



高等学校 规划教材  
电子信息类

# 金属切削原理与机床

吴兆华 周德俭



东南大学出版社

## 内容提要

本书分金属切削原理、金属切削机床两篇。内容包括:金属切削原理和金属切削机床的基础知识、常用刀具材料、金属切削过程的基本规律及应用、常用刀具;卧式车床、磨床、齿轮加工机床及其他常用通用机床,并介绍了数控机床的有关知识。本书力求做到内容精炼,加强基础,深入浅出,便于自学。每章均附有思考题和习题。

本书可作为高等学校和各类高等成人教育机械类专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

责任编辑:朱经邦

责任校对:戴季东

责任印制:陈 跃

## 金属切削原理与机床

吴兆华 周德俭

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 南京雄州印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 14.5 字数 358 千

1999年2月第1版 1999年2月第1次印刷

印数:1-2000册

ISBN 7-81050-390-1/TH·26

定价:18.00元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

# 出 版 说 明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作,根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》,我们各有关高等学校、中等专业学校、出版社,各专业教学指导委员会,在总结前四轮规划教材编审、出版工程的基础上,根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求,编制了《1996-2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报,经各学校、出版社推荐,由各专业教学指导委员会评选,并由我部教材办会商各专指委、出版社后,审核确定的。本轮规划教材的编制,注意了将教学改革力度较大、有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需,尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时,选择了一批对学科发展具有重要意义,反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划,以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足,希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的编写、出版质量,共同为电子信息类专业教材建设服务。

**电子工业部教材办公室**

# 前 言

本教材系按电子工业部的《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由电子机械专业教学指导委员会编审、推荐出版。本教材由桂林电子工业学院吴兆华副教授、周德俭教授编写，主审为浙江大学陈子辰教授，责任编委为伍世荣教授。

本教材的参考学时数 56 学时，教材分金属切削原理和金属切削机床两部分。前者着重论述金属切削过程的基本规律及应用，包括基本定义，刀具材料，金属切削过程，切削力、切削热和切削温度，刀具磨损和耐用度，工件材料的切削加工性，已加工表面粗糙度和切削条件的合理选择以及常用刀具简介等；后者主要阐述机床的运动和传动原理，机床精度的概念，分析机床的传动系统及其调整计算的基本方法，重点介绍了卧式车床、万能外圆磨床和滚齿机，并对生产中常用的其他类型通用机床的工艺范围和结构特点作了简要介绍。在第二篇的第十章中，介绍了数控机床的一些基础知识，数控车床、数控铣床以及立式加工中心等典型设备。

本教材由吴兆华编写 3,4,6,7,8,9,11 章。周德俭编写 1,2,5,10 章。在本书的编写过程中，得到了李春泉、潘开林老师的大力支持和热情帮助，在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1997.12

# 目 录

## 第一篇 金属切削原理

|                      |      |
|----------------------|------|
| 绪论·····              | (1)  |
| 1 基本定义·····          | (3)  |
| 1.1 切削运动和切削用量·····   | (3)  |
| 1.2 刀具切削部分的基本定义····· | (5)  |
| 1.3 切削层参数与切削方式·····  | (11) |
| 复习思考题·····           | (13) |
| 2 刀具材料·····          | (14) |
| 2.1 刀具材料应具备的性能·····  | (14) |
| 2.2 高速钢·····         | (15) |
| 2.3 硬质合金·····        | (17) |
| 2.4 陶瓷·····          | (20) |
| 2.5 超硬刀具材料·····      | (22) |
| 复习思考题·····           | (24) |
| 3 金属切削过程的基本规律·····   | (26) |
| 3.1 金属切削过程·····      | (26) |
| 3.2 切削力·····         | (36) |
| 3.3 切削热与切削温度·····    | (44) |
| 3.4 刀具磨损与耐用度·····    | (50) |
| 复习思考题·····           | (57) |
| 4 金属切削过程基本规律的应用····· | (59) |
| 4.1 工件材料的切削加工性·····  | (59) |
| 4.2 已加工表面粗糙度·····    | (61) |
| 4.3 刀具合理几何参数的选择····· | (64) |
| 4.4 切削用量的合理选择·····   | (71) |
| 复习思考题·····           | (77) |
| 5 常用刀具简介·····        | (79) |
| 5.1 车刀·····          | (79) |
| 5.2 铣刀·····          | (82) |
| 5.3 孔加工刀具·····       | (85) |
| 5.4 齿轮刀具·····        | (89) |
| 复习思考题·····           | (93) |

