



普通高等教育国家级重点教材



普通高等专科教育机电类规划教材

金属切削原理 与刀具

Jinshu Qiexiao Yuanli Yu Daoju



附光盘

上海理工大学
南京工程学院

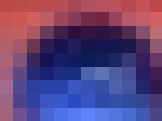
陆剑中
周志明

主编





中华人民共和国教育部推荐教材



教育部推荐教材 机械类相关专业必修课程

金属切削原理 与刀具

Jīnshǔ Qiēxiào Yuánlǐ yǔ Dàojù



主 编

王 康 王 康 王 康

主 审

王 康 王 康 王 康



普通高等教育国家级重点教材
普通高等专科学校教育机电类规划教材

金属切削原理与刀具

主编 陆剑中 周志明
参编 盛善权 叶伟昌 徐名聪
主审 尹洁华



机械工业出版社

本书是以高等职业院校机械制造专业制订的《金属切削原理与刀具》教学大纲为依据,并参照当前对技能型紧缺人才培养专业知识要求编写的。全书共十三章,主要介绍“金属切削原理”、“切削刀具”的基础理论,以及常用刀具的结构及使用知识,此外,适当反映当前切削加工中新知识、新技术等。

本教材可作为高等职业院校教学参考书,也可作为中专、中职和企业的培训教学用。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削原理与刀具/陆剑中,周志明主编. —北京:机械工业出版社, 2006.2

普通高等教育国家级重点教材·普通高等专科教育机电类规划教材

ISBN 7-111-18487-4

I. 金... II. ①陆...②周... III. ①金属切削—高等学校—教材② 刀具(金属切削)—高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008956 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:汪光灿 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.5 印张·307 千字

0 001—5 000 册

定价:26.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线: (010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材是以高等职业院校机械制造专业制订的《金属切削原理与刀具》教学大纲为依据,并参照当前对技能型紧缺人才培养、培训专业知识要求编写的。

本教材可作为高等职业院校机械制造及相关专业教学参考,也可作为中等职业学校、中等专业学校及企业的培训用书。

本教材内容包括“金属切削原理”和“切削刀具”两部分、共分十三章,依次为:基本定义、刀具材料、金属切削过程的基本规律、切削基本规律的应用、车刀、成形车刀、孔加工刀具、铣削与铣刀、螺纹刀具、切齿刀具、数控刀具及其工具系统、超硬刀具、磨削与磨轮。

编写内容中突出了基础理论,并用于分析和解决切削时有关提高质量、提高效率和降低成本等工艺技术问题;介绍各类常用标准刀具、非标刀具的结构与使用;适当反映当前发展的新知识、新技术,其中包括精密切削、精密磨削、涂层刀具、可转位刀具、超硬刀具、数控刀具及其工具系统、部分刀具的新结构及成形车刀的 CAD 设计简介等。

为便于课堂教学和学生自学,特根据本教材的内容,设计与制作了 CAI 教学光盘供本教材配套使用。该光盘的主要内容为:各章课题内容简介、全书插图、主要类型刀具实物图片及部分教学录像剪辑。CAI 光盘的设计及制作者为上海理工大学机械工程系徐名聪副教授、徐志林工程师。

本教材主编为上海理工大学陆剑中教授、南京工程学院周志明副教授。参编为上海理工大学盛善权教授、徐名聪副教授、淮阴工学院叶伟昌教授。主审为成都工具研究所尹洁华教授级高工。

