

王杰 李方信 肖素梅 编著

机械制造工程学

JIXIE ZHIZAO GONGCHENGXUE



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

机械制造工程学

王 杰 李方信 肖素梅 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是为适应机械设计制造及其自动化专业教学体系改革的需要而编写的专业核心教材。内容涉及金属切削原理、金属切削机床及常用刀具、机械制造工艺及机床夹具设计等。

全书共分九章。第一至四章讲述金属切削的基本理论,提高零件表面加工质量和生产率的途径;第五章介绍金属切削机床的工作原理、保障精度的措施以及与机床相配的常用刀具;第六至八章包括机械加工精度、加工工艺及装配方法;第九章为夹具工作原理和设计方法。此外,每章还配有思考题与习题。

本书可作为高等院校机械类专业的教材,也可作为从事机械制造工作的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程学/王杰,李方信,肖素梅编著. —北京:北京邮电大学出版社,2003

ISBN 7-5635-0654-3

I. 机… II. ①王…②李…③肖… III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 119825 号

出 版 者:北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号)

邮 编:100876 (发行部)电话:62282185 传 真:62283578

电子信箱:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京通州皇家印刷厂

印 数:3 000 册

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:18.75

字 数:474

版 次:2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0654-3/TH·6

定 价:29.00 元

· 如有质量问题请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

机械制造业是一个国家技术进步和社会发展的支柱产业之一,无论是传统产业,还是新兴产业,都离不开各种各样的机械装备。而加快产品上市时间 T (Time to Market),提高产品质量 Q (Quality),降低成本 C (Cost),加强服务 S (Service)是制造业追求的永恒主题。随着现代科学技术的进步,特别是微电子技术、计算机技术、信息技术等与机械制造技术的深度结合,机械制造工业的面貌发生了很大的变化。数控机床、加工中心、柔性制造系统、集成制造系统、虚拟制造、敏捷制造等不断出现的新的先进制造技术和新的先进生产模式,增强了企业的生产能力和市场适应性,产品结构走向多样化,产品性能大幅度提高,机械制造业呈现出激烈的国际性竞争的高速发展势态。

随着面向 21 世纪教学内容改革的深入,为满足机械类专业课程调整、合并的需求,根据编者多年的教学实践经验,参考《金属切削原理及刀具设计》、《金属切削机床概论》、《机械制造工艺学》和《机床夹具设计》等专业课程的教学大纲编写成此书。其目的就是在压缩传统专业课时学的情况下,保障学生掌握必要的专业理论知识和综合实践能力,为进一步学习先进制造技术并与之融会贯通打下基础,使学生建立与现代制造工业发展相适应的系统的知识体系。

本书以机械制造工程基础原理为主线,以改善 T 、 Q 、 C 、 S 为目标,突出重点讨论的对象——工艺系统,内容涉及金属切削原理、金属切削机床及常用刀具、机械制造工艺及机床夹具设计等方面的内容。全书共分九章。第一至四章讲述金属切削的基本理论,主要解决如何高效地从被加工材料上去除相应的金属余量,获得所需要的零件精度和表面加工质量的问题。第五章介绍金属切削机床的工作原理,主要解决获得零件形状和精度所需的成形方法和运动以及与之相配的常用刀具,重点突出机床的共性,简述不同机床的特性。第六至九章包括机械加工精度、加工工艺及装配方法、夹具工作原理和设计方法,重点解决合理规划工艺路线和工序设计(含夹具设计)的问题。

本书由四川大学和西南科技大学联合编写,既可作为高等院校机械类专业的教材使用,也可供从事机械制造工作的工程技术人员参考。其中四川大学王杰教授负责第六、七、八章的编写和全书的统稿工作;李方信副教授负责第一、二、三、四章的编写工作;西南科技大学肖素梅副教授负责第五和九章的编写工作。四川大学的赵武副教授参加了第二、九章,袁冰参加了第七、八章;西南科技大学的姜兵参加了第六章的编写工作。

