

卓越工程师教育培养计划配套教材

机械 工程 系列

金属切削 控制与刀具

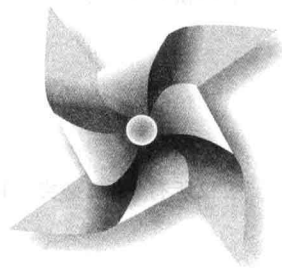


王大中 吴淑晶 编著

清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

机械工程系列



金属切削 控制与刀具

王大中 吴淑晶 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地阐述了金属切削过程控制的基本理论,介绍了有关刀具的基本结构及工作原理。全书共分13章:第1章介绍了基本概念、刀具角度标注等知识;第2章介绍了刀具材料及其选用的基本知识;第3章阐述了金属切削过程与控制的基本规律;第4章阐述了金属切削控制基本理论的应用;第5章介绍了磨削过程与磨削机理;第6~12章分别介绍了车刀、成形车刀、孔加工刀具、铣削与铣刀、拉削与拉刀、螺纹刀具及齿轮刀具的分类、结构特点、工作原理和使用方法等基本知识;第13章介绍了数控刀具及其系统。

本书内容较为全面、体系较为完整,可作为普通高等学校机电类专业本科生专业课用教材或参考书,也可供有关工程技术人员和科研人员自学或参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

金属切削控制与刀具/王大中,吴淑晶编著.--北京:清华大学出版社,2013

卓越工程师教育培养计划配套教材·机械工程系列

ISBN 978-7-302-31083-9

I. ①金… II. ①王… ②吴… 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. ①TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第303602号

责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17 字 数:409千字

版 次:2013年7月第1版 印 次:2013年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00元

产品编号:049716-01

卓越工程师教育培养计划配套教材

总编委会名单

主任：丁晓东 汪泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委员：(按姓氏笔画为序)

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏建	



随着科学技术的发展和社会对产品多样化需求的增强,现代机械制造要求产品的形状和结构不断改进,对零件加工质量的要求也越来越高。这就要求机床及其刀具向高效率、高质量、高柔性和低成本方向发展。

本书力求突出基础理论的讲解,以增强工程实践能力的培养为目标,内容做到少而精,深浅度适中。全书分为金属切削控制和切削刀具两大部分,其中重点放在切削控制部分:在阐明金属切削加工的基本定义、切削机理和切削过程中的基本现象和规律的基础上,进一步研究工件、刀具材料和切削参数的合理选择问题,旨在提高加工表面质量和生产效率、最大限度地降低成本。在刀具部分,本书简单介绍常用切削方法和刀具的结构特点和使用范围;为了满足刀具专业课与课程设计的需要,较详细地介绍了几种专用刀具的设计原理和方法。

本书以金属切削过程的一般现象和基本规律为主线,着重阐述了基本定义、切屑形成、切削力、切削热和切削温度、刀具磨损和耐用度。为了让学生能够初步解决生产中的一些实际问题,书中对已加工表面的形成及其表面质量、刀具合理几何参数的选择、切削用量的选择进行了分析讨论;同时,对刀具材料、工件材料的切削加工性、切削液、磨削加工等知识进行了详细的阐述。金属切削刀具的设计、制造和使用,对于提高劳动生产率、保证加工精度与表面质量、改进生产技术、降低加工成本都有直接的影响。如何正确选择、合理使用、不断改进刀具,以及设计专用刀具,是机械加工中一项重要工作。为使学生初步掌握专用刀具的设计方法,本教材还较详细地介绍了常用的成形车刀、成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀等的设计原理及设计计算方法,列举了设计实例,并附有相应的设计参考资料;同时对花键滚刀齿形的求法也作了较详细的介绍。本书在各章后附有习题及思考题,可供选用。

本书由王大中、吴淑晶编写。本书在编写过程中参阅了大量相关文献,得到了许多同仁的大力支持和帮助,在此向有关作者表示感谢。由于时间仓促,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者和专家批评指正。

