



新世纪高职高专实用规划教材

● 机电·模具·数控系列

# 机械制造基础 (下册)

JIXIE ZHIZAO JICHU

罗丽萍 京玉海 主 编



清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 机电·模具·数控系列

# 机械制造基础

(下册)

罗丽萍 京玉海 主编

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是根据教育部基础课程教学指导委员会颁发的“机械制造基础教学基本要求”编写的,同时突出了高等职业教育注重实践能力和创业能力培养的特点,着重培养既能动脑又能动手的应用型技术人才。

本书是以“基础—成形方法—结构设计”为课程主线,系统而简明地阐述了工程材料及其选择、毛坯成形和零件加工的基本理论及工艺。

本书主要用于普通高等院校和高职高专机电一体化、模具类专业教材,也可作为机械类、近机械类专业的通用教材,还可供相关工程技术人员参考使用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 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。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,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

机械制造基础(下册)/罗丽萍,京玉海主编. —北京:清华大学出版社,2005.1

(新世纪高职高专实用规划教材 机电·模具·数控系列)

ISBN 7-302-09914-6

I.机… II.①罗…②京… III.机械制造—高等学校:技术学校—教材 IV.TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 118257 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:刘建龙

文稿编辑:宋延清

封面设计:陈刘源

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:11.5 字数:276千字

版 次:2005年1月第1版 2005年1月第2次印刷

书 号:ISBN 7-302-09914-6/TH·153

印 数:5001~9000

定 价:18.00元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

# 《新世纪高职高专实用规划教材》序

## 编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高的要求,即教材要充分体现科学性、先进性和实用性。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织部分高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

## 系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

## 教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系,全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质,特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写,采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式,使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下:

- (1) 打破以往教科书的编写套路,在兼顾基础知识的同时,强调实用性和可操作性。
- (2) 突出概念和应用,相关课程配有上机指导及习题,帮助读者对所学内容进行总结和提高。
- (3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落,使读者更容易得到有益的提示与应用技巧。
- (4) 增加了全新的、实用的内容和知识点,并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式,突出实践技能和动手能力。

## 读者定位

本系列教材针对职业教育,主要面向高职高专院校,同时也适用于同等学历的职业教育和继续教育。本丛书以三年制高职为主,同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作机制改革的产物,在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐,不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法,为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献我们的力量。

我们希望,通过本系列教材的编写和推广应用,不仅有利于提高职业技术教育的整体水平,而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法,形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

# 目 录

## 第三篇 切削加工

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 12 章 切削加工的基础知识 .....     | 2  |
| 12.1 切削运动及切削要素 .....       | 2  |
| 12.1.1 切削运动 .....          | 2  |
| 12.1.2 切削用量 .....          | 3  |
| 12.1.3 切削层几何参数 .....       | 3  |
| 12.2 刀具 .....              | 4  |
| 12.2.1 刀具材料 .....          | 4  |
| 12.2.2 刀具角度 .....          | 6  |
| 12.2.3 刀具结构 .....          | 11 |
| 12.3 金属切削过程的一般规律 .....     | 12 |
| 12.3.1 切屑形成的过程及切屑种类 .....  | 12 |
| 12.3.2 积屑瘤 .....           | 14 |
| 12.3.3 切削力 .....           | 15 |
| 12.3.4 切削热 .....           | 16 |
| 12.3.5 刀具的磨损和耐用度 .....     | 17 |
| 12.3.6 工件材料的切削加工性 .....    | 19 |
| 12.3.7 切削用量的选择 .....       | 21 |
| 12.4 机床 .....              | 24 |
| 12.4.1 机床的分类、型号和基本构造 ..... | 25 |
| 12.4.2 机床的传动 .....         | 29 |
| 12.4.3 自动机床和数控机床简介 .....   | 43 |
| 复习思考题 .....                | 56 |
| 第 13 章 常用切削加工方法 .....      | 59 |
| 13.1 车削加工 .....            | 59 |
| 13.1.1 工件的安装 .....         | 60 |
| 13.1.2 车削基本工艺 .....        | 64 |
| 13.1.3 车削的工艺特点及应用 .....    | 72 |
| 13.1.4 车床 .....            | 73 |
| 13.2 钻、镗削加工 .....          | 80 |
| 13.2.1 钻削加工 .....          | 80 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 13.2.2 镗削加工 .....            | 87         |
| 13.3 刨、插和拉削加工 .....          | 93         |
| 13.3.1 刨削加工 .....            | 93         |
| 13.3.2 插削加工 .....            | 97         |
| 13.3.3 拉削加工 .....            | 97         |
| 13.4 铣削加工 .....              | 102        |
| 13.4.1 铣刀 .....              | 103        |
| 13.4.2 铣床 .....              | 106        |
| 13.4.3 工件的安装 .....           | 108        |
| 13.4.4 铣削的工艺特点 .....         | 113        |
| 13.4.5 铣削方式 .....            | 114        |
| 13.5 磨削加工 .....              | 117        |
| 13.5.1 砂轮 .....              | 118        |
| 13.5.2 磨削过程 .....            | 123        |
| 13.5.3 磨床 .....              | 123        |
| 13.5.4 磨削的工艺特点 .....         | 127        |
| 13.5.5 磨削方式 .....            | 129        |
| 13.5.6 光整加工简介 .....          | 135        |
| 13.6 典型表面加工分析 .....          | 139        |
| 13.6.1 外圆面的加工 .....          | 140        |
| 13.6.2 孔的加工 .....            | 142        |
| 13.6.3 平面的加工 .....           | 143        |
| 13.6.4 成形面的加工 .....          | 145        |
| 13.6.5 螺纹的加工 .....           | 147        |
| 13.6.6 齿轮齿形的加工 .....         | 151        |
| 13.6.7 表面加工方案选用实例 .....      | 160        |
| 复习思考题 .....                  | 166        |
| <b>第 14 章 零件的结构工艺性</b> ..... | <b>168</b> |
| 14.1 一般原则 .....              | 168        |
| 14.2 实例分析 .....              | 168        |
| 复习思考题 .....                  | 172        |

