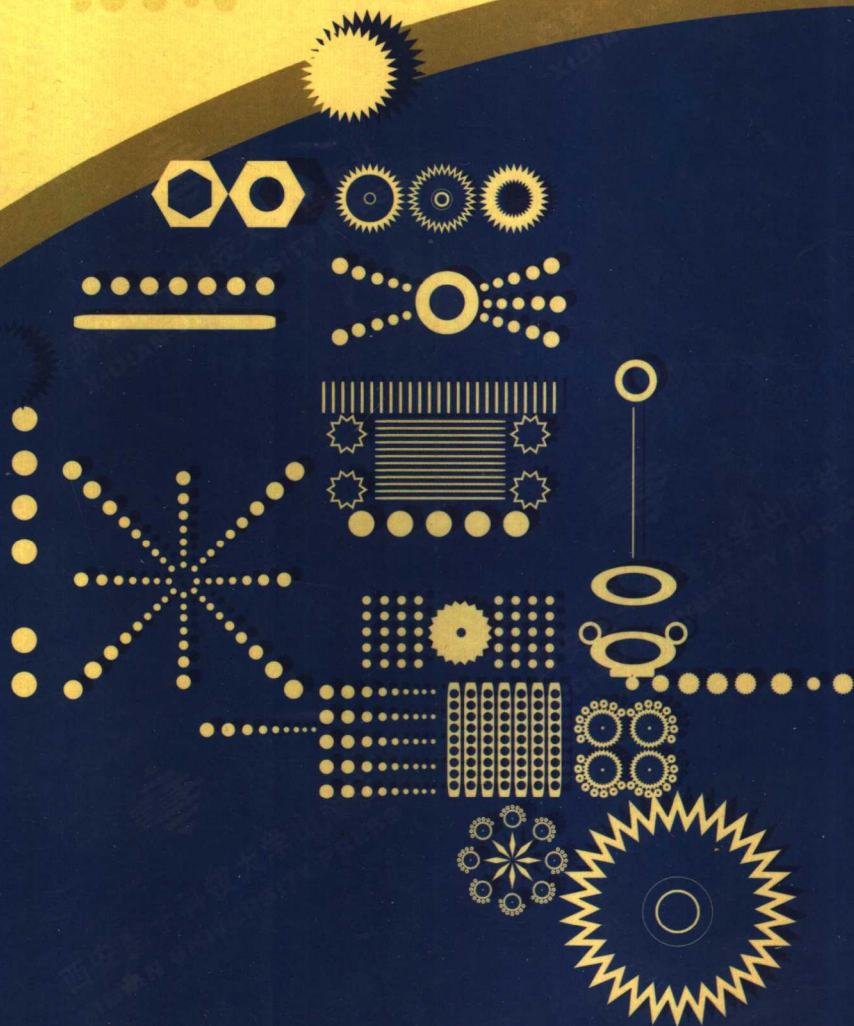


面向  
21  
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐  
机电类专业高职高专规划教材

# 机械制造技术

吴慧媛 主编  
刘建超 主审



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

## 内 容 简 介

本书是高职高专教育机电类专业规划教材。全书共分两篇 10 章,有机地整合了金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械制造工艺学和机床夹具设计等知识。全书以工艺应用为主线展开介绍进行编写,在上篇中系统地介绍了机械制造技术的有关基础知识,下篇则围绕典型零件展开介绍机械制造技术知识的综合运用,以合理的形式融合四门课程的知识。全书以大量的图和表格来代替繁琐的文字说明,最后还添加了一些实用表格,可供读者学习参考。每章后均附有一定数量的习题。全书的取材遵从实际,加强了理论与实践的相互结合,便于教学。

本书可作为高职高专院校的机电类专业教材,也可作为广大自学者的参考书。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/吴慧媛主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2006.11

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1729-8

I. 机… II. 吴… III. 机械制造工艺-高等学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 119333 号

策 划 毛红兵

责任编辑 陈 婷 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242855 88201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com

E-mail: xdupfxb@pub. xaonline. com

经 销 新华书店

印 刷 西安文化彩印厂

版 次 2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 20

字 数 470 千字

印 数 1~4000 册

定 价 25.00 元

ISBN 7-5606-1729-8/TH·0062

**XDUP 2021001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 序

在即将跨入 21 世纪的前夕,中共中央、国务院召开了第三次全国教育工作会议,并颁发了《中共中央、国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》;进一步明确了高等职业教育的重要地位,指出“高等职业教育是高等教育的重要组成部分。要大力发展高等职业教育”。在这一方针的指引下,我国高等职业教育取得了空前规模的发展。至 1999 年,从事高等职业教育的高等职业学校、高等专科学校和独立设置的成人高校已达 1345 所,占全国高校总数的 69.2%;专科层次的在校生占全国高校在校生的 55.37%,毕业生占高校毕业生总数的 68.5%。这些数字表明,高等职业教育在我国高等教育事业中占有极其重要的地位,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。随着社会的发展、科技的进步,以及我国高等教育逐步走向大众化,我国的高等职业教育必将进一步发展壮大。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批“双师型”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校。

为解决当前高职教材严重匮乏的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会联合策划、组织编写了计算机及应用电子技术两个专业的教材,现已出版。本系列教材,从策划到主编、主审的遴选,从成立专家组反复讨论大纲,研讨职业教材特色到书稿的字斟句酌,每走一步都比较扎实、精心。作者在编写中紧密联系实际,尽可能地吸收新理论、新技术、新工艺,并按照案例引入、改造拓宽、课题综合(通过一个大型的课题,综合运用所学内容)的思路,进行编写,努力突出高职教材的特点。本系列教材内容取材新颖、实用;层次清楚,结构合理;文笔流畅,装帧上乘。这套教材比较适合高等职业学校、高等专科学校和成人高校等高等职业教育的需要。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优而辛勤工作。但高职教材的建设还刚刚起步,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

术出

# 面向 21 世纪

## 机电类专业高职高专规划教材

### 编审专家委员会名单

- 主 任:** 刘跃南 (深圳职业技术学院教务长, 教授)
- 副 主 任:** 方 新 (北京联合大学机电学院副院长, 教授)
- 刘建超 (成都航空职业技术学院机械工程系主任, 副教授)
- 杨益明 (南京交通职业技术学院汽车工程系主任, 副教授)

