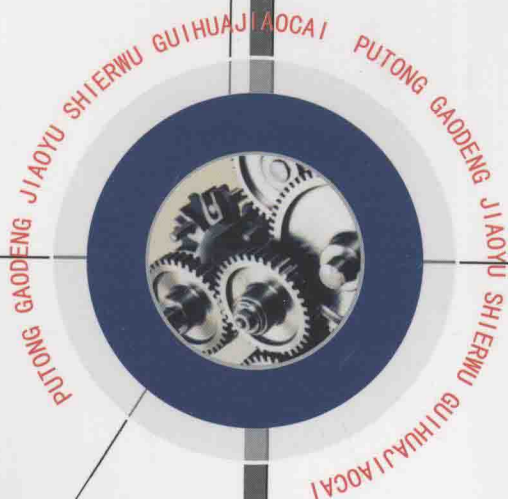




普通高等教育“十二五”规划教材



机电工程系列



赠送电子课件

# 金属切削原理与刀具

主 编 杨雪玲 李晓静



西北工业大学出版社

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

# 金属切削原理与刀具

主 编 杨雪玲 李晓静  
主 审 余东满



西北工业大学出版社

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

**【内容简介】** 本书是为适应职业技术教育教学改革需要而编写的,旨在培养学生利用金属切削原理与刀具相关知识解决生产实际问题的能力。本书在编写中力求结合生产实际,突出应用性,形成教师好教、学生易学的教材特色;同时强调以能力为本的教育理念。本书紧紧围绕职业教育培养目标,讲求实效、图文并茂,通俗易懂,简单实用,以“够用为准”的原则,力求以较少的篇幅完成对所需内容的介绍。本书的主要内容包括基本概念、刀具材料、金属切削的基本规律、切削理论的应用、磨削与砂轮、车刀、孔加工刀具、铣削与铣刀、拉刀、齿轮加工刀具和数控刀具及其工具系统。

本书可作为职业院校机械制造、数控技术和机电一体化等专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书配有电子课件,供任课教师免费使用,索取方式:bolinwenhua@163.com。

### 图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/杨雪玲,李晓静主编.——西安:西北工业大学出版社,2012.8  
ISBN 978-7-5612-3439-6

I. ①金… II. ①杨…②李… III. 金属切削—教材②刀具(金属切削)—教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 193625 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮政编码:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:河南永成彩色印刷有限公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:15

字 数:329 千字

版 次:2012 年 8 月第 1 版

2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价:32.80 元

# 前言



根据高等职业教育机械类专业学生职业岗位技能的需求,结合近几年的教学实践,我们编写了适合高职机械专业的《金属切削原理与刀具》一书。本书的编写广泛征求了工科院校的意见,结合高职机械类专业教学改革的要求及编者多年教学实践应用的体会,在结构和内容选择上,从学生能力培养出发,力求贯彻少而精和理论联系实际的原则,突出实践能力和综合素质的培养,反映切削理论与刀具技术的最新发展趋势。

本书充分体现工学结合的课程特点,其内容与生产实际相结合,坚持专业理论为专业技能服务的基本原则。注重对学生专业能力和解决生产实际问题能力的培养,使学生获得的知识能满足生产第一线的需要。

本书内容包括金属切削原理和切削刀具两部分,共 11 个项目。依次为切削运动和刀具的基本概念、刀具材料、金属切削的基本规律、切削理论的应用、磨削与砂轮、车刀、孔加工刀具、铣削与铣刀、拉刀、齿轮加工刀具、数控刀具及其工具系统。本书可作为职业院校机械制造、数控技术和机电一体化等专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书由河南工业职业技术学院机械工程系杨雪玲、李晓静担任主编,其中,项目一、二、三由刘云豫编写,项目四、五由李晓静编写,项目六由户燕会编写,项目七由高志华编写,项目八、九由杨雪玲编写,项目十、十一由河南黄河旋风股份有限公司长期从事刀具材料研发的王朝龙工程师编写。

本书由河南工业职业技术学院余东满博士主审,提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢!

在本书编写的过程中,得到了其他兄弟院校的专家和工厂企业工程师、工人师傅的指导和帮助,在此表示由衷的感谢。本书在编写过程中,参考了相关的教材及资料,参考文献列于书后,在此,向这些教材及资料的作者表示衷心感谢。

鉴于书中内容庞杂,有不妥之处,请读者指正。

编者

2012 年 6 月

# 目 录



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 项目一 基本概念 .....         | 1   |
| 任务1 切削运动与切削用量 .....    | 1   |
| 任务2 刀具切削部分的基本定义 .....  | 4   |
| 任务3 刀具的工作角度 .....      | 10  |
| 任务4 切削层与切削方式 .....     | 14  |
| 任务5 刀具角度的换算 .....      | 16  |
| 任务6 刀具角度的一面二角分析法 ..... | 18  |
| 项目二 刀具材料 .....         | 21  |
| 任务1 概述 .....           | 21  |
| 任务2 高速钢 .....          | 24  |
| 任务3 硬质合金 .....         | 27  |
| 任务4 陶瓷 .....           | 30  |
| 任务5 超硬刀具材料 .....       | 32  |
| 项目三 金属切削的基本规律 .....    | 34  |
| 任务1 切削变形与切屑形成 .....    | 34  |
| 任务2 切削力 .....          | 43  |
| 任务3 切削热与切削温度 .....     | 51  |
| 任务4 刀具磨损与刀具寿命 .....    | 55  |
| 项目四 切削理论的应用 .....      | 64  |
| 任务1 切屑控制 .....         | 64  |
| 任务2 工件材料的切削加工性 .....   | 68  |
| 任务3 切削剂的选用 .....       | 73  |
| 任务4 已加工表面质量 .....      | 76  |
| 任务5 刀具几何参数的合理选择 .....  | 81  |
| 任务6 切削用量的合理选择 .....    | 87  |
| 任务7 现代切削新技术简介 .....    | 90  |
| 项目五 磨削与砂轮 .....        | 94  |
| 任务1 磨削运动 .....         | 94  |
| 任务2 砂轮 .....           | 96  |
| 任务3 磨削过程 .....         | 101 |