各章作者为:第一、九、十三章盛善权;第二、六章徐名聪;第三、四章陆剑中;第五、八、十一章周志明;第七、十、十二章叶伟昌。

在本书编写过程中得到了许多同志的指导和帮助,谨表衷心感谢。教材中尚有错误、疏漏和不妥之处,敬请批评指正。

编者

2005 年 10 月于上海

目 录

前言

绪论 1

第一章 基本定义 3

第一节 车削运动 3

第二节 车刀角度 5

第三节 切削方式 15

复习思考题 16

第二章 刀具材料 18

第一节 刀具材料应具备的性能 18

第二节 常用刀具材料 18

第三节 其他刀具材料 24

复习思考题 25

第三章 金属切削过程的基本规律 26

第一节 切削变形和切屑形成过程 26

第二节 刀—屑面间摩擦和积屑瘤 29

第三节 已加工表面变形和加工硬化 31

第四节 切削力 31

第五节 切削热与切削温度 37

第六节 刀具磨损和刀具寿命 39

复习思考题 44

第四章 切削基本规律的应用 45

第一节 断屑 45

第二节 工件材料切削加工性 48

第三节 切削液 50

第四节 已加工表面粗糙度 52

第五节 刀具几何参数选择 56

第六节 切削用量选择 61

第七节 切削新技术简介 64

复习思考题 66

第五章 车刀 67

第一节 焊接式车刀 68

第二节 机夹式车刀 70

第三节 可转位车刀 72

复习思考题 77

第六章 成形车刀 78

第一节 成形车刀的特点和类型 78

第二节 成形车刀的前角和后角 79

第三节 成形车刀廓形设计 82

第四节 成形车刀的三维 CAD 设计简介 86

复习思考题 88

第七章 孔加工刀具 89

第一节 麻花钻 89

第二节 深孔钻 98

第三节 扩孔钻、铰钻和镗刀 100

第四节 铰刀 103

第五节 孔加工复合刀具 107

第六节 圆拉刀 110

复习思考题 113

第八章 铣削与铣刀 114

第一节 铣刀的几何参数 115

第二节 铣削用量和切削层参数 116

第三节 铣削力 119

第四节 铣削方式 120

第五节 铣刀的磨损 122

第六节 常用铣刀的结构特点与应用 123

第七节 可转位面铣刀 128

第八节 铲齿成形铣刀简介 130

复习思考题 133

第九章 螺纹刀具 134

第一节 丝锥 134

第二节 其他螺纹刀具 139

复习思考题	142
第十章 切齿刀具	143
第一节 齿轮铣刀的种类和选用	143
第二节 插齿刀的结构和使用	144
第三节 齿轮滚刀	150
复习思考题	156
第十一章 数控刀具及其工具系统	157
第一节 对数控刀具的特殊要求	157
第二节 刀具快换、自动更换和尺寸预调	157
第三节 数控刀具的工具系统	161
第四节 刀具尺寸控制系统与刀具磨损、破损检测	170

复习思考题	172
第十二章 超硬刀具	173
第一节 超硬刀具的类型与特点	173
第二节 超硬刀具的合理使用	177
复习思考题	179
第十三章 磨削与磨轮	180
第一节 磨削运动	180
第二节 砂轮	181
第三节 磨削加工的规律	185
第四节 磨削表面质量	188
第五节 先进磨削技术	190
第六节 石材的人造金刚石磨具	191
复习思考题	193
参考文献	194

绪 论

一、金属切削在国民经济中的地位及其发展简史

目前机械制造中所使用的工作母机有 80% 左右仍为金属切削机床, 因此, 金属切削加工在机械制造业中仍占主导地位。至今, 凡是形状和尺寸精度要求较高的零件, 一般都须经过切削加工。美国每年消耗在切削加工中的费用达 1000 亿美元, 日本近年来每年所消耗的有关费用也超过 10000 亿日元。在工业发达国家, 制造业的产值占国民经济总产值的 2/3, 其中机械制造业占很大比例。美国、日本、德国每年出口的机电产品均在 1000 亿美元以上, 而英、法两国每年出口的机电产品也分别为 400 亿美元左右。它们以技术密集型工业产品进行贸易, 赚取了大量外汇, 由此可见, 金属切削加工对国民经济发展起着重要作用。

我国古代不断通过对生产工具的改进由石器时代过渡到铜器时代、铁器时代。有历史记载, 在商代已采用了各种青铜工具, 例如刀、钻; 公元前 8 世纪春秋时代已采用铁制锯、凿等工具; 1668 年已使用马拉铣床和脚踏砂轮机。国外在 1775 年 J. wilkinson 研制成了加工蒸汽机汽缸的镗床, 1818 年美国 Eli. Whitney 发明了铣床, 1865 年巴黎国际博览会前后, 已有车床、插床、齿轮机床和螺纹机床, 显然已制成了相关的刀具。1864 年法国的 Joessel 研究了刀具几何形状对切削力的影响, 1870 ~ 1877 年俄国的 И. А. Тиме 研究了切屑的形成和切屑类型, 1906 ~ 1908 年美国的 F. W. Taylor 发表了刀具寿命与切削速度间的关系式。以后各国许多学者对切削变形、剪切角进行了理论和试验研究, 促进了金属切削的发展。

随着社会生产力发展, 要求机械制造业不断提高生产效率和加工质量、降低成本, 因而促进了刀具材料的变革。1780 ~ 1898 年间使用的碳素工具钢和合金工具钢, 其切削速度约为 6 ~ 12 m/min; 1898 年美国的 F. W. Taylor 和 White 发明了高速钢, 切削速度比工具钢提高了 2 ~ 3 倍; 1923 年德国研制了 WC-Co 硬质合金, 进一步提高了切削速度 2 ~ 4 倍。1960 年后, 由于各种难加工材料的相继出现, 推动新刀具材料的研制, 如开发了新牌号硬质合金和陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼等。1970 年后, 高速钢、硬质合金的表面涂层极大地提高了刀具切削性能。