在本教材的规划和编写过程中,四川大学的刘荣忠教授对教材大纲和编写方法提出了许多宝贵的意见和建议,并对有关章节进行了审阅。此外,参加本书编写和文字处理的还有王

玫、袁洁、李昌革、罗红波、田大庆、姜迎春等老师，王奇亮、廖应华、黄睿在绘图方面做了许多工作，在此一并致以衷心的感谢。

诚恳希望读者对本书中的错误和不足之处提出批评指正。

编 者

2003 年 12 月

目 录

第一章 金属切削加工中的基本定义	1
1.1 切削运动及切削用量	2
1.1.1 切削运动	2
1.1.2 切削深度	3
1.2 刀具几何角度	3
1.2.1 刀具切削部分的刀面和刀刃	3
1.2.2 确定刀具几何角度的参考平面及参考系	4
1.2.3 刀具标注角度	5
1.2.4 刀具的工作角度	7
1.3 切削层参数	9
思考题与习题	10
第二章 切屑形成过程及加工表面质量	11
2.1 切削形成过程	11
2.1.1 第一变形区的变形及其特征	11
2.1.2 第二变形区的变形及其特征	13
2.1.3 第三变形区的变形及已加工表面质量	18
2.2 切屑类型及形状控制	23
2.2.1 切屑类型	23
2.2.2 切屑形状及控制	24
2.3 砂轮特性及磨削过程	28
2.3.1 砂轮的特性和砂轮选择	29
2.3.2 磨削过程	34
思考题与习题	36
第三章 切削过程中的物理现象及影响因素	37
3.1 切削力	37
3.1.1 切削力的来源	37
3.1.2 切削力的合成、分解及切削功率	37
3.1.3 计算切削力的经验公式	39
3.1.4 影响切削力的因素	43
3.2 磨削力	49
3.2.1 总磨削力及其分力	49
3.2.2 磨削用量对磨削力和磨削功率的影响	50
3.3 切削热和切削温度	50

3.3.1	切削热的产生和传出	50
3.3.2	影响切削温度的因素	52
3.4	磨削热和磨削温度	56
3.4.1	磨削能量与磨削温度	56
3.4.2	磨削烧伤、硬度变化、残余应力及控制	57
3.5	刀具磨损和刀具耐用度	59
3.5.1	刀具磨损	59
3.5.2	刀具耐用度	63
	思考题与习题	66
第四章	影响切削加工效率及表面质量的因素	67
4.1	工件材料的切削加工性	67
4.1.1	工件材料切削加工性的概念和衡量标志	67
4.1.2	影响工件材料切削加工性的因素	69
4.1.3	某些难加工材料的切削加工性	71
4.2	刀具材料的合理选择	73
4.2.1	刀具材料应具备的切削性能	74
4.2.2	刀具材料的种类、性能及选择	75
4.3	合理的刀具几何参数的选择	82
4.3.1	前角及前刀面形状的选择	83
4.3.2	后角的功用及选择	85
4.3.3	主偏角、副偏角及刀尖形状选择	87
4.3.4	刃倾角的选择	89
4.4	切削液	91
4.4.1	切削液的种类	91
4.4.2	切削液中的添加剂	92
4.4.3	切削液的作用机理	93
4.4.4	切削液的选用	94
4.4.5	切削液的使用方法	94
4.5	切削用量选择	95
4.5.1	切削用量选择原则	95
4.5.2	刀具耐用度的确定	96
4.5.3	切削用量的选择	97
	思考题与习题	104
第五章	金属切削机床与刀具	105
5.1	金属切削机床的分类与型号编制	105
5.1.1	机床的分类	105
5.1.2	机床的型号编制	105
5.2	工件表面成形方法与机床运动分析	108
5.2.1	工件表面形状与成形方法	108
5.2.2	机床运动分析	110

5.3 车床与车刀	112
5.3.1 车床	112
5.3.2 车刀	126
5.4 孔加工机床与刀具	130
5.4.1 钻床	130
5.4.2 镗床	131
5.4.3 孔加工刀具	133
5.5 刨床与插床	144
5.5.1 刨床	144
5.5.2 插床	144
5.6 铣床与铣刀	145
5.6.1 铣床	145
5.6.2 铣刀	148
5.7 磨床	149
5.8 齿轮加工机床与齿轮刀具	153
5.8.1 齿轮加工机床	153
5.8.2 齿轮刀具	163
5.9 组合机床	168
5.10 TH5632 型立式镗铣加工中心	168
思考题与习题	173
第六章 机械加工精度	175
6.1 机械加工精度的概念	175
6.1.1 机械加工精度的含义及内容	175
6.1.2 机械加工误差分类	175
6.2 获得加工精度的方法	176
6.3 影响加工精度的因素	177
6.3.1 加工原理误差对加工精度的影响	177
6.3.2 工艺系统的制造误差和磨损对加工精度的影响	178
6.3.3 工艺系统受力变形对加工精度的影响	180
6.3.4 工艺系统热变形对加工精度的影响	183
6.3.5 工艺系统残余应力的影响	185
6.4 加工误差的分析与控制	187
6.4.1 分析算法	187
6.4.2 统计分析法	187
6.4.3 机床调整及调整尺寸的计算	193
6.4.4 保证和提高加工精度的途径	194
思考题与习题	196
第七章 机械加工工艺规程的制订	197
7.1 制订机械加工工艺规程的方法和步骤	197
7.2 机械加工工艺过程的组成	200