|             |                           |            |
|-------------|---------------------------|------------|
| 任务4         | 磨削力和磨削温度 .....            | 105        |
| 任务5         | 磨削表面质量与砂轮修整 .....         | 111        |
| 任务6         | 特种磨削 .....                | 113        |
| 任务7         | 石材用人造金刚石磨具简介 .....        | 116        |
| 任务8         | 刀具刃磨与重磨 .....             | 118        |
| <b>项目六</b>  | <b>车刀 .....</b>           | <b>122</b> |
| 任务1         | 车刀的类型 .....               | 122        |
| 任务2         | 焊接式车刀 .....               | 124        |
| 任务3         | 机夹式车刀 .....               | 126        |
| 任务4         | 可转位车刀 .....               | 127        |
| 任务5         | 涂层刀具 .....                | 134        |
| <b>项目七</b>  | <b>孔加工刀具 .....</b>        | <b>142</b> |
| 任务1         | 钻削与麻花钻 .....              | 143        |
| 任务2         | 深孔钻 .....                 | 153        |
| 任务3         | 扩孔钻、铰钻 .....              | 156        |
| 任务4         | 铰刀 .....                  | 157        |
| 任务5         | 镗刀 .....                  | 163        |
| 任务6         | 复合孔加工刀具 .....             | 165        |
| <b>项目八</b>  | <b>铣削与铣刀 .....</b>        | <b>169</b> |
| 任务1         | 铣刀的几何参数 .....             | 170        |
| 任务2         | 铣削用量和切削层参数 .....          | 172        |
| 任务3         | 铣削力 .....                 | 174        |
| 任务4         | 铣削方式 .....                | 176        |
| 任务5         | 铣刀的磨损与铣刀寿命 .....          | 177        |
| 任务6         | 常用尖齿铣刀 .....              | 180        |
| <b>项目九</b>  | <b>拉刀 .....</b>           | <b>186</b> |
| 任务1         | 拉刀的种类 .....               | 186        |
| 任务2         | 拉刀的结构组成及主要参数 .....        | 188        |
| 任务3         | 拉削方式 .....                | 194        |
| <b>项目十</b>  | <b>齿轮加工刀具 .....</b>       | <b>197</b> |
| 任务1         | 齿轮加工刀具的分类 .....           | 197        |
| 任务2         | 齿轮滚刀 .....                | 199        |
| 任务3         | 蜗轮滚刀 .....                | 209        |
| 任务4         | 插齿刀 .....                 | 211        |
| <b>项目十一</b> | <b>数控刀具及其工具系统 .....</b>   | <b>217</b> |
| 任务1         | 对数控刀具的要求 .....            | 217        |
| 任务2         | 数控刀具的工具系统 .....           | 218        |
| 任务3         | 刀具尺寸的控制系统与刀具磨损、破损检测 ..... | 227        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>              | <b>232</b> |



# 项目一

## 基本概念



### 项目分析

本项目首先介绍切削运动与切削用量,然后以车刀为代表,讲解与刀具相关的基本定义和画法,同时阐明刀具几何角度因所建立的坐标系变化而发生的变化;而这种变化影响到刀具实际的切削状况,至于刀具在不同坐标系中的换算和角度分析仅作为阅读参考,用于帮助学生进一步深入研究。具体需要掌握以下内容:

- (1) 切削层、切削用量、切削时间与材料切除率等概念;
- (2) 用刀具的图示来进行分析的方法;
- (3) 切削用量和刀具的几何角度。

## 任务1 切削运动与切削用量

了解工件上的待加工表面、过渡表面和已加工表面的概念;掌握切削运动的相关知识点;掌握切削层、切削用量、切削时间与材料切除率的概念。

### 一、切削时工件上的3个表面

在切削过程中,工件上有3个不断变化的表面,如图1-1所示。待加工表面指工件上即将被切除的表面;过渡表面是工件上由切削刃正在形成的表面;已加工表面指工件上切削后形成的表面。

### 二、切削运动

切削加工时,按工件与刀具的相对运动所起的作用不同,切削运动可分为主运动与进给运动。如图1-1(b)所示表示了车削时的主运动、进给运动及合成切削运动与合成



切削速度。

## (一) 主运动

主运动是切削时最主要的、消耗动力最多的运动,它是刀具与工件之间产生的相对运动。主运动速度用  $v_c$  表示,如车、镗削的主运动是机床主轴的旋转运动。

## (二) 进给运动

进给运动是刀具与工件之间产生的附加运动,以保持切削连续地进行。如图 1-1(b) 所示的  $v_f$  是车外圆时纵向进给运动速度,它是连续的,而横向进给运动是间断的。

## (三) 合成切削运动与合成切削速度

主运动与进给运动合成的运动称合成切削运动。切削刃选定点相对工件合成切削运动的瞬时速度称合成切削速度  $v_c$ ,如图 1-1(a) 所示,其中  $v_c = v_r + v_f$ 。