## 第二篇 金属切削机床

|         |      |
|---------|------|
| 绪论····· | (94) |
|---------|------|

|      |                      |       |
|------|----------------------|-------|
| 6    | 金属切削机床的基本知识 .....    | (96)  |
| 6.1  | 机床的分类和型号 .....       | (96)  |
| 6.2  | 机床的运动 .....          | (102) |
| 6.3  | 机床的传动 .....          | (106) |
| 6.4  | 机床运动的调整 .....        | (112) |
|      | 复习思考题 .....          | (113) |
| 7    | 车床 .....             | (114) |
| 7.1  | CA6140 型卧式车床 .....   | (114) |
| 7.2  | 其他车床简介 .....         | (134) |
| 7.3  | 车床的精度与检验 .....       | (139) |
|      | 复习思考题 .....          | (143) |
| 8    | 磨床 .....             | (145) |
| 8.1  | M1432A 型万能外圆磨床 ..... | (145) |
| 8.2  | 其他类型磨床简介 .....       | (156) |
|      | 复习思考题 .....          | (160) |
| 9    | 齿轮加工机床 .....         | (162) |
| 9.1  | 工作原理与分类 .....        | (162) |
| 9.2  | Y3150E 型滚齿轮 .....    | (163) |
| 9.3  | 其他类型齿轮加工机床简介 .....   | (175) |
|      | 复习思考题 .....          | (178) |
| 10   | 数控机床及加工中心 .....      | (180) |
| 10.1 | 概述 .....             | (180) |
| 10.2 | 数控机床的组成和分类 .....     | (181) |
| 10.3 | 数控编程简介 .....         | (185) |
| 10.4 | 数控机床 .....           | (191) |
| 10.5 | 数控加工中心 .....         | (200) |
|      | 复习思考题 .....          | (205) |
| 11   | 其他机床简介 .....         | (206) |
| 11.1 | 钻床和镗床 .....          | (206) |
| 11.2 | 铣床 .....             | (213) |
| 11.3 | 刨床和拉床 .....          | (217) |
|      | 参考文献 .....           | (221) |

# 第一篇 金属切削原理

## 绪 论

金属切削加工是指用硬度高于工件材料的刀具从工件表面切除多余的材料,从而使工件在几何形状、尺寸精度、表面质量等方面均符合预定要求的加工方法,它是机械制造业中最基本的加工方法,在国民经济中占有重要地位。

金属切削加工在国民经济和机械制造中之所以能占有重要地位,主要是因为它具有如下一些特点:

### 1) 能获得很高的精度和表面质量

这是其他一些加工方法很难相比的。自 1776 年为加工世界上第一台蒸汽机的汽缸,而研制出世界上第一台卧式镗床起至今 200 多年的时间内,金属切削加工的精度提高了 6 个数量级。

### 2) 被加工材料的范围广

塑性加工要求被加工材料延展性好;铸造加工要求被加工材料熔点不太高、流动性好;而对切削加工,只要求被加工材料的硬度低于刀具的硬度即可。目前,硬质合金、陶瓷、金刚石等很硬的刀具材料已经普及,关于硬度这一条件已不成问题了。

### 3) 对工件几何形状的广泛适应

除极少数几何形状十分复杂的表面无法加工外,同其他加工方法相比,切削加工对被加工工件表面几何形状的要求是比较低的。

### 4) 对生产批量的适应性

无论是使用通用机床的单件生产,还是使用自动机床的大量生产,切削加工都能适应。

切削加工的主要缺点是由于切除大量切屑而造成材料的浪费。

从历史来看,早在几千年前就有了金属切削加工的工艺方法。尽管加工质量和生产率都很低,但当时所用的设备和工具,已经具有今天金属切削机床和刀具的雏形。至于金属切削加工形成一门系统的技术和科学,还是近 200 年左右的事。

应该看到,社会的发展和新的加工材料的出现,促进了切削加工技术、刀具材料的发展。60 年代以来,各种高强度、高抗磨损性、高抗腐蚀性、低导热性、高抗高温性的新、难加工材料的相继出现,使各种新的刀具材料(高速钢、硬质合金、金属陶瓷、立方氮化硼等)也相继出现,从而使切削加工技术有了很大的发展。在 1900 年以前,刀具材料仅有碳素工具钢和一些耐热性低的合金钢,切削速度被限制在  $0.17\text{m/s}$  左右。由于刀具材料的进步,把现在车、铣削中使用的最高速度  $10 \sim 13.3\text{m/s}$  在近期内提高到  $80 \sim 130\text{m/s}$  是完全可能的。有些专家还提出了  $165\text{m/s}$  的超高速切削速度目标值。

近年来,数控机床、加工中心已在机械制造中广泛使用。由于数控机床、加工中心对切削过程要求高度的稳定可靠和具有高的加工精度,从而对所用刀具在精度、耐用度、安装、对刀、断屑等方面,有着与传统刀具显著不同的要求。切削加工中碰到的新问题正日益增多,这还有待于进一步的研究、完善和提高。

金属切削原理是研究金属切削加工的一门技术科学。由于金属切削过程涉及到刀刃前端工件材料的大塑性变形、高切削温度、加工表面相当高的机械应力和热应力、刀具的磨损和破损等,因此它是一门与金属物理学、金属工艺学、力学、热学、化学、弹塑性理论、工程数学和计算技术等有着密切联系的科学。本篇除提供有关提高切削加工质量、提高生产率和降低成本的知识之外,还简单地介绍了有关刀具的一些内容。其基本要求如下:

(1) 从理论上认识金属切削过程的一般现象和基本规律,能按具体加工条件合理选择刀具材料、切削部分几何参数及切削用量,计算切削力和功率,并能运用所学知识,分析和解决生产中的一些有关问题。

(2) 初步掌握金属切削实验的基本方法。

(3) 了解常用刀具的类型、结构特点和应用范围,并能正确选用。

(4) 对金属切削原理与刀具的新成就和发展方向有一定的了解。



# 1 基本定义

金属切削过程是刀具和工件之间相互作用的过程。刀具要从工件上切除多余的金属,刀具和工件之间就要有相对运动,即切削运动。同时,刀具的切削部分必须具有合理的几何参数。本章的主要内容就是以车刀为代表,介绍切削运动和刀具切削部分几何参数的基本定义。这是因为车刀在刀具中最有代表性,其他很多刀具都可以看成是车刀的演变和派生形式。把车刀的有关基本定义弄清楚了,再学习其他刀具就容易得多了。

## 1.1 切削运动和切削用量

### 1.1.1 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:

#### 1) 主运动

切削金属、形成加工表面所必须的运动称为主运动。它的速度最高,消耗功率最大。通常切削加工只有一个主运动。主运动可以由工件或刀具完成,其形式可以是直线运动或旋转运动。如车外圆时工件的旋转运动,刨削时刨刀的往复运动(见图 1.1、图 1.2)都是主运动。

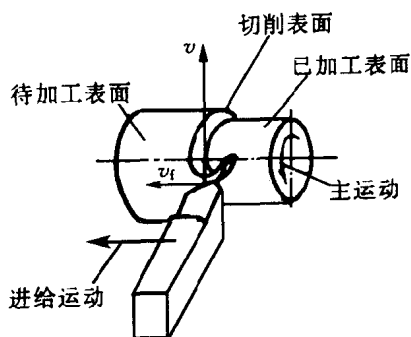


图 1.1 外圆车削的切削运动与加工表面

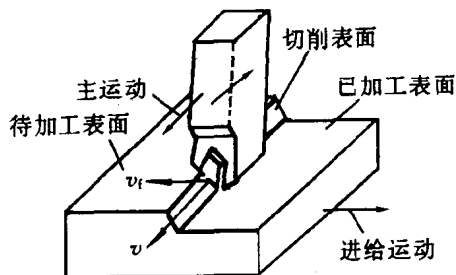


图 1.2 平面刨削的切削运动与加工表面

#### 2) 进给运动

进给运动是使主运动能依次或连续地切除工件上多余的金属,以形成全部已加工表面的运动。进给运动可以由刀具完成(如车削、钻削等),也可以由工件完成(如铣削、磨削等);可以是连续的(如车削、钻削等),也可以是间歇的(如刨削);可以只有一个(如车削、钻削),也可以有几个(如滚齿)。进给运动的速度很低,消耗的功率一般比主运动要小。

### 1.1.2 工件上的加工表面

切削时,工件上的金属层不断地被刀具切除,从而在工件上形成三个不断变化着的表面(图 1.1、图 1.2):

- (1) 待加工表面 即将被切除的表面;
- (2) 已加工表面 经切削后形成的表面;
- (3) 切削表面 切削刃正在切削的表面,它总是处在待加工表面与已加工表面之间。

### 1.1.3 切削用量

切削用量是指切削速度、进给量和切削深度,也称切削用量三要素。它们分别定义如下:

#### 1) 切削速度 $v$

切削刃上选定点相对于工件的主运动速度称为切削速度。当主运动是旋转运动时,切削刃上某点相对工件的切削速度可用下式计算:

$$v = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中  $v$ ——切削速度(m/s);

$d$ ——工件或切削刃上选定点的直径(mm);

$n$ ——主运动的转速(r/s)。

一般切削刃上各点切削速度是不同的。由于切削速度大的地方,切削时发热多,刀具磨损快,因此除特殊说明外,切削速度一般是指切削刃上的最大切削速度。计算时,应以最大切削速度为准。

#### 2) 进给量 $f$

刀具在进给方向上相对工件的位移量称为进给量,可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述(见图 1.3)。当主运动是旋转运动时,进给量的单位为 mm/r;当主运动是直线往复运动时,其单位为 mm/st。进给运动的大小也可用进给速度  $v_f$  来表示,即切削刃上选定点相对于工件的进给运动速度。它与进给量之间的关系为:

$$v_f = f n (\text{mm/s})$$

式中  $f$ ——进给量(mm/r);