7.3	生产类型与机械加工工艺规程	201
7.4	定位基准的选择	204
7.4.1	设计基准	204
7.4.2	工艺基准	205
7.4.3	精基准的选择	205
7.4.4	粗基准的选择	206
7.5	工艺路线的制订	207
7.5.1	加工经济精度与加工方法的选择	207
7.5.2	加工顺序的安排	207
7.5.3	工序集中程度的确定	209
7.5.4	加工阶段的划分	209
7.6	加工余量、工序尺寸及公差确定	210
7.7	尺寸链原理	213
7.7.1	尺寸链的定义和组成	213
7.7.2	尺寸链的分类	214
7.7.3	尺寸链的计算方法	215
7.7.4	工艺尺寸链的计算	216
7.8	生产率与技术经济分析	223
7.8.1	时间定额	223
7.8.2	提高劳动生产率的工艺措施	224
7.8.3	工艺过程的技术经济分析	226
	思考题与习题	228
第八章	装配工艺规程的制订	230
8.1	装配工艺规程的制订	230
8.1.1	机器的装配过程	230
8.1.2	机器的装配精度	231
8.1.3	装配工艺规程的制订步骤	233
8.2	装配尺寸链	234
8.2.1	装配尺寸链的定义和形式	234
8.2.2	装配尺寸链的建立	234
8.3	利用装配尺寸链达到装配精度的方法	236
8.3.1	互换法	236
8.3.2	分组法	236
8.3.3	修配法	237
8.3.4	调整法	239
	思考题与习题	241
第九章	机床夹具设计原理	243
9.1	机床夹具概述	243
9.1.1	机床夹具的分类	243
9.1.2	夹具的作用和组成	243

9.2 工件的定位原理	245
9.3 工件用夹具定位装夹时的基准位置误差	248
9.3.1 工件以平面定位	248
9.3.2 工件以圆孔定位	251
9.3.3 工件以外圆柱面定位	254
9.3.4 工件以一面两孔定位	255
9.3.5 其他	258
9.4 工件用夹具装夹时的加工误差分析	259
9.4.1 工件用夹具装夹时加工误差的组成	259
9.4.2 定位误差分析计算	260
9.5 工件的夹紧装置设计	263
9.5.1 夹紧装置的组成及设计要求	263
9.5.2 正确施加夹紧力	263
9.5.3 典型夹紧机构	265
9.6 典型机床夹具的应用	272
9.6.1 车床夹具	272
9.6.2 铣床夹具	273
9.6.3 钻床夹具	275
9.6.4 镗床夹具	276
9.7 专用夹具设计方法	280
思考题与习题	284
参考文献	287

第一章 金属切削加工中的基本定义

金属切削加工是指在金属切削机床上,使用金属切削刀具相对于工件作适当的运动,由金属切削刀具切除工件上预留的余量,从而形成零件所需要的尺寸精度、形状精度及表面质量的过程。