## 第三篇 切 削 加 工

切削加工是利用切削工具(包括刀具、磨具和磨料)与工件间的相对运动,从毛坯表面切除多余的金属层,以获得符合规定的几何参数(形状、尺寸、位置)和表面质量的机器零件的加工方法。

切削加工可分为机械加工和钳工两个部分。

机械加工:通过工人操纵机床来完成切削加工。主要的加工方法有车削、钻削、刨削、铣削和磨削等。

钳工:由工人手持工具来完成切削加工。常用的方法有划线、錾削、锉削、锯割、攻螺纹、套螺纹、刮削、研磨以及机器的装配和维修等。

切削加工是机械制造中最主要的加工方法。虽然毛坯制造精度在不断地提高,精铸、精锻、挤压、粉末冶金等加工工艺的应用日益广泛,但由于切削加工适应范围广,且能达到很高的精度和很低的表面粗糙度,所以在机械制造工业中仍然占有重要的地位。



# 第 12 章 切削加工的基础知识

## 12.1 切削运动及切削要素

### 12.1.1 切削运动

机器零件的形状虽然很多,但分析起来,主要由以下几种表面组成,即圆柱面、圆锥面、平面和成形面。

- 圆柱面:是以直线为母线,以圆为轨迹,且母线垂直于轨迹所在平面,作旋转运动所形成的表面。
- 圆锥面:是以直线为母线,以圆为轨迹,且母线与轨迹所在平面相交成一定角度,作旋转运动所成的表面。
- 平面:是以直线为母线,以另一直线为轨迹,作平移运动所形成的表面。
- 成形面:是以曲线为母线,以圆为轨迹作旋转运动或以直线为轨迹作平移所形成的表面,前者为回转成形面,后者为直线成形面。