**数控及模具组: 组长: 刘建超 (兼) (成员按姓氏笔画排列)**

- 王怀明 (北华航天工业学院机械工程系主任, 教授)
- 孙燕华 (无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任, 副教授)
- 皮智谋 (湖南工业职业技术学院机械工程系副主任, 副教授)
- 刘守义 (深圳职业技术学院工业中心主任, 副教授)
- 陈少艾 (武汉船舶职业技术学院机电工程系主任, 副教授)
- 陈洪涛 (四川工程职业技术学院机电工程系副主任, 副教授)
- 钟振龙 (湖南铁道职业技术学院机电工程系主任, 副教授)
- 唐 健 (重庆工业职业技术学院机械工程系主任, 副教授)
- 戚长政 (广东轻工职业技术学院机电工程系主任, 教授)
- 谢永宏 (深圳职业技术学院机电学院副院长, 副教授)

**汽车组: 组长: 杨益明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)**

- 王世震 (承德石油高等专科学校汽车工程系主任, 教授)
- 王保新 (陕西交通职业技术学院汽车工程系讲师)
- 刘 锐 (吉林交通职业技术学院汽车工程系主任, 教授)
- 吴克刚 (长安大学汽车学院教授)
- 李春明 (长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任, 教授)
- 李祥峰 (邢台职业技术学院汽车维修教研室主任, 副教授)
- 汤定国 (上海交通职业技术学院汽车工程系主任, 高讲)
- 陈文华 (浙江交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)
- 徐生明 (四川交通职业技术学院汽车系副主任, 副教授)
- 韩 梅 (辽宁交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)
- 葛仁礼 (西安汽车科技学院教授)
- 顾培钦 (广东交通职业技术学院汽车机械系主任, 副教授)

**项目策划:** 马乐惠

**策 划:** 马武装 毛红兵 马晓娟

# 前 言

近几年,我国高等职业教育得到迅速发展,对高职教育的定位和培养模式也逐渐明确,面向 21 世纪,提出“以能力为本,培养应用型人才为目的”的高职发展计划。本教材就是在这样的形势下着手进行编写的,它是高职高专机电类专业的一门主干专业课程。

根据培养综合应用型人才的要求,作者将传统的“机械制造工艺学”、“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”和“机床夹具设计”四门课程进行有机的整合,在此过程中坚持遵循以下原则:

(1) 按照培养目标,确立以“工艺”为主线,有机整合刀具、机床及夹具内容,使之成为工艺服务,展示“如何看懂工艺→如何实施工艺→如何编制工艺”的过程,使学生能更快地进入机械专业领域,更好地贴近生产实际。

(2) 本着以“必须、够用”为原则,对原来的四门课程中的理论内容和推理部分进行了大幅度的精简,注重应用介绍,加强理论与实践的相互结合,使学生能在有限的学时内掌握必要的知识并提高动手能力。

在教材编写过程中,力求内容组织合理,表述清楚,通俗易懂,重点突出,增强实用性。

本教材共分两篇 10 章,分别是概述篇和应用篇。概述篇包括金属切削刀具、切削物理现象、机床及夹具等基础内容。应用篇围绕典型零件的工艺展开,讲述了工艺分析、刀具选用、机床选用、夹具设计和检验方法等内容。书后附有一些实用的表格可供学生查用,每章后均附有习题可供学生练习。本书建议学时为 128 学时左右。

本教材由无锡职业技术学院吴慧媛主编。参加编写的有无锡职业技术学院吴慧媛(第 1、2、3、4、6 章)、薛庆红(第 5、7 章)、韩邦华(第 8、10 章)、秦丰(第 9 章)。全书由成都航空职业技术学院刘建超教授主审。

本教材在编写过程中参考了兄弟院校老师编写的有关教材及其他资料,受到了高职教育教学研究专家、原无锡机械制造学校(无锡职业技术学院的前身)赵克松老校长的全面指导,以及其他老师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加上编写时间仓促,书中难免有不妥与错误之处,恳请各兄弟院校专家、同行及广大读者批评指正。

作 者  
2006 年 9 月

# 目 录

## 第1篇 概 述 篇

|                            |    |                            |    |
|----------------------------|----|----------------------------|----|
| 第1章 绪论 .....               | 1  | 3.2 金属切削机床的基础知识 .....      | 30 |
| 1.1 机械制造技术概论 .....         | 1  | 3.2.1 机床概述 .....           | 30 |
| 1.2 本课程的研究对象、内容及学习要求 ..... | 3  | 3.2.2 机床的分类 .....          | 31 |
| 第2章 金属切削加工的基本知识 .....      | 4  | 3.2.3 机床型号的编制方法 .....      | 31 |
| 2.1 概述 .....               | 4  | 3.2.4 机床的运动分析 .....        | 34 |
| 2.1.1 切削运动 .....           | 4  | 3.2.5 机床的传动 .....          | 36 |
| 2.1.2 切削过程中工件的表面 .....     | 5  | 3.2.6 数控机床 .....           | 40 |
| 2.1.3 切削用量 .....           | 5  | 3.3 机床夹具的基础知识 .....        | 42 |
| 2.2 金属切削刀具 .....           | 7  | 3.3.1 概述 .....             | 42 |
| 2.2.1 刀具的组成 .....          | 7  | 3.3.2 工件在夹具中的定位 .....      | 46 |
| 2.2.2 刀具的角度及其作用 .....      | 8  | 3.3.3 工件在夹具中的夹紧 .....      | 63 |
| 2.2.3 刀具材料 .....           | 13 | 3.3.4 机床夹具设计的一般步骤 .....    | 68 |
| 2.2.4 刀具种类介绍 .....         | 15 | 习题 .....                   | 70 |
| 2.3 切削层参数与切削方式 .....       | 17 | 第4章 机械加工工艺规程设计 .....       | 74 |
| 2.3.1 切削层参数 .....          | 17 | 4.1 概述 .....               | 74 |
| 2.3.2 切削方式 .....           | 18 | 4.1.1 生产过程和生产系统 .....      | 74 |
| 2.4 金属切削过程中的物理现象及规律 .....  | 19 | 4.1.2 工艺过程和工艺规程 .....      | 74 |
| 2.4.1 切屑的形成与类型 .....       | 19 | 4.1.3 工艺过程的组成 .....        | 74 |
| 2.4.2 切削变形及其影响因素 .....     | 21 | 4.1.4 生产纲领和生产类型 .....      | 77 |
| 2.4.3 积屑瘤的产生及影响 .....      | 21 | 4.2 工艺规程的制订方法 .....        | 78 |
| 2.4.4 切削力及其影响因素 .....      | 22 | 4.2.1 工艺规程的作用及文件格式 .....   | 78 |
| 2.4.5 切削热和影响切削温度的因素 .....  | 23 | 4.2.2 制订工艺规程的原则 .....      | 83 |
| 2.4.6 刀具磨损与刀具的耐用度 .....    | 24 | 4.2.3 制订工艺规程的原始资料 .....    | 83 |
| 2.4.7 切削液的合理选择 .....       | 25 | 4.2.4 制订工艺规程的步骤 .....      | 83 |
| 2.4.8 刀具几何参数的作用及合理选择 ..... | 26 | 4.2.5 制订工艺规程应注意的几个问题 ..... | 83 |
| 2.4.9 切削用量的合理选择 .....      | 28 | 4.2.6 机械加工的生产率与经济性分析 ..... | 86 |
| 习题 .....                   | 29 | 4.2.7 计算机辅助工艺规程编制 .....    | 90 |
| 第3章 金属切削机床及夹具的基础知识概述 ..... | 30 | 4.3 工艺规程内容设计 .....         | 91 |
| 3.1 概述 .....               | 30 | 4.3.1 毛坯的确定 .....          | 91 |
|                            |    | 4.3.2 工艺路线的拟定 .....        | 93 |