金属切削加工的种类很多,有车削、铣削、刨削、钻削、磨削、拉削等,如图 1-1 所示。

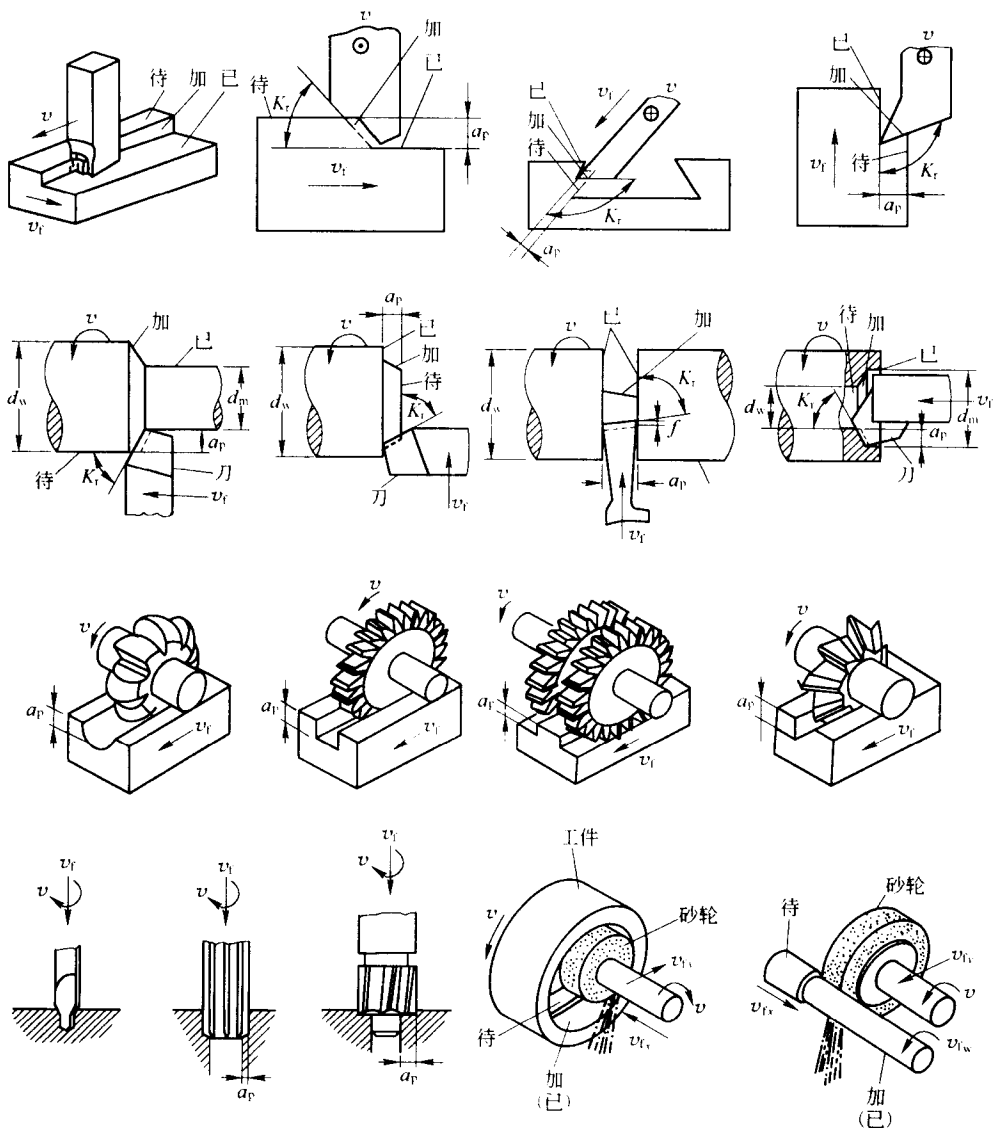


图 1-1 各种切削加工的切削运动和加工表面

虽然加工种类很多,但是它们的基本切削原理是相同的,可以通过各种不同的切削运动与各种不同的刀刃形状的组合形成所需要的各种不同形状的工件表面。

由于其他多齿刀具都是由车刀演化而来的,所以本章以外圆车刀车削外圆为例,重点阐明切削运动、刀具几何角度、切削层参数的基本定义以及进给量和刀具安装对刀具工作角度的影响。

1.1 切削运动及切削用量

1.1.1 切削运动

要进行切削加工,金属切削机床除了提供足够的动力之外,还必须为形成工件表面提供两种最主要的相对运动,即主运动和进给运动。

1. 主运动及切削速度

主运动是刀具和工件之间产生的最主要的相对运动,它是刀具切削刃及其毗邻的刀面切入工件材料,使切削层金属转变成切屑,从而形成新鲜表面的运动。

主运动的特点是:速度高;消耗机床的功率最大;唯一,即各种加工方法都只有一个主运动。

主运动可以由刀具完成,也可以由工件完成;主运动可以是直线运动,也可以是旋转运动,如图 1-1 所示。

主运动的方向为切削刃上选定点相对于工件的瞬时主运动方向,如图 1-2 所示。

主运动速度 v : 当其为直线运动时,其速度 v 以 m/s 或 m/min 表示;当其为旋转运动时,其速度 v 为刀具或工件最大直径处的线速度,计算公式如下:

$$v = \frac{\pi d_w n}{1000} \quad m/s \text{ 或 } m/min \quad (1-1)$$

式中: d_w ——完成主运动的刀具或者工件的最大直径(单位: mm);

n ——主运动的转速(单位: r/s 或 r/min)。

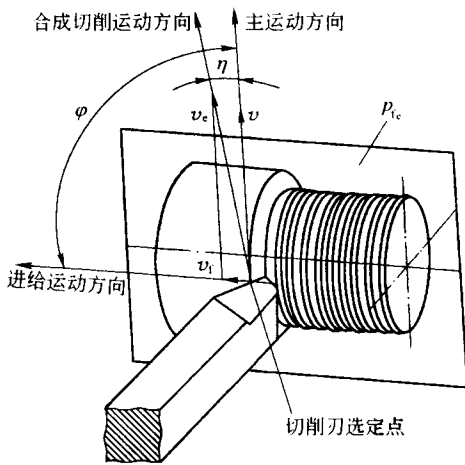


图 1-2 刀具和工件的运动

2. 进给运动及进给量

由机床或人力提供的,使主运动能够继续切除工件上多余金属以形成工件表面所需的运动称为进给运动。

进给运动的特点是:速度低;消耗的机床功率少;一般不唯一,即各种切削加工可以有一个或多个进给运动。

进给运动可以由刀具完成,也可以由工件完成。进给运动可以是直线运动,也可以是旋转运动,如图 1-1 所示。

进给运动的方向为切削刃上选定点相对于工件的瞬时进给运动方向,如图 1-2 所示。

• 进给运动速度 v_f : 切削刃上选定点相对于工件的瞬时进给运动速度,以 mm/s 或 mm/min 表示,如图 1-2 所示。

• 进给量 f : 刀具或工件的主运动每转一转, 或一个双行程, 工件和刀具在进给运动方向上的相对位移量, 以 mm/r 或 $\text{mm/d} \cdot \text{str}$ (毫米/双行程) 表示。