形成上述表面所需的母线及其轨迹运动,是由各种机床上的工具和工件作相对运动来实现的,图 12.1 是刀具和工件作不同的相对运动来完成各种表面的加工方法。

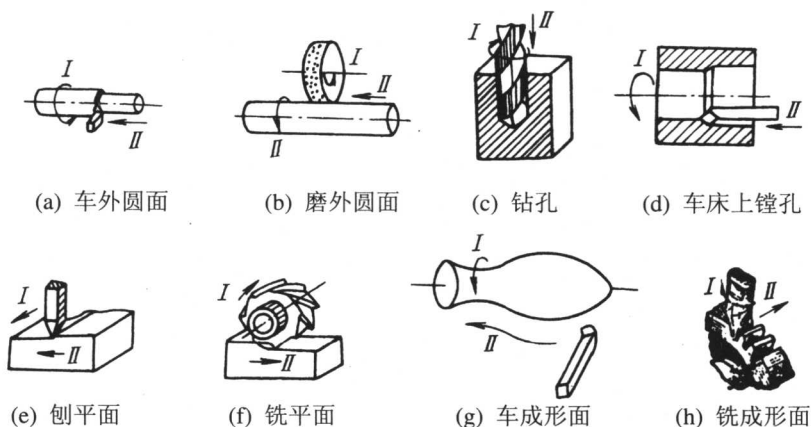


图 12.1 零件不同表面加工时的切削运动

在金属切削加工过程中,要使加工工件表面成形,切削工具与工件之间必须有一定的相对运动,即切削运动。它包括主运动(如图 12.1 中 I 所示)和进给运动(如图 12.1 中 II 所示)。主运动是切下切屑所需的最基本的运动,是切削加工中速度最高、消耗功率最多的运动,主运动只有一个。进给运动是使工件切削层不断投入切削,从而加工出完整表面所需的运动。进给运动可以有一个或几个。

各种切削加工机床都是为了实现某些表面的加工而设计制造的,因此,都有特定的运

动。切削运动有旋转的、也有平移的；有连续的，也有间歇的。

在切削加工过程中，工件上将形成三个表面(见图 12.2)。

- 待加工表面：将被切去切屑的表面。
- 已加工表面：已经切去切屑的表面。
- 过渡表面：正被切削刀切削的表面。

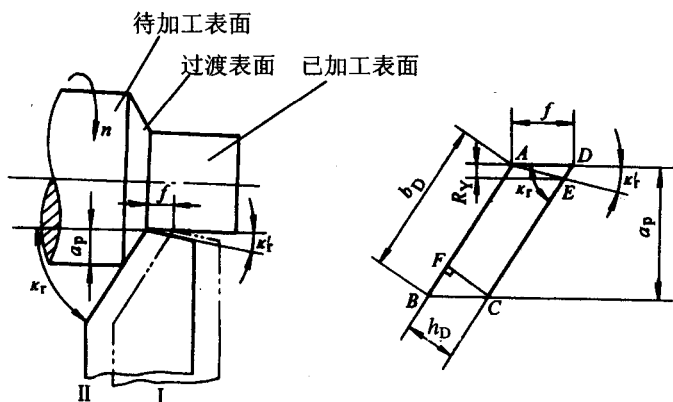


图 12.2 工作表面、切削用量与切削层参数

### 12.1.2 切削用量

切削用量是切削速度、进给量和背吃刀量的总称。切削速度  $v_c$  是在单位时间内，工件或刀具沿主运动方向的最大线速度。

若主运动为旋转运动，则：

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad \text{m/s 或 m/min}$$

式中： $d$ ——工件加工表面或刀具切削处的最大直径，mm；

$n$ ——工件或刀具的转速，r/s 或 r/min。

在生产中，磨削速度用 m/s，其他加工的切削速度习惯用 m/min，但 ISO 规定均为 m/s。

若主运动为往复直线运动(如刨削)，则：

$$v_c = \frac{2L n_r}{1000} \quad \text{m/s 或 m/min}$$

式中： $L$ ——往复直线运动的行程长度(mm)；

$n_r$ ——主运动每秒或每分钟的往复次数，st/s 或 st/min。

- 进给量  $f$ ：是在主运动的一个循环(或单位时间)内，刀具与工件之间沿进给运动方向的相对位移。

车削时，进给量是指工件每转一周，刀具所移动的距离(mm/r)；刨削时，进给量指刨刀或工件每往复运动一次，工件或刨刀移动的距离(mm/st)。

- 背吃刀量  $a_p$ ：是待加工表面与已加工表面之间的垂直距离(mm)。

### 12.1.3 切削层几何参数

如图 12.2 所示，在车外圆加工中，当工件旋转一周时，车刀由位置 I 移动到位置 II。车刀处在这两个位置时，切削刃 CD 与 BA 之间的一层金属，称为金属切削层。通过切削刃基点(通常指主切削刃工作长度的中点)并垂直于该点主运动方向的平面，称为切削层尺寸平面。在切削层尺寸平面内测定的切削层尺寸几何参数，称为切削层尺寸平面要素。