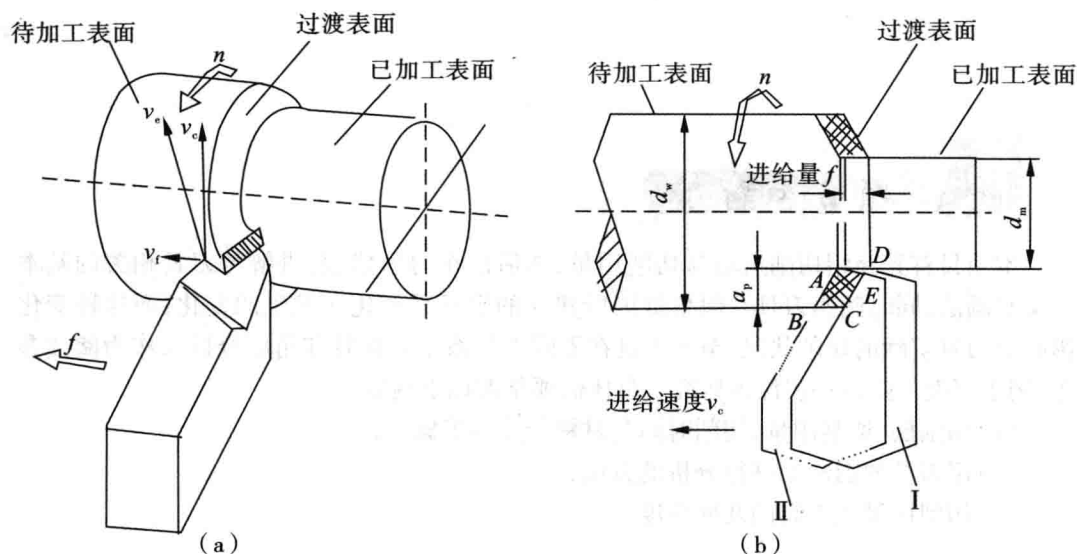


图 1-1 车削运动、合成切削速度、切削层及形成表面

## 三、切削层、切削用量、切削时间与材料切除率

切削用量是切削加工过程中切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)的总称。它表示主运动及进给运动量,用于调整机床的工艺参数。

### (一) 切削层

切削层指切削时刀具切过工件的一个单程所切除的工件材料层。图 1-1(b) 所示工件旋转一周的时间,刀具正好从位置 I 移到位置 II,切下 I 与 II 之间的工件材料层。四边形 ABCD 称为切削层公称横截面积。切削层实际横截面积是四边形 ABCE,  $\triangle AED$  为残留在已加工表面上的横截面积。

### (二) 切削速度 $v_c$

$v_c$  指切削刃上选定点相对工件主运动的瞬时速度,单位为 m/s 或 m/min。

车削时切削速度计算式为



$$v_c = \frac{\pi dn}{1\,000} = \frac{dn}{318} \quad (1-1)$$

式中  $n$ ——上件或刀具的转速,单位为  $r/\min$ ;  
 $d$ ——工件或刀具选定点旋转直径,单位为  $\min$ 。

### (三) 进给量 $f$

进给量为刀具在进给运动方向上相对工件的位移量,可用工件每转(行程)的位移量来度量,单位为  $\text{mm}/r$ 。

进给量又可用进给速度  $v_f$  表示; $v_f$  指切削刃选定点相对工件进给运动的瞬时速度,单位为  $\text{mm}/s$  或  $\text{mm}/\min$ 。车削时进给运动速度为

$$v_f = nf \quad (1-2)$$

### (四) 背吃刀量 $a_p$ (切削深度)

$a_p$  指垂直于进给速度方向测量的切削层最大尺寸,单位为  $\text{mm}$ 。由图 1-1(b) 所示知,车外圆时,背吃刀量  $a_p$  为

$$a_p = \frac{(d_w - d_m)}{2} \quad (1-3)$$

式中  $d_w$ ——待加工表面直径,单位为  $\text{mm}$ ;  
 $d_m$ ——已加工表面直径,单位为  $\text{mm}$ 。

### (五) 切削时间 $t_m$ (机动时间)

$t_m$  指切削时直接改变工件尺寸、形状等工艺过程所需的时间,单位为  $\min$ 。它是反映切削效率高低的一个指标。由图 1-2 所示知,车外圆时,有

$$t_m = \frac{lA}{v_f a_p} \quad (1-4)$$

式中  $l$ ——刀具行程长度,单位为  $\text{mm}$ ;  
 $A$ ——半径方向加工余量,单位为  $\text{mm}$ 。

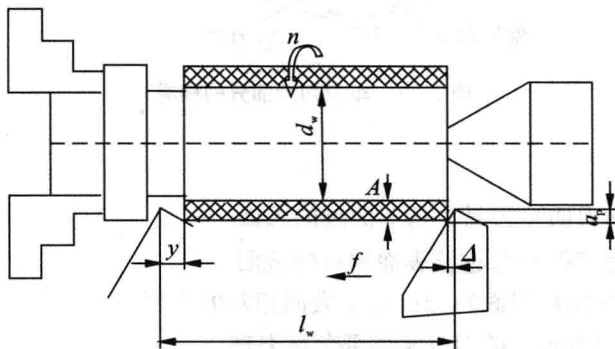


图 1-2 车削外圆时切削时间理论计算量示意图

将式(1-1)、式(1-2)代入式(1-4)中,可得

$$t_m = \frac{\pi d l A}{1\,000 a_p f v_c} \quad (1-5)$$



由式(1-5)知,提高切削用量中任何一个要素,均可降低切削时间。

## (六)材料切除率 $Q$

材料切除率是单位时间内所切除材料的体积,是衡量切削效率高低的另一个指标,单位为  $\text{mm}^3/\text{min}$ 。材料切除率的计算式为

$$Q = 1\,000 a_p f v_c \quad (1-6)$$

## 任务2 刀具切削部分的基本定义

切削刀具种类繁多,形状各异。但从切削部分的几何特征上看,都具有共性。为此,以外圆车刀为例来研究刀具切削部分的基本形态。以切削刃为单元,各类车刀都是切削刃的不同组合,并按各自的切削特点演变而来。为此,需要了解刀具的组成,掌握刀具角度参考系及刀具角度的相关知识。

### 一、刀具的组成

如图1-3所示,车刀由刀头、刀柄两部分组成。刀头用于切削,刀柄用于装夹。

刀具切削部分由刀面、切削刃构成。刀面用字母  $A$  与下角标组成的符号标记,切削刃用字母  $S$  标记。副切削刃及其相关的刀面在标记时用右上角加上一撇以示区别。