• 每齿进给量 f_z : 多齿刀具每转一齿, 工件和刀具在进给运动方向上的相对位移量, 以 mm/z 表示。

以上三种表示进给运动速度的方法之间, 存在以下关系:

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \text{ mm/s (或 mm/min)} \quad (1-2)$$

• 合成运动速度 v_c : 切削刃上选定点的切削速度 v 和进给速度 v_f 的矢量和, 如图 1-2 所示。

1.1.2 切削深度

切削过程中, 通常会在工件上形成三个表面。

(1) 待加工表面: 工件上即将被切除的表面称为待加工表面, 如图 1-3 所示。

(2) 已加工表面: 工件上刀具切削后形成的新鲜表面称为已加工表面, 如图 1-3 所示。

(3) 加工表面(过渡表面): 工件上刀具正在切削的表面称为加工表面, 它是待加工表面与已加工表面之间的过渡表面, 如图 1-3 所示。

切削深度是指已加工表面和待加工表面之间的垂直距离, 以 a_p 表示, 单位为 mm , 如图 1-3 所示。其他加工方法的切削深度如图 1-1 所示。

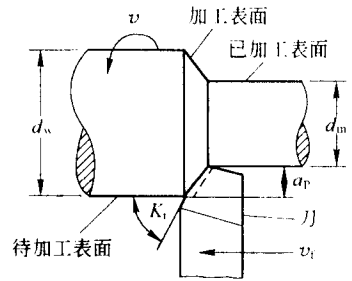


图 1-3 工件的加工表面及切削深度

在车削加工中, v 、 f 、 a_p 统称为切削用量三要素。切削用量三要素直接影响切削力的大小、切削温度的高低、刀具磨损和刀具耐用度, 同时还对生产率、加工成本和加工质量有很大的影响。其他加工方法的切削速度 v 、进给量 f 、切削深度 a_p , 如图 1-1 所示。

1.2 刀具几何角度

1.2.1 刀具切削部分的刀面和刀刃

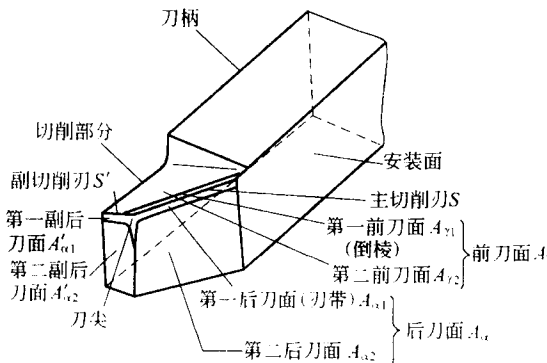


图 1-4 外圆车刀切削部分的刀面和刀刃

如图 1-4 所示的外圆车刀, 其切削部分有下述表面和刀刃。

• 前刀面 A_r : 金属切削过程中, 切屑流出的表面称为前刀面。如果前刀面是由几个相互倾斜的表面组成, 则可以由切削刃开始依次把它们称为第一前刀面 A_{r1} 、第二前刀面 A_{r2} 等。

• 主后刀面 A_a : 金属切削过程中, 刀具上与工件加工表面相对的表面称为主后刀面。如果主后刀面由几个表面组成, 从主切削刃开始, 依次把它们称为第一主后刀面 A_{a1} 、第二主后刀面 A_{a2} 等。

• 副后刀面 A'_a ：金属切削过程中，刀具上与已加工表面相对的表面称为副后刀面。如果副后刀面由几个表面组成，从副切削刃开始，依次把它们称为第一副后刀面 A'_{a1} 、第二副后刀面 A'_{a2} 等。

• 主切削刃 S ：前刀面与主后刀面的交线称为主切削刃 S 。它完成主要的金属切除工作，以形成加工表面。

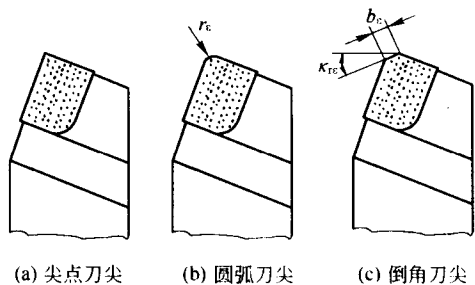


图 1-5 刀具的刀尖

• 副切削刃 S' ：前刀面与副后刀面的交线称为副切削刃 S' 。它协同主切削刃完成金属切除工作，最终形成已加工表面。

• 刀尖：主、副切削刃之间的过渡部分称为刀尖。它有三种：尖点刀尖，如图 1-5(a) 所示，尖点刀尖由主、副切削刃相交形成；圆弧刀尖，如图 1-5(b) 所示，圆弧刀尖的刀尖圆弧半径用 r_c 表示；倒角刀尖，如图 1-5(c) 所示，倒角刀尖的倒角刃也称为直线过渡刃，其参数有倒角刃（直线过渡刃）长度 b_c 、倒角刃偏角（过渡刃偏角） κ_{rc} 。