|                               |     |                             |     |
|-------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 4.3.3 加工余量的确定 .....           | 96  | 5.1.4 工艺系统热变形对加工精度的影响 ..... | 120 |
| 4.3.4 工序尺寸及其公差确定 .....        | 98  | 5.2 加工误差的综合分析 .....         | 123 |
| 4.3.5 工艺卡片的填写 .....           | 104 | 5.2.1 加工误差的性质 .....         | 123 |
| 4.4 数控加工工艺基础 .....            | 104 | 5.2.2 加工误差的统计分析法 .....      | 124 |
| 4.4.1 基本概念 .....              | 104 | 5.3 减少加工误差的措施 .....         | 129 |
| 4.4.2 基本内容 .....              | 105 | 5.3.1 直接减少原始误差法 .....       | 129 |
| 4.4.3 基本特点 .....              | 105 | 5.3.2 误差补偿法 .....           | 129 |
| 4.4.4 特殊要求 .....              | 106 | 5.3.3 误差转移法 .....           | 129 |
| 4.4.5 数控加工工艺设计的基本原则 .....     | 106 | 5.3.4 误差分组法 .....           | 130 |
| 习题 .....                      | 107 | 5.3.5 就地加工法 .....           | 130 |
| <b>第5章 机械加工质量分析</b> .....     | 111 | 5.3.6 误差平均法 .....           | 131 |
| 5.1 影响机械加工误差的因素及分析 .....      | 111 | 5.4 机械加工表面质量分析 .....        | 131 |
| 5.1.1 加工原理误差 .....            | 111 | 5.4.1 加工表面质量的含义 .....       | 131 |
| 5.1.2 工艺系统的几何误差对加工误差的影响 ..... | 111 | 5.4.2 影响表面质量的因素 .....       | 132 |
| 5.1.3 工艺系统受力变形对加工误差的影响 .....  | 115 | 5.4.3 提高加工表面质量的途径 .....     | 135 |
|                               |     | 习题 .....                    | 137 |

## 第2篇 应用篇

|                                |     |                                  |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| <b>第6章 轴类零件加工工艺及工艺实施</b> ..... | 139 | <b>第7章 套筒类零件加工工艺及工艺实施</b> .....  | 180 |
| 6.1 概述 .....                   | 139 | 7.1 概述 .....                     | 180 |
| 6.1.1 轴类零件的功用和结构特点 .....       | 139 | 7.1.1 套筒类零件的功用与结构特点 .....        | 180 |
| 6.1.2 轴类零件的技术要求 .....          | 140 | 7.1.2 套筒类零件的技术要求、材料、毛坯及热处理 ..... | 180 |
| 6.1.3 轴类零件的材料、毛坯及热处理 .....     | 140 | 7.2 套筒类零件主要表面的加工方法 .....         | 181 |
| 6.2 轴类零件主要表面的加工方法 .....        | 141 | 7.2.1 各类孔的加工方法 .....             | 181 |
| 6.2.1 外圆表面的加工方法 .....          | 141 | 7.2.2 孔的加工方案及其选择 .....           | 189 |
| 6.2.2 外圆表面加工方案的选择 .....        | 144 | 7.3 套筒类零件的加工工艺分析 .....           | 190 |
| 6.3 轴类零件的加工工艺分析 .....          | 145 | 7.3.1 套筒类零件加工的定位和安装 .....        | 190 |
| 6.3.1 轴类零件加工的定位及安装 .....       | 145 | 7.3.2 套筒类零件的加工工艺过程分析 .....       | 190 |
| 6.3.2 阶梯轴的加工工艺过程分析 .....       | 146 | 7.3.3 套筒类零件加工中的主要工艺问题 .....      | 192 |
| 6.3.3 细长轴的加工工艺过程分析 .....       | 149 | 7.4 套筒类零件的工艺实施 .....             | 194 |
| 6.3.4 轴类零件加工中的几个主要工艺问题 .....   | 150 | 7.4.1 刀具 .....                   | 194 |
| 6.4 轴类零件工艺实施 .....             | 151 | 7.4.2 夹具设计 .....                 | 201 |
| 6.4.1 刀具 .....                 | 151 | 7.4.3 机床 .....                   | 211 |
| 6.4.2 夹具设计 .....               | 157 | 7.4.4 检验方法及检具 .....              | 213 |
| 6.4.3 机床 .....                 | 161 |                                  |     |
| 6.4.4 检验方法与检具 .....            | 177 |                                  |     |