编者

2013年5月



第 1 章 基本概念	1
1.1 切削运动与切削用量	1
1.2 刀具的几何参数	3
1.2.1 车刀切削部分的组成.....	3
1.2.2 刀具角度参考系.....	4
1.2.3 刀具的标注角度.....	5
1.3 刀具标注角度的换算	7
1.4 刀具工作参考系与工作角度	9
1.5 切削层参数与切削方式.....	10
习题及思考题	12
第 2 章 刀具材料	13
2.1 刀具材料应具备的性能.....	13
2.2 高速钢.....	14
2.3 硬质合金.....	16
2.4 其他材料刀具.....	19
习题及思考题	20
第 3 章 金属切削过程与控制的基本规律	21
3.1 金属切削层的变形.....	21
3.1.1 切屑形成的力学模型和变形区的划分	21
3.1.2 变形区的形成机理	24
3.1.3 积屑瘤	25
3.2 切削变形的变化规律.....	26
3.2.1 变形程度的表示方法	26
3.2.2 切屑的类型与折断	28
3.2.3 切削变形的变化规律	31
3.3 切削力.....	33
3.3.1 切削力及功率	34



3.3.2	切削力经验公式的建立	37
3.4	切削热与切削温度	46
3.4.1	切削热的产生和传散	46
3.4.2	切削温度的测量和分布	47
3.4.3	影响切削温度的主要因素	50
3.5	刀具磨损与刀具耐用度	53
3.5.1	刀具磨损的形式	54
3.5.2	刀具磨损的机理	55
3.5.3	刀具磨损过程及磨钝标准	57
3.5.4	刀具耐用度及其与切削用量的关系	58
3.5.5	刀具的破损	62
	习题及思考题	63
第4章	金属切削过程控制基本理论的应用	64
4.1	工件材料的切削加工性	64
4.1.1	衡量工件材料切削加工性的指标	64
4.1.2	影响工件材料切削加工性的因素	65
4.1.3	改善工件材料切削加工性的措施	67
4.1.4	几种难加工材料的切削加工	69
4.1.5	非金属材料的切削加工性简介	73
4.2	切削液	73
4.2.1	切削液的分类	73
4.2.2	切削液的作用机理	75
4.2.3	切削液的选择	78
4.2.4	切削液的使用方法	79
4.3	已加工表面质量	79
4.3.1	已加工表面的形成过程	80
4.3.2	已加工表面粗糙度的形成及其控制	81
4.3.3	加工硬化	85
4.3.4	残余应力	87
4.4	刀具合理几何参数的选择	91
4.4.1	前角及前刀面形状的选择	91
4.4.2	后角及后刀面的选择	94
4.4.3	主偏角、副偏角及过渡刃的选择	96
4.4.4	刃倾角的选择	97
4.5	切削用量的选择	99
4.5.1	选择切削用量的原则	99
4.5.2	刀具耐用度的确定	99
4.5.3	背吃刀量的选择	101



4.5.4	进给量的选择	101
4.5.5	切削速度的确定	103
	习题及思考题	104
第 5 章	磨削	105
5.1	砂轮及其磨削过程	105
5.1.1	砂轮的	105
5.1.2	磨削过程	108
5.2	磨削特点及磨削运动	109
5.2.1	磨削特点	109
5.2.2	磨削运动及基本参数	110
5.2.3	磨削要素	112
5.3	磨削力及磨削温度	113
5.3.1	磨削力及功率	113
5.3.2	磨削温度	116
5.4	砂轮的磨损	119
5.4.1	砂轮的磨损与耐用度	119
5.4.2	砂轮的修整	120
5.5	先进磨削方法简介	121
	习题及思考题	122
第 6 章	车刀	124
6.1	车刀的种类与用途	124
6.2	焊接车刀与机夹车刀	126
6.2.1	焊接车刀	126
6.2.2	机夹车刀	128
6.3	可转位车刀	129
	习题及思考题	132
第 7 章	成形车刀	133
7.1	成形车刀的种类及几何角度	133
7.1.1	成形车刀的种类	133
7.1.2	成形车刀的装夹	134
7.1.3	成形车刀的几何角度	135
7.2	成形车刀廓形设计	138
7.3	成形车刀加工圆锥面时的误差	142
7.3.1	双曲线误差产生的原因	142
7.3.2	避免或减少双曲线误差的措施	144
	习题及思考题	145