1.2.2 确定刀具几何角度的参考平面及参考系

1. 确定刀具几何角度的参数平面

刀具要从工件上切下金属，就必须具有一定的角度，正是由这些角度才决定了刀具切削部分各表面和刀刃的空间位置。要确定刀具角度的大小，必须有参考平面和参考系。刀具切削角度的参数平面有基面和切削平面两种，其定义如下：

• 基面 P_r ：过切削刃上选定点，垂直于该点合成速度 v_c 的平面称为基面。

• 切削平面 P_{sc} ：过切削刃上选定点，切于加工表面的平面称为切削平面。切削平面也可以认为是由刀刃上选定点的切线和该点的合成速度矢量 v_c 构成的平面。刀刃上同一点的基面 P_r 与切削平面 P_{sc} 互相垂直。若刀刃为曲线，由于刀刃上各点的切削平面和基面不同，因而刀刃上各点的几何角度不相等。

2. 刀具的标注角度参考系

刀具标注角度是指刀具制造、刃磨、测量时的几何角度，也就是刀具工作图中标注的几何角度。在确定刀具标注角度时，应有以下两点假设：

• 假定运动条件：假定进给运动速度 $v_f=0$ ，此时刀刃上选定点的切削速度 v 与合成速度 v_c 重合。该选定点的基面用 P_r 表示，它垂直于切削速度 v 。切于主切削刃且垂直于基面的平面为该选定点的切削平面，用 P_s 表示。同理，副切削刃上选定点也有切削平面，用 P'_s 表示。

• 假定安装条件：假定刀具安装底面或轴线与参考平面 P_r 或 P_s 平行或垂直。

不考虑运动条件和安装条件时的刀具几何角度参考系称为静止参考系。在静止参考系中确定的刀具几何角度称为刀具的标注角度。在静止参考系中确定刀具几何角度的参考平面除基面 P_r 和切削平面 P_s 外，还有以下辅助平面：

(1) 主剖面 P_o （正交平面）

过主切削刃上选定点，同时垂直于基面 P_r 和切削平面 P_s 的平面称为该选定点的主剖面。由 P_r 、 P_s 、 P_o 构成的刀具标注角度参考系称为主剖面参考系，如图 1-6(a) 所示。显然，切削刃

上同一点的 P_r 、 P_s 、 P_o 互相垂直。同理，副切削刃上选定点也有主剖面，用 P'_o 表示。

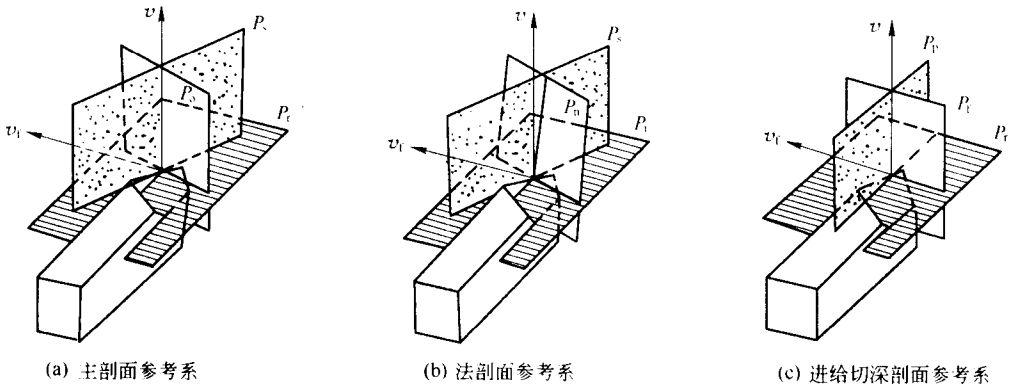


图 1-6 刀具标注角度参考系

(2) 法剖面 P_n

过主切削刃上选定点，垂直于主切削刃的平面称为该选定点的法剖面。由 P_r 、 P_s 、 P_n 构成的参考系称为法剖面参考系，如图 1-6(b) 所示。很显然，刀刃上同一点的法剖面 P_n 不垂直于该点的基面 P_r 。