$n$ ——转速(r/s)。

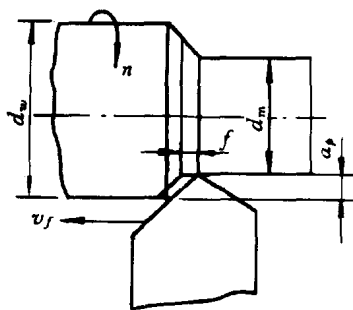


图 1.3 进给量和切削深度

生产中常将进给运动称为走刀运动,进给量称为走刀

量。

#### 3) 切削深度 $a_p$

为了切除工件上的余量,刀具必须切入工件一定深度。通常把在垂直于主运动方向和进给运动方向所组成的平面上所测量到的刀具与工件接触的切削层尺寸称为切削深度(图 1.3)。对车削、刨削而言,切削深度  $a_p$  为工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离,即

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm})$$

对于钻孔工作

$$a_p = \frac{d_m}{2} \quad (\text{mm})$$

式中  $d_w$ ——待加工表面的直径(mm);

$d_m$ ——已加工表面的直径(mm)。

切削深度的大小直接影响主切削刃的工作长度,反映了切削负荷的大小。

## 1.2 刀具切削部分的基本定义

### 1.2.1 刀具切削部分的组成

任何刀具均由切削部分和夹持部分组成。虽然刀具的种类很多,但它们切削部分的形状和几何参数都具有共同的特性。其中最简单、典型的是外圆车刀。因为不论刀具结构如何,也不论是单齿或复杂的多齿刀具,对每个刀齿而言,其结构和几何参数就相当于普通外圆车刀的演变。

图 1.4 是外圆车刀的切削部分,它具有下述刀面和切削刃:

- (1) 前刀面  $A_f$  切屑流出时经过的刀面。
- (2) 后刀面  $A_a$  与工件切削表面相对的刀面。
- (3) 副后刀面  $A'_a$  与工件已加工表面相对的刀面。
- (4) 主切削刃 前刀面和后刀面的交线。它是担任主要切削工件的切削刃,用来形成工件的切削表面。

- (5) 副切削刃 前刀面和副后刀面的交线。它协同主切削刃完成切削工作,以最终形成工件上的已加工表面。

- (6) 刀尖 主、副切削刃的交点称为刀尖。通常刀尖用短直线或圆弧代替,以提高刀具的使用寿命(见图 1.5)。

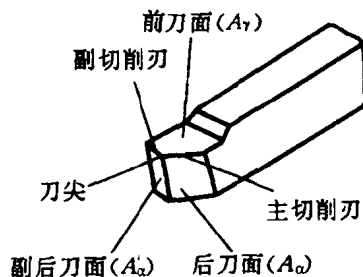
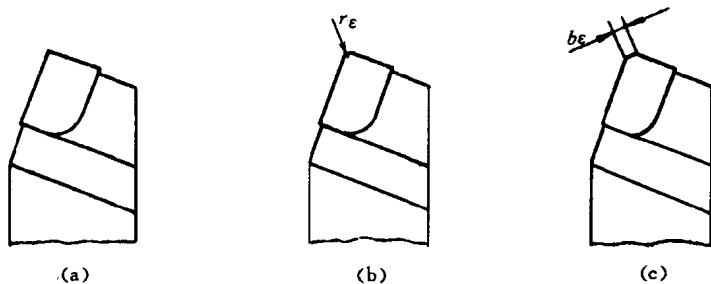


图 1.4 车刀的切削部分

### 1.2.2 刀具角度的参考系

上述刀面和切削刃的空间位置,可用几何角度来表示。要定义这些角度则需要一系列的测量平面。由这些平面组成的平面系列称为坐标系。用来确定刀具角度的坐标系有两类:一类称标注坐标系(静态参考系),它是刀具设计、绘图、刃磨时的基准。用它定义的角度称为刀具标注角度(刀具角度);另一类称工作坐标系(动态参考系),它是规定刀具进行切削加工时几何参数的参考系。该参考系考虑了切削运动和实际安装情况对刀具几何参数的影响。用它定义的角度称为刀具工作角度。本节着重论述刀具标注坐标系。

刀具标注坐标系有三类。其中主剖面坐标系应用最广,它由以下三个平面组成(见图



(a) 切削刃的实际交点; (b) 修圆刀尖; (c) 倒角刀尖

图 1.5 车刀刀尖

1.6)。

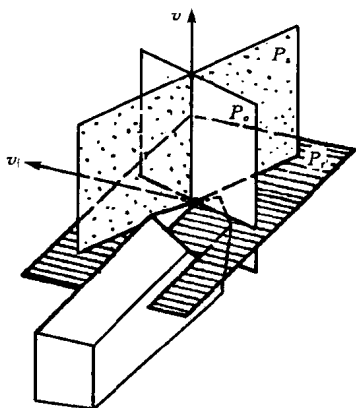


图 1.6 主剖面坐标系

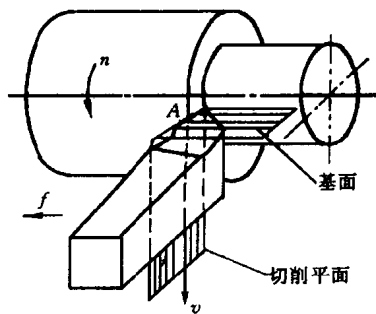


图 1.7 车刀的基面与切削平面

(1) 基面  $P_r$  通过主切削刃上某选定点并垂直于该点假定主运动方向的平面。对车刀,基面平行于车刀底面(见图 1.7)。基面是刀具制造、刃磨、测量时的基准。