第 8 章 孔加工刀具	146
8.1 孔加工刀具的种类及用途	146
8.2 麻花钻	148
8.3 铰刀	155
8.4 镗刀	160
8.5 孔加工复合刀具	161
习题及思考题.....	163
第 9 章 铣削与铣刀	165
9.1 铣刀的种类和用途	165
9.2 铣刀的几何角度	168
9.3 铣削基本规律	171
9.4 铣削力及铣削功率	173
9.5 尖齿铣刀	175
9.6 成形铣刀	177
习题及思考题.....	182
第 10 章 拉削与拉刀	183
10.1 概述	183
10.1.1 拉削特点	183
10.1.2 拉刀的种类	184
10.2 拉刀的结构与拉削方式	186
10.2.1 拉刀的结构	186
10.2.2 拉刀切削部分几何角度和结构参数	187
10.2.3 拉削方式	188
10.3 圆孔拉刀设计	191
10.3.1 切削部分设计	191
10.3.2 校准部设计	196
10.3.3 其他部分	197
10.3.4 拉刀强度及拉床拉力校验	198
10.4 拉刀的合理使用和刃磨	199
10.4.1 拉削表面的缺陷与解决方法	199
10.4.2 拉刀的刃磨	200
习题及思考题	201
第 11 章 螺纹刀具	202
11.1 螺纹刀具的类型、特点及用途.....	202
11.2 丝锥	205
11.2.1 丝锥的结构与几何参数	205
11.2.2 典型丝锥简介	207



习题及思考题	210
第 12 章 齿轮刀具	211
12.1 齿轮刀具的分类	211
12.2 成形齿轮铣刀	213
12.3 插齿刀	215
12.3.1 插齿刀的工作原理及类型	215
12.3.2 插齿刀的齿面形状、前角和后角	217
12.4 齿轮滚刀	220
12.4.1 齿轮滚刀的工作原理	220
12.4.2 齿轮滚刀的基本蜗杆	222
12.4.3 阿基米德滚刀的造形误差与几何角度	224
12.4.4 齿轮滚刀的结构要素	228
12.4.5 齿轮滚刀的合理使用	231
12.5 蜗轮滚刀与飞刀	234
12.5.1 蜗轮滚刀	234
12.5.2 蜗轮飞刀	236
习题及思考题	237
第 13 章 数控刀具及其系统	239
13.1 数控刀具	239
13.1.1 刀具及其选择	239
13.1.2 数控刀具系统	242
13.1.3 刀具预调	245
13.2 数控机床自动换刀系统	247
13.2.1 回转形式的自动换刀装置	247
13.2.2 带刀库的自动换刀系统	248
13.2.3 刀具交换装置与机械手的形式	252
13.3 刀具尺寸的控制系统与刀具磨损、破损检测	255
习题及思考题	258
参考文献	259



基本概念

学习目的与要求

本章以普通外圆车刀为例,介绍切削运动与切削用量、刀具几何参数及切削层参数的基本概念和基本知识,着重分析车刀的几何构造、刀具角度参考系和角度标注、不同坐标参考系间角度的换算等问题。学习本章要求掌握切削过程的基本条件、切削运动的组成、刀具的几何结构及有关几何要素的概念、切削层参数等基础知识,还要掌握刀具的角度标注和刀具工作角度的变化情况,了解刀具的角度转换计算方法,为后续课程的学习奠定基础。

金属切削加工是工件和刀具相互作用的过程。切削刀具将工件上的多余材料切除,并保证获得一定形状、尺寸精度、位置精度和表面质量。在切削加工过程中,刀具同工件之间必须有相对的切削运动,它可以通过人工或金属切削机床的作用来实现。

1.1 切削运动与切削用量

1. 切削运动

切削加工的方法很多,如车削、铣削、钻削、磨削等。切削加工中,工件上的切削层不断地被刀具切削并转变为切屑,从而加工出所需要的工件新表面。以车削和铣削为例(如图 1.1 和图 1.2 所示),在切削过程中,工件上有三个不断变化着的表面。