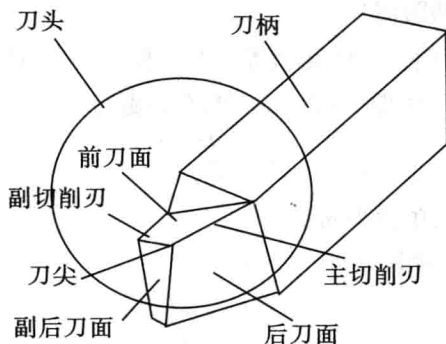


图1-3 车刀切削部分的构成

#### (一)刀面

(1)前面  $A_f$  (前刀面):刀具上切屑流过的表面。

(2)后面  $A_a$  (后刀面):与过渡表面相对的表面。

(3)副后面  $A'_a$  (副后刀面):与已加工表面相对的表面。

前面与后面之间所包含的刀具实体部分称刀楔。

#### (二)切削刃

(1)主切削刃  $S$ :前、后面汇交的边缘(理论上是两平面相交直线的一部分)。

(2)副切削刃  $S'$ :除主切削刃以外的切削刃。

#### (三)刀尖

主、副切削刃汇交的一小段切削刃称刀尖。由于切削刃不可能刃磨得很锋利,总有



一刀口圆弧,如刀楔的放大部分如图 1-4(a)所示,刃口的锋利程度用切削刃钝圆半径  $r_n$  表示,一般工具钢刀具  $r_n$  约为 0.01 ~ 0.02 mm,硬质合金刀具  $r_n$  约为 0.02 ~ 0.04 mm。为了提高刃口强度以满足不同加工要求,在前、后面上均可磨出倒棱面  $A_{\gamma 1}$ ,  $A_{\alpha 1}$  如图 1-4(a)所示。 $b_{\gamma 1}$  是第一前面  $A_{\gamma 1}$  的倒棱宽度; $b_{\alpha 1}$  是第一后面  $A_{\alpha 1}$  的倒棱宽度。

为了改善刀尖的切削性能,常将刀尖做成修圆刀尖或倒角刀尖,如图 1-4(b)所示。

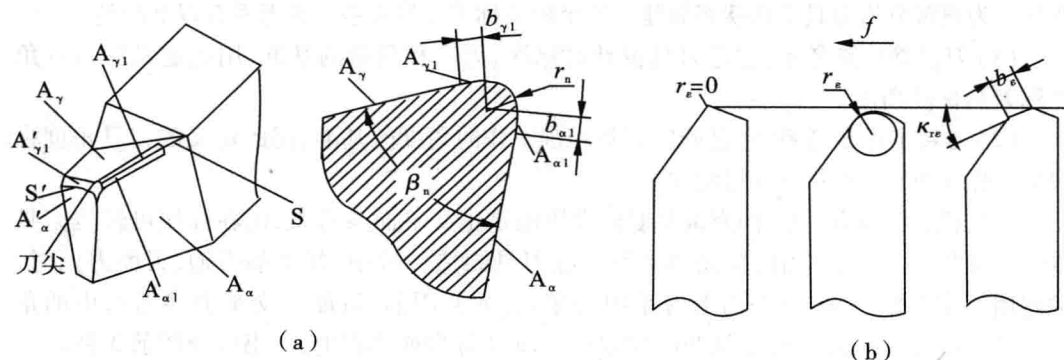


图 1-4 刀楔、刀尖形状参数

(a) 刀楔及刀楔剖面形状; (b) 刀尖形状

其参数有:

- (1) 刀尖圆弧半径  $r_n$ 。它是在基面上测量的刀尖倒圆的公称半径,单位为 mm。
- (2) 倒角刀尖长度  $b_n$ ,单位为 mm。
- (3) 刀尖倒角偏角  $\kappa_{re}$ ,单位为  $(^\circ)$ 。

不同类型的车刀,其切削部分可能不同。如图 1-5 所示的切断刀,除前刀面、后刀面外,有两个副后刀面、两个副切削刃和两个刀尖。但组成刀具的最基本单元是两个刀面汇交形成的一个切削刃,简称两面一刀。所以,任何复杂的刀具都可将其分为一个个基本单元进行分析。

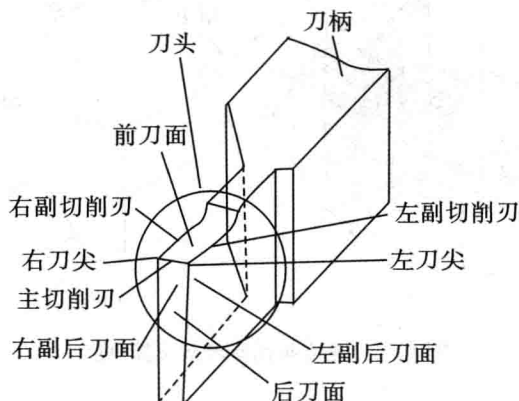


图 1-5 切断刀的组成



## 二、刀具角度参考系及刀具角度

为了确定刀具切削部分组成中的刀面在空间的位置及相互关系,从而确定刀具的几何形状,要建立基准坐标面组成的参考坐标系。这样便于设计、测量、刃磨和分析刀具的几何角度,另外,同一把刀具因它相对于工件的位置发生变化,会引起刀具切削的工作状况发生变化。为直观分析刀具工作状态而建立的坐标系称工作参考系。参考系有以下两类。

