

高等学校机电类规划教材



普通高等教育“九五”国家级重点教材

国家机械工业委员会首届高等学校优秀教材二等奖

机械工业部第三届高等学校机电类优秀教材二等奖

# 金属切削原理 与刀具

第4版



附光盘

上海理工大学 陆剑中 孙家宁 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等学校机电类规划教材

# 金属切削原理与刀具

第 4 版

主编 陆剑中 孙家宁  
参编 周志明 盛善权  
主审 尹洁华



机械工业出版社

本书是原 1984 年出版的《金属切削原理与刀具》教材的第 4 次修订版, 可作为高等学校机械工程专业的教材。本书的内容较前几版有较多更改, 也作了适量的精简, 其内容突出了切削原理的基础理论和生产中常用的刀具结构及其应用。各章均充实了切削与刀具的新发展技术。

此外, 结合本书内容设计与制作了 CAI 光盘, 以与本文字教材配套使用, 从而为课程的电化教学和方便学生自学迈出了新的一步。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削原理与刀具/陆剑中, 孙家宁主编 —4 版 —北京: 机械工业出版社, 2005.1 (2006 8 重印)  
高等学校机电类规划教材  
ISBN 7-111-06237-X

I. 金... II. ①陆 ②孙 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 (2004) 第 128624 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: 高文龙 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣  
责任印制: 杨 曦  
北京机工印刷厂印刷  
2006 年 8 月第 4 版第 6 次印刷  
184mm×260mm·16 印张·398 千字  
定价: 28.00 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) 88379711  
封面无防伪标均为盗版

## 第4版前言

本书是《金属切削原理与刀具》教材第4次修订本。本修订本可作为高等学校机械工程专业有关金属切削原理与刀具内容教学的教材,也可供工厂企业工程技术人员参考。

本书的第1版(1984年)、第2版(1990年)均被评为部优秀教材,第3版(1998年)被列入普通高等教育“九五”国家级重点教材。

为适应当前教学体系、课程内容改革及国内外金属切削和刀具技术发展的要求,本书的教学内容有较多缩减。书中主要突出切削原理的基础理论和常用刀具的结构及其应用,并列了几种非标刀具的设计原理。此外,补充了高性能刀具材料、难加工材料切削、现代切削新技术、花岗岩大理石磨削、可转位刀具、数控刀具及其工具系统等内容,并对各章节内容作了部分更新。

为结合课程电化教学和便于学生自学的需要,本教材设计与制作了CAI课件光盘与本书配套使用。光盘的主要内容是:全书插图的图库;复习题库及自评考核软件;切削数据计算器(其中包括刀具各参考系角度换算、切削力及切削功率计算、钻削力及功率计算、面铣刀切入接触区域验算等);非标刀具设计举例;部分切削原理及刀具的教学录像剪辑等。

本书主编为上海理工大学陆剑中、孙家宁,参编为上海理工大学盛善权、南京工程学院周志明。主审为成都工具研究所尹洁华。CAI光盘制作孙家宁、敖海东。

本教材各章编写分工为:孙家宁绪论、第一、二、七、十一、十二章;陆剑中第三、四、六、九章,周志明第五、八、十、十三章;盛善权第十四章。

在本教材各版本的编写过程中,得到各大专院校、研究所教授、专家、老师和工厂企业工程师、工人师傅们的指导与帮助,再次谨表衷心感谢。此外,对提供本书章头图中各类刀具照片的刀具工厂及企业表示感谢。由于编者水平所限、编写时间仓促,如有错误不妥之处,敬请指正。