(1) 待加工表面:工件上即将被切除的表面。

(2) 已加工表面:工件上已经切去一部分金属而形成的新表面。

(3) 过渡表面:工件上由切削刃正在切削的表面,位于待加工表面和已加工表面之间,也称作加工表面。

在切削加工过程中,三个表面始终处于不断的变动之中,前一次走刀的已加工表面,即为后一次走刀的待加工表面;过渡表面则随进给运动的进行不断被刀具切除。

金属切削运动可以分为主运动和进给运动两大类。

(1) 主运动是直接切除工件上的多余材料,使之转变为切屑,从而形成工件新表面的运动。例如,车床上工件的旋转运动(图 1.1),铣床上的铣刀(图 1.2)、钻床上的钻头和磨床上砂轮的旋转等都是切削加工时的主运动。对任何加工方法来说,主运动只有一个且速度和消耗功率较大。

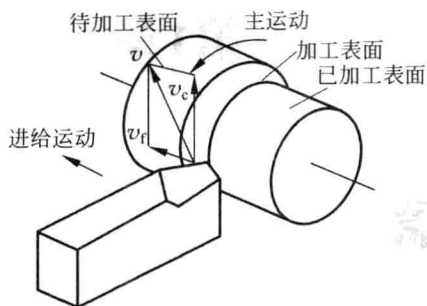


图 1.1 外圆车削的切削运动与加工表面

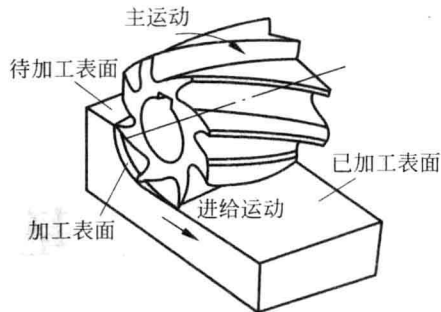


图 1.2 平面铣削的切削运动与加工表面

(2) 进给运动是指使主运动能够继续切除工件上多余的金属,以便形成工件表面所需的运动。例如车削外圆时车刀的纵向连续直线进给运动,在牛头刨床上刨平面时工件横向间断的直线移动,纵磨外圆时工件的圆周进给运动和轴向直线进给运动等。进给运动一般有一个,也可多于一个,且速度和消耗功率较小。它的运动形式可以是直线运动、旋转运动或两者的组合,可构成多种符合需要的切削运动;主运动和进给运动可由刀具和工件分别完成,也可由刀具单独完成(如钻孔)。主运动和进给运动可以同时进行(如车削、钻削),也可以交替进行(如刨平面、插键槽)。在主运动和进给运动同时进行的切削加工中(如车外圆、钻孔、铣平面等),常在选定点将两者按矢量加法合成,称为合成切削运动。合成运动的速度向量 v 等于主运动速度向量 v_c 与进给运动的速度向量 v_f 之和即

$$v = v_c + v_f \quad (1-1)$$

除了主运动和进给运动外,还存在辅助运动,即不直接参加切除多余材料,但却是完成零件表面加工全过程必不可少的运动。例如,控制切削刃切入工件表面深度的吃刀运动,重复走刀前的退刀运动,刨刀、插齿刀等回程时的让刀运动等。

2. 切削用量三要素

切削用量是切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量(切削深度) a_p 的总称,也称为切削用量三要素,如图 1.3 所示。切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数,主要用于调整机床、编制工艺路线等。切削用量的选择直接影响材料切除率,进而影响生产效率。

1) 切削速度

切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度称为切削速度,单位为 m/s 或 m/min 。当主运动为旋转运动时, v_c 可按式(1-2)计算:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1-2)$$