(2) 切削平面  $P_s$  通过主切削刃上某选定点,与工件切削表面相切并垂直于基面的平面。车刀的切削平面可参见图 1.7。

基面和切削平面十分重要。这两个平面加上其他某一剖面,便可构成不同的刀具标注坐标系。

(3) 主剖面  $P_o$  通过主切削刃上某选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。也可看成是通过切削刃上某选定点并垂直于主切削刃在基面上投影的平面。

主剖面坐标系中  $P_r$ 、 $P_s$ 、 $P_o$  三个平面相互正交,因此也称正交剖面系。

刀具标注坐标系除上述主剖面坐标系外,还有法剖面坐标系和切深、进给剖面坐标系。其有关情况见表 1.1 和图 1.8、图 1.9。

表 1.1 刀具标注坐标系

| 坐标系        | 组成平面 | 符号    | 定义                |
|------------|------|-------|-------------------|
| 主剖面坐标系     | 基面   | $P_r$ | 垂直于切削速度的平面        |
|            | 切削平面 | $P_s$ | 与切削表面相切并垂直于基面的平面  |
|            | 主剖面  | $P_o$ | 垂直于主切削刀在基面上的投影的平面 |
| 法剖面坐标系     | 基面   | $P_r$ | 垂直于切削速度的平面        |
|            | 切削平面 | $P_s$ | 与切削表面相切并垂直于基面的平面  |
|            | 法剖面  | $P_n$ | 垂直于主切削刀的平面        |
| 切深和进给剖面坐标系 | 基面   | $P_r$ | 垂直于切削速度的平面        |
|            | 切深剖面 | $P_p$ | 平行刀杆轴线并垂直于基面的平面   |
|            | 进给剖面 | $P_f$ | 垂直刀杆轴线并垂直于基面的平面   |

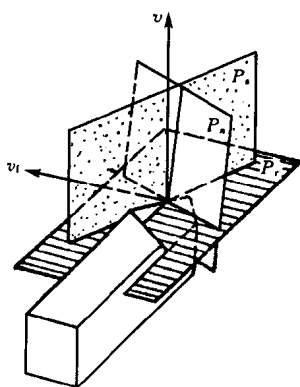


图 1.8 法剖面坐标系

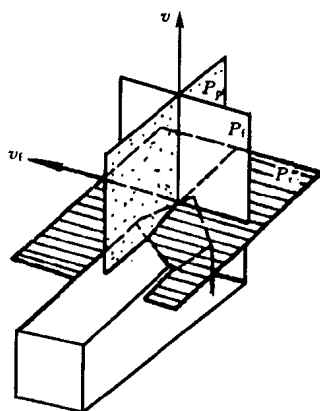


图 1.9 切深、进给剖面坐标系

### 1.2.3 刀具的标注角度

#### 1) 主剖面坐标系中的标注角度

刀具工作图上需要标出的角度称刀具的标注角度。它用于刀具的制造、刃磨和测量。这些角度将保证刀具在使用时得到必需的切削角度。外圆车刀主剖面坐标系中的标注角度如图 1.10 所示。

##### (1) 在主剖面内测量的角度

① 前角  $\gamma_o$ 。前刀面与基面间的夹角。当前刀面与基面平行时前角为零；当前刀面与切削平面的夹角小于  $90^\circ$  时前角为正；大于  $90^\circ$  时前角为负（见图 1.11）。

② 后角  $\alpha_o$ 。后刀面与切削平面间的夹角。当后刀面与基面的夹角小于  $90^\circ$  时后角为正；大于  $90^\circ$  时后角为负（见图 1.11）。