(3) 进给剖面 P_f

过主切削刃上选定点，平行于进给运动方向且垂直于该选定点基面 P_r 的平面称为进给剖面，如图 1-6(c) 所示。

(4) 切深剖面 P_p

过主切削刃上选定点，垂直于进给运动方向且垂直于该选定点基面 P_r 的平面称为切深剖面，如图 1-6(c) 所示。由 P_r 、 P_f 、 P_p 构成的参考系称为进给切深剖面参考系，如图 1-6(c) 所示。显然，切削刃上同一点的 P_r 、 P_f 、 P_p 互相垂直。

1.2.3 刀具标注角度

在刀具标注角度参考系中确定的刀具角度称为刀具标注角度。刀具制造、刃磨、测量时必须具有六个基本标注角度，这六个基本标注角度确定了主、副切削刃，前刀面，主、副后刀面在空间的位置。它们的定义如下。

确定主切削刃位置的标注角度：

(1) 主偏角 κ_r ：它是主切削刃在基面上的投影与进给运动方向的夹角，在基面内测量，如图 1-7 所示。

(2) 刃倾角 λ_s ：它是在切削平面内，主切削刃与基面之间的夹角，在切削平面内测量。刀尖为主切削刃上最低点时，刃倾角 λ_s 为负；刀尖为主切削刃上最高点时，刃倾角 λ_s 为正，如图 1-7 所示。

确定前刀面、主后刀面位置的标注角度：

(3) 前角 γ_o ：它是过主切削刃上选定点的主剖面内，前刀面与基面之间的夹角，在主剖面内测量。前刀面高于基面时，前角为负；前刀面低于基面时，前角为正，如图 1-7 所示。

(4) 主后角 α_o ：它是过主切削刃上选定点的主剖面内，主后刀面与切削平面之间的夹角，在主剖面内测量，如图 1-7 所示。

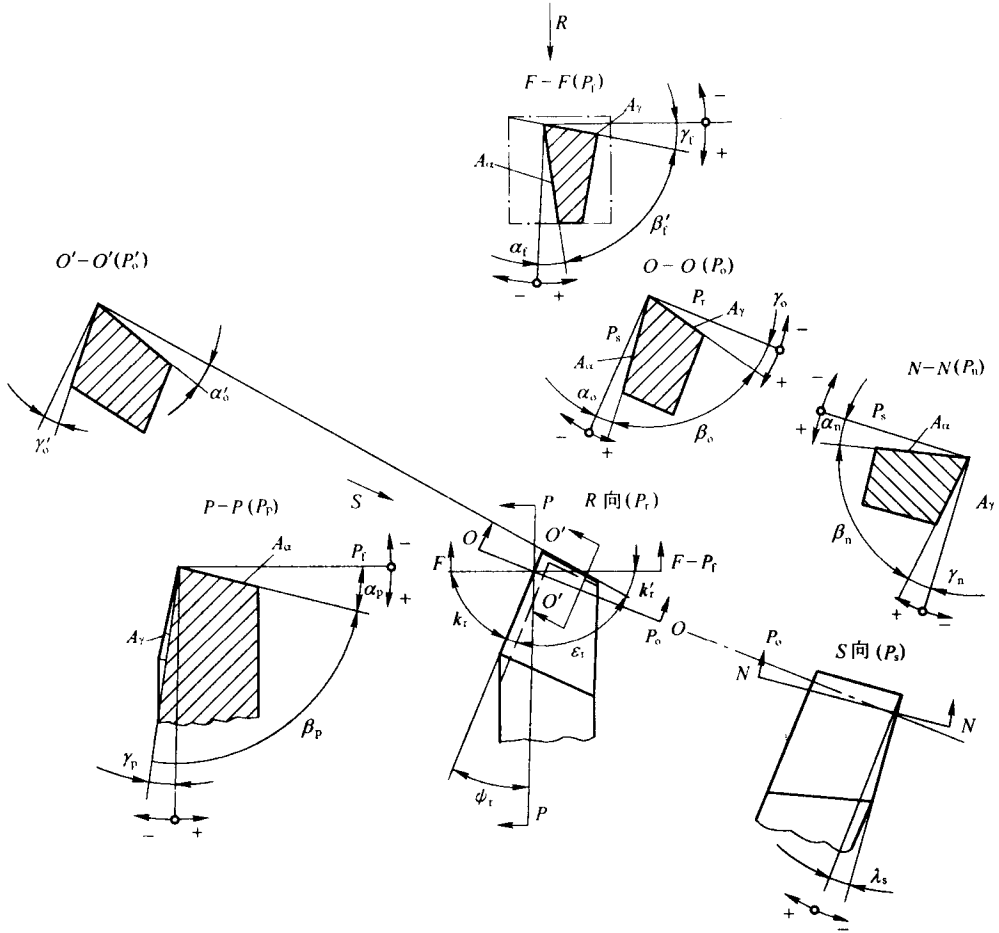


图 1-7 车刀的标注角度

确定副切削刃位置的标注角度：

(5) 副偏角 κ'_r ：它是副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向之间的夹角，在基面内测量，如图 1-7 所示。确定副刀刃位置的标注角度还有副刀刃的刃倾角 λ'_s ，但它不是基本标注角度，可以通过计算得到，所以称它为派生角度。