式中: d ——工件或刀具上某一点的回转直径, mm ;

n ——主轴转速, r/min 或 r/s 。

切削刃上各点的切削速度有可能不同,考虑到刀具的磨损和工件的表面加工质量,在计

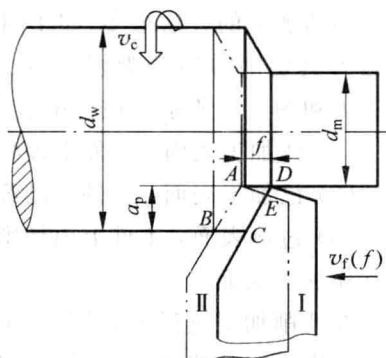


图 1.3 外圆车削时的切削用量示意图



算时应以切削刃上各点中的最大切削速度为准。

2) 进给量

主运动的一个循环或单位时间内刀具和工件沿进给运动方向的相对位移量称为进给量,用 f 表示(图 1.3)。用单齿刀具(如车刀、刨刀)进行加工时,常用刀具或工件每转或每行程刀具在进给运动方向上相对工件的位移量来度量,称为每转进给量(mm/r)。切削刃上选定点相对工件的进给运动的速度称为进给速度,记作 v_f ,单位为 mm/s 或 mm/min 。对于连续进给的切削加工,进给速度可按式(1-3)计算:

$$v_f = fn \quad (1-3)$$

进给运动是由刀具完成的,所以也称走刀运动,其大小称为走刀量。

3) 背吃刀量

背吃刀量又称切削深度,是指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,用 a_p 表示,单位为 mm 。图 1.3 中外圆车削的背吃刀量可由下式计算。

$$a_p = \frac{(d_w - d_m)}{2} \quad (1-4)$$

式中: d_w ——工件待加工表面直径, mm ;

d_m ——工件已加工表面直径, mm 。

对于钻削来说,背吃刀量则按 $d_m/2$ 计算。

1.2 刀具的几何参数

切削刀具种类很多且形状各异,但其切削部分有许多共同之处。常用的外圆车刀的结构最简单,其他刀具均可以看成是外圆车刀的演变。本节以外圆车刀为例介绍刀具的几何参数,这些参数术语也同样适于其他金属切削刀具。

1.2.1 车刀切削部分的组成

车刀由夹持部分(亦称刀柄)和切削部分(亦称刀头)组成。夹持部分一般为矩形(如外圆车刀)或圆形(如镗刀)。车刀的切削部分一般由三个切削刀面、两条切削刃和一个刀尖组成,如图 1.4 所示。

(1) 前刀面 A_γ : 切屑流经的表面。

(2) 主后刀面 A_α : 与工件上过过渡表面相对的表面。

(3) 副后刀面 A'_α : 与工件上已加工表面相对的表面。

(4) 主切削刃 S : 前刀面与主后刀面的交线,完成主要切削工作,它在工件上切出过渡表面。

(5) 副切削刃 S' : 前面与副后面的交线,配合主切削刃切除余量并形成已加工表面。

(6) 刀尖: 主副切削刃连接相当少的一部分切削刃,它可能是主切削刃和副切削刃的实际交点,大部分刀尖处都有一小段圆弧刃(半径为 r_β)或直线刃(长度为 b_β),所以刀尖也

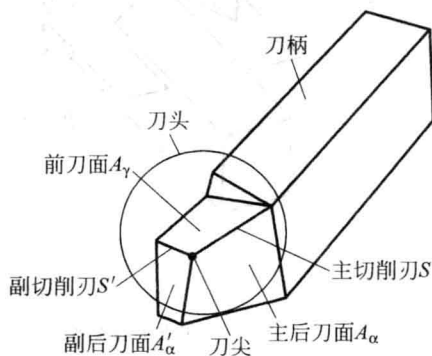


图 1.4 车刀几何构成



称过渡刃。刀尖是刀具切削部分工作条件最恶劣的部位。

1.2.2 刀具角度参考系

为确定切削部分各刀面在空间的位置,需要建立基准坐标参考系。坐标参考系有静止参考系和工作参考系两类。静止参考系是刀具设计时标注、刃磨和测量刀具角度的基准,用此定义的刀具角度称为刀具标注角度。静止坐标系只考虑主运动和进给运动的方向,不考虑进给运动的大小,同时也不考虑刀具的安装定位基准与主运动方向的关系。工作参考系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为刀具工作角度。刀具设计时标注刃磨和测量的角度最常用的是正交平面参考系;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,常用假定工作平面和背平面参考系中的角度。