(1) 刀具静止参考系:它是刀具设计时标注、刃磨和测量的基准,用此定义的刀具角度称刀具标注角度。

(2) 刀具工作参考系:它是确定刀具切削工作时角度的基准,用此定义的刀具角度称刀具工作角度(下节着重介绍此内容)。

刀具设计时标注、刃磨、测量角度最常用的是正交平面参考系,但在标注可转位刀具或大刃倾角刀具时,常用法平面参考系。在刀具制造过程中,如铣削刀槽、刃磨刀面时,常需用假定工作平面、背平面参考系中的角度,或使用前、后面正交平面参考系中的角度。这4种参考系刀具角度是 ISO 3002/1—1977 标准所推荐的,本书仅介绍前3种。

### (一) 正交平面参考系

如图 1-6 所示,正交平面参考系由以下 3 个平面组成。

(1) 基面( $P_r$ ):过切削刃选定点平行于安装面(或垂直刀具上假定主运动方向)的平面,车刀的基面可理解为平行刀具底面的平面。

(2) 切削平面( $P_s$ ):过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。

(3) 正交平面( $P_o$ ):过切削刃选定点同时垂直于切削平面与基面的平面。

在正交平面参考系中,最基本的角度类型只有 4 个,即前角、后角、偏角、刃倾角 4 角。

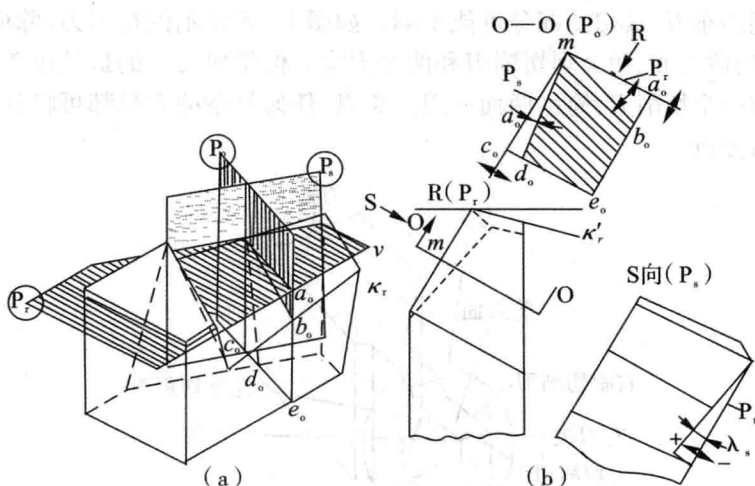


图 1-6 正交平面参考系及其角度

其定义如下:

(1) 前角  $\gamma_o$ :正交平面中测量的前面与基面间夹角。



(2) 后角  $\alpha_o$ : 正交平面中测量的后面与切削平面间夹角。

(3) 主偏角  $\kappa_r$ : 基面中测量的主切削平面与假定工作平面间夹角。

(4) 刃倾角  $\lambda_s$ : 切削平面中测量的切削刃与基面间夹角。

此外, 为了比较切削刃、刀尖的强度, 刀具上还定义了 2 个角度, 它们属派生角度。

(1) 楔角  $\beta_o$ : 正交平面中测量的前面与后面间夹角。

$$\beta_o = 90^\circ - (\alpha_o + \beta_o) \quad (1-7)$$

(2) 刀尖角  $\varepsilon_r$ : 基面投影中, 主、副切削刃间的夹角。

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-8)$$

刀具角度标注符号下标的英语小写字母, 与测量该角度用的参考系平面符号下标一致。例如, P 表示坐标平面, 在 P 右下角加 r 就表示基面  $P_r$ ; 在 P 右下角加 s 就表示切削平面  $P_s$ , 在 P 右下角加 o 就表示正交平面  $P_o$ 。在 P 右下角加 n 表示在法平面  $P_n$ , 在 P 右下角加 f 表示进给平面  $P_f$ , 在 P 右下角加 p 表示在背平面  $P_p$ 。同理, 角度右下角带角标 r 表示在基面内测量的角度; 带 o 表示在正交平面内测量的角度; 带 s 表示在切削平面内测量的角度; 带 n 表示在法平面内测量的角度等; 右上角加一撇表示副刀刃上的平面或角度。

如图 1-7 所示, 过副切削刃某一点  $X'$  也可建立副切削平面和副正交参考系平面。副刃与主刃的基面是同一个面, 且位于同一个前刀面内。

如图 1-6 所示, 用上述 4 角就能确定车刀主切削刃及其前、后面的方位。其中用  $\gamma_o, \lambda_s$  两角确定前面的方位, 用  $\alpha_o, \kappa_r$  两角可确定后面的方位, 用  $\kappa_r, \lambda_s$  两角可确定主切削刃的方位。同理, 副切削刃及其相关的前、后面在空间的定向也需要 4 个角度, 即副前角  $\gamma'_o$ 、副后角  $\alpha'_o$ 、副偏角  $\kappa'_r$ 、副刃倾角  $\lambda'_s$ 。它们的定义与主刃 4 个角度类似。

由于图 1-7 中的车刀主刃与副刃共处同一前刀面上, 主刃的前面也是副刃的前面。当标注了  $\gamma_o, \lambda_s$  两角, 前刀面的方位就确定了, 副刃前面的定向角  $\gamma'_o, \lambda'_s$  就属于派生角度, 不必再标注。它们可由  $\gamma_o, \lambda_s, \kappa_r, \kappa'_r$  等角度换算得出。

$$\tan \gamma'_o = \tan \gamma_o \cos(\kappa_r + \kappa'_r) + \tan \lambda_s \sin(\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-9)$$

$$\tan \lambda'_s = \tan \gamma_o \sin(\kappa_r + \kappa'_r) - \tan \lambda_s \cos(\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-10)$$