自 1949 年新中国成立后, 国家设立了专门科研机构, 如工具研究所、磨料磨具研究所, 建立了四大工具厂, 推广高速切削、强力切削。工人师傅在刀具方面的创造和发明大大推动了切削技术的发展, 如倪老福的群钻、苏广铭的玉米铣刀和金福长的深孔钻等。目前, 可转位刀具广泛应用, 超硬刀具的制造与使用、数控工具系统的开发, 进一步发展了现代切削加工技术。各高等院校、科研机构开展许多相关科研工作, 例如有关金属切削与磨削理论、积屑瘤与鳞刺、高速与超高速切削、精密与超精密切削和难加工材料切削等, 均取得很多成

果。

当前我国金属切削理论研究及加工技术与国外先进水平的差距很大。随着切削机床的数控化、柔性化和智能化,切削与磨削加工的高速化、高精度化和自动化,将进一步促进我国传统机械制造业的改造,并将日益取得明显成果。

二、本课程任务及内容的主要特点

本教材内容主要介绍金属切削过程中基础理论和刀具结构、选用知识,供中专、高专和职业院校有关机械制造专业教学使用。

为了适应现阶段提出的大力振兴装备制造业,加快发展现代服务业,培养生产第一线技能型人才的要求,在本教材的编写内容安排上,主要是讲清基础理论,多结合生产实际,其中突出了:

一、介绍基本的切削机理,用于解决在切削时提高生产效率、加工质量和降低成本。

二、介绍各类常用标准刀具的组成、结构和选用。

三、介绍切削加工现代先进技术,例如:应用涂层刀具、可转位刀具和超硬刀具切削,较详细介绍国内外使用的数控刀具及数控工具系统。

《金属切削原理与刀具》是紧密联系与结合生产实际的课程。要重视阅读有关资料、手册和样本,并应运用理论知识分析与解决生产实际问题。

第一章

基本定义

学习金属切削原理与刀具，必须从研究切削运动、刀具角度和切削方式入手。本章以车削为例进行阐述，因为车削在所有切削中最具代表性，车刀在各种刀具中最具典型性，许多其他刀具可看作是车刀的演变或派生。所以掌握了车削运动、车刀角度和车削方式就为学习金属切削原理与刀具打下了牢固的基础。

第一节 车削运动

本节主要阐述车削运动、车削中所形成的表面、切削层、切削用量、切削层参数、切削时间和材料切除率。

一、车削运动

车削加工时，按工件与刀具相对运动所起作用的不同，可分为主运动和进给运动（图 1-1）。

1. 主运动

由车床主轴带动工件旋转为主运动。它是切下切屑所必需的运动，也是速度最高，消耗能量最大的运动。

2. 进给运动

为保持继续切削，所需的工件与刀具的相对运动，称为进给运动。图 1-1 中所表示的车外圆时的纵向进给运动，它是连续的。而横向切入工件的进给运动，它是间断的。

二、车削中所形成的表面

1. 待加工表面

待加工表面是指工件上即将被切削的表面。

2. 过渡表面

过渡表面是指工件上由车刀切削刃正在形成的表面。

3. 已加工表面

已加工表面是指车刀切削后在工件上形成的表面。

三、切削层

车刀切削时，每一个单程所切除的工件材料层。图 1-1 中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。四边形 ABCE 为切削层实际横截面积。 $\triangle AED$ 为残留在已加工表面上的横截面积。