- 切削层公称宽度  $b_D$ : 在切削层尺寸平面内, 沿主切削刃度量的切削层尺寸。它反映了主切削刃实际参加切削的长度, 单位为 mm。
- 切削层公称厚度  $h_D$ : 在切削层尺寸平面内, 垂直于切削刃方向度量的切削层尺寸, 单位为 mm。
- 切削层公称横截面积  $A_D$ : 在给定瞬间, 切削层在切削层尺寸平面(车削时即通过主轴轴线的水平面)内的实际横截面积, 单位为  $\text{mm}^2$ 。

由定义可知:

$$A_D = b_D h_D \quad \text{mm}^2$$

## 12.2 刀 具

金属切削过程中, 直接完成切削工作的是刀具, 刀具能否胜任切削工作, 主要取决于刀具切削部分的材料、合理的几何形状和结构。下面分别介绍。

### 12.2.1 刀具材料

#### 1. 刀具材料应具备的性能

刀具工作时, 其切削部分的材料在切削时要承受高温、高压、强烈的摩擦、冲击和振动等, 因此, 刀具材料应具备以下性能。

- 高的硬度: 刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度。刀具材料的常温硬度, 一般要求在 HRC60 以上。
- 高的耐磨性: 耐磨性是表示刀具材料抵抗摩擦、磨损的能力, 除了与硬度有关以外, 还与刀具组织结构中碳化物种类、数量、大小及分布情况有关。一般情况下, 材料的硬度愈高耐磨性也愈好; 在组成成分中, 耐磨的合金碳化物含量愈多, 晶粒愈细, 分布愈均匀, 刀具的耐磨性愈好。
- 高的热硬性(红硬性、耐热性): 是指刀具在高温下仍能保持高硬度、高耐磨性的能力。
- 足够的强度和韧性: 以便承受切削力、冲击和振动, 而不致于产生崩刃和折断。
- 较好的化学惰性: 是指刀具在切削过程中应当有不发生粘结磨损及高温下扩散磨损的能力。
- 良好的工艺性能: 即刀具材料本身被加工的难易程度, 它包括锻造、轧制、焊接、切削加工、磨削加工和热处理性能等。

#### 2. 刀具材料

常用的刀具材料有碳素工具钢、合金工具钢、高速钢、硬质合金、陶瓷、金刚石、立方碳化硼等, 常用刀具材料的主要性能及用途见表 12.1。

表 12.1 常用刀具材料的主要性能及用途

| 种 类                | 常用牌号                          | 硬度 HRC<br>(HRA)            | 抗弯强度<br>$\sigma_b$ (GPa) | 热硬性<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 工艺性能                                           | 用 途                                              |
|--------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 碳素工<br>具钢          | T8A、 T10A<br>T12A、            | 60~64<br>(81~83)           | 2.45~2.75                | 200~250                       | 可冷热加工成形,刀<br>磨性能好                              | 用于手动工具,如锉<br>刀、锯条、铰子等                            |
| 合金工<br>具钢          | 9SiCr、CrWMn                   | 60~65<br>(81~84)           | 2.45~2.75                | 250~300                       | 可冷热加工成形,刀<br>磨性能好,热处理变<br>形小                   | 用于低速成形刀具,<br>如丝锥、板牙、铰刀<br>等                      |
| 高速钢                | W9Mo3Cr4V、<br>W6Mo5CrV2       | 63~69<br>(82~87)           | 3.43~4.41                | 550~600                       | 可冷热加工成形,刀<br>磨性能好,热处理变<br>形小                   | 用于机动复杂的中速<br>刀具,如钻头、铣刀、<br>齿轮刀具等                 |
| 硬质<br>合金           | (YG类)K类<br>(YT类)P类<br>(YW类)M类 | 69~81<br>(89~93)           | 1.08~2.16                | 800~<br>1100                  | 粉末冶金成形,只能<br>磨削加工不能热处<br>理,多镶片使用,<br>较脆        | 用于机动简单的高速<br>切削刀具,如车刀、<br>刨刀、铣刀刀片                |
| 陶瓷                 | SG4、AT6                       | (93~94)<br>1500~<br>2100HV | 0.4~1.115                | 1200                          | 压制烧结成形,只能<br>磨削加工,不需热处<br>理,脆性略大于硬质<br>合金      | 多用于车刀,适宜精<br>加工连续切削                              |
| 立方碳<br>化硼<br>(CBN) | FD、LBN-Y                      | 7300~<br>7400HV            | 0.57~0.81                | 1200~<br>1500                 | 高温高压烧结成形,<br>硬度高于陶瓷,极<br>脆,可用金刚石砂轮<br>磨削,不需热处理 | 用于加工高硬度,高<br>强度材料(特别是铁<br>族材料)                   |
| 人造金<br>刚石          |                               | 10000HV                    | 0.42~1.0                 | 700~800                       | 硬度高于 CBN,极<br>脆                                | 用于有色金属的高精<br>度、低粗糙度切削,<br>也用于非金属精密加<br>工,不切削铁族金属 |