③ 楔角  $\beta_o$ 。前刀面与后刀面间的夹角。它是由前角和后角得到的派生角度。

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

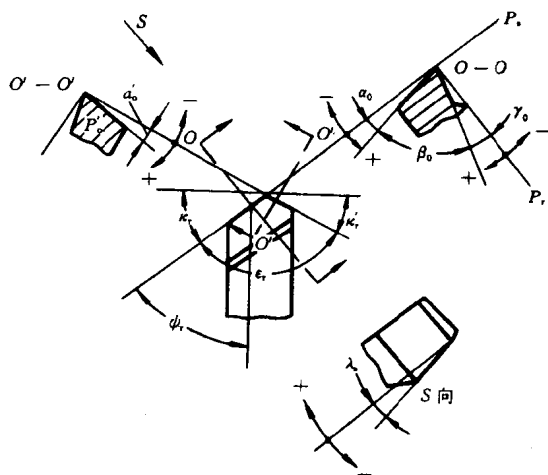


图 1.10 外圆车刀主剖面参考系的标注角度

## (2) 在基面内测量的角度

① 主偏角  $\kappa_r$  主切削刃与进给运动方向之间的夹角。主偏角总是正值。

② 副偏角  $\kappa'_r$  副切削刃与进给运动方向之间的夹角。

③ 刀尖角  $\epsilon_r$  主切削刃与副切削刃之间的夹角。它是由主偏角和副偏角得到的派生角度。

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$$

## (3) 在切削平面内测量的角度

刃倾角  $\lambda_s$  主切削刃与基面间的夹角。当主切削刃与基面平行时,  $\lambda_s$  为零; 当刀尖是主切削刃的最高点时  $\lambda_s$  为正; 当刀尖是主切削刃的最低点时  $\lambda_s$  为负(图 1.11(b))。

## (4) 在副剖面内测量的角度

过副切削刃上某选定点并垂直于副切削刃在基面上投影的平面称副剖面。在副剖面内, 副后刀面与副切削平面之间的夹角称副后角  $\alpha'_o$ 。

车刀有主、副两条切削刃, 每条切削刃都可建立一个坐标系。而在每个坐标系的三个坐标平面上, 都可以量出三个基本角度: 前角、后角和刃倾角, 再加上主偏角、副偏角, 这样车刀一共就有八个基本角度。但因主、副切削刃共处在一个前刀面上, 当前角和刃倾角确定后, 副前角和副刃倾角也随之确定, 故称其为派生角度。此外, 派生角度还有前述的楔角和刀尖角。所以真正说来, 车刀的独立角度只有六个: 前角  $\gamma_o$ 、后角  $\alpha_o$ 、刃倾角  $\lambda_s$ 、主偏角  $\kappa_r$ 、副偏角  $\kappa'_r$  和副后角  $\alpha'_o$ 。车刀的这六个基本角度对切削过程影响很大, 必须根据具体情况选择合理的数值, 并标注在刀具工作图上。

### 2) 法剖面坐标系中的标注角度

刀具在法剖面坐标系中的标注角度, 基本上和主剖面坐标系是类似的, 区别仅在将主剖面内的  $\gamma_o$ 、 $\alpha_o$  和  $\beta_o$ , 改为在法剖面  $P_n$  内的法向前角  $\gamma_n$ 、法向后角  $\alpha_n$  和法向楔角  $\beta_n$ (见图 1.12)。

### 3) 切深和进给剖面坐标系中的标注角度

刀具在切深和进给剖面坐标系中的标注角度与主剖面坐标系的区别在于前角、后角和楔角是分别在切深剖面  $P_p$  和进给剖面  $P_f$  内测量的, 故有切深前角  $\gamma_p$ 、切深后角  $\alpha_p$ 、切深楔角  $\beta_p$  和进给前角  $\gamma_f$ 、进给后角  $\alpha_f$ 、进给楔角  $\beta_f$  这样两套角度。而在基面和切削平面内测量的角度( $\kappa_r$ 、 $\kappa'_r$ 、 $\epsilon_r$  和  $\lambda_s$ ) 则和主剖面坐标系相同(图 1.13)。