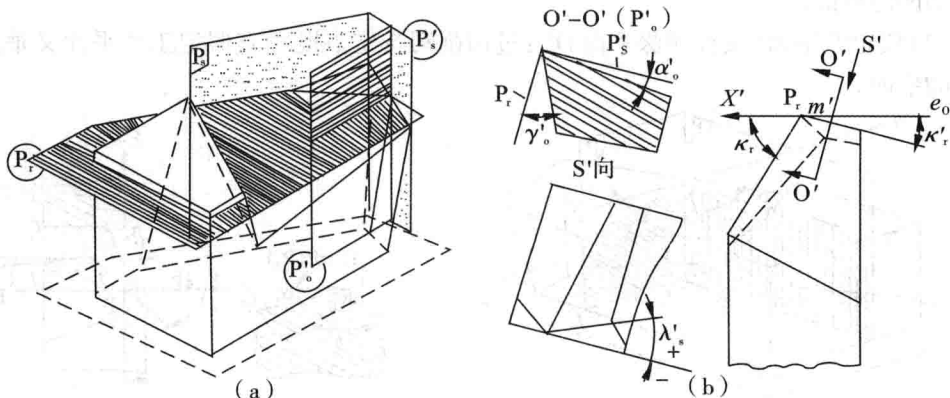


图 1-7 副正交平面参考系及其角度



## (二) 法平面参考系及其角度

法平面参考系由  $P_r, P_s, P_n$  3 个平面组成, 其中, 法平面( $P_n$ )是过切削刃某选定点, 垂直于切削刃的平面。在法平面参考系中除了法平面、法前角  $\gamma_n$  和法后角  $\alpha_n$  以外, 其他平面及角度与正交平面参考系中规定的完全相同, 如图 1-8 所示。

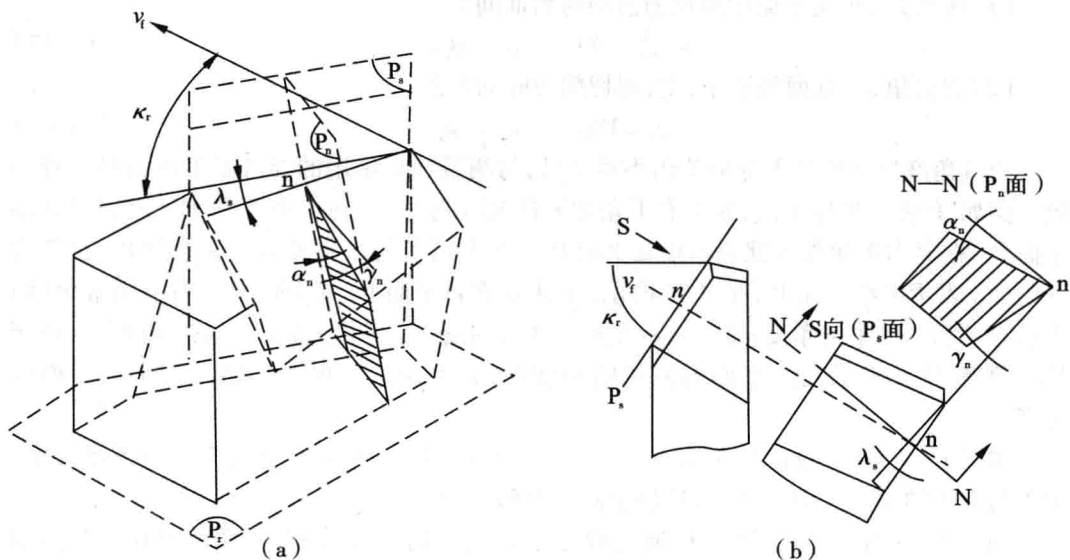


图 1-8 法平面参考系及刀具角度

- (1) 法前角  $\gamma_n$ : 在法平面内测量的前面与基面间夹角。
- (2) 后角  $\alpha_n$ : 在法平面内测量的后面与切削平面间夹角。

## (三) 假定工作平面参考系及其角度

假定工作平面参考系由  $P_r, P_f, P_p$  3 个平面组成, 其中:

- (1) 假定侧平面(又称进给平面) $P_f$ : 过切削刃选定点平行于假定进给运动方向并垂直于基面的平面。
- (2) 假定背平面(又称切深平面) $P_p$ : 过切削刃选定点既垂直假定工作平面又垂直于基面的平面。

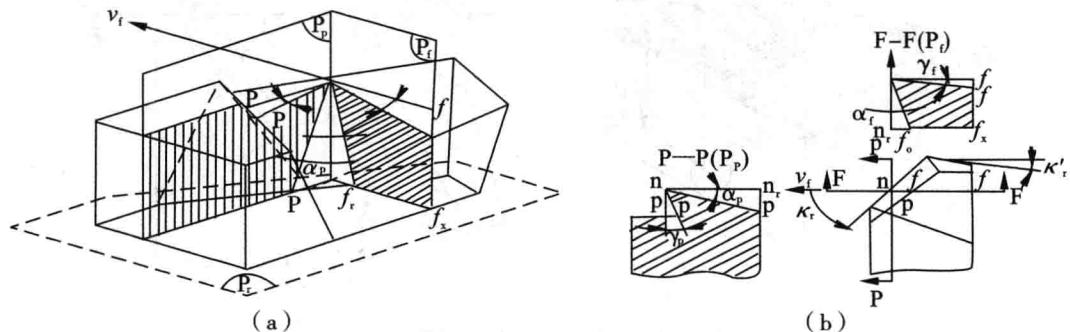


图 1-9 假定进给平面参考系及刀具角度



在假定进给平面  $P_f$  背平面  $P_p$  参考系中测量的刀具角度有侧前角  $\gamma_f$ 、侧后角  $\alpha_f$ 、背前角  $\gamma_p$ 、背后角  $\alpha_p$ ，如图 1-9 所示。

- (1) 侧前角  $\gamma_f$ ：在侧平面内测量的前面与基面间夹角。
- (2) 侧后角  $\alpha_f$ ：在侧平面内测量的后面与切削平面间夹角。
- (3) 背前角  $\gamma_p$ ：在背平面内测量的前面与基面间夹角。
- (4) 背后角  $\alpha_p$ ：在背平面内测量的后面与切削平面间夹角。