碳素工具钢及合金工具钢,因耐热性较差,通常只用于手工工具及切削速度较低的刀具;陶瓷、金刚石和立方氮化硼仅用于有限的场合。目前,刀具材料中用得最多的仍是高速钢和硬质合金。

### 1) 高速钢

高速钢是一种含钨、钼、铬、钒等合金元素较多的高合金工具钢。高速钢具有较高的硬度和耐热性(见表 12.1)。与碳素工具钢和合金工具钢相比,高速钢能提高切削速度 1~3 倍(因此而得名),提高刀具耐用度 10~40 倍,甚至更多。高速钢的强度、韧性和工艺性均较硬质合金好(抗弯强度为一般硬质合金的 2~3 倍,为陶瓷的 5~6 倍,韧性较硬质合金及

陶瓷高几十倍)。高速钢刀具制造工艺简单,容易磨出锋利的刀口,广泛用于制造切削速度较高、形状复杂的刀具,如钻头、丝锥、成形刀具、拉刀、齿轮刀具等。

现在刀具上,常用物理气相沉积法涂上 $2\sim 5\mu\text{m}$ 的TiN薄膜(呈金黄色),以提高刀具寿命(可提高 $2\sim 5$ 倍)。

## 2) 硬质合金

硬质合金是由高硬度、高熔点的金属碳化物(WC、TiC、NbC、TaC等)粉末,用钴或镍等金属作粘结剂烧结而成的粉末冶金制品。具有很高的硬度、热硬性和优良的耐磨性(见表12.1)。硬质合金刀具的切削速度比高速工具钢高 $4\sim 7$ 倍,刀具寿命高 $5\sim 8$ 倍。但它的抗弯强度和韧性均较低(见表12.1),性脆,怕冲击和振动,工艺性也不如高速钢。因此,硬质合金常制成各种形状的刀片焊接或夹固在车刀、刨刀、端铣刀等的刀柄(刀体)上使用。

我国目前常用的硬质合金有三类:

- 钨钴类硬质合金:由WC和Co组成,代号为YG,接近于ISO的K类,韧性较好,适于加工铸铁、有色金属等脆性材料和非金属材料。常用牌号有YG3、YG6和YG8。数字表示含Co的百分比,其余为含WC的百分比。钴在硬质合金中起粘结作用,含Co愈多的硬质合金韧性愈好,所以YG8适于粗加工和断续切削,YG6适于半精加工,YG3适于精加工和连续切削。
- 钨钛钴类硬质合金:由WC, TiC和Co组成,代号为YT,接近于ISO的P类。由于TiC比WC还要硬、耐磨、耐热,但是还要脆,所以YT类比YG类硬度和耐热温度更高,适于加工钢料等韧性材料。常用牌号有YT30、YT15和YT5。数字表示含TiC的百分比。所以YT30适于对钢料的精加工和连续切削,YT15适于半精加工,YT5适于粗加工和断续切削。
- 钨钛钽(铌)类硬质合金:由YT类中加入少量的TaC或NbC组成,代号为YW,接近于ISO的M类。YW类硬质合金的硬度、耐磨性、耐热温度、抗弯强度和冲击韧性均比YT类高一些,其后两项指标与YG类相仿。因此,YW类既可加工钢,又可加工铸铁和有色金属,称为通用硬质合金。常用牌号有YW1和YW2,前者用于半精加工和精加工,后者用于粗加工和半精加工。

目前在硬质合金刀具上,常用化学气相沉积法涂上 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的TiC薄膜(呈银灰色),也有涂上TiC、TiN双层薄膜或涂上TiC、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和TiN三层薄膜的。其中复合涂层用得更多。涂层硬质合金刀具的寿命比不涂层的提高 $2\sim 10$ 倍。