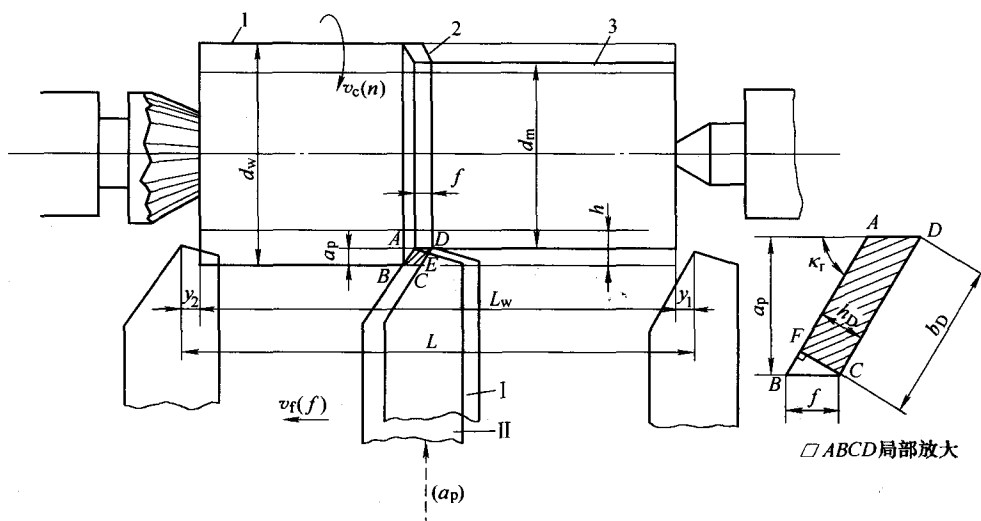


图 1-1 车削运动、形成的表面、切削层和车外圆切削时间的计算

1—待加工表面 2—过渡表面 3—已加工表面

四、切削用量

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。

1. 切削速度 v_c

切削速度是指切削刃上选定点相对于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 v_c (m/min) 的计算式为：

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 d ——工件切削处的最大直径，单位为 mm ；

n ——工件的转速，单位为 r/min 。

2. 进给量 f

进给量为刀具在进给运动方向相对工件的位移量，可用工件每转刀具的位移量来度量，单位为 mm/r 。

进给量还可用于进给速度 v_f 来表示。进给速度是指切削刃上选定点相对于进给运动的瞬时速度，单位为 mm/s 或 mm/min 。

车削时的进给速度 v_f ：

$$v_f = n f \quad (1-2)$$

3. 背吃刀量 a_p (切削深度)

背吃刀量为垂直于进给速度方向的切削层最大尺寸，单位为 mm 。由图 1-1 知，车外圆时：

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

式中 d_w ——待加工表面的直径，单位为 mm ；

d_m ——已加工表面的直径，单位为 mm。

五、切削层参数

切削层参数影响切屑变形和切削力。切削层参数包括公称厚度、公称宽度和公称横断面面积。

1. 切削层公称厚度（简称切削厚度） h_D （mm）

h_D 是垂直于工件过渡表面测量的切削层横断面尺寸（见图 1-1 $\square ABCD$ 局部放大）：

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-4)$$

2. 切削层公称宽度（简称切削宽度） b_D （mm）

b_D 是平行于工件过渡表面的切削层横断面尺寸：

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (1-5)$$

3. 切削层公称横截面面积（简称切削面积） A_D （mm²）

A_D 是切削层与基面（见后）相交的横截面的面积：

$$A_D = h_D \cdot b_D = f a_p \quad (1-6)$$

六、切削时间和材料切除率

反映切削效率高低常用两个指标——切削时间和材料切除率来表示。

1. 切削时间 t_m （机动时间）

切削时间指切削时直接改变工件尺寸、形状等所需的时间，单位为 min。车外圆时，切削时间可由下式求出（图 1-1）：

$$t_m = \frac{L}{nf} \frac{h}{a_p} = \frac{Lh\pi d}{1000v_c f a_p} \quad (1-7)$$

式中 L ——车刀行程长度， $L = L_w + y_1 + y_2$ ，单位为 mm；

L_w ——工件长度，单位为 mm；

y_1 ——车刀切入长度，单位为 mm；

y_2 ——车刀切出长度，单位为 mm；

h ——工件半径上的加工余量，单位为 mm；

d ——工件的直径，单位为 mm；

v_c ——切削速度，单位为 mm/min；

f ——进给量，单位为 mm/r；

a_p ——背吃刀量，单位为 mm。

从式 (1-7) 中可知，提高切削用量三要素 (v_c 、 f 、 a_p) 中任一个，均可使机动时间缩短，生产率提高。

2. 材料切除率 Q

材料切除率是指单位时间内所切除材料的体积，单位为 mm³/min。它可用下式计

$$Q = 1000 v_c f a_p \quad (1-8)$$

第二节 车刀角度

车刀角度包括静态的标注角度和动态的工作角度。车刀角度要从车刀的组成以及坐标平

面与参考系讲起。

一、车刀的组成

车刀由切削部分和刀柄两部分组成（图 1-2）。切削部分由刀面 A 、切削刃 S 和刀尖组成。

1. 刀面

(1) 前面 A_γ 刀具上切屑流过的表面。

(2) 后面 A_α 与工件上过渡表面（参阅图 1-1）相对的刀具表面。

为了提高刀口强度，在前面前端接近切削刃的地方可磨出倒棱，在后面前端接近切削刃的地方可磨出刃带。

(3) 副后面 A'_α 与工件上已加工表面（参阅图 1-1）相对的刀具表面。

前面和后面之间所包含的刀具实体部分称为刀楔。

2. 切削刃

(1) 主切削刃 S 前、后面的交线。

(2) 副切削刃 S' 除主切削刃以外的切削刃。

切削刃不可能刃磨得很锋利，前面和后面之间总有一些刃口圆弧（图 1-3）存在。切削刃口锋利程度可用刃口圆弧半径 r_n 表示，高速钢刀具， r_n 约为 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ；硬质合金刀具， r_n 约为 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 。