|                                 |     |                              |     |
|---------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 习题 .....                        | 213 | 9.3.2 齿轮加工工艺分析 .....         | 268 |
| <b>第 8 章 箱体类零件加工工艺及工艺</b>       |     | 9.4 齿轮零件工艺实施 .....           | 269 |
| <b>实施</b> .....                 | 215 | 9.4.1 刀具 .....               | 269 |
| 8.1 概述 .....                    | 215 | 9.4.2 机床 .....               | 272 |
| 8.1.1 箱体类零件的功用及结构特点 ..          | 215 | 9.4.3 检验方法和检具 .....          | 275 |
| 8.1.2 箱体类零件的技术要求、材料、            |     | 习题 .....                     | 277 |
| 毛坯和热处理 .....                    | 216 | <b>第 10 章 机械装配工艺基础</b> ..... | 278 |
| 8.2 箱体类零件主要表面的加工方法 .....        | 218 | 10.1 概述 .....                | 278 |
| 8.2.1 平面的加工方法 .....             | 218 | 10.1.1 装配的概念 .....           | 278 |
| 8.2.2 孔系的加工方法 .....             | 224 | 10.1.2 装配精度 .....            | 278 |
| 8.3 箱体类零件的加工工艺分析 .....          | 230 | 10.1.3 装配工作的特点 .....         | 279 |
| 8.3.1 箱体类零件加工的定位和安装 ..          | 230 | 10.2 装配尺寸链 .....             | 280 |
| 8.3.2 箱体类零件的加工工艺过程              |     | 10.2.1 基本概念 .....            | 280 |
| 分析 .....                        | 230 | 10.2.2 装配尺寸链的建立 .....        | 281 |
| 8.4 箱体类零件的工艺实施 .....            | 232 | 10.2.3 装配尺寸链的计算 .....        | 281 |
| 8.4.1 刀具 .....                  | 232 | 10.3 保证装配精度的工艺方法 .....       | 282 |
| 8.4.2 夹具设计 .....                | 237 | 10.3.1 互换装配法 .....           | 282 |
| 8.4.3 机床 .....                  | 250 | 10.3.2 选择装配法 .....           | 285 |
| 8.4.4 检验方法与检具 .....             | 254 | 10.3.3 修配装配法 .....           | 287 |
| 习题 .....                        | 256 | 10.3.4 调整装配法 .....           | 289 |
| <b>第 9 章 齿轮零件加工工艺及工艺</b>        |     | 10.4 装配工艺规程的制订 .....         | 291 |
| <b>实施</b> .....                 | 258 | 10.4.1 准备原始资料 .....          | 291 |
| 9.1 概述 .....                    | 258 | 10.4.2 熟悉和审查产品的装配图 .....     | 291 |
| 9.1.1 齿轮的功用与结构特点 .....          | 258 | 10.4.3 确定装配方法与装配的组织          |     |
| 9.1.2 齿轮的技术要求 .....             | 259 | 形式 .....                     | 291 |
| 9.1.3 齿轮的材料、热处理和毛坯 .....        | 259 | 10.4.4 划分装配单元及确定装配           |     |
| 9.2 圆柱齿轮齿形加工方法和加工方案 ..          | 260 | 顺序 .....                     | 292 |
| 9.2.1 齿坯的加工方法 .....             | 260 | 10.4.5 装配工序的划分 .....         | 292 |
| 9.2.2 齿形的加工方法 .....             | 261 | 10.4.6 填写装配工艺文件 .....        | 293 |
| 9.2.3 齿轮加工方案选择 .....            | 265 | 10.4.7 制定产品检测与试验规范 .....     | 293 |
| 9.3 齿轮零件的加工工艺分析 .....           | 265 | 习题 .....                     | 293 |
| 9.3.1 齿轮的加工工艺过程 .....           | 265 |                              |     |
| <b>附录 1 常用机床组、系代号及主参数</b> ..... | 295 |                              |     |
| <b>附录 2 加工余量</b> .....          | 299 |                              |     |
| <b>附录 3 切削用量</b> .....          | 305 |                              |     |
| <b>参考文献</b> .....               | 309 |                              |     |

# 第 1 篇 概 述 篇

## 第 1 章 绪 论

### 1.1 机械制造技术概论

制造业是国民经济的支柱产业。据调查,在工业化国家中,60%~80%的社会财富和45%的国民收入都是由制造业创造的,约有1/4的人口从事各种形式的制造活动,故制造业的发展对综合国力的提高和社会稳定起着极其重要的作用。在整个制造业中,机械制造业占有特别重要的地位。机械制造业是国民经济的装备部,国民经济各部门的生产能力和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所提供的装备的技术性能、质量和可靠性,因而,各发达国家都把发展机械制造业放在了突出位置。机械制造业为国民经济各部门、科研单位和国防部门以及自身的技术改造提供现代化的技术装备,其发展规模和水平对国民经济的发展起很大的制约和直接影响作用,是一个国家经济实力和科学技术发展水平的重要标志。

机械制造工业的发展和进步主要取决于机械制造技术水平的发展与进步。制造技术是完成制造活动所施行的一切手段的总和。这些手段包括运用一定的知识、技能,操纵可以利用的物质、工具,采取各种有效的方法等。制造技术是制造企业的技术支柱,是制造企业持续发展的根本动力。在科学技术飞速发展的今天,现代工业对机械制造技术的要求也越来越高,这也就推动了机械制造技术不断向前发展。所以制造技术作为当代科学技术发展最为重要的领域之一,各发达国家纷纷把先进制造技术列为国家的高新关键技术和优先发展项目,给予了极大的关注。

正是由于上述原因,各国都对制造技术的发展给予高度的重视。美国国防部根据国会的要求委托里海大学于1994年提出了《21世纪制造企业战略》报告,其核心就是要使美国的制造业在2006年以前处于世界领先地位。而日本自20世纪50年代以来经济的高速发展,在很大程度上也是得益于在制造技术领域研究成果的支持。