## 12.2.2 刀具角度

金属切削刀具的种类很多,形态各异,但其切削部分在切削过程中所起的作用都是相同的,因此在结构上它们都有着许多共同的特征,其中外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具,其他各种刀具都可看成车刀的演变和组合(见图12.3),故通常以外圆车刀为代表来说明刀具切削部分的组成,并给出切削部分几何角度的一般性定义。

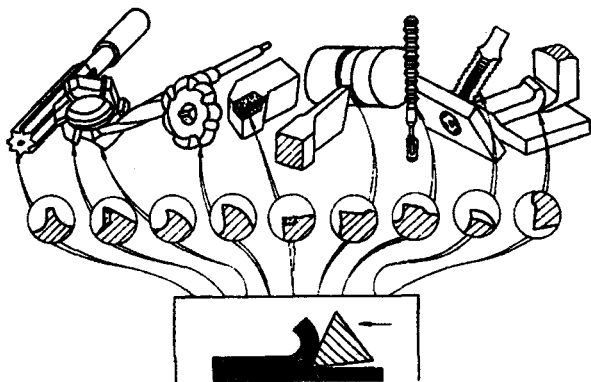


图 12.3 刀具的切削部分

### 1. 车刀的组成

车刀由刀头和刀体(通称刀杆)两部分组成(见图 12.4)。刀头用于切削,称为车刀的切削部分。刀体用于夹持,将刀具夹持在机床上,保证刀具正确的工作位置,传递所需要的运动和动力,并且夹固可靠,装卸方便。

刀头的切削部分一般由三面二刃一尖组成(见图 12.4)。

- 前刀面  $A_f$ : 切削时,切屑流经的刀面,也就是车刀的上表面。
- 主后刀面  $A_\alpha$ : 切削时,与工件过渡表面相对的刀面。
- 副后刀面  $A'_\alpha$ : 切削时,与工件已加工面相对的刀面。
- 主切削刃  $S$ : 前刀面与主后刀面的交线。它承担主要的切削工作。
- 副切削刃  $S'$ : 前刀面与副后刀面的交线。它的一小部分也参加切削,起修光的作用。
- 刀尖: 是主切削刃和副切削刃的交点。实际上刀尖是一段圆弧过渡刃。

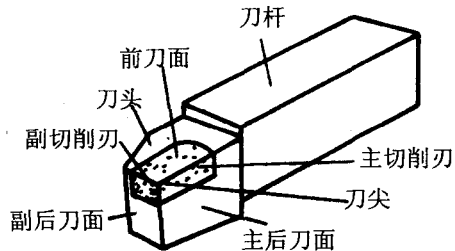


图 12.4 外圆车刀

### 2. 基准平面和车刀切削部分的主要角度

为了确定上述刀面和切削刃的空间位置,必须引入基准坐标平面,简称基准平面(见图 12.5)。为了简化分析,假设切削时只有主运动,安装的刀杆与工件中心线垂直,并且刀尖与工件中心线等高。这种假设的状态称为“静止状态”。静止状态下确定的基准平面,是刀具刃磨、测量和标注角度的基准。基准平面主要有基面、切削平面、正交平面和假定工作平面。

- 基面  $P_r$ : 通过主切削刃上选定点,垂直该点切削速度的平面。

- 切削面  $P_s$ : 通过主切削刃上选定点, 与主切削刃相切并垂直于基面的平面。
- 正交平面  $P_o$ : 通过主切削刃上选定点, 并垂直于基面和切削平面的平面。
- 假定工作平面  $P_f$ : 通过主切削刃选定点与基面垂直, 且与进给方向平行的平面。

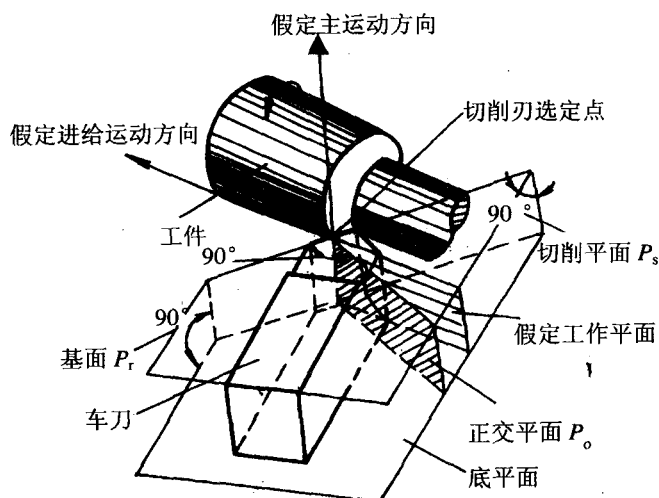


图 12.5 基准平面

车刀的主要角度如图 12.6 所示。

车刀的主要角度有前角  $\gamma_o$ 、后角  $\alpha_o$ 、主偏角  $\kappa_r$ 、副偏角  $\kappa_r'$  和刃倾角  $\lambda_s$ 。