3. 刀尖

主切削刃与副切削刃的交汇处（图 1-4）称为刀尖。有时为了提高刀具的寿命，在刀尖处磨有圆角（图 1-4b）或倒角（图 1-4c）。

二、坐标平面与参考系

车刀切削部分各表面在空间倾斜相交，为了标注车刀的角度，必须建立由三个坐标平面

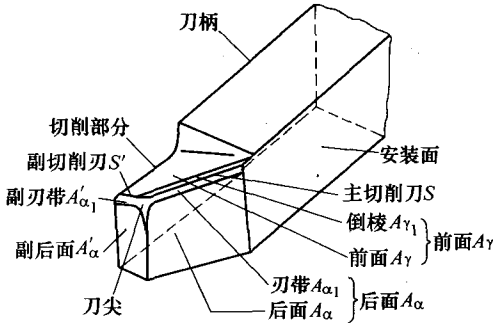


图 1-2 车刀的组成

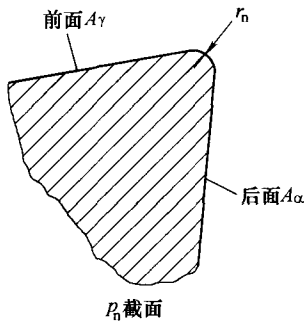


图 1-3 刃口圆弧半径 r_n

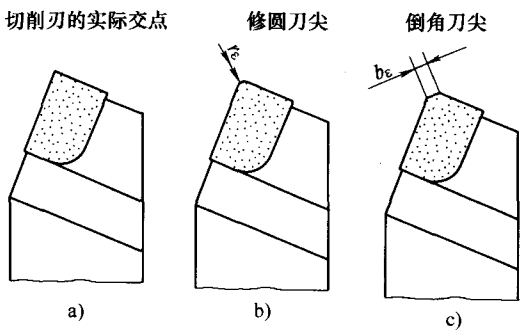


图 1-4 车刀的刀尖

组成的参考系。下面介绍 ISO 标准所推荐的正交平面参考系（图 1-5、图 1-6）、法平面参考系（图 1-7）和假定工作平面参考系（图 1-8）。

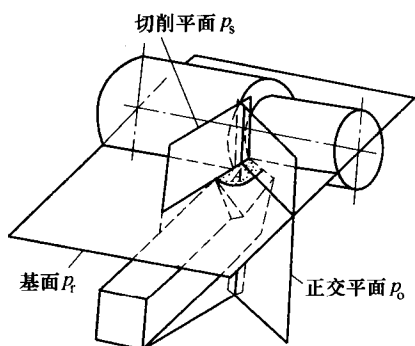


图 1-5 基面、切削平面和正交平面

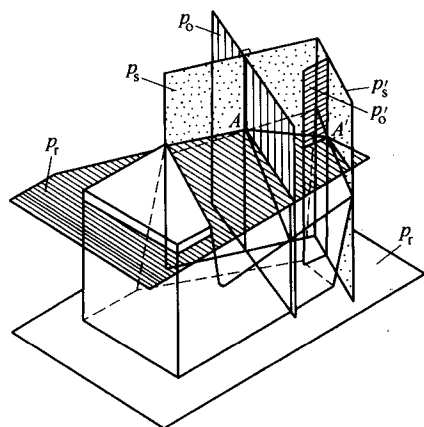


图 1-6 正交平面参考系主、副切削刃上的坐标平面

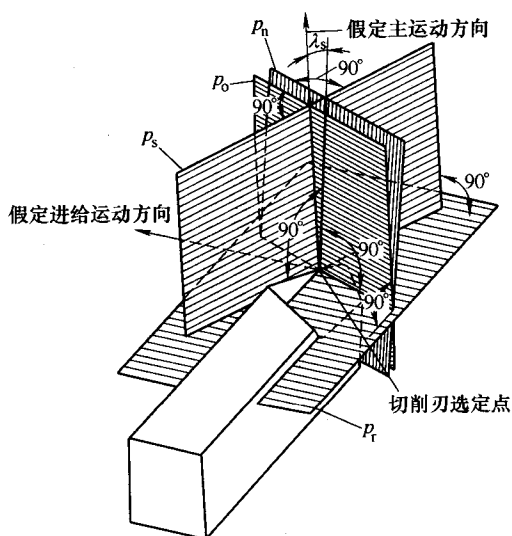


图 1-7 法平面参考系和正交平面参考系

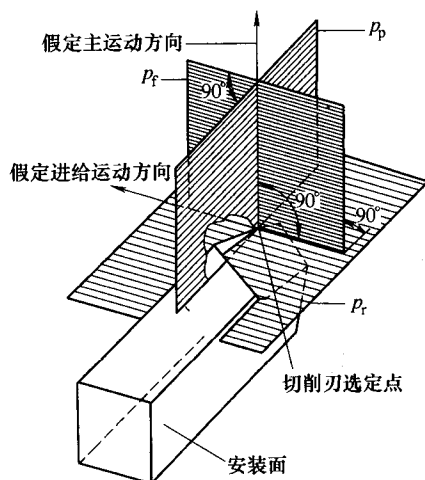


图 1-8 假定工作平面参考系的坐标平面

1. 正交平面参考系

正交平面参考系的三个坐标平面为基面 p_r 、切削平面 p_s 和正交平面 p_o 。

(1) 基面 p_r 。通过切削刃上选定点（图 1-5 中 A 点），垂直于该点切削速度的平面。车刀的基面是平行于车刀安装面（底面）的平面。

(2) 切削平面 p_s 。通过切削刃上选定点，与切削刃相切，并垂直于基面的平面。对于直线切削刃，它包含在切削平面中。

(3) 正交平面 p_o 。通过切削刃上选定点，同时垂直于该点的基面和切削平面的平面。

显然，这三个平面互相垂直，它们组成正交平面参考系（图 1-6）。

同样，通过副切削刃上的选定点（图 1-6 中的 A' 点），也可建立三个坐标平面。副切削刃上选定点 A' 的基面和主切削刃上选定点 A 的基面是相同的。副切削平面 p'_s 为过选定点 A' ，与副切削刃相切，并垂直于基面的平面。副正交平面 p'_o 为过选定点 A' ，同时垂直于基面与副切削平面的平面。所以副切削正交平面参考系的三个坐标平面为基面 p_r 、副切削平面 p'_s 和副正交平面 p'_o 。

2. 法平面参考系

法平面参考系由基面 p_r 、切削平面 p_s 和法平面 p_n （图 1-7）组成。法平面 p_n 为通过切削刃上选定点垂直于切削刃的平面。法平面 p_n 与正交平面 p_o 之间的夹角为刃倾角 λ_s 。