1. 正交平面参考系

正交平面参考系由基面 P_r 、切削平面 P_s 和正交平面 P_o 三个平面组成,如图 1.5 所示。

(1) 基面 P_r : 通过切削刃上选定点,并垂直于该点切削运动方向的平面。车刀的基面是平行于车刀安装面的平面,如图 1.5(a)所示。

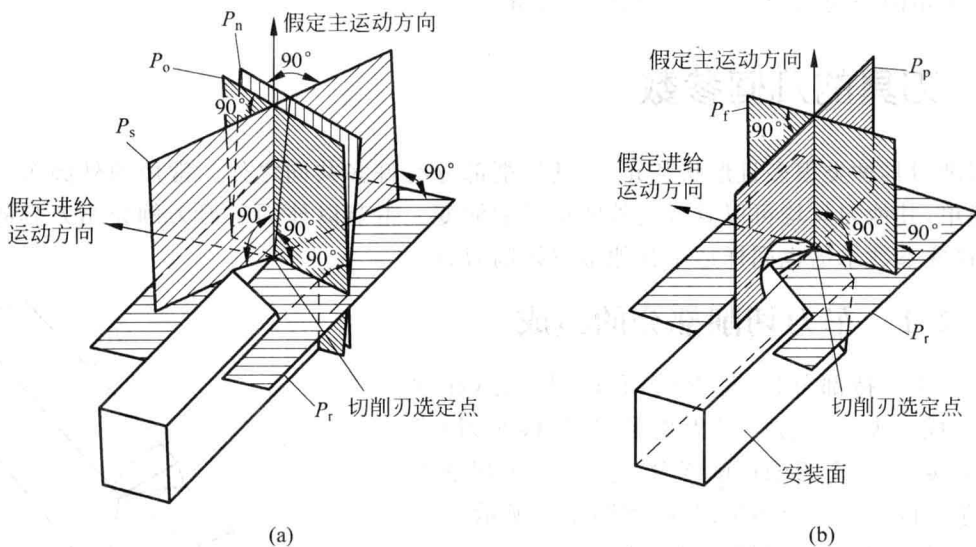


图 1.5 刀具角度标注参考系

(a) 正交平面参考系与法平面参考系; (b) 假定工作平面与背平面参考系

(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 P_r 的平面。

(3) 正交平面 P_o : 也称主剖面,过切削刃上选定点,同时垂直于基面 P_r 和切削平面 P_s 的平面,亦可描述为过切削刃选定点并垂直于切削刃在基面 P_r 上的投影的平面。

由 P_r - P_s - P_o 组成一个正交平面参考系,三个平面互相垂直。

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 三个平面组成,如图 1.5(a)所示。



法平面 P_n 又称法剖面,为过切削刃上选定点,垂直于切削刃的平面(若切削刃为曲线,则垂直于切削刃在该点的切线)。

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_f 和背平面 P_p 三个平面所组成。

(1) 假定工作平面 P_f : 又称横向平面,它是过切削刃上选定点,垂直于基面 P_r 且与假定进给运动方向平行的平面。

(2) 背平面 P_p : 又称纵向剖面,它是过切削刃上选定点,同时垂直于基面 P_r 和假定工作平面 P_f 的平面。

就以上设定的平面而言,正交平面、法平面、假定工作平面和背平面又称测量平面,用不同的测量平面分别与基面、切削平面组合就形成不同的参考坐标系: 正交平面参考系、法平面参考系、假定工作平面和背平面参考系。