以上讨论了正交平面、法平面和假定的背平面、侧平面 3 种参考系及其角度，一般情况下，主要采用正交平面参考系。即在图样上标注  $\kappa_r, \kappa_r', \lambda_s, \gamma_o, \alpha_o$  和  $\alpha'$  等 6 个角度，有时应补充标柱法  $\gamma_n, \alpha_n$ 。

## （四）刀具前角、后角及刃倾角正负的规定

如图 1-10 所示，前面与基面平行时前角为零。前面与切削平面间夹角小于  $90^\circ$  时，前角为正；大于  $90^\circ$  时，前角为负。后面与基面间夹角小于  $90^\circ$  时，后角为正；大于  $90^\circ$  时，后角为负。

刃倾角是前面与基面在切削平面中的测量值，因此其正负的判断方法与前角类似。切削刃与基面（车刀底平面）平行时，刃倾角为零，刀尖相对车刀的底平面处于最高点时，刃倾角为正，处于最低点时，刃倾角为负。

## 三、不同参考系角度小结

上述各参考系平面及角度的定义归纳在表 1-1 中。

刀具角度正负的规定如图 1-10 所示。

表 1-1 刀具各参考系与刀具角度定义

| 刀具组成 |                          | 标注参考系 |          |                           | 刀具角度定义      |     |                 |          |
|------|--------------------------|-------|----------|---------------------------|-------------|-----|-----------------|----------|
| 切削刃  | 相关<br>刀面                 | 代号    | 组成<br>平面 | 特征                        | 符号          | 名称  | 构成平面            | 测量<br>平面 |
| S    | $A_\gamma$<br>$A_\alpha$ | $P_o$ | $P_r$    | $\perp v_c$               | $\gamma_o$  | 前角  | $A_\gamma, P_r$ | $P_o$    |
|      |                          |       | $P_s$    | $\perp P_r$ 并与 S 相切       | $\alpha_o$  | 后角  | $A_\alpha, P_s$ |          |
|      |                          |       |          |                           | $\kappa_r$  | 主偏角 | $P_s, P_f$      | $P_r$    |
|      |                          | $P_o$ |          | $\perp P_r$ 且 $\perp P_s$ | $\lambda_s$ | 刃倾角 | $A_\gamma, P_r$ | $P_s$    |
|      |                          | $P_n$ | $P_r$    | $\perp v_c$               | $\gamma_n$  | 法前角 | $A_\gamma, P_r$ | $P_n$    |
|      |                          |       | $P_s$    | $\perp P_r$ 并与 S 相切       | $\alpha_n$  | 法后角 | $A_\alpha, P_s$ |          |
|      |                          |       |          |                           | $\kappa_r$  | 主偏角 | 同 $P_o$ 坐       | $P_r$    |
|      |                          |       | $P_n$    | $\perp S$                 | $\lambda_s$ | 刃倾角 | 标系              | $P_s$    |
|      |                          | $P_f$ | $P_r$    | $\perp v_c$               | $\gamma_f$  | 侧前角 | $A_\gamma, P_r$ | $P_f$    |
|      |                          |       | $P_f$    | $// v_f$ 且 $\perp P_r$    | $\gamma_p$  | 背前角 |                 | $P_p$    |
|      |                          |       |          |                           | $\alpha_f$  | 侧后角 | $A_\alpha, P_s$ | $P_f$    |
|      |                          |       | $P_p$    | $\perp P_r$ 且 $\perp P_f$ | $\alpha_p$  | 背后角 |                 | $P_p$    |

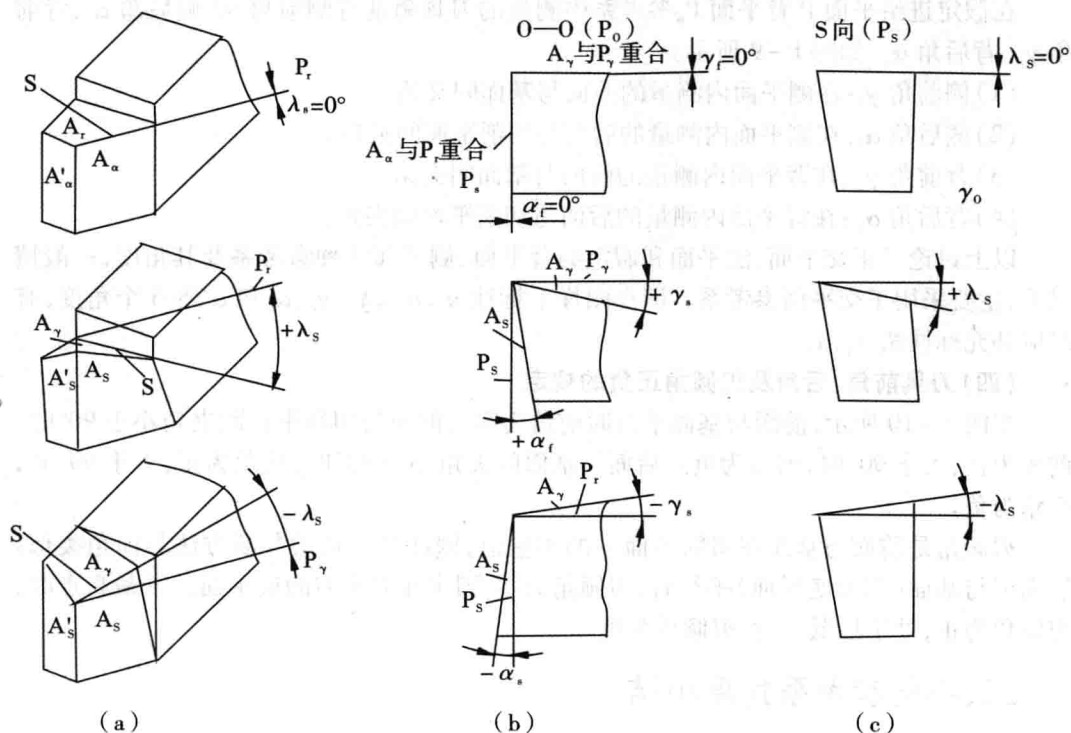


图 1-10 刀具角度正负的规定

## 任务 3 刀具的工作角度

本任务需要掌握刀具工作参考系及工作角度；掌握刀具安装及进给运动对工作角度的影响。

### 一、刀具工作参考系及工作角度

刀具安装位置、切削合成运动方向的变化，都会引起刀具工作角度的变化。因此，研究切削过程中的刀具角度，必须以刀具与工件的相对位置、相对运动为基础建立参考系，这种参考系称工作参考系。用工作参考系定义的刀具角度称工作角度。