3. 假定工作平面参考系

假定工作平面参考系由基面 p_r 、假定工作平面 p_i 和背平面 p_p （图 1-8）组成。

(1) 假定工作平面 p_i 通过切削刃上选定点平行于假定进给运动方向并垂直于基面 p_r 的平面。

(2) 背平面 p_p 通过切削刃上选定点垂直于假定工作平面 p_i 又垂直于基面 p_r 的平面。

三、正交平面参考系车刀的标注角度

车刀的标注角度是指刀具设计图样上标注出的角度，它是刀具制造、刃磨和测量的依

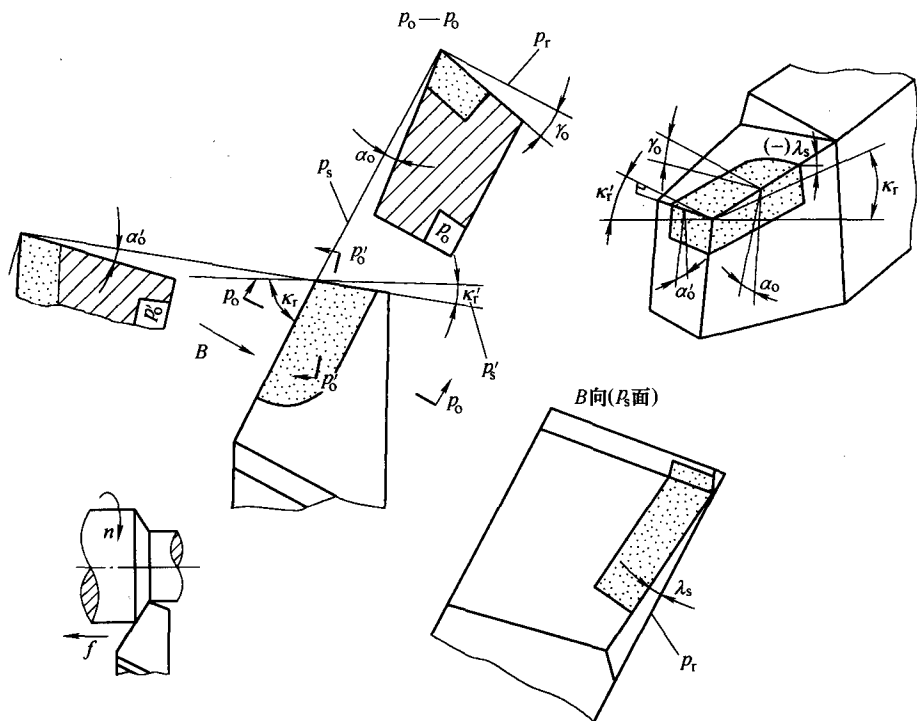


图 1-9 正交平面参考系中的车刀标注角度

据。正交平面参考系车刀的标注角度有以下几个：

1. 前角 γ 。

γ 。在正交平面中测量的前面与基面之间的夹角（图 1-9）。前面与基面重合或平行时，前角为零。前面与切削平面之间夹角小于 90° 时，前角为正（图 1-10a 中最下面一个）；大于 90° 时，前角为负（图 1-10a 中最上面一个）。

2. 后角 α 。

α 。是在正交平面中测量的后面与切削平面之间的夹角（图 1-10）。后面与切削平面重合时，后角为零。后面与基面之间夹角小于 90° 时，后角为正（图 1-10a 中最下面一个）；大于 90° 时，后角为负。后角一般为正值。

3. 主偏角 κ_r 。

κ_r 是在基面中测量的切削平面与假定工作平面之间的夹角（图 1-9）。它总是正值。

4. 刃倾角 λ_s 。

λ_s 是在切削平面中测量的主切削刃与基面之间的夹角（图 1-9）。主切削刃与基面重合或平行时，刃倾角为零。刀尖相对于车刀底面处于最高点时，刃倾角为正（图 1-10b 中最下面一个）；处于最低点时，刃倾角为负（图 1-10b 中中间一个）。