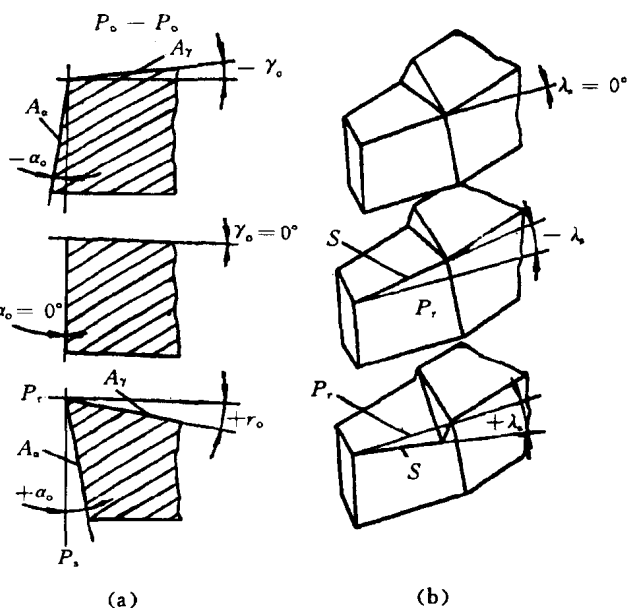


图 1.11 车刀角度正负的规定方法

(a) 前、后角; (b) 刃倾角

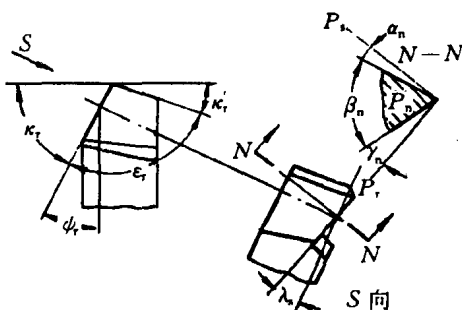


图 1.12 外圆车刀法剖面坐标系标注角度

### 1.2.4 刀具的工作角度

以上讨论的刀具角度是在刀具静态参考系中定义的, 即不考虑刀具具体的安装情况和进给运动的影响。事实上, 在切削加工中由于进给运动的影响和刀具安装位置的变化, 常常使刀具实际的切削角度发生变化, 这个实际的切削角度我们称它为工作角度。这个角度是在刀具工作坐标系中定义的。

#### 1) 进给运动对刀具工作角度的影响

(1) 横车 如图 1.14 所示。当用切断刀切断工件时, 切削刃上某选定点相对工件的运动轨迹为阿基米德螺旋线。由于此时该点的相对切削速度方向不再同刀具横进给方向垂直, 所以工作基面  $P_{re}$  和工作切削平面  $P_{se}$  都分别从原来静态参考系的  $P_r$  和  $P_s$  的位置转过  $\eta$  角。这样, 工作前角  $\gamma_{oe}$  比静态时增大了  $\eta$ ; 工作后角  $\alpha_{oe}$  比静态时减小了  $\eta$ , 即

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta$$

$$\tan \eta = \frac{f}{\pi d}$$

式中  $f$ ——工件每转一转刀具的横向进给量 (mm/r);

$d$ ——切削过程中变化着的切削表面直径 (mm)。

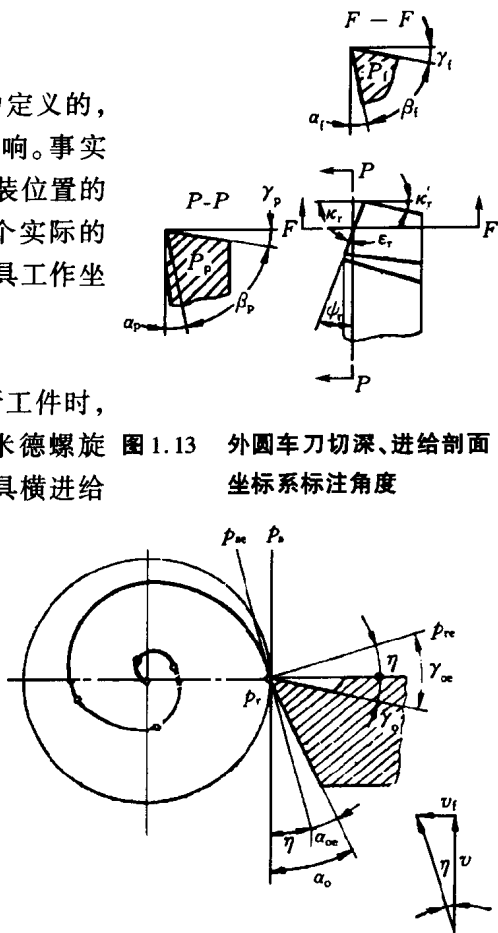


图 1.13 外圆车刀切深、进给剖面坐标系标注角度

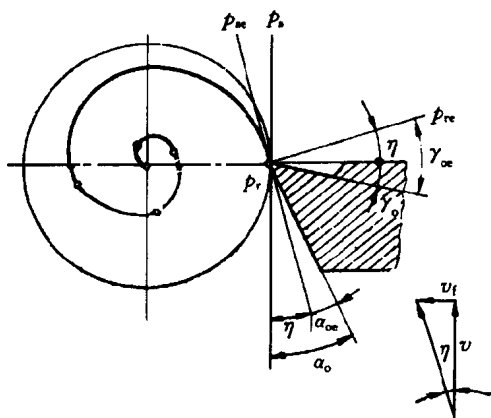


图 1.14 横向进给运动对工作角度的影响

由上式可知,  $d$  值越小,  $\eta$  值越大,  $\alpha_{oe}$  就越小。当切削刃接近工件中心时,  $\eta$  值急剧增大,  $\alpha_{oe}$  将变为负值。故当切至  $d = 1\text{mm}$  左右时, 常因工作后角太小而将工件挤断。此外, 横向进给量  $f$  对  $\eta$  值也有很大的影响,  $f$  增大则  $\eta$  值增大, 也有可能使工作后角变为负值。因此, 对横向切削的刀具, 不宜选用过大的进给量  $f$ , 或应适当加大标注后角  $\alpha_o$ 。