#### (一) 刀具工作参考系

刀具工作参考系根据 GB/T 12204—1990 推荐了 3 种，即工作正交平面参考系  $P_{re}$ 、 $P_{se}$ 、 $P_{oe}$ ，工作侧面、背平面参考系  $P_{re}$ ，

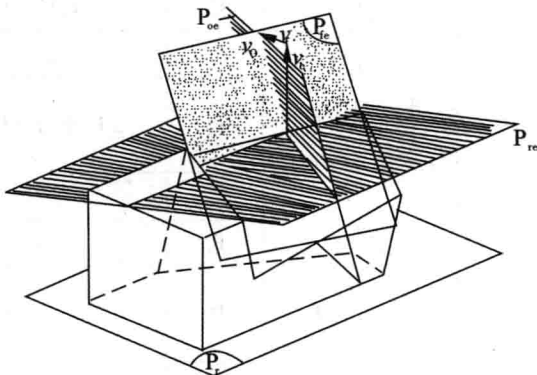


图 1-11 刀具工作参考系



$P_{fe}, P_{pe}$ , 工作法平面参考系  $P_{re}, P_{se}, P_{oe}$ , 其中应用最多的是工作正交平面参考系。刀具工作参考系可参阅图 1-11。其定义如下:

(1) 工作基面  $P_{re}$ : 通过切削刃选定点垂直于合成切削速度方向的平面。

(2) 工作切削平面  $P_{se}$ : 通过切削刃选定点与切削刃相切, 且垂直于工作基面的平面。该平面包含合成切削速度方向。

(3) 工作正交平面  $P_{oe}$ : 通过切削刃选定点, 同时垂直于工作切削平面与工作基面的平面。

## (二) 刀具工作角度

刀具工作角度的定义与标注角度类似, 它是前、后面与工作参考系平面的夹角。工作角度的标注符号分别是  $\gamma_{oe}, \alpha_{oe}, \kappa_r, \lambda_{se}, \gamma_{fe}, \alpha_{fe}', \gamma_{pe}, \alpha_{pe}'$ 。

## 二、刀具安装及进给运动对工作角度的影响

### (一) 刀柄偏斜对工作主、副偏角的影响

如图 1-12(a) 所示, 车刀随四方刀架逆时针转动  $\theta$  角后, 工作主偏角将增大, 工作副偏角将减少。例如, 精车时可调整  $\theta = \kappa_r'$ , 则车刀工作副偏角  $\kappa_r'$  就等于  $0^\circ$ 。注意, 当车刀随四方刀架顺时针转动  $\theta$  角时, 工作主偏角将减少, 工作副偏角将增大。

实际上, 进给运动方向不平行于工件旋转轴线时对工作主、副偏角的影响, 与车刀随四方刀架顺时针转动刚好相同。如图 1-12(b) 所示, 为扳动小拖板车外锥面的情况, 由于刀具进给方向与工件轴线偏转了  $\theta$  角 (圆锥半角), 从而引起工作主偏角减小, 工作副偏角增大。同样,  $\theta = \kappa_r$ , 则车刀工作主偏角  $\kappa_r$  就等于  $0^\circ$ 。

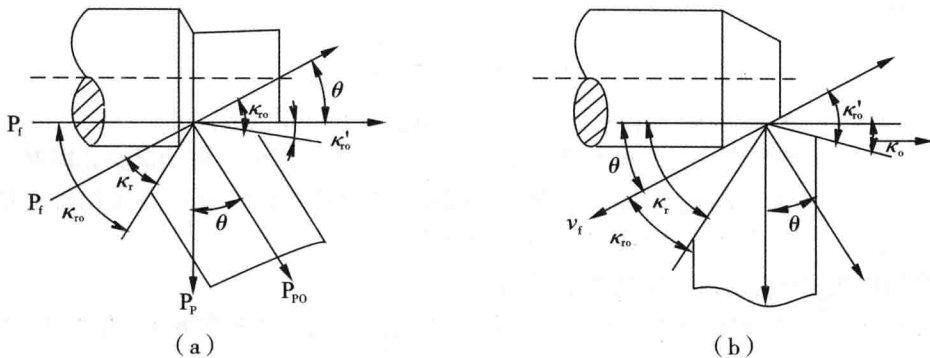


图 1-12 刀柄偏斜或进给方向变化对工作主、副偏角的影响

(a) 刀柄安装偏斜对工作主、副偏角的影响; (b) 进给方向对工作主、副偏角的影响

### (二) 切削刃安装高低对工作前、后角的影响

如图 1-13 所示, 车刀切削刃选定点 A 高于工件中心  $h$  时, 将引起工作前、后角的变化。不论是因为刀具安装引起的, 还是由于刃倾角引起的, 只要切削刃选定点不在工件中心高度上, 则 A 点的切削速度方向就不与刀柄底面垂直。工作参考系平面  $P_{re}, P_{se}$ , 转动了  $\mu$  角, 工作前角增大  $\mu$ , 后角减小  $\mu$ 。