建国五十多年来,我国的机械制造业也取得了很大的成就。在解放初几乎空白的工业基础上建立起了初步完善的制造业体系,生产出了我国的第一辆汽车、第一艘轮船、第一台机车、第一架飞机、第一颗人造地球卫星等,为我国的国民经济建设和科技进步提供了有力的基础支持,为满足人民群众的物质生活需要作出了巨大的贡献。“八五”计划以来,

我国机械工业努力追赶世界制造技术的先进水平,积极开发新产品,研究推广先进制造技术,使我国的机械制造技术水平在引进吸收国外先进技术的基础上有了飞速的发展。从1999年中国国际机床博览会可以看出,我国的机床产品较之上一届博览会有了长足的进步,为航天等国防尖端、造船、大型发电设备制造、机车车辆制造等重要行业提供了一批高质量的数控机床和柔性制造单元;为汽车、摩托车等大批量生产行业提供了可靠性高、精度保持性好的柔性生产线;已经可以供应实现网络制造的设备;五轴联动数控技术更加成熟;高速数控机床、高精度精密数控机床、并联机床等已走向实用化;国内自主开发的基于PC的第六代数控系统已逐步成熟,数控机床的整机性能、精度、加工效率等都有很大的提高,在技术上已经克服了长期困扰我们的可靠性问题。

但与工业发达的国家相比,我国制造业的水平还存在阶段性的差距,主要表现在产品质量和水平不高,技术开发能力不强,基础元器件和基础工艺不过关,生产率低下,科技投入严重不足等。例如,我国机械制造业拥有三百多万台机床和二千多万职工,堪称世界之最。但由于产品结构和生产技术相对落后,致使我国许多高精尖设备和成套设备仍需大量进口,机械制造业人均产值仅为发达国家的几十分之一。

我国机械制造业面临着国际市场竞争日益激烈的严峻挑战,在许多地方还处于劣势,如技术落后、资金不足、资源短缺,以及管理体制和周围环境还存在许多问题尚待改进。当今,制造业的世界格局已经发生了重大的变化,欧、亚、美三分天下的局面正在形成,世界经济重心开始向亚洲转移,制造业的产品结构、生产模式也在迅速变革之中,所有这些都给我们带来了挑战与机遇。我们必须正视现实,面对挑战,抓住机遇,深化改革,把握方向,奋发图强,使我国的机械制造业在不太长的时间内赶上世界先进水平。

传统的机械制造过程是一个离散的生产过程,它是以“制造技术”为核心的一个狭义的制造过程。随着科学技术的发展,传统的机械制造技术与计算机技术、数控技术、微电子技术、传感技术等相结合形成了以系统性,设计与工艺一体化,精密加工技术,产品生产全过程制造和人、组织、技术三结合为特点的先进制造技术,其涉及的领域可概括为与新技术、新工艺、新材料和新设备结合的领域。制造技术的发展方向主要在以下几个方面:

(1) 制造系统的自动化。机械制造自动化的发展经历了单机自动化、自动线、数控机床、加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造和并行工程等几个阶段,并进一步向柔性化、集成化、智能化发展。CAD/CAPP/CAM/CAE(计算机辅助设计/计算机辅助工艺规程/计算机辅助制造/计算机辅助分析)等技术进一步完善并集成化,为提高生产效率、改善劳动条件、保证产品质量、实现快速响应提供了必要的保证。

(2) 精密工程与微型机械。精密工程包括精密和超精密加工技术、微细加工和超微细加工技术、纳米技术等。它在超精密加工设备,金刚石砂轮超精密磨削,先进超精密研磨抛光加工,去除、附着、变形加工等原子、分子级的纳米加工,微型机械的制造等领域取得了进展。

(3) 特种加工。利用声、光、电、磁、原子等能源实现的物理的、化学的加工方法,如超声波加工、电火花加工、激光加工、电子束加工、电解加工等,它们在一些新型材料、难加工材料的加工和精密加工中取得了良好的效果。

(4) 表面工程技术,即表面功能性覆层技术。它是通过附着(电镀、涂层、氧化)、注入(渗氮、离子溅射、多元共渗)、热处理(激光表面处理)等手段,使工件表面具有耐磨、耐

蚀、耐疲劳、耐热、减摩等特殊的功能。

(5) 快速成形制造(RPM)。它是利用离散、堆积、层集成形的概念,把一个三维实体零件分解为若干个二维实体制造出来,再经堆积而构成三维实体零件。利用这一原理与计算机辅助三维实体造型技术和CAM技术相结合,通过数控激光机和光敏树脂等介质实现零件的快速成形。

(6) 智能制造技术。智能制造技术是指把专家系统、模糊理论、人工神经网络等技术应用于制造中,解决多种复杂的决策问题,提高制造系统的实用性和技术水平。

(7) 敏捷制造、虚拟制造、精良生产、清洁生产等概念的提出和应用。

先进制造技术是以传统的加工技术和理论为基础,结合科技发展的最新成果而发展起来的。了解和掌握基本的制造技术理论和方法是为后续的学习和掌握先进制造技术知识提供基础平台的。

## 1.2 本课程的研究对象、内容及学习要求

一个机械产品的制造过程包括零件制造、整机装配等一系列的工作,零件的加工实质是零件表面的成形过程,这些成形过程是由不同的加工方法来完成的。在一个零件上,被加工表面类型不同,所采用的加工方法也就不同;同一个被加工表面,精度要求和表面质量要求不同,所采用的加工方法和加工方法的组合也不同。因而机械制造技术的主要内容包括:

(1) 各种加工方法和由这些方法构成的加工工艺。

(2) 在机械加工中,由机床、刀具、夹具与被加工工件一起构成了一个实现某种加工方法的整体系统,这一系统称为机械加工工艺系统。工艺系统的构成是加工方法选择和加工工艺设计时必须考虑的问题。

(3) 为了保证加工精度和加工表面质量,需要对加工工艺过程的有关技术参数进行优化选择,实现对加工过程的质量控制。

因而工艺系统、表面成形和切削加工的基本知识是本课程的主体。这部分内容是机械类学生的专业知识结构中机械制造技术知识的重要组成部分。通过本课程的学习,使学生掌握机械制造技术的基本加工技术和基本理论,再通过后续课程的学习,进一步掌握先进制造技术的有关知识,从而为将来胜任不同岗位的专业技术工作、掌握先进制造技术手段应用、具备突出的工程实践能力奠定良好的基础。为实现这一目的,本课程的学习要求主要有以下几方面:

