

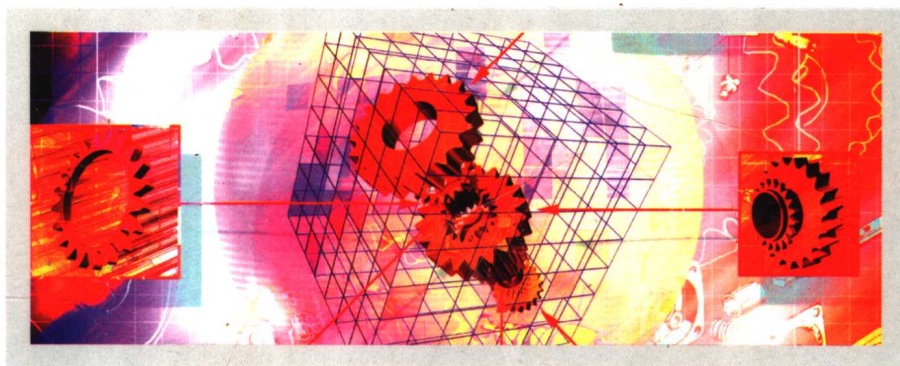
中国高等职业技术教育研究会推荐

国家级精品课程

21世纪高等职业教育规划教材

机械制造基础

米国际 张晓军 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

中国高等职业技术教育研究会推荐

国家级精品课程

21 世纪高等职业教育规划教材

机械制造基础

米国际 张晓军 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以金属切削机床为核心,以切削加工方法贯穿始终,结合长期以来高等职业教育教学改革实践,把金属材料、金属切削原理与刀具、金属切削机床、现代制造技术等课程的相关内容有机地结合在一起,注重基本理论在实际生产中的应用及解决实际问题能力的培养,形成一种新的教材体系。

本书共 11 章,主要内容包括切削过程和刀具结构要素、切削参数的合理选择和已加工表面质量、金属切削机床的基本知识、车床及车削加工、铣床及铣削加工、磨床及磨削加工、钻镗加工、齿轮加工、刨削与拉削加工、螺纹加工及现代制造技术。

本书适合于高等职业院校机械制造类和机电技术应用类专业教学使用,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/米国际,张晓军主编. —北京:国防工业出版社,2007.8

21 世纪高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-118-05232-9

I. 机... II. ①米...②张... III. 机械制造—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 097271 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 1/4 字数 332 千字

2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

21 世纪高等职业教育机电类规划教材 编审专家委员会名单

- 主任委员** 方 新(北京联合大学教授)
刘跃南(深圳职业技术学院教授)
- 委 员** (按姓氏笔画排列)
付文博(烟台南山学院副教授)
刘 炯(国防工业出版社副编审)
刘克旺(青岛职业技术学院副教授)
刘建超(成都航空职业技术学院教授)
闫大建(北京科技职业学院副教授)
米国际(西安航空技术高等专科学校副教授)
李景仲(辽宁省交通高等专科学校副教授)
徐政坤(张家界航空工业职业技术学院副教授)
蒋敦斌(天津职业大学教授)
韩玉勇(枣庄科技职业学院副教授)
颜培钦(广东交通职业技术学院副教授)

总 策 划 江洪湖 刘 炯

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育机电类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技术应用型人才,这就要求我们高等职业教育机电类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育机电类专业的教材,一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织了一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的数控、模具、汽车、自动化、机电设备等方面的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方 新

《机械制造基础》

编委会名单

主编 米国际 张晓军

编委(按姓氏笔画排列)

刘兴良 邱 军 嵇 宁

前 言

高等职业教育已成为我国高等教育的重要组成部分,以培养适应生产、管理、服务等一线需要的高等技术应用型专门人才为根本任务,突出职业性、实践性、针对性和地方性之特点,近年来得到了迅速发展。随着我国产业结构的战略性调整,机械制造业作为支柱产业,发展突飞猛进,人才需求越来越大。高等职业教育,以培养技术应用能力为主线,大力推动专业改革和课程改革,以适应社会需求。

本书以金属切削机床为核心,以切削加工方法贯穿始终,结合长期以来高等职业教育教学改革实践,把金属材料、金属切削原理与刀具、金属切削机床、现代制造技术等课程的相关内容有机地结合在一起,注重基本理论在实际生产中的应用及解决实际问题能力的培养,形成一种新的教材体系。

本书共 11 章。第 1 章、第 2 章、第 3 章由刘兴良编写;第 4 章、第 5 章、第 6 章由邱军编写;第 7 章由张晓军编写;第 8 章、第 9 章、第 10 章由米国际编写;第 11 章由嵇宁编写。米国际、张晓军任主编。

编写过程中参考了兄弟院校教师编写的有关教材及相关资料,也得到了有关领导和同行的大力支持,在此表示感谢!