(2) 纵车 如图 1.15 所示。由于纵向进给运动的影响, 工件的切削表面实际上为一螺旋面, 工作切削平面  $P_{se}$  为切于此螺旋面的平面。故工作切削平面  $P_{se}$ 、工作基面  $P_{re}$  分别相对于  $P_s$ 、 $P_r$  倾斜了一个同样的角度, 这个角度在进给剖面  $P_f$  中为  $\eta_f$ , 在主剖面  $P_o$  中为  $\eta_o$ , 因此刀具在进给剖面内的工作角度将为

$$\gamma_{fe} = \gamma_f + \eta_f$$

$$\alpha_{fe} = \alpha_f - \eta_f$$

$$\tan \eta_f = \frac{f}{\pi d_w}$$

式中  $f$ ——进给量 (mm/r);

$d_w$ ——工件待加工表面直径 (mm)。

上述角度变化可以换算至主剖面内:





式中  $\tau$ ——主剖面内工作角度的变化值。

当刀尖低于工件中心时,则工作前角减小,工作后角增大。内孔镗削时刀尖安装高低对工作角度的影响与外圆车削时正好相反。

3) 刀具轴线与进给方向不垂直时对刀具工作角度的影响

当车刀在安装时,刀杆产生了逆时针的转动而使其轴线不再与进给方向垂直(见图 1.17),则工作主偏角  $\kappa_{re}$  比标注主偏角  $\kappa_r$  增大,工作副偏角  $\kappa'_{re}$  比副偏角  $\kappa'_r$  减小,其增大和减小的角度均为  $\theta_r$ 。当刀杆产生顺时针转动时,则  $\kappa_{re}$  减小,  $\kappa'_{re}$  增大。工作主偏角的计算如下:

$$\kappa_{re} = \kappa_r \pm \theta_r$$

$$\kappa'_{re} = \kappa'_r \mp \theta_r$$

## 1.3 切削层参数与切削方式

### 1.3.1 切削层参数

切削过程中,切削刀在一次走刀中切下的金属层,称为切削层。车外圆时,工件每转一转,主切削刃相邻两位置间的那一层金属就称为切削层(见图 1.18 中阴影线所示部分)。它决定了车刀切削部分所承受的负载和切屑的尺寸大小。用基面  $P_r$  剖截切削层所得截面面积就称为切削面积,表示切削面积的参数则称为切削层参数。它包括如下内容:

1) 切削厚度  $a_c$

在基面内测量的主切削刃相邻两位置之间的垂直距离叫做切削厚度  $a_c$ 。由图 1.18 得

$$a_c = f \sin \kappa_r$$

由公式知,  $f$  或  $\kappa_r$  增大,  $a_c$  增大,其大小表示了作用在切削刃上负荷的大小。切削厚度对切削力、切削变形、切削热、刀具磨损等都有重要影响。

2) 切削宽度  $a_w$

在基面内测量的主切削刃长度叫做切削宽度  $a_w$ 。由图 1.18 得

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

由公式知,  $a_p$  减小或  $\kappa_r$  增大,则  $a_w$  减小。切削宽度对生产率和切削温度有重要影响。

3) 切削面积  $A_c$

在基面内测量的切削层截面面积叫做切削面积  $A_c$ 。其计算公式为:

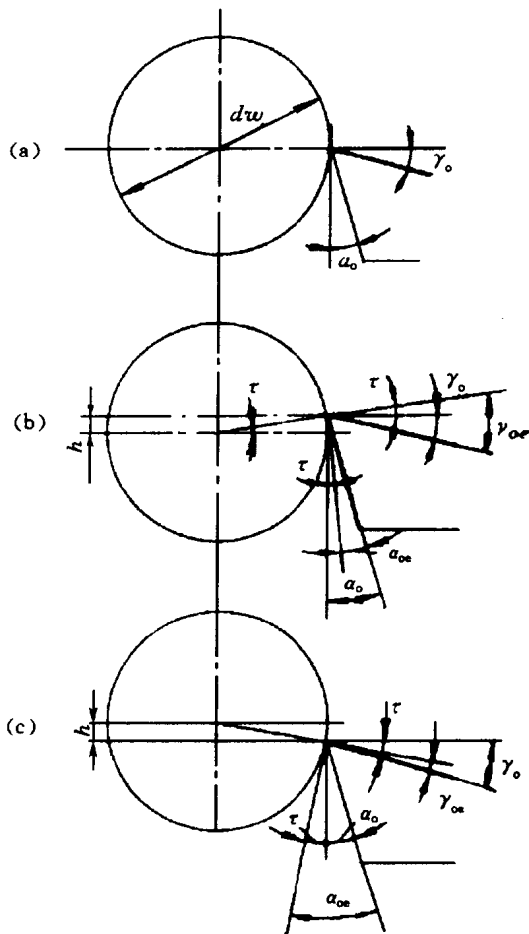


图 1.16 车刀刀尖安装高低对工作角度的影响

(a) 刀尖对准中心; (b) 刀尖高于中心;

(c) 刀尖低于中心