- 前角  $\gamma_o$ : 在正交平面中测量的前刀面与基面之间的夹角。前角主要影响主切削刃的锋利程度和刃口强度。增大前角可使刀刃锋利, 便于切削。但前角过大会削弱刀刃强度, 使散热条件变差, 刀具容易磨损甚至崩坏。刀具前角有一个最佳数值。这个最佳数值主要决定于刀具材料、工件材料和加工性质。当工件材料塑性大、强度和硬度低或刀具材料的强度和韧性好或精加工时, 取大的前角; 反之取较小的前角。它也有正、负之分, 当后刀面与基面夹角小于  $90^\circ$  时, 取正号, 大于  $90^\circ$  时取负号。

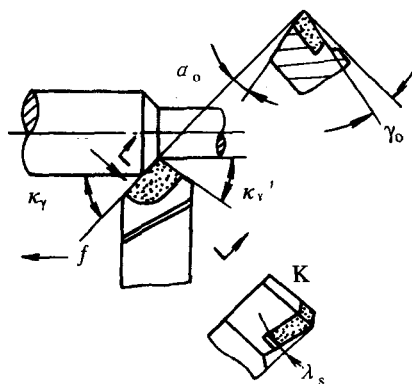


图 12.6 车刀的主要角度

- 后角  $\alpha_0$ ：在正交平面中测量的主后刀面与切削平面间的夹角。后角主要影响刀具主后刀面与工件表面之间的摩擦，并配合前角改变切削刃的锋利程度与刃口强度。增大后角可以减少刀具主后刀面与工件之间的摩擦，减少刀具的磨损，降低工件的表面粗糙度。但后角过大，切削刃强度减弱，散热体积减小，对刀具寿命反而不利；所以在一定的加工条件下，同前角一样，后角也有一个最佳数值。这个最佳数值主要决定于加工性质和工件材料。粗加工或工件材料较硬时，要求切削刃强固，后角取较小值。反之，对切削刃强度要求不高，主要希望减小摩擦和已加工表面的粗糙度值时，后角可取稍大的值。
- 主偏角  $\kappa_r$ ：在基面中测量的切削平面与假定工作平面间的夹角。主偏角主要影响切削刃工作长度和背向力的大小。减小主偏角可以增大切削刃实际工作长度，提高刀具强度，改善刀尖散热条件，提高刀具寿命。但使背向力  $F_p$  增大(见图 12.7)，工件变形增加，当“机床—夹具—工件—刀具”系统刚性不足时，容易振动。主偏角应根据系统刚性、加工材料和加工表面形状选择。系统刚性差、车阶梯轴时，取较大值；加工高强度、高硬度材料而系统刚性好时，取较小值。车刀常用的主偏角有  $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$  等几种。

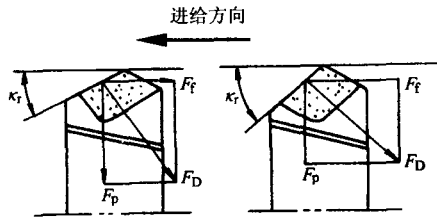


图 12.7 主偏角改变时，径向力的变化

- 副偏角  $\kappa'_r$ ：在基面中测量的副切削刃在基面中投影与假定工作平面间的夹角。主要影响已加工表面的粗糙度。由于刀具主偏角和副偏角的存在以及工件材料的弹性恢复，实际上切削层并没有全部切去，而是有一小部分材料留在工件表面上(见图 12.2△ADE)，这就是切削层的残留面积。减小副偏角可减小残留面积高度(见图 12.8)，降低工件表面粗糙度，但使径向力(背吃刀力)  $F_p$  增大，当“机床—夹具—工件—刀具”系统刚性不好时，也容易引起振动。副偏角应根据系统刚性和工件的表面粗糙度要求选择。一般为  $5^\circ \sim 15^\circ$ 。