本书适合于高等职业院校机械制造类和机电技术应用类专业教学使用,也可供相关专业的工程技术人员参考。

由于水平所限,书中欠妥之处难免,敬请各位师生和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 切削过程和刀具结构要素	1
1.1 切削运动和切削用量	1
1.1.1 切削运动	1
1.1.2 加工中的工件表面	1
1.1.3 切削用量	2
1.1.4 切削层参数	3
1.2 刀具的几何角度	4
1.2.1 刀具切削部分组成要素	4
1.2.2 刀具静止参考系与切削部分的几何角度	5
1.3 金属切削过程	8
1.3.1 切削过程中的金属变形	8
1.3.2 切削力	10
1.3.3 切削热与切削温度	13
1.3.4 刀具磨损与刀具耐用度	14
1.4 切削用量及切削液的选择	17
1.4.1 切削用量的选择	17
1.4.2 切削液的合理选择	23
思考题	24
第 2 章 切削参数的合理选择和已加工表面质量	26
2.1 刀具材料	26
2.2 刀具几何参数的合理选择	35
2.2.1 选择刀具合理几何参数的重要性及原则	35
2.2.2 几何角度的合理选择	35
2.3 工件材料的切削加工性	43
2.3.1 工件材料加工性的衡量方法	43
2.3.2 工件材料的物理、力学性能对加工性的影响	46
2.3.3 改善材料加工性的途径	47
2.3.4 高温合金的切削加工性	49
2.3.5 钛合金的切削加工性	51
2.3.6 不锈钢的切削加工性	52
2.4 已加工表面质量	54
2.4.1 已加工表面的形成	54

2.4.2	已加工表面粗糙度	55
2.4.3	加工硬化	57
2.4.4	残余应力	58
思考题		59
第3章 金属切削机床的基本知识		60
3.1	机床分类及型号编制	60
3.1.1	机床的分类	60
3.1.2	机床型号的编制方法	61
3.2	机床的运动	65
3.2.1	表面成形运动	65
3.2.2	辅助运动	67
3.3	基本的传动方法	67
3.4	机床常用结构	68
3.4.1	离合器概述	68
3.4.2	分级变速机构和换向机构	73
3.4.3	分级变速传动系统及其转速图	78
思考题		83
第4章 车床及车削加工		84
4.1	车床	84
4.1.1	车床概述	84
4.1.2	CA6140 车床概述	86
4.1.3	CA6140 车床的传动系统	88
4.2	车刀	93
4.3	车床夹具	95
4.3.1	卡盘	96
4.3.2	花盘	96
4.3.3	顶尖、拨盘与鸡心夹头	96
4.3.4	心轴	97
4.3.5	中心架与跟刀架	97
4.4	典型车削方法	98
4.4.1	车外圆	99
4.4.2	车端面	99
4.4.3	切断和切槽	99
4.4.4	车圆锥面	100
4.4.5	钻孔和镗孔	101
4.4.6	车螺纹	101
思考题		104
第5章 铣床及铣削加工		105
5.1	铣床	105