(1) 掌握机械制造过程中工艺系统、表面成形和切削加工的基本知识,掌握常用加工方法及其工艺装备的基本知识。

(2) 掌握常用加工方法的综合应用和机械加工工艺、装配工艺设计的方法,掌握工艺装备选用与设计的方法。

(3) 初步具备解决机械制造过程中工艺技术问题的能力和产品质量控制的能力。

最后指出,机械制造技术是通过长期生产实践总结而形成的。它来源于生产实践,服务于生产实践。因此,本门课程的学习必须密切联系生产实践,在实践中加深对课程内容的理解,在实践中强化对所学知识的应用。

## 第 2 章 金属切削加工的基本知识

### 2.1 概 述

切削加工是利用切削工具从工件上切除多余材料的加工方法。凡精度要求较高的机械零件,除了很少一部分是采用精密铸造、精密锻造、粉末冶金以及工程塑料压制成形等方法直接获得外,绝大部分零件是靠切削加工的方法来获得的。因此,切削加工在机械制造业中占有十分重要的地位,目前占机械制造总工作量的 40%~60%。切削加工多用于金属材料的加工,也可用于某些非金属材料的加工。

#### 2.1.1 切削运动

切削运动是指切削过程中刀具相对于工件的运动,各种切削加工中的切削运动按其作用可以分为以下几种。

##### 1. 主运动和进给运动

###### 1) 主运动

主运动是切除工件上的被切削层,使之转变为切屑的主要运动。它是切削加工中速度最高、消耗功率最多的运动。在切削运动中主运动通常只有一个,它可以由工件完成,也可以由刀具完成;它可以是旋转运动,如车削(见图 2-1 所示),也可以是直线运动,如刨削(见图 2-2 所示)。

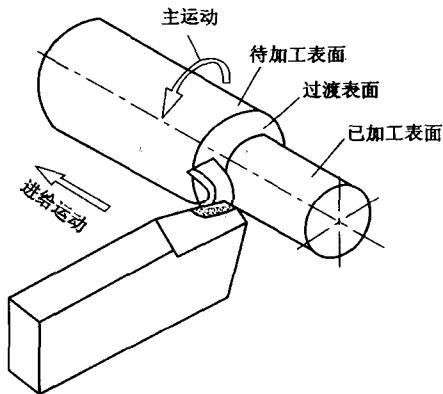


图 2-1 车削运动和工件的加工表面

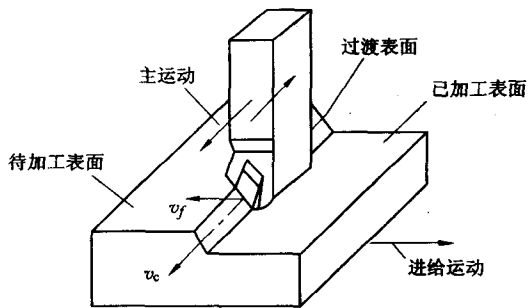


图 2-2 刨削运动和工件的加工表面

###### 2) 进给运动

进给运动是依次或连续不断地把被切削层投入切削,以逐渐切出整个工件表面的运

动。它的速度较低,消耗功率较少。在切削运动中,进给运动可以有一个或几个,也可能没有;它可以由刀具完成,也可以由工件完成;它可以是连续性的运动,如图 2-1 所示,也可以是间歇性的运动,如图 2-2 所示。

2. 合成切削运动

主运动和进给运动可以同时进行(如车削、铣削),也可以交替进行(如刨削)。当切削加工中同时存在主运动和进给运动时,切削刀具上选定点相对工件的运动是主运动和进给运动的合成,称为合成切削运动。合成运动的方向,称为合成切削运动方向。合成运动的速度,称为合成切削速度。图 2-3 列举了各种加工的切削运动简图。

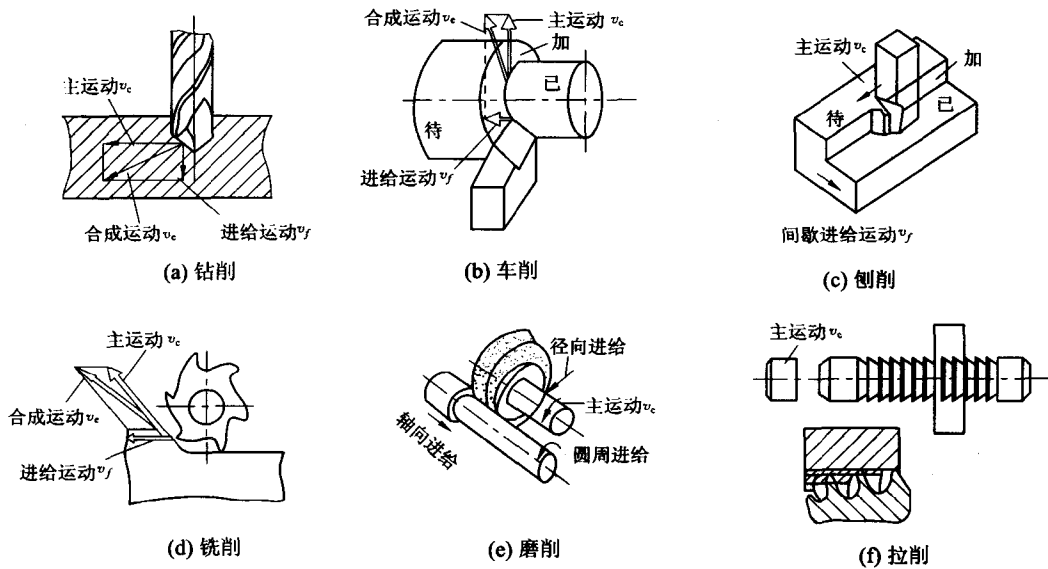


图 2-3 各种加工的切削运动

2.1.2 切削过程中工件的表面

切削过程中,工件上的切削层不断地被刀具切除变成切屑,同时在工件上形成新表面。在新表面形成的过程中,工件上会产生三个不断变化的表面,如图 2-1 所示。它们分别是:

- (1) 待加工表面: 工件上即将被切去金属层的表面。
- (2) 已加工表面: 刀具切削后在工件上形成的新表面。
- (3) 加工表面: 切削刃正在切削的表面,又称为过渡表面。该表面的位置始终在待加工表面与已加工表面之间不断变化。

2.1.3 切削用量

切削用量是对切削加工过程中的切削速度、进给量、背吃刀量的总称,如图 2-4 所示。

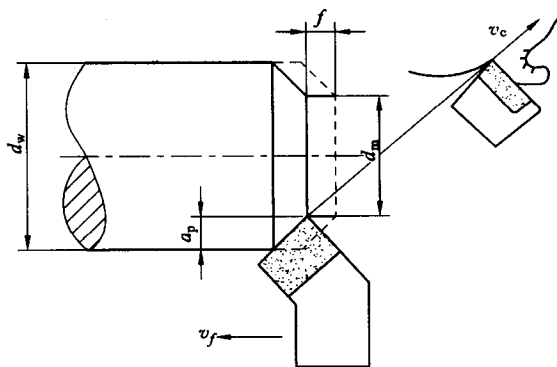


图 2-4 切削用量

### 1. 切削速度 $v_c$

切削速度是指在进行切削加工时, 刀具切削刃上的某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度。

车外圆时, 计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi d_w n}{1000}$$

式中,  $v_c$ ——切削速度(m/min 或 m/s);

$d_w$ ——工件待加工表面直径(mm);

$n$ ——工件转速(r/min)。

一般来说, 切削刃上各点的切削速度是不相同的, 切削速度大的地方, 发热多, 刀具磨损就快, 因此在计算时应以最大的切削速度为准。

### 2. 进给量 $f$

进给量是指工件或刀具每转一圈或往复一次或刀具每转过一齿时, 工件与刀具在进给运动方向上的相对位移量, 用  $f$  表示。主运动是回转运动时(如车削、钻削、磨削), 进给量  $f$  的单位为 mm/r; 主运动为往复直线运动时(如刨削), 进给量  $f$  的单位是 mm/双行程, 或 mm/单行程。铣削、铰削时, 由于刀具为多齿刀具, 还用每齿进给量  $f_z$  表示, 单位是 mm/齿。它与进给量的关系为

$$f = f_z z$$

有时还用进给速度  $v_f$  表示进给运动的大小, 进给速度是指单位时间内工件与刀具在进给运动方向上的相对位移, 单位为 mm/min。计算公式是

$$v_f = fn$$

式中,  $f$ ——每转进给量(mm/r);

$n$ ——工件转速(r/min)。

### 3. 背吃刀量 $a_p$

背吃刀量是指工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离, 用  $a_p$  表示, 单位为 mm。车外圆时

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中,  $d_w$ ——工件待加工表面直径(mm);

$d_m$ ——工件已加工表面直径(mm)。

## 2.2 金属切削刀具

### 2.2.1 刀具的组成

金属切削刀具的种类很多, 形状也各不相同, 但它们切削部分的几何形状与参数方面却有着共同的内容, 因而不论刀具构造多么复杂, 也不论是单齿刀具或多齿刀具, 就它们单个齿的切削部分而言, 可以视为从外圆车刀的切削部分演变而来的。因此我们以外圆车刀切削部分为例, 来介绍刀具切削部分的几何参数。

图 2-5 所示为一把常见的外圆车刀, 它由刀杆和刀头两部分组成。刀杆是车刀的夹持部分, 刀头是车刀的切削部分, 承担切削作用, 它由以下几部分组成:

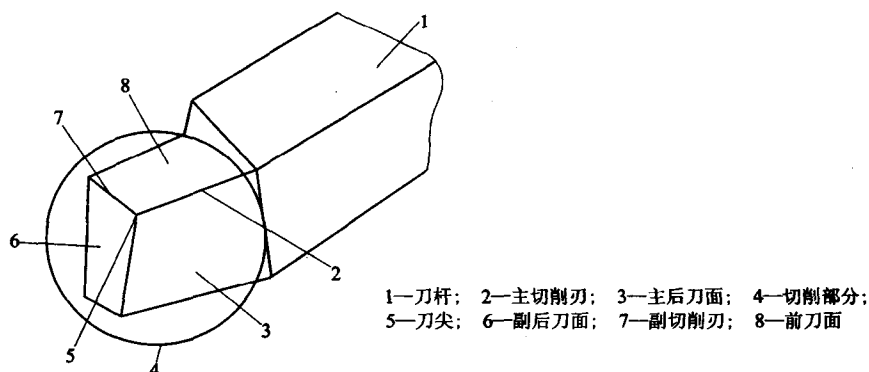


图 2-5 外圆车刀的组成

(1) 前刀面  $A_f$ : 刀具上切屑流出经过的表面, 称为前刀面。

(2) 主后刀面  $A_{\alpha}$ : 与工件上过渡表面相对的表面, 称为主后刀面。

(3) 副后刀面  $A'_{\alpha}$ : 与工件上的已加工表面相对的表面, 称副后刀面。

(4) 主切削刃  $S$ : 前刀面与主后刀面的交线称为主切削刃, 在切削过程中, 它承担主要切削工作。

(5) 副切削刃  $S'$ : 前刀面与副后刀面的交线, 称为副切削刃。它配合主切削刃完成切削工作, 并形成工件上的已加工表面。

(6) 刀尖: 主切削刃和副切削刃的连接部分, 或者是主切削刃和副切削刃的交点。但在实际应用中, 为了增强刀尖的强度和耐磨性, 大多数情况下是在刀尖处磨成一小段直线或圆弧的过渡刀刃。如图 2-6 所示的刀尖的形状。