1.2.3 刀具的标注角度

刀具的标注角度是指在刀具工作图中标出的几何角度,参考系则选定静止坐标参考系。

1. 正交平面参考系中刀具的标注角度

下面介绍正交平面参考系内车刀的标注角度,如图 1.6 所示。

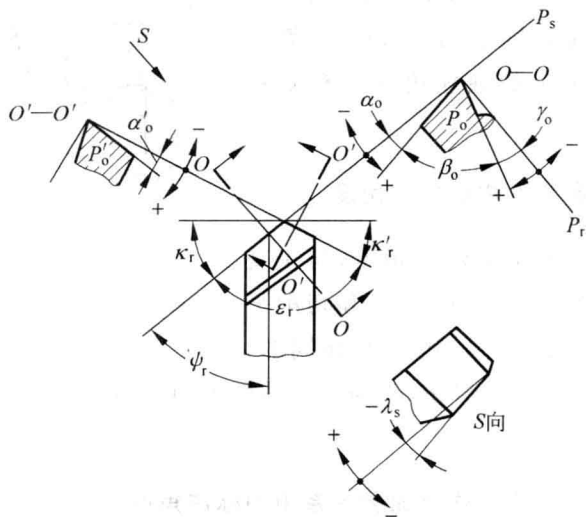


图 1.6 车削车刀正交平面参考系的标注角度

1) 在正交平面 P_o 中测量的角度

(1) 前角 γ_o : 在正交平面内度量的基面 P_r 与前刀面 A_y 的夹角。前角是车刀重要的几何参数之一,它直接影响刀具的锋利程度和刃口强度。根据前刀面与基面相对位置的不同,前角可有正、负、零之分。

(2) 后角 α_o : 主后刀面 A_o 与切削平面 P_s 间的夹角。后角也有正、负之分,是刀具的重要几何参数之一。它直接影响加工质量、刀具使用寿命和生产率。后角的主要作用是减少



主后刀面与过渡表面间的摩擦。

(3) 楔角 β_0 : 前刀面 A_f 和主后刀面 A_m 之间的夹角。楔角影响主切削刃的强度。楔角大, 主切削刃的强度高。楔角与前角、后角的关系是 $\beta_0 = 90^\circ - \gamma_0 - \alpha_0$ 。

2) 在基面 P_r 内测量的角度

(1) 主偏角 κ_r : 主切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角。它主要影响切削层的性质, 并直接影响切削刃的工作长度和单位切削刃上的负荷。

(2) 副偏角 κ'_r : 副切削刃在基面上的投影与进给反方向的夹角。副偏角的主要功用是形成已加工表面, 因此 κ'_r 选取首先考虑已加工表面的粗糙度要求, 还要考虑刀尖强度、散热与振动等。

(3) 刀尖角 ϵ_r : 主切削刃与副切削刃在基面上投影的夹角。它影响刀尖强度和散热条件。刀尖角与主偏角、副偏角的关系是 $\epsilon_r = 180^\circ - \kappa_r - \kappa'_r$ 。

(4) 余偏角 ψ_r : 在基面 P_r 上, 主切削刃的投影与进给方向垂线之间的夹角, $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$ 。

3) 在切削平面 P_s 内测量的角度

刃倾角 λ_s 是主切削刃与基面 P_r 间的夹角。它主要影响切屑流出方向、刀尖强度、切入切出的平稳性、切削分力及切削刃的工作长度。当刀尖位于主切削刃上的最高点时, λ_s 取正号; 当刀尖位于主切削刃上的最低点时, λ_s 取负号。

4) 副刃正交平面 P'_s 内的角度

副后角 α'_o 是副后刀面 A'_m 与副切削平面 P'_s 之间的夹角。正、负号取法同 α_o , 是可通过计算得到的派生角。副切削刃上的独立角度只有 κ'_r 和 α'_o 两个。

2. 刀具在法平面参考系中的标注角度

刀具在法平面参考系中标注的角度, 与正交平面参考系中的标注类似。在基面 P_r 和切削平面 P_s 内表示的角度 κ_r 、 κ'_r 、 ϵ_r 、 ψ_r 和 λ_s 是相同的,

只需将正交平面 P_o 内的 γ_o 、 α_o 与 β_o , 改为在法平面 P_n 内的法前角 γ_n 、法后角 α_n 与法楔角 β_n , 如图 1.7 所示。