上述四个角度确定了车刀主切削刃及其前面，后面的方位。其中前角 γ 和刃倾角 λ_s 确定了前面的方位，主偏角 κ_r 和后角 α 确定了后面的方位，而主偏角 κ_r 和刃倾角 λ_s 确定了主切削刃的方位。这个规律简称为“一刀二面四角”。即一条切削刃由二个面（前面和后面）完全确定，由四个角度（ γ 、 λ_s 、 κ_r 、 α ）完全确定。

同理，要确定副切削刃及其相关前面、副后面的方位，也需要四个角度：副前角 γ'_s 、副刃倾角 λ'_s 、副偏角 κ'_r 和副后角 α'_s 。但由于主切削刃和副切削刃共处于同一前面上，当 γ 和 λ_s 确定后，副前角 γ'_s 和副刃倾角 λ'_s 就已由 γ 、 λ_s 、 κ_r 和 κ'_r 所确定，即副前角 γ'_s 和副刃倾角 λ'_s 是派生的。所以，副切削刃上的独立角度只有副偏角 κ'_r 和副后角 α'_s 两个。

5. 副偏角 κ'_r 。

κ'_r 在基面中测量的副切削平面 p'_s 与假定工作平面 p_f 之间的夹角（图 1-9）。它总是正值。

6. 副后角 α'_s 。

α'_s 在副正交平面（图 1-9）中测量的副后面与副切削平面之间的夹角。

综上所述，由主、副两条切削刃和前面、主后面以及副后面三个刀面所组成的刀具，共

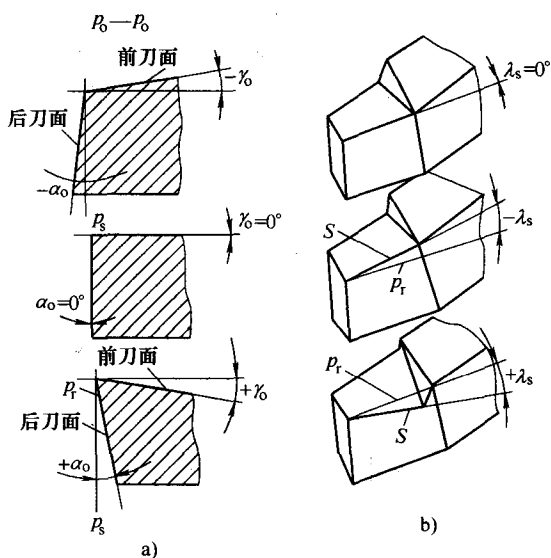


图 1-10 车刀前、后角和刃倾角正、负的规定
a) 前、后角 b) 刃倾角

有 γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 λ_s 、 κ'_r 和 α'_o 六个基本角度。这个规律简称为“两刃四面六角”。