应该注意: 刀具每条切削刃都可以有自己的前刀面和后刀面, 但为了制造和刃磨方便, 往往是几条切削刃处在同一个前刀面上。

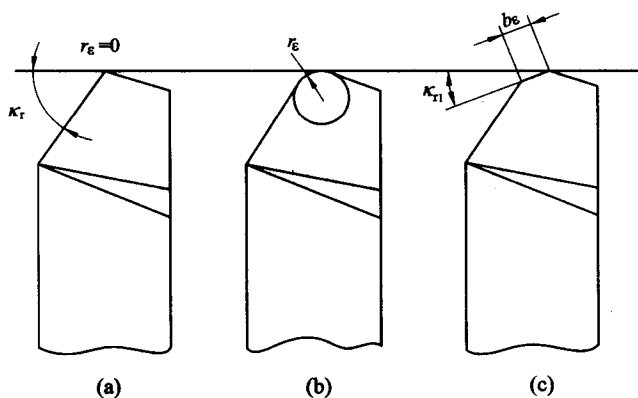


图 2-6 刀尖的三种形状

### 2.2.2 刀具的角度及其作用

为了确定刀具表面在空间的相对位置，可以用一定的几何角度表示。用来确定刀具几何角度的参考系有两类：一类是刀具静止角度参考系，即在刀具设计图上标注、制造、测量和刃磨时使用的参考系；另一类是刀具工作角度参考系，它是确定刀具在切削运动中有效工作角度的基准。前者由主运动方向确定，而后者则由合成切削运动方向确定。通常刀具工作角度近似地等于刀具静止角度，故在此重点介绍刀具静止角度参考系。

#### 1. 刀具静止角度参考系的建立

刀具要从工件上切除余量，就必须具有一定的几何角度。为了适应刀具在设计、制造、刃磨和测量时的需要，选取一组几何参数作为参考系，此参考系称为静止参考系。建立刀具的静止参考系时，必须给出两个假设条件：

① 假设运动条件：假设不考虑进给运动的大小，以切削刃选点位于工件中心高时的主运动方向作为假定主运动方向，以切削刃选定点的进给运动方向作为假定进给运动方向。

② 假设安装条件：假设刀具安装时刀尖与工件的轴线等高，刀杆与工件的轴线垂直。

由此可见，静止角度参考系是在简化了切削运动和设立标准刀具位置条件下建立的参考系。

刀具的静止参考系如图 2-7 所示。必须注意：参考系和刀具角度都是对刀刃上某一点而言的，刀刃上不同的点应建立各自的参考系，表示各自的角度。常用的静止角度参考系有四种，而我国主要采用的是正交平面参考系，故这里主要介绍正交平面参考系。

#### 1) 正交平面参考系的组成

(1) 基面  $P_r$ ：通过切削刃上的某选定点，与假定主运动方向相垂直的平面。对车刀、刨刀而言，其基面平行于车刀刀杆的底面。

(2) 切削平面  $P_s$ ：通过切削刃上的某选定点，与主切削刃相切且垂直于基面的平面。

(3) 正交平面  $P_o$ ：通过切削刃上的某选定点，同时垂直于基面与切削平面的平面。故正交平面必然垂直于主切削刃在基面上的投影。

由基面、切削平面、正交平面三个互相垂直的平面组成的参考系，称为正交平面参考系。

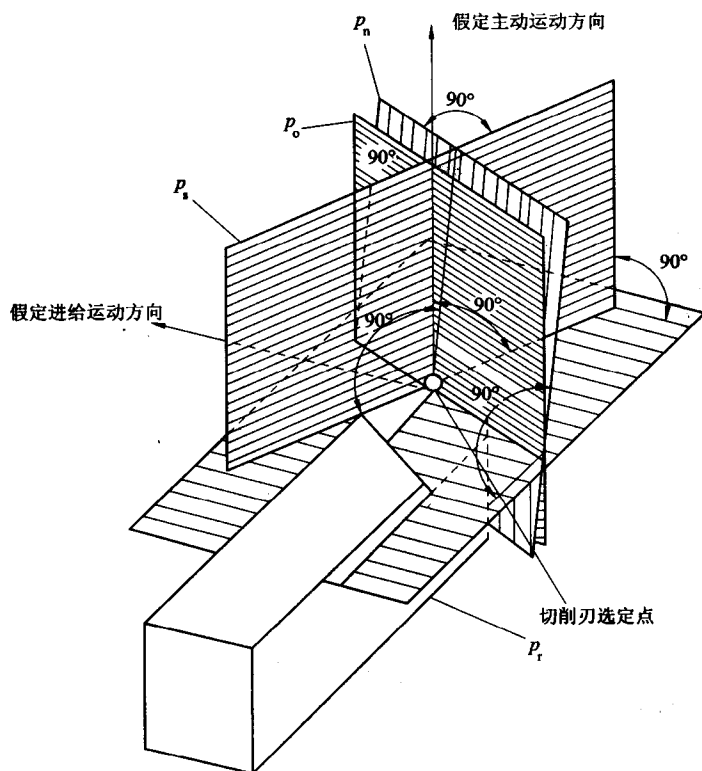


图 2-7 刀具静止参考系的坐标平面

## 2) 其它静止参考系

其它静止参考系的组成、符号及定义见表 2-1。

表 2-1 其它静止参考系

| 参考系       | 组成平面                 | 符号                      | 定 义                                                           |
|-----------|----------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 法平面参考系    | 基面<br>切削平面<br>法平面    | $P_r$<br>$P_s$<br>$P_n$ | 同正交平面参考系基面<br>同正交平面参考系切削平面<br>通过切削刃某选定点, 垂直于切削刃的平面            |
| 假定工作平面参考系 | 基面<br>切削平面<br>假定工作平面 | $P_r$<br>$P_s$<br>$P_f$ | 同正交平面参考系基面<br>同正交平面参考系切削平面<br>通过切削刃某选定点, 平行于假定进给运动方向并垂直于基面的平面 |
| 背平面参考系    | 基面<br>切削平面<br>背平面    | $P_r$<br>$P_s$<br>$P_p$ | 同正交平面参考系基面<br>同正交平面参考系切削平面<br>通过切削刃某选定点, 垂直于假定工作平面和基面的平面      |

## 2. 刀具标注角度

刀具上的标注角度直接关系到刀具的切削性能、强度和耐用度, 是刀具上很重要的几何参数。这里以外圆车刀为例, 说明其正交平面参考系中各标注角度的含义, 如图 2-8 所示。