5.1.1	铣床的种类	105
5.1.2	X6132 万能升降台铣床概述	107
5.1.3	X6132 万能升降台铣床的传动系统	108
5.2	铣刀	111
5.2.1	铣刀的种类	111
5.2.2	铣刀的几何参数	113
5.3	铣床附件	114
5.3.1	平口钳	114
5.3.2	回转工作台	114
5.3.3	分度头	114
5.4	铣削加工	116
5.4.1	铣削加工概述	116
5.4.2	铣削加工方式	117
	思考题	119
第 6 章	磨床及磨削加工	120
6.1	磨床	120
6.1.1	磨床概述	120
6.1.2	M1432A 万能外圆磨床	121
6.2	磨床的液压系统	124
6.2.1	概述	124
6.2.2	外圆磨床工作台换向回路	124
6.2.3	M1432A 万能外圆磨床液压系统的工作原理	125
6.3	砂轮	128
6.3.1	磨料	129
6.3.2	粒度	129
6.3.3	结合剂	130
6.3.4	硬度	130
6.3.5	组织	130
6.3.6	形状尺寸	131
6.3.7	砂轮代号	132
6.4	磨削加工工件的装夹	132
6.4.1	外圆磨削工件的装夹	132
6.4.2	平面磨削工件的装夹	132
6.4.3	内圆磨削工件的装夹	134
6.5	磨削加工	135
6.5.1	磨削加工的特点与应用	135
6.5.2	典型磨削加工	135
	思考题	137
第 7 章	钻镗加工	138

7.1 钻削加工	138
7.1.1 立式钻床	138
7.1.2 摇臂钻床	138
7.1.3 典型钻削加工	141
7.2 镗削加工	146
思考题	151
第8章 齿轮加工	152
8.1 概述	152
8.2 滚齿加工	155
8.2.1 Y3150E 滚齿机主要组成部件	155
8.2.2 Y3150E 滚齿机主要技术参数	156
8.2.3 Y3150E 滚齿机传动系统和主要部件结构	156
8.3 其他齿轮加工方法	167
8.3.1 插齿加工	167
8.3.2 刨齿加工	169
8.3.3 剃齿加工	170
8.3.4 齿轮的磨削加工	171
思考题	172
第9章 刨削与拉削加工	174
9.1 刨削加工	174
9.1.1 刨削加工的运动和加工特点	175
9.1.2 刨床	175
9.1.3 刨刀	180
9.1.4 工件的装夹	181
9.1.5 刨削方法	183
9.2 拉削加工	185
思考题	189
第10章 螺纹加工	190
10.1 概述	190
10.2 螺纹的车削	191
10.3 螺纹的铣削	192
10.4 螺纹的滚压	193
10.5 螺纹的磨削	194
10.6 攻螺纹与套螺纹	194
10.6.1 攻螺纹	194
10.6.2 套螺纹	196
思考题	197
第11章 现代制造技术	198
11.1 数控机床与加工中心	198

11.1.1	数控机床的组成和工作原理	198
11.1.2	数控机床的分类	200
11.1.3	数控机床的特点及应用	202
11.2	工业机器人技术	203
11.2.1	按信息输入形式分类	203
11.2.2	按坐标分类	204
11.2.3	典型工业机器人的结构	205
11.3	机械制造系统的发展	209
11.3.1	柔性制造单元	210
11.3.2	柔性制造系统	210
11.3.3	计算机集成制造系统	211
	思考题	213
附录 1	金属切削机床的类、组划分	214
附录 2	常用机床的组、系代号及主参数	216
附录 3	滚动轴承图示符号(GB4458.1—84)	219
附录 4	机构运动简图符号(GB4460—84)	220
	参考文献	224

第 1 章 切削过程和刀具结构要素

1.1 切削运动和切削用量

金属切削加工是在金属切削机床上用金属切削刀具把工件毛坯上多余的金属材料切除,获得零件图纸所要求的零件图样。在切削加工过程中,刀具和工件之间必须有相对运动,这种相对运动称为切削运动。按各运动在切削加工中的作用不同切削运动分为主运动和进给运动。

1.1.1 切削运动

1. 主运动

主运动是机床提供的主要运动。它可以是旋转运动(如车削加工时工件的旋转运动(图 1-1),铣削加工时铣刀的旋转运动),也可以是直线运动(如刨削加工时刀具或工件的往复直线运动)。主运动的切削速度最高,消耗的机床功率也最大。

2. 进给运动

进给运动多数是由机床提供的,是刀具与工件之间的相对运动,使切削加工连续不断地进行下去,其特点是消耗的功率比主运动小。它可以是连续的运动(如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动),也可以是间歇运动(如刨削加工时刀具或工件的横向直线运动)。