编者  
于上海

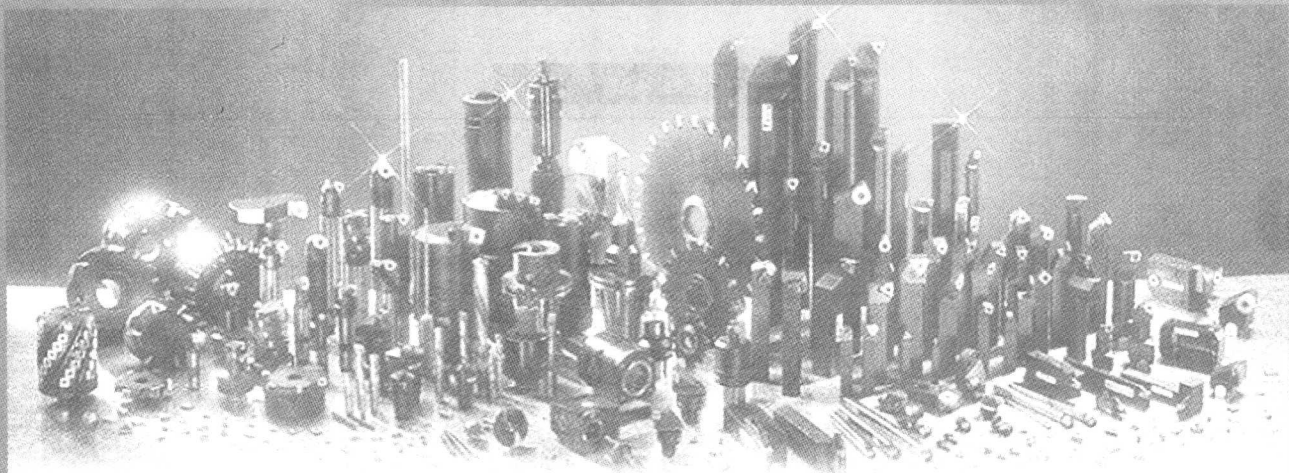
# 目 录

## 第4版前言

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 绪论                    | 1  |
| 第一节 我国切削加工技术发展概况      | 1  |
| 第二节 刀具在现代机械制造业中的作用与地位 | 3  |
| 第三节 本课程的内容与学习方法       | 3  |
| 第一章 刀具几何角度及切削要素       | 5  |
| 第一节 切削运动与切削用量         | 5  |
| 第二节 刀具切削部分的基本定义       | 7  |
| 第三节 刀具角度的换算           | 12 |
| 第四节 刀具角度的一面二角分析法      | 14 |
| 第五节 刀具的工作角度           | 16 |
| 第六节 切削层与切削方式          | 19 |
| 复习思考题                 | 20 |
| 第二章 刀具材料              | 22 |
| 第一节 概述                | 22 |
| 第二节 高速钢               | 24 |
| 第三节 硬质合金              | 27 |
| 第四节 陶瓷                | 30 |
| 第五节 超硬刀具材料            | 32 |
| 复习思考题                 | 33 |
| 第三章 金属切削过程的基本规律       | 34 |
| 第一节 切削变形与切屑形成         | 34 |
| 第二节 切削力               | 42 |
| 第三节 切削热与切削温度          | 50 |
| 第四节 刀具磨损与刀具寿命         | 53 |
| 复习思考题                 | 61 |
| 第四章 切削基本理论的应用         | 62 |
| 第一节 切屑控制              | 62 |
| 第二节 工件材料的切削加工性        | 66 |
| 第三节 切削液的选用            | 71 |
| 第四节 已加工表面质量           | 73 |
| 第五节 刀具几何参数的合理选择       | 79 |
| 第六节 切削用量的合理选择         | 83 |
| 第七节 现代切削新技术简介         | 87 |
| 复习思考题                 | 90 |
| 第五章 车刀                | 91 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第一节 车刀的类型                    | 91  |
| 第二节 焊接车刀                     | 93  |
| 第三节 机夹车刀                     | 95  |
| 第四节 可转位车刀                    | 96  |
| 复习思考题                        | 102 |
| 第六章 成形车刀                     | 103 |
| 第一节 成形车刀的种类与用途               | 103 |
| 第二节 成形车刀的几何角度                | 105 |
| 第三节 成形车刀廓形设计                 | 107 |
| 第四节 成形车刀其它部分设计简介             | 111 |
| 复习思考题                        | 111 |
| 第七章 钻削与钻头                    | 113 |
| 第一节 麻花钻                      | 113 |
| 第二节 钻削原理                     | 118 |
| 第三节 钻头的修磨                    | 121 |
| 第四节 先进钻型与结构特点简介              | 124 |
| 第五节 深孔钻                      | 127 |
| 复习思考题                        | 130 |
| 第八章 扩孔钻、铰钻、镗刀、<br>铰刀和复合孔加工刀具 | 131 |
| 第一节 扩孔钻、铰钻和镗刀                | 131 |
| 第二节 铰刀                       | 134 |
| 第三节 复合孔加工刀具                  | 141 |
| 复习思考题                        | 143 |
| 第九章 拉刀                       | 145 |
| 第一节 拉刀的种类与用途                 | 145 |
| 第二节 拉刀的组成与拉削方式               | 147 |
| 第三节 圆拉刀设计                    | 149 |
| 第四节 矩形花键拉刀的结构特点              | 153 |
| 第五节 拉刀的合理使用                  | 155 |
| 复习思考题                        | 156 |
| 第十章 铣削与铣刀                    | 157 |
| 第一节 铣刀的几何参数                  | 157 |
| 第二节 铣削用量和切削层参数               | 159 |
| 第三节 铣削力                      | 161 |
| 第四节 铣削方式                     | 163 |
| 第五节 铣刀的磨损与铣刀寿命               | 164 |