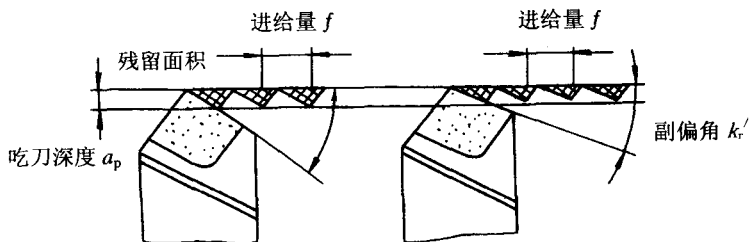


图 12.8 不同副偏角对残留面积的影响



- 刃倾角  $\lambda_s$ ：切削平面中测量的主切削刃与基面之间的夹角。与前角类似，刃倾角也有正、负和零值之分(见图 12.9)。刃倾角主要影响切屑流向及刀尖强度。负刃倾角可增加刀头强度，但切屑流向已加工表面，可能划伤或拉毛工件的已加工表面，适于粗加工。精加工时，刃倾角常取正值或零值。一般可取  $-5^\circ \sim +5^\circ$ 。

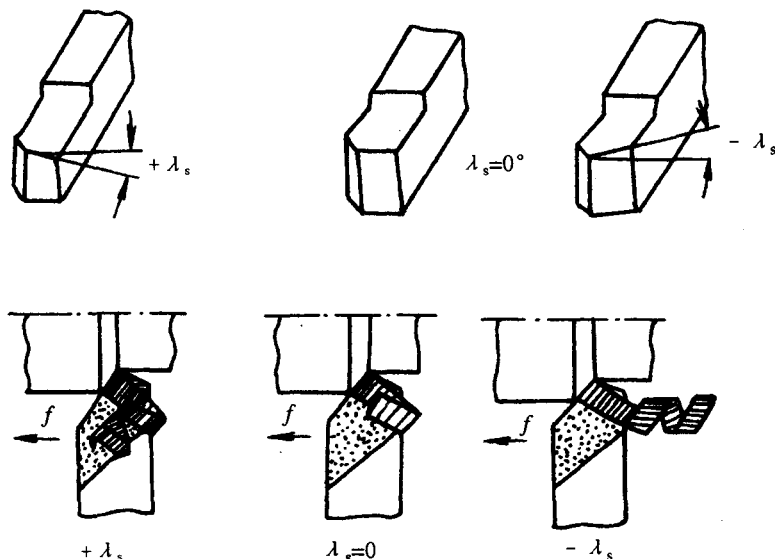


图 12.9 刃倾角及其对排屑方向的影响

### 3. 刀具的工作角度

刀具的标注角度是在一定假设条件下的静止参考系中定义的。在实际切削中并不存在这种理想状态，刀具在实际切削加工过程中，由于进给运动的存在或刀具安装不符合假设条件都会使角度发生变化，这时候的角度称为刀具的工作角度。如图 12.10 所示，车外圆时，若刀尖高于工件的回转轴线，则工作前角  $\gamma_{oe} > \gamma_0$ ，而工作后角  $\alpha_{oe} < \alpha_0$ ；反之，若刀尖低于工件的回转轴线，则  $\gamma_{oe} < \gamma_0$ ， $\alpha_{oe} > \alpha_0$ ，镗孔时的情况正好与此相反。当车刀刀杆的纵向轴线与进给方向不垂直时，将会引起主偏角和副偏角的变化(见图 12.11)。

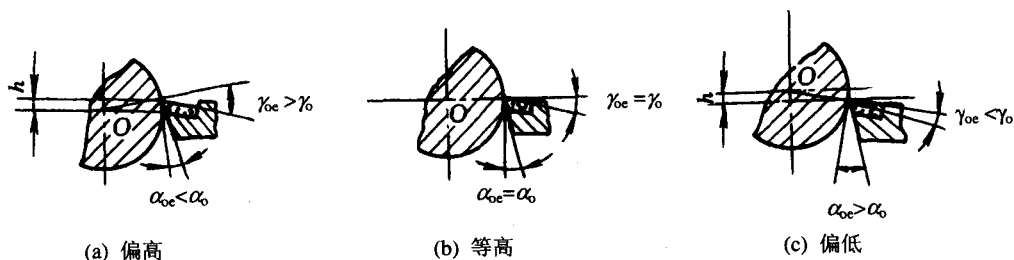


图 12.10 车刀安装高度对前角和后角影响