确定副后刀面位置的标注角度：

(6) 副后角 α'_o ：它是过副切削刃上选定点的副刀刃主剖面 P'_i 内，副后刀面与副切削刃的切削平面之间的夹角，在副切削刃的主剖面内测量，如图 1-7 所示。

除上述六个基本标注角度之外，还有以下派生角度，它们的名称和计算公式如表 1-1 所示。

表 1-1 车刀的派生角度

法剖面内的前角 γ_n	$\tan \gamma_n = \frac{\tan \gamma_o}{\cos \lambda_s}$
法剖面内的后角 α_n	$\cot \alpha_n = \cot \alpha_o \cos \lambda_s$
进给剖面内的前角 γ_f	$\tan \gamma_f = \tan \gamma_o \sin \kappa_r - \tan \lambda_s \cos \kappa_r$

续表

进给剖面内的后角 α_f	$\cot \alpha_f = \cot \alpha_o \sin \kappa_r + \tan \lambda_s \cos \kappa_r$
切深剖面内的前角 γ_p	$\tan \gamma_p = \tan \gamma_o \cos \kappa_r + \tan \lambda_s \sin \kappa_r$
切深剖面内的后角 α_p	$\cot \alpha_p = \cot \alpha_o \cos \kappa_r + \tan \lambda_s \sin \kappa_r$
副切削刃前角 γ'_o	$\tan \gamma'_o = -\tan \gamma_o \cos \epsilon_r + \tan \lambda_s \sin \epsilon_r$
副切削刃倾角 λ'_s	$\tan \lambda'_s = \tan \gamma_o \sin \epsilon_r + \tan \lambda_s \cos \epsilon_r$
刀尖角 ϵ_r	$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$
楔角 β_o	$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$

1.2.4 刀具的工作角度

刀具的工作角度是指刀具在工作状态下的几何角度,它受进给量和刀具安装条件的影响。下面就进给运动和刀具的安装条件对刀具工作角度的影响分别加以讨论。

1. 横向进给运动对刀具工作角度的影响

切断和切槽时,进给运动是横向进给的,如图 1-8 所示。当不考虑进给运动时,车刀刀刃上选定点的工件表面是一个圆。切削平面 P_c 是过 O 点切于此圆的平面,基面 P_r 是过 O 点垂直于切削平面 P_c 的平面, P_r 与刀杆底面平行, γ_o 和 α_o 为主剖面内的标注前角和后角。当考虑进给运动之后,刀刃上任意点 O 的运动轨迹为一条阿基米德曲线,切削平面改为过 O 点切于阿基米德曲线的平面 P_{oc} ,基面则为过 O 点且垂直于切削平面 P_{oc} 的平面 P_{rc} , P_{rc} 不平行于刀杆底面。由图 1-8 可知, P_{rc} 和 P_{oc} 相对于 P_r 和 P_c 倾斜了一个角度 μ ,但工作主剖面 P_{oc} 不变。此时的工作前角 γ_{oc} 和工作后角 α_{oc} 分别为

$$\begin{aligned}\gamma_{oc} &= \gamma_o + \mu \\ \alpha_{oc} &= \alpha_o - \mu \\ \tan \mu &= \frac{f}{\pi d}\end{aligned}\quad (1-3)$$

式中: f ——工件每转一转时刀具的横向进给量;

d ——刀刃上选定点在横向进给时相对于工件中心所处的直径,在切削过程中它不断减小。

由上式可知,刀刃愈接近中心, d 值愈小, μ 值愈大, γ_{oc} 愈大, α_{oc} 愈小,因此横向进给的刀具不宜选过大的进给量 f ,而且应适当增大后角 α_o 。

2. 纵向进给运动对刀具工作角度的影响

一般外圆车削时,由于纵向进给量 f 较小, f 对工作角度的影响很小,可以忽略不计。但是在车削螺纹,尤其是车削多头螺纹时,纵向进给量 f 很大,且 f 对刀具工作角度的影响很大,所以不能忽略 f 对工作角度的影响。

如图 1-9 所示为纵向进给车螺纹,在主切削刃上选定点的进给剖面内,有

$$\begin{aligned}\gamma_{ic} &= \gamma_o + \mu_i \\ \alpha_{ic} &= \alpha_o - \mu_i \\ \tan \mu_i &= \frac{f}{\pi d_w}\end{aligned}\quad (1-4)$$