|                              |     |                                   |     |
|------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 第二节 铣削用量和切削层参数 .....         | 159 | 复习思考题 .....                       | 208 |
| 第三节 铣削力 .....                | 161 | <b>第十三章 数控刀具及其工具系统</b> .....      | 209 |
| 第四节 铣削方式 .....               | 163 | 第一节 对数控刀具的要求 .....                | 209 |
| 第五节 铣刀的磨损与铣刀寿命 .....         | 164 | 第二节 刀具快换、自动更换和尺寸<br>预调 .....      | 210 |
| 第六节 常用尖齿铣刀的结构特点与<br>应用 ..... | 167 | 第三节 数控刀具的工具系统 .....               | 214 |
| 第七节 可转位面铣刀 .....             | 172 | 第四节 刀具尺寸的控制系统与刀具<br>磨损、破损检测 ..... | 222 |
| 第八节 铲齿成形铣刀 .....             | 176 | 复习思考题 .....                       | 225 |
| 复习思考题 .....                  | 180 | <b>第十四章 磨削与砂轮</b> .....           | 226 |
| <b>第十一章 螺纹刀具</b> .....       | 181 | 第一节 磨削运动 .....                    | 226 |
| 第一节 丝锥 .....                 | 181 | 第二节 砂轮 .....                      | 227 |
| 第二节 其它螺纹刀具 .....             | 186 | 第三节 磨削过程 .....                    | 231 |
| 复习思考题 .....                  | 189 | 第四节 磨削表面质量 .....                  | 237 |
| <b>第十二章 切齿刀具</b> .....       | 190 | 第五节 先进磨削方法 .....                  | 239 |
| 第一节 切齿刀具的分类 .....            | 190 | 第六节 石材人造金刚石磨具 .....               | 242 |
| 第二节 齿轮铣刀 .....               | 192 | 第七节 刀具刃磨与重磨简介 .....               | 244 |
| 第三节 插齿刀 .....                | 193 | 复习思考题 .....                       | 247 |
| 第四节 齿轮滚刀 .....               | 197 | <b>参考文献</b> .....                 | 248 |
| 第五节 蜗轮滚刀与飞刀 .....            | 206 |                                   |     |



## 绪 论

### 第一节 我国切削加工技术发展概况

切削加工是指利用刀具切除被加工零件多余材料的方法。经切削加工后的零件能获得要求的尺寸精度与表面质量，是机械制造业中最基本的加工方法。切削加工在国民经济中占有重要地位。

古代我国切削加工方面有着光辉的成就。公元前二千多年的青铜时代已出现了金属切削的萌芽。当时青铜刀、锯、锉等已经类似于现代的刀具。春秋中晚期，有一部现存最早的工程技术著作《考工记》，上面介绍了木工、金工等三十个专业技术知识。书中指出，“材美工巧”是制成良器的必要条件。“材美”是指用优良的材料，“工巧”指采用合理的制造工艺。由大量出土文物与文献推测，最迟在8世纪（唐代）我国已有了原始的车床。

公元1668年（明代）加工2m直径的天文仪器铜环，其外径、内孔、平面及刻度的精度与表面粗糙度均达到相当高的水平。如图1所示，当时采用畜力带动铣刀进行铣削，用磨石进行磨削。铣刀已类似现代的镶片铣刀，刀片磨钝后用图2所示的脚踏刃磨机刃磨。

在长期生产实践中，古人已注意总结刀具的经验。明代张自烈著《正字通》中指出：“刀为体，刃为用，利而后能载物，古谓之芒。刃从坚则钝，坚非刃本义也”。由此可见，古人已十分强调切削刃的作用，正确阐明了切削刃的利与坚的关系。对切削原理已有了朴素的唯物辩证的论述。

近代历史中，由于封建制度的腐败和帝国主义的侵略，我国机械工业非常落后。据统计，直到1915年上海荣昌泰机器厂才制造出国产的第一台车床，1947年民用机械工业只有三千多家，拥有机床两万多台。当时使用的是工具钢刀具，切削速度很低。

新中国成立以来，我国切削加工技术得到飞速的发展。20世纪50年代起广泛使用了硬质合金，推广高速切削、强力切削、多刀多刃切削，兴起了改革刀具的热潮。1950年上海

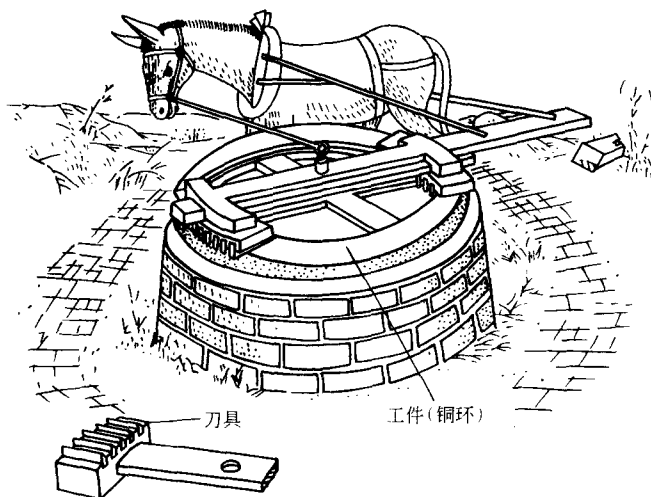


图1 1668年的畜力铣磨机

机床厂工人师傅首创了  $550\text{m/min}$  的切削速度，继而又改革成功了  $75^\circ$  强力车刀。1953 年北京永定机械厂工人师傅创造了内凹圆弧刀的麻花钻刃形。1965 年召开了全国工具展览会，总结交流了全国各地劳动模范、先进工作者创造的先进刀具，如群钻、 $75^\circ$  强力车刀、高速螺纹刀、细长轴车刀、宽刃精刨刀、强力铣刀、拉削丝锥、深孔钻等等。同时工具研究所、大专院校普遍建立了切削实验室，开展了切削机理的研究。有关单位不断生产出了新型刀具材料，如高生产率高速钢、粉末高速钢、涂层刀具材料、复合陶瓷、超硬刀具材料等等。上海工具厂、哈尔滨第一工具厂、哈尔滨量具刃具厂、成都量具刃具厂四大工具厂不断改革工艺，革新产品，制造出各类普通、复杂刀具。