图 1-9 为直头外圆车刀的六个标注角度。图 1-11 为偏刀车外圆时的六个标注角度。图 1-12 为切断刀的标注角度。因为切断刀有三条切削刃（主切削刃、左副切削刃和右副切削刃），四个刀面（前面、后面、左副后面和右副后面），所以切断刀有八个基本角度（ γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 λ_s 、 κ'_{rL} 、 α'_{oL} 、 κ'_{rR} 和 α'_{oR} ）。这也可简称为“三刃四面八角”。

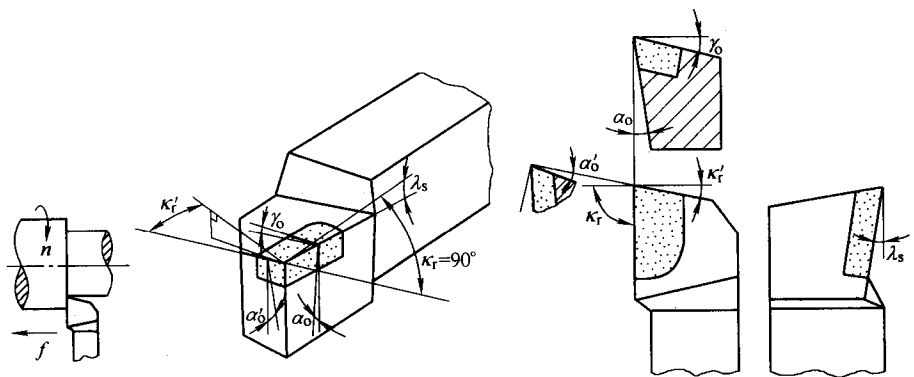


图 1-11 车外圆时偏刀的标注角度

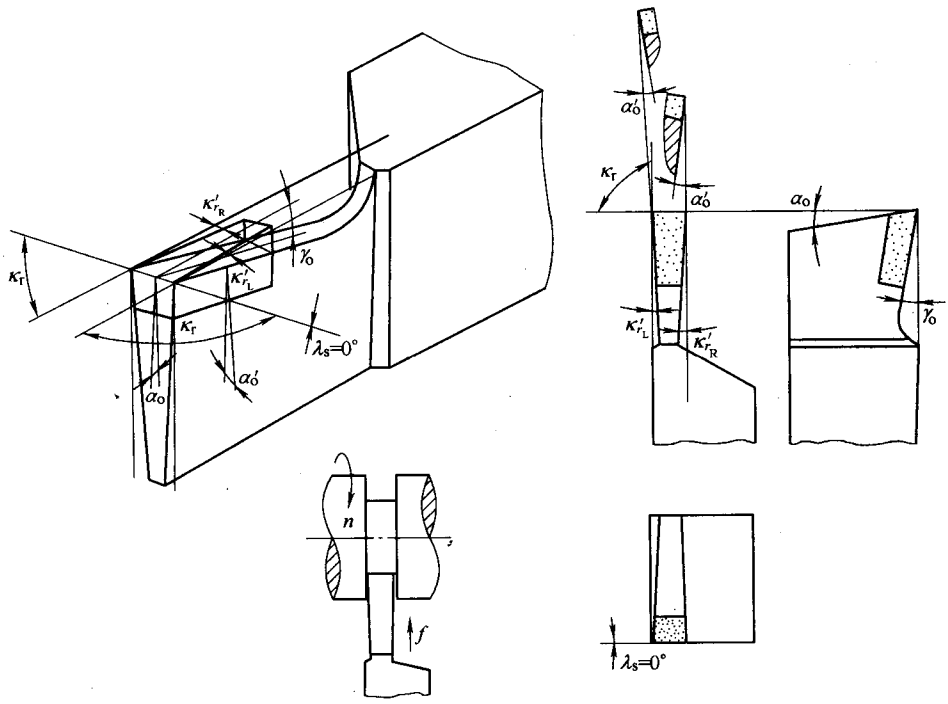


图 1-12 切断刀的标注角度

四、前角 γ_o 、后角 α_o 与法前角 γ_n 、法后角 α_n 的换算