密坐标磨床。这里仅介绍一般机械零件加工中不常用的特殊的磨削方法。

#### 1. 无心内圆磨削

无心内圆磨削是在无心内圆磨床上进行的内圆磨削。磨削时，工件以外圆表面定位，工件 3 支持在滚轮 1 和导轮 4 上，压紧轮 2 使工件紧贴导轮，由导轮带动工件旋转作圆周进给，砂轮 5 除了作高速旋转外，还要作纵向进给与周期性的横向进给，如图 1.14 所示。

加工完成后,压紧轮抬起,以便装卸工件。

无心内圆磨削主要用于大批量生产中,精加工内外圆面有同轴度要求的薄壁短工件的内孔。

## 2. 行星式内圆磨削

采用行星式磨削时,工件不动,砂轮除高速旋转外,砂轮轴还要围绕着固定中心(即工件内孔轴线)作旋转运动以实现圆周进给。磨削时的横向进给由砂轮轴绕工件内孔轴线旋转半径增大来完成,纵向进给可由工件或砂轮完成,如图 1.15(a)所示。

行星式内圆磨削适合于磨削大型的或形状不对称的,不宜于旋转的工件上的内孔或成形内表面,如凹模型腔、模块上的台阶孔等,如图 1.15(b)、(c)所示。也可以用来磨削这类工件上的凸肩、外圆面等,如凸模外成形表面,如图 1.15(d)所示。随着数控技术的发展。已出现由数控装置驱动完成所要求形状轨迹的运动,利用行星磨头来磨削型腔或外成形表面。

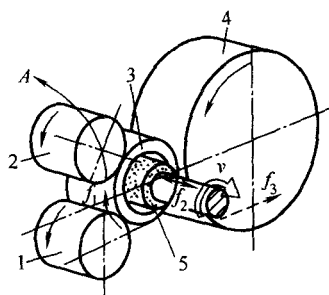


图 1.14 无心内圆磨削的工作原理

1—滚轮; 2—压紧轮; 3—工件; 4—导轮; 5—砂轮

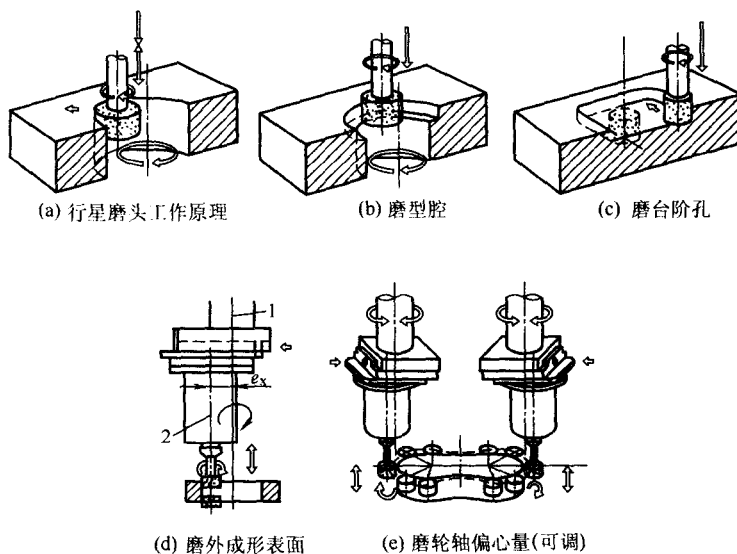


图 1.15 行星式磨削工作原理

1—主轴; 2—磨轮轴

磨削内圆时,砂轮的磨削速度一般为  $20 \sim 25 \text{ m/s}$ ; 工件的圆周进给速度一般为  $15 \sim 25 \text{ m/min}$ , 表面粗糙度要求较小时取较低值; 纵向进给速度为  $0.5 \sim 2.5 \text{ m/min}$ , 粗磨时取较大值, 精磨时取较小值; 横向进给量的取值与磨削材料有较大关系, 如磨削淬火钢时, 取  $0.005 \sim 0.01 \text{ mm}$ 。

## 1.2 仿形加工

仿形加工是以预先制成的靠模为依据,加工时在一定压力作用下,触头与靠模工作表面紧密接触,并沿其表面移动,通过仿形机构,使刀具作同步仿形动作,从而在零件毛坯上加工出与靠模相同型面的零件。仿形加工是对各种零件,特别是模具零件的型腔或型面进行切削加工的重要方法之一。常用的仿形加工有仿形车削、仿形铣削、仿形刨削和仿形磨削等。

### 1.2.1 仿形加工原理与控制形式

实现仿形加工的方法有多种,根据靠模触头传递信息的形式和机床进给传动控制方式的不同,可以分为机械式、液压式、电控式、电液式和光电式等。

机械式仿形的触头与刀具之间是以刚性连接,或通过其他机构如缩放仪及杠杆等进行连接,以实现同步仿形加工。图 1.16 所示为机械式仿形铣床的加工原理图。仿形触头 5 始终与靠模 4 的工作表面紧密接触,并沿其工作表面作相对运动,这个运动通过信息传递装置 3 传递给铣刀 1,铣刀对工件 2 进行加工,而实现仿形。要注意的是对于平面轮廓的仿形需要两个方向的进给, $S_2$  产生的进给,叫做随动进给运动,如图 1.16(a)所示。对空间轮廓的仿形,则需要三个方向的进给运动的相互配合其中  $S_1$ 、 $S_3$  为主进给运动, $S_2$  为随动进给运动,如图 1.16(b)所示。这类机床多数用手动进给或手动与机动相配合进给等多种方式实现仿形。

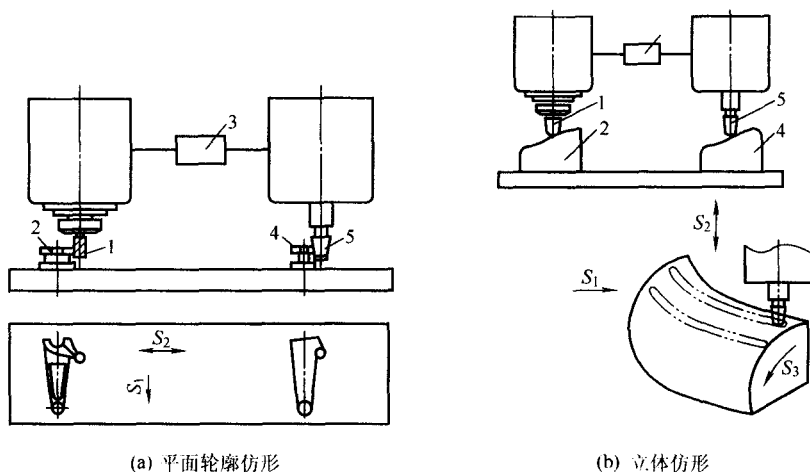


图 1.16 机械仿形工作原理

1—铣刀; 2—工件; 3—信息传递装置; 4—靠模; 5—仿形触头

采用机械式仿形机床加工工件时,由于靠模与仿形触头之间较大的作用力,又有相对运动。因而容易引起两构件工作面的磨损,而且在加工过程中,仿形触头以及起刚性连