

