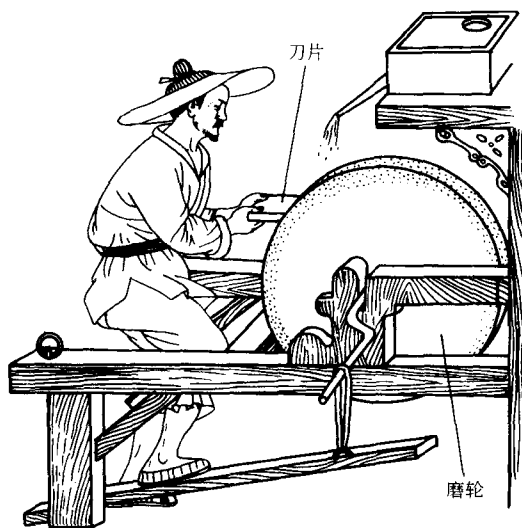


图2 1668年的脚踏刀磨机

20 世纪 80 年代改革开放以来，机械行业从引进国外的先进技术中得到了进一步发展。在与国际学术组织、专家学者的交流活动中，促进了我国切削技术水平的进一步提高。大量引进现代化制造业的数控机床、加工中心等设备，使用高精度的新型复合涂层材料的数控刀具。采用信息技术进行生产、技术、质量管理。已经形成了一批现代化的制造业，例如上海大众，上海通用汽车厂等。我国切削技术正在赶上国际先进水平。

21 世纪使用的刀具材料更加广泛，传统的高速钢、硬质合金材料的技术性能不断提高。超硬材料如切削陶瓷、聚晶立方氮化硼、聚晶金刚石刀具得到了更多的应用。化学涂层和物理涂层技术的不断发展，使新型复合涂层材料日新月异。例如氮铝钛类金刚石涂层以及纳米涂层技术的发展等，为解决高速切削各类高精度、高硬度难加工材料创造了条件。

当今能切削的材料十分广泛,除传统的金属材料外,非金属材料愈来愈多。从软的橡胶、塑料到坚硬的花岗岩石。从普通的钢材到高强度钢、钛合金、冷硬铸铁、淬硬钢以及70HRC左右的热喷涂等硬材料。切削技术不但能解决各种硬、韧、脆、粘等难加工材料的加工,而且能解决各种特高精度、特长、深、薄、小等特形件的加工。计算机已在切削研究、刀具设计与制造、机械加工生产线中得到广泛的应用。已有了一批我国自己开发的刀具CAD、CAPP、CAI、切削数据库软件。新的刀具标准参照了ISO作了修定,已与国际接轨。我国切削加工技术逐步接近发达国家的水平。

## 第二节 刀具在现代机械制造业中的作用与地位

机械制造、特别是现代制造业的主要加工方法是切削加工。切削加工系统中包含着硬件与软件两类要素。硬件系统有机床、夹具、刀具、附具、切削液;软件系统中有运动控制系统、检测控制系统、环境控制系统。硬件中刀具最小,投入比机床要少得多。但刀具最为活跃,灵活多样,对加工质量、效率、成本影响最为显著。

善于改革刀具的企业家,往往能取得事半功倍的效果。因为变革刀具与变更机床、夹具相比,其投入小、效果大、周期短、见效快。古人早有名言:“工欲善其事,必先利其器”。1965年全国工具展览会上第一机械工业部沈鸿副部长在宴会上讲:“筷子虽小,作用颇大”,比喻刀具为酒宴上的筷子,要求各级领导重视刀具。上海的老工人将刀具比喻为小卒子,也有一句名言:“小卒子过河威力大”。这里强调了小卒子要过河才能胜过车、马、炮。其意要善于改革使用刀具,使小卒子过河。

刀具是机床实现切削加工的直接执行者,没有刀具,机床就无法工作。不重视刀具,造成生产重大损失的例子有很多。引进了全套加工设备,但刀具没有相应配套,或刃磨刀具的设备不全,致使生产线不能投产。再订货,不是交货期太长,就是价格要贵出许多。有的生产线由于刀具技术不过关,致使整个生产线无法工作。

重视刀具,首先体现在刀具的选型,要选择与加工材料匹配的新型刀具材料,有足够的精度、先进的结构。计算刀具的投入,要以加工零件的单件费用作为比较条件。其次是要优化加工程序,以充分发挥刀具的内在潜力,达到优质、高产、高寿命。

重视刀具,最终还体现在刀具专业的人才上,要继续教育,培养既懂刀具选型,又熟悉刀具应用软件的现场工程师。

## 第三节 本课程的内容与学习方法

金属切削原理与刀具是研究金属切削过程基本规律与应用、标准刀具的选型与使用、非标刀具设计原理与方法的一门科学,是机械制造专业的重要专业课。其中切削原理又是刀具及机制工艺等课的基础。

金属切削原理的学习内容可归纳为两个方面的问题:

(1) 几何问题 主要指刀具的几何参数及其相互关系。一般应先学好车刀几何参数的定义,能正确地画图标注常用坐标系的刀具角度,进而在分析、计算车刀、钻头、铣刀、铰刀、螺纹刀具、切齿刀具等各类刀具中反复应用,深化提高,才能切实掌握。

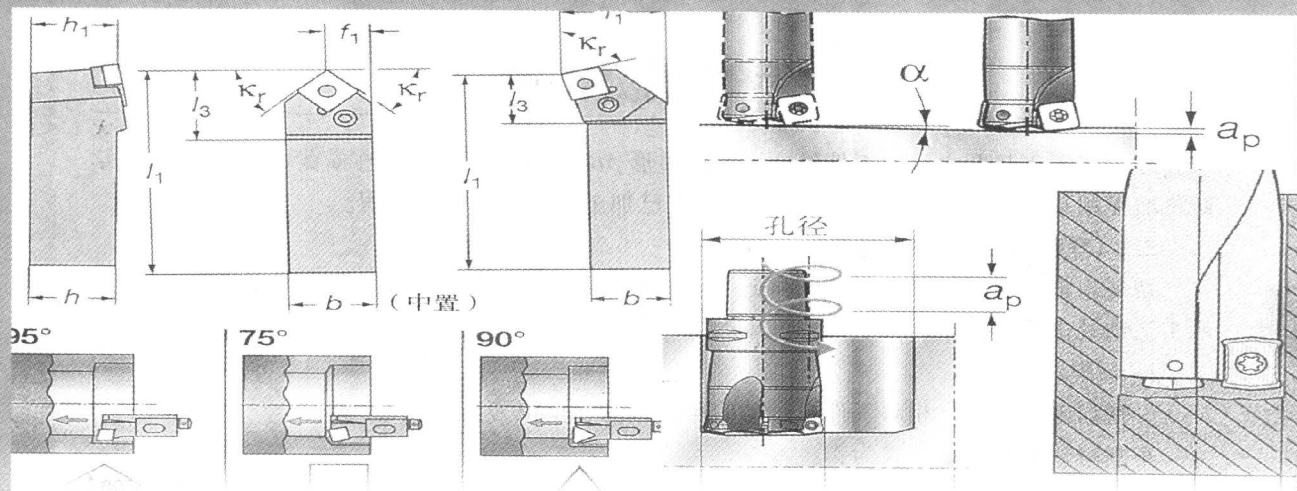
(2) 规律问题 主要指切削变形、切削力、切削温度、刀具磨损等规律。其中应先认识切削变形规律。通过实验建立感性概念,分析各种因素对其影响,进而学习切削力、切削温度、刀具磨损等规律。通过学习有关加工表面质量、切屑的控制、切削加工效率等内容,逐渐掌握切削规律在生产中的应用方法。

刀具种类繁多,有不同的分类方法。本书按加工方式划分刀具的章节:分为车刀、钻头、镗刀、铰刀、拉刀、铣刀、螺纹刀具、切齿刀具、数控刀具等。由单刃到多刃,由简单到复杂顺序讲解。刀具通常分为两大类:

(1) 标准刀具 指专业工具厂按国标或部标生产的刀具。如可转位车、铣刀、麻花钻、铰刀、铰刀、丝锥、板牙、插齿刀、齿轮滚刀、数控刀具等,这类刀具的学习重点是刀具结构、工作原理、选用方法。

(2) 非标准刀具 指用户需专门设计制造的刀具。如成形车刀、成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀、组合刀具等。这类刀具主要学习设计原理与计算方法。通过课程设计进行练习,以初步了解其设计程序及刀具 CAD 软件的应用原理。

金属切削原理与刀具是与生产实践紧密联系的、涉及知识面较广的课程。因此,还需阅读有关手册、样本,特别要重视生产实践,参加生产线的调试与维护的工作实践,这样才能做到理论联系实际,提高解决实际问题的工作能力。



## 第一章

# 刀具几何角度及切削要素

本章以车刀为代表,讲解刀具切削部分基本定义及有关名词术语,同时说明了刀具几何形状的分析及其图示方法。理解、掌握这些内容,是学习金属切削原理、刀具设计与使用的重要基础。

## 第一节 切削运动与切削用量

### 一、切削运动与切削层

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。图 1-1 表示了车削运动、切削层及工件上形成的表面。

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。

#### 1. 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。车、镗削的主运动是机床主轴的旋转运动。

#### 2. 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。图 1-1 中  $v_f$  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。