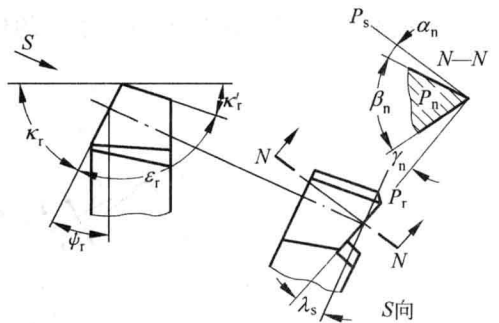


图 1.7 法平面参考系标注角度

3. 刀具在背平面和假定工作平面参考系中的标注角度

除基面上表示的角度与上面相同外, 前角、后角和楔角是分别在背平面 P_p 和假定工作平面 P_f 内标出的, 故有背前角 γ_p 、背后角 α_p 、背楔角 β_p 和侧前角 γ_f 、侧后角 α_f 、侧楔角 β_f 等角度, 如图 1.8 所示。

本节是以外圆车刀为例来说明其标注角度的, 对于其他多刃刀具或非直线刃刀具, 也可在各个刀刃的选定点上, 参照前述有关定义的内容和分析方法, 确定它们在不同参考系中的标注角度。

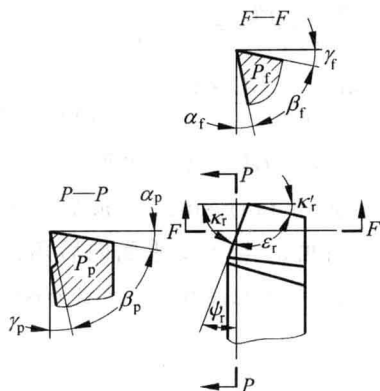


图 1.8 背平面与假定工作平面参考系标注角度

1.3 刀具标注角度的换算

因设计和制造的需要,刀具要在正交平面、法平面、背平面与假定工作平面参考系中进行角度标注。不同参考系之间标注的角度可以换算。根据设计、工艺的需要,可以将某一参考系的角度变换为另一所需参数系的角度。

1. 法平面与正交平面内前角与后角的关系

如图 1.9 所示为刃倾角 λ_s 的外圆车刀,主切削刃上任意点的法前角和正交平面内的前角分别为 γ_n 和 γ_o 。法平面 P_n 、正交平面 P_o 与基面 P_r 的公共交线为 OA ,直线 OB 是 P_o 和车刀前刀面交线的延长线, P_n 和车刀前刀面交线的延长线为 OC ,则由直角三角形 $\triangle OAB$ 、 $\triangle OAC$ 、 $\triangle ABC$ 可以得到

$$\tan \gamma_n = \frac{AC}{OA}, \quad \tan \gamma_o = \frac{AB}{OA}$$

故
$$\frac{\tan \gamma_n}{\tan \gamma_o} = \frac{AC}{OA} \cdot \frac{OA}{AB} = \frac{AC}{AB} = \cos \lambda_s$$

于是,可得 γ_n 与 γ_o 的关系式:

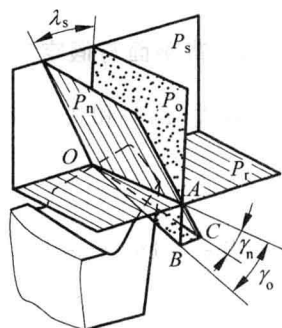
$$\tan \gamma_n = \tan \gamma_o \cos \lambda_s \quad (1-5)$$

同样推导,可得车刀的法后角 α_n 与正交平面内的后角 α_o 的关系式:

$$\cot \alpha_n = \cot \alpha_o \cos \lambda_s \quad (1-6)$$

2. 任意剖面与正交平面内前角、后角的关系

如图 1.10 所示,任意剖面 P_i 并不与主切削刃在基面上的投影相垂直,它与包括主切削刃在内的切削平面 P_s 的夹角为 τ_i 。为求得剖面 P_i 内前角 γ_i 与正交平面内前角 γ_o 的关系,可推导如下(图 1.11): OA 为剖面 P_i 与基面 P_r 的交线, OD 为正交平面 P_o 与基面 P_r 的交线,而 OC 和 OE 分别为它们与前刀面交线的延长线,由图示可得如下关系式:

图 1.9 车刀的法前角 γ_n