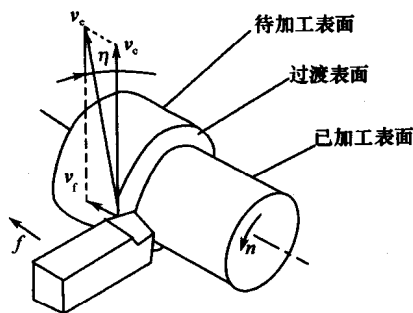


图 1-1 车削加工时的运动和工件上的三个表面

主运动可以由工件完成(如车削、龙门刨削等),也可以由刀具完成(如钻削、铣削等);进给运动同样也可以由工件完成(如铣削、磨削等)或由刀具完成(如车削、钻削等)。

在各类切削加工中的主运动只有一个;而进给运动可以有一个(如车削圆柱面)、两个(如外圆磨削)或多个,甚至没有(如拉削)。当主运动和进给运动同时进行时,由主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动(图 1-1)。刀具切削刃上选定点相对于工件的瞬时合成运动方向称为合成切削运动方向,其速度称为合成切削速度。合成切削速度 v_s 为同一选定点的主运动速度 v_c 与进给运动速度 v_f 的矢量和,即 $v_s = v_c + v_f$ 。

1.1.2 加工中的工件表面

工件在切削加工过程中形成了三个不断变化着的表面(图 1-1):

(1)已加工表面 工件上被刀具切削后形成的新表面。

(2)待加工表面 工件上等待被切除的表面。

(3)过渡表面 刀具切削刃正在切削的表面,它是待加工表面与已加工表面的连接表面。

1.1.3 切削用量

切削用量是用于表示切削加工过程中主运动、进给运动和切入量参数的数量;是调整机床的依据。它包括切削速度、进给量和背吃刀量三个要素。

1. 切削速度(v_c)

刀具切削刃上选定点相对于工件主运动的瞬时速度称为切削速度。当切削加工的主运动是回转运动,其切削速度为

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

式中 d ——切削刃选定点处所对应的工件或刀具的回转直径(mm);

n ——主运动(工件或刀具)的转速(r/min);

v_c ——切削速度(m/min)。

2. 进给量(f)

刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量称为进给量,通常用刀具或工件主运动每转或每行程的位移量来度量(图 1-2),单位为 mm/r 或 mm/行程(如刨削等)。车削时的进给速度 v_f (mm/min)是指切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度,它与进给量之间的关系为 $v_f = nf$ (n 为主运动的转速),对于铰刀、铣刀等多齿刀具,常要规定出每齿进给量 f_z (mm/z),其含义为多齿刀具每转或每行程中每齿相对于工件在进给运动方向上的位移量,即

$$f_z = f/z$$

式中 z ——刀齿数;

f ——进给量。

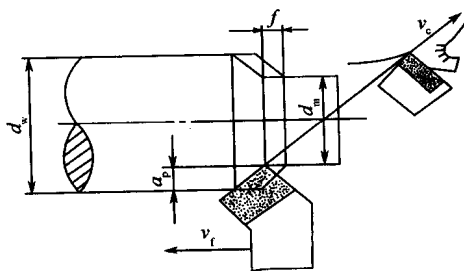


图 1-2 切削用量三要素

3. 背吃刀量(a_p)

背吃刀量是已加工表面和待加工表面之间的垂直距离,单位为 mm。

外圆车削时

$$a_p = (d_w - d_m)/2$$

式中 d_w ——待加工表面直径(mm);

d_m ——已加工表面直径(mm)。

镗孔时,则上式中的 d_w 与 d_m 互换位置。

1.1.4 切削层参数

在切削加工中,刀具或工件沿进给运动方向每移动 f (或 f_z) 后,由一个刀齿正在切除的金属层称为切削层。切削层的尺寸称为切削层参数。为简化计算,切削层的剖面形状和尺寸,在垂直于切削速度 (v_c) 的基面上度量。图 1-3 表示车削时的切削层,当工件旋转一转时,车刀切削刃由过渡表面 I 的位置移到过渡表面 II 的位置,在这两圈过渡表面 (圆柱螺旋面) 之间所包含的工件材料层在车刀前刀面挤压下被切除,这层工件材料就是车削时的切削层。

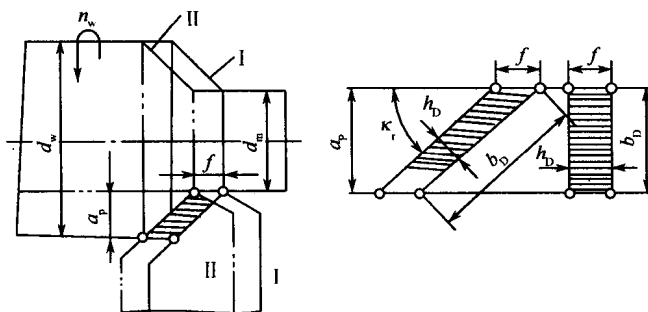


图 1-3 车削时的切削层

1. 切削层公称厚度 (h_D)

切削层公称厚度是指在垂直于切削刃的方向上度量的切削层截面的尺寸。当主切削刃为直线刃时,直线切削刃上各点的切削层厚度相等(图 1-3)并有近似关系

$$h_D \approx f \cdot \sin \kappa_r$$

图 1-4 表示主切削刃为曲线刃时,切削层局部厚度的变化情况。

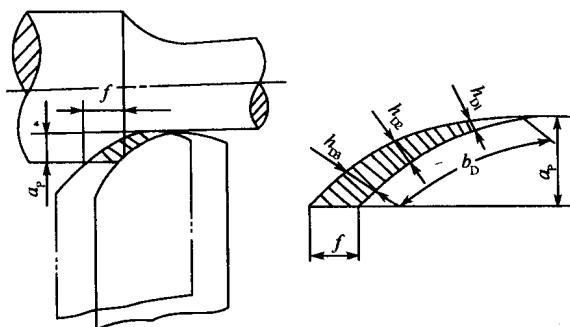


图 1-4 曲线切削刃工作时的 h_D 和 b_D

2. 切削层公称宽度 (b_D)

切削层公称宽度是指沿切削刃方向度量的切削层截面尺寸。它反映了工作主切削刃参加切削加工的长度,对于直线主切削刃有近似关系(图 1-3)。

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r$$

3. 切削层公称横截面积 (A_D)

切削层公称横截面积是指在给定瞬间,切削层在切削层平面里的截面面积,即图 1-5 中的 ABCD 所包围的面积。

由于刀具副偏角的存在,经切削加工后的已加工表面上常留下有规则的刀纹,这些刀纹在切削层尺寸平面里的横截面积(图 1-5 中的 ABE 所包围的面积)称为残留面积 ΔA_D ,它构成了已加工表面理论表面粗糙度的几何基形。

车削时切削面积(A_D)可按下式计算,即

$$A_D = a_p f = b_D h_D$$

实际切削面积(A_{De})等于切削面积(A_D)减去残留面积(ΔA_D),即

$$A_{De} = A_D - \Delta A_D$$

残留面积的高度称为轮廓最大高度,用 R_y 表示(图 1-6)。它直接影响已加工表面的粗糙度,其计算公式为

$$R_y = f / (\cot \kappa_r + \cot \kappa'_r)$$

若刀尖呈圆弧形,则轮廓最大高度为

$$R_y \approx f^2 / 8r_e$$

式中 r_e —刀尖圆弧半径(mm)。

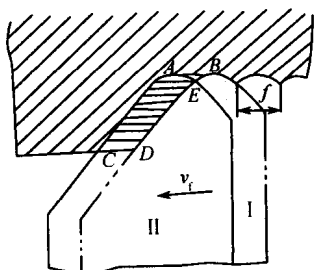


图 1-5 残留面积

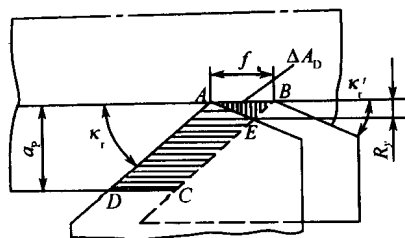


图 1-6 残留面积及其高度

1.2 刀具的几何角度

1.2.1 刀具切削部分组成要素

刀具种类繁多、形状各异,但其切削部分都可以看作从外圆车刀演变而来。因此以普通外圆车刀的切削部分为基础,确定刀具的基本性定义,分析刀具切削部分的几何参数。

普通外圆车刀的构造如图 1-7 所示,由刀柄和切削部分组成。刀柄是车刀在车床上定位和夹持的部分。切削部分的组成如下:

- (1)前刀面(A_r) 加工时切屑流出时经过的刀具表面。
- (2)主后刀面(A_a) 刀具上与过渡表面相对的表面。
- (3)副后刀面(A'_a) 刀具上与已加工表面相对的表面。
- (4)主切削刃(S) 前刀面与主后刀面相交的棱边。在切削加工过程中,承担主要的切削任务,切去大量的材料并形成工件上的加工表面。
- (5)副切削刃(S') 前刀面与副后刀面相交的棱边。它配合主切削刃完成金属材料的切除工作,最终形成工件的已加工表面。
- (6)刀尖 主切削刃与副切削刃的连接处的一小部分切削刃。它分为修圆刀尖和倒角刀尖两类(图 1-8)。

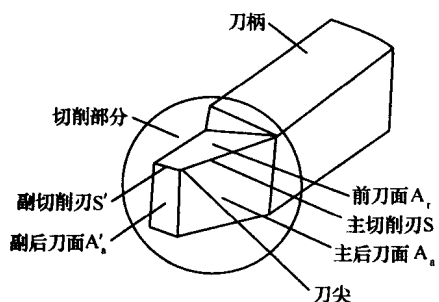


图 1-7 车刀的组成

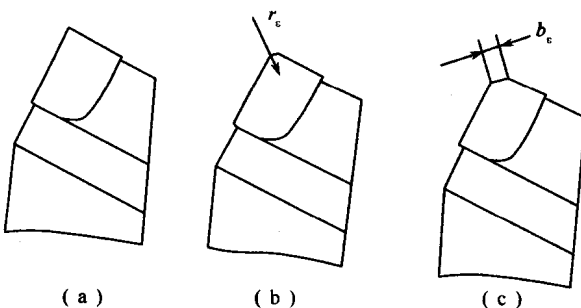


图 1-8 刀尖的类型

(a)切削刃的实际交点; (b)修圆刀尖; (c)倒角刀尖。

不同类型的车刀,切削部分的组成要素不同,如切断刀,除前刀面、后刀面、主切削刃外,还有两个副后刀面、两个副切削刃和两个刀尖。

1.2.2 刀具静止参考系与切削部分的几何角度

刀具要完成切削任务,其切削部分必须具备合理的几何形状。刀具几何角度就是确定其切削部分几何形状和反映刀具切削性能的参数。为了定义和规定刀具几何角度,需要以一定的参考坐标系和参考坐标平面为基准。刀具静止参考系是用于定义刀具设计、制造、刃磨和测量时的刀具几何参数的坐标系,由于刀具的几何角度是在切削过程中起作用的角度,因此,静止参考系中坐标平面的建立以切削运动为依据,首先给出假定工作条件和假定安装条件,然后建立参考坐标系。在该参考系中定义的刀具角度称为刀具的静止(标注)角度。

1. 刀具静止参考系

所谓“静止”,实质是在定义其坐标平面之前,合理规定了一些假定条件,从而使定义出的坐标平面与刀具设计、制造、刃磨和测量时的基准面平行或垂直。它们是:

(1)假定运动条件 以切削刃上选定点位于工件中心高时的主运动方向作为假定主运动方向;以切削刃上选定点的进给运动方向作为假定进给运动方向,不考虑进给运动的大小。

(2)假定安装条件 假定车刀安装绝对正确,即车刀的刀尖与工件中心等高;车刀刀杆中心线垂直于工件轴线。

这样便可近似地用平行或垂直于假定主运动方向的平面构成参考平面,即参考系。下面主要介绍刀具静止参考系中常用的正交平面参考系(图1-9)。

2. 正交平面参考系

(1)基面(P_r) 通过切削刃上选定点,垂直于该点假定主运动方向的平面。通常它平行或垂直于刀具在制造、刃磨及测量时适合于安装或定位的一个平面或轴线。对车刀、刨刀而言,是过切削刃选定点和刀柄安装平面平行的平面。对钻头、铣刀等旋转刀具而言,是过切削刃选定点并通过刀具轴线的平面。

(2)切削平面(P_s) 通过切削刃上选定点与主切削刃相切并垂直于该点基面的平面。当主切削刃为直线刃时,过切削刃选定点的切削平面,是包含主切削刃并垂直于基面的