#### 3. 切削层

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 中工件旋转一周的时间,刀具正好从位置 I

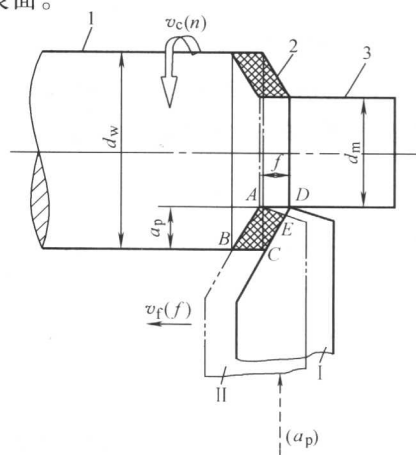


图 1-1 车削运动、切削层及形成表面

1—待加工表面 2—过渡表面  
3—已加工表面

移到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。

### 1. 切削速度 $v_c$

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

车削时切削速度计算式为：

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{dn}{318} \quad (1-1)$$

式中  $n$ ——工件或刀具的转速，单位为  $\text{r/min}$ ；

$d$ ——工件或刀具选定点旋转直径，单位为  $\text{mm}$ 。

### 2. 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  $\text{m/min}$ 。车削时进给运动速度：

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

### 3. 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 知，车外圆时：

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

式中  $d_w$ ——待加工表面直径；

$d_m$ ——已加工表面直径。

### 4. 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  $\text{min}$ 。它是反映切削效率高低的一个指标。由图 1-2 知，车外圆时  $t_m$  的计算式为：

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

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  $\text{mm}$ 。

将式 (1-1)、式 (1-2)、代入式 (1-4) 中，可得：

$$t_m = \frac{\pi d l A}{1000 a_p f v_c} \quad (1-5)$$

由式 (1-5) 知，提高切削用量中任一要素均可降低切削时间。

### 5. 材料切除率 $Q$

它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  $\text{mm}^3/\text{min}$ 。

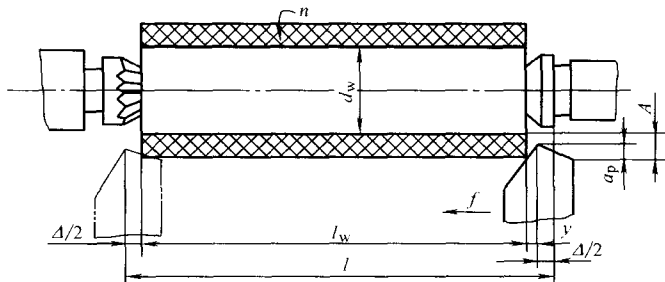


图 1-2 车外圆时切削时间计算图

$$Q = 1000 a_p f v_c \quad (1-6)$$

### 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，如图 1-3 所示。

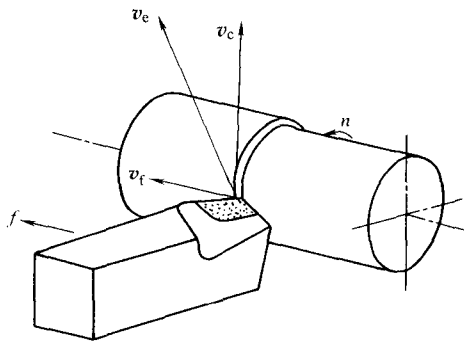


图 1-3 车削时合成切削速度

$$v_e = v_c + v_f$$

## 第二节 刀具切削部分的基本定义

### 一、刀具的组成

如图 1-4 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一撇以示区别。

#### 1. 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体实部分称刀楔。

#### 2. 切削刃

- (1) 主切削刃 S 前、后面汇交的边缘。
- (2) 副切削刃 S' 除主切削刃以外的切削刃。

### 3. 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, 总有一些刃口圆弧, 如刀楔的放大部分图 1-5a 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  $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ , 硬质合金刀具  $r_n$  约为  $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 。

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  $A_{\gamma 1}$ 、 $A_{a1}$  如图 1-5a 所示。 $b_{\gamma 1}$  是第一前面  $A_{\gamma 1}$  的倒棱宽度;  $b_{a1}$  是第一后面  $A_{a1}$  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 1-5b 所示。其参数有:

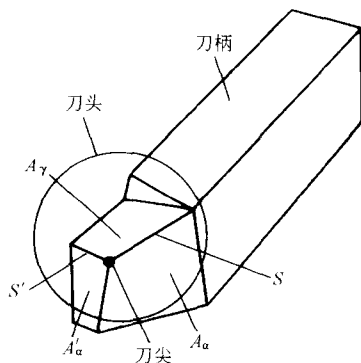


图 1-4 车刀切削部分的构成

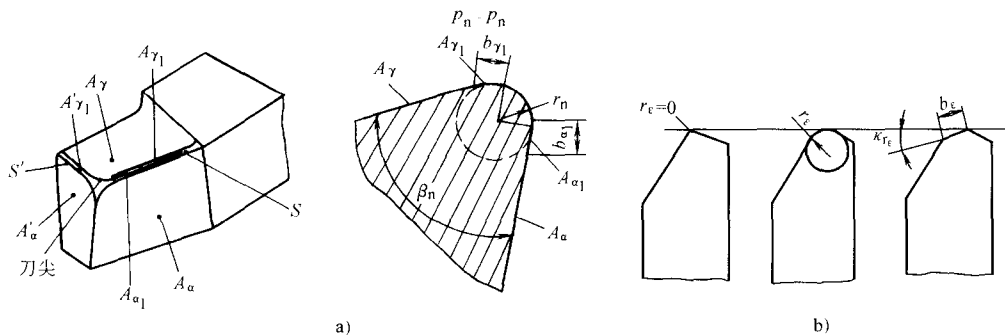


图 1-5 刀楔、刀尖形状参数

a) 刀楔及刀楔剖面形状 b) 刀尖形状

- 1) 刀尖圆弧半径  $r_\epsilon$  它是在基面上测量的刀尖倒圆的公称半径;
- 2) 倒角刀尖长度  $b_\epsilon$ ;
- 3) 刀尖倒角偏角  $\kappa_{r_\epsilon}$ 。

不同类型的刀具, 其刀面、切削刃数量不同。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。任何复杂的刀具都可将其分为一个个基本单元进行分析。

## 二、刀具角度参考系

刀具角度是确定刀具切削部分几何形状的重要参数。用于定义刀具角度的各基准坐标平面称为参考系。

参考系有两类:

**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;

**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。

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ISO3002/1—1977标准所推荐的。本书仅介绍前三种。

### 1. 正交平面参考系 (见图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或垂直刀具上的安装面(轴线)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。

在图1-6中,过主切削刃某一点 $x$ 或副切削刃某一点 $x'$ 都可建立正交参考系平面。副刃与主刃的基面是同一个面。

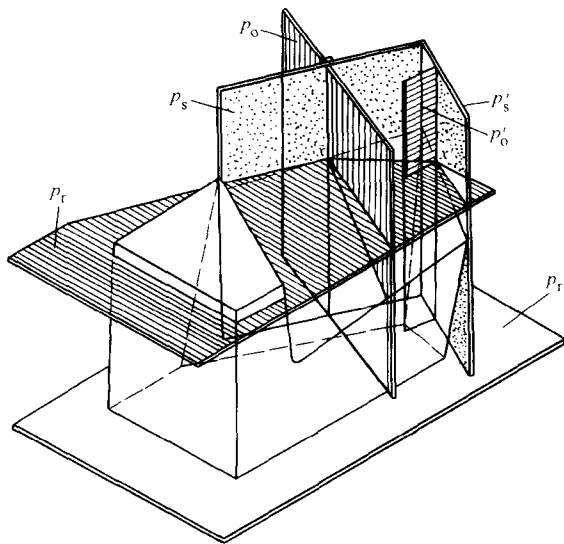


图1-6 正交平面参考系

### 2. 法平面参考系 (见图1-7所示)

法平面参考系由 $p_r$ 、 $p_s$ 、 $p_n$ 三个平面组成。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。

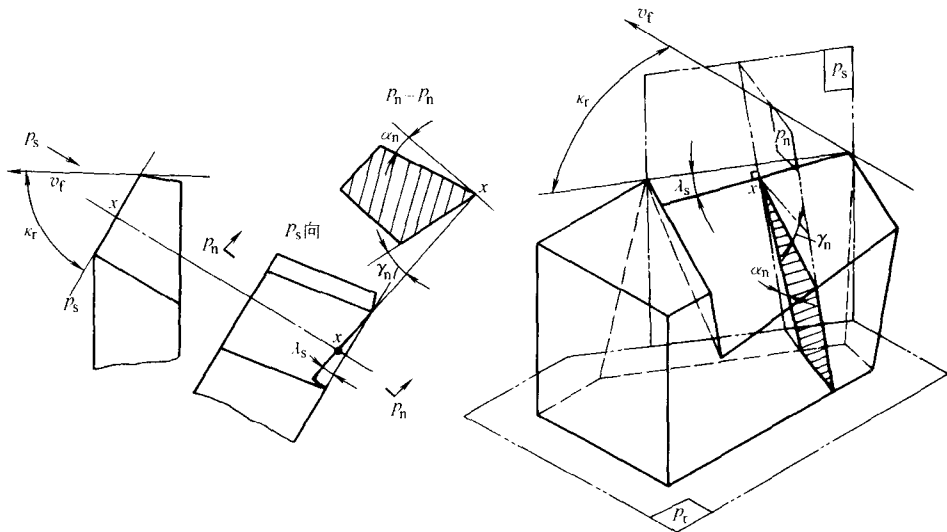


图1-7 法平面参考系及刀具角度

### 3. 假定工作平面参考系 (见图1-8所示)

假定工作平面参考系由 $p_r$ 、 $p_f$ 、 $p_p$ 三个平面组成。其中:

(1) 假定进给平面  $p_f$  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) 假定切深平面(背平面)  $p_p$  过切削刃选定点既垂直假定工作平面又垂直于基面的

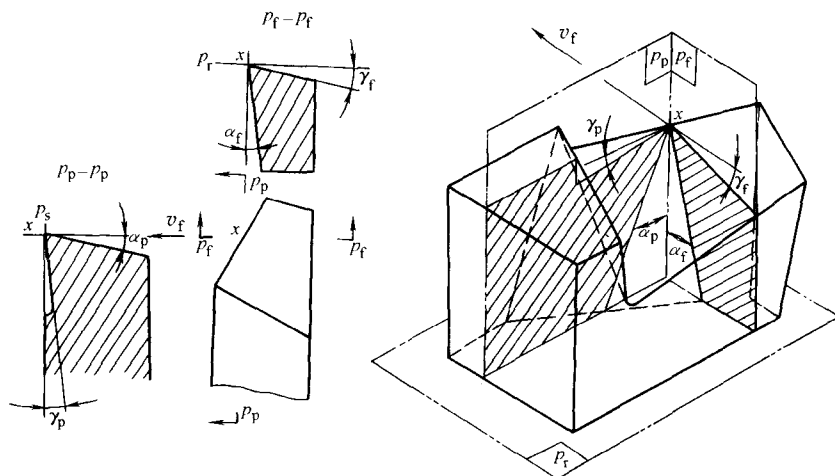


图 1-8 假定进给平面参考系及刀具角度

平面。

### 三、刀具角度

刀具角度是表达刀具表面在空间方位的参数。在各类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。其定义如下（见图 1-9a 所示）

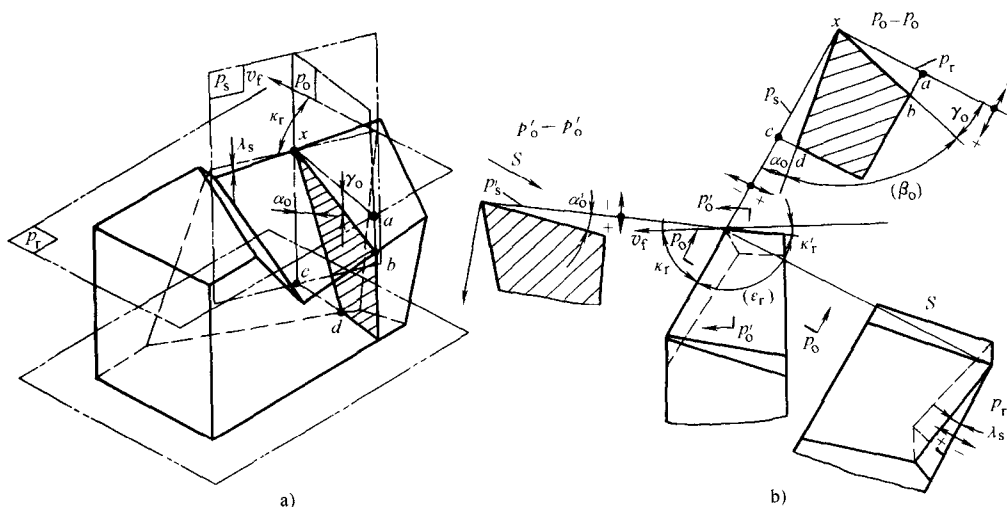


图 1-9 正交参考系刀具角度

#### 1. 正交平面参考系刀具角度定义

- (1) 前角  $\gamma$ 。正交平面中测量的前面与基面间夹角。
- (2) 后角  $\alpha$ 。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。

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  $r$  就表示  $p_r$  平面,  $s$  就表示  $p_s$  平面,  $o$  表示在  $p_o$  平面。  $n$  表示在  $p_n$  平面,  $f$  表示在  $p_f$  平面,  $p$  表示在  $p_p$  平面。右上角加一撇表示副刀刃上的平面或角度。

如图 1-9 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  $\gamma_o$ 、 $\lambda_o$  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 1-9 中的车刀主刃与副刃共处在同一前刀面上,主刃的前面也是副刃的前面。当标注了  $\gamma_o$ 、 $\lambda_o$  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  $\gamma_o$ 、 $\lambda_o$ 、 $\kappa_r$ 、 $\kappa'_r$  等角度换算得出。

$$\tan \gamma'_o = \tan \gamma_o \cos(\kappa_r + \kappa'_r) + \tan \lambda_o \sin(\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-7)$$

$$\tan \lambda'_s = \tan \gamma_o \sin(\kappa_r + \kappa'_r) - \tan \lambda_o \cos(\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-8)$$

此外,为了比较切削刃、刀尖的强度,刀具上还定义了两个角度,它们也属派生角度。即:

(1) 楔角  $\beta_o$ 。正交平面中测量的前面与后面间夹角。

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o) \quad (1-9)$$

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

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-10)$$

## 2. 其它参考系刀具高度

在法平面测量的前、后角称法前角  $\gamma_n$  和法后角  $\alpha_n$ , 见图 1-7 所示。

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  $\alpha_p$ , 见图 1-8 所示。

## 3. 刀具角度正负的规定

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。

## 四、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。

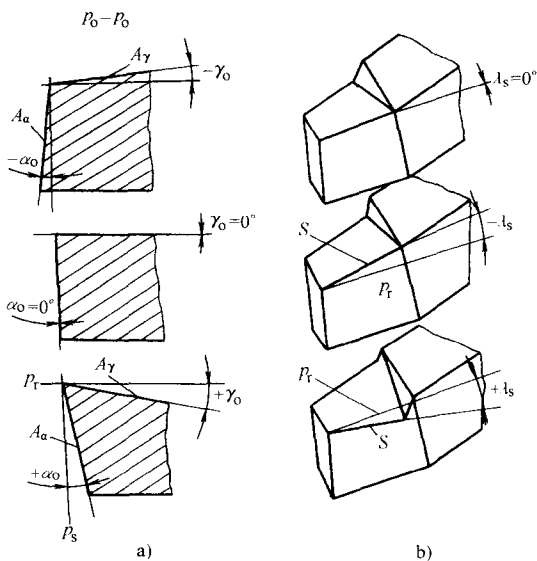


图 1-10 刀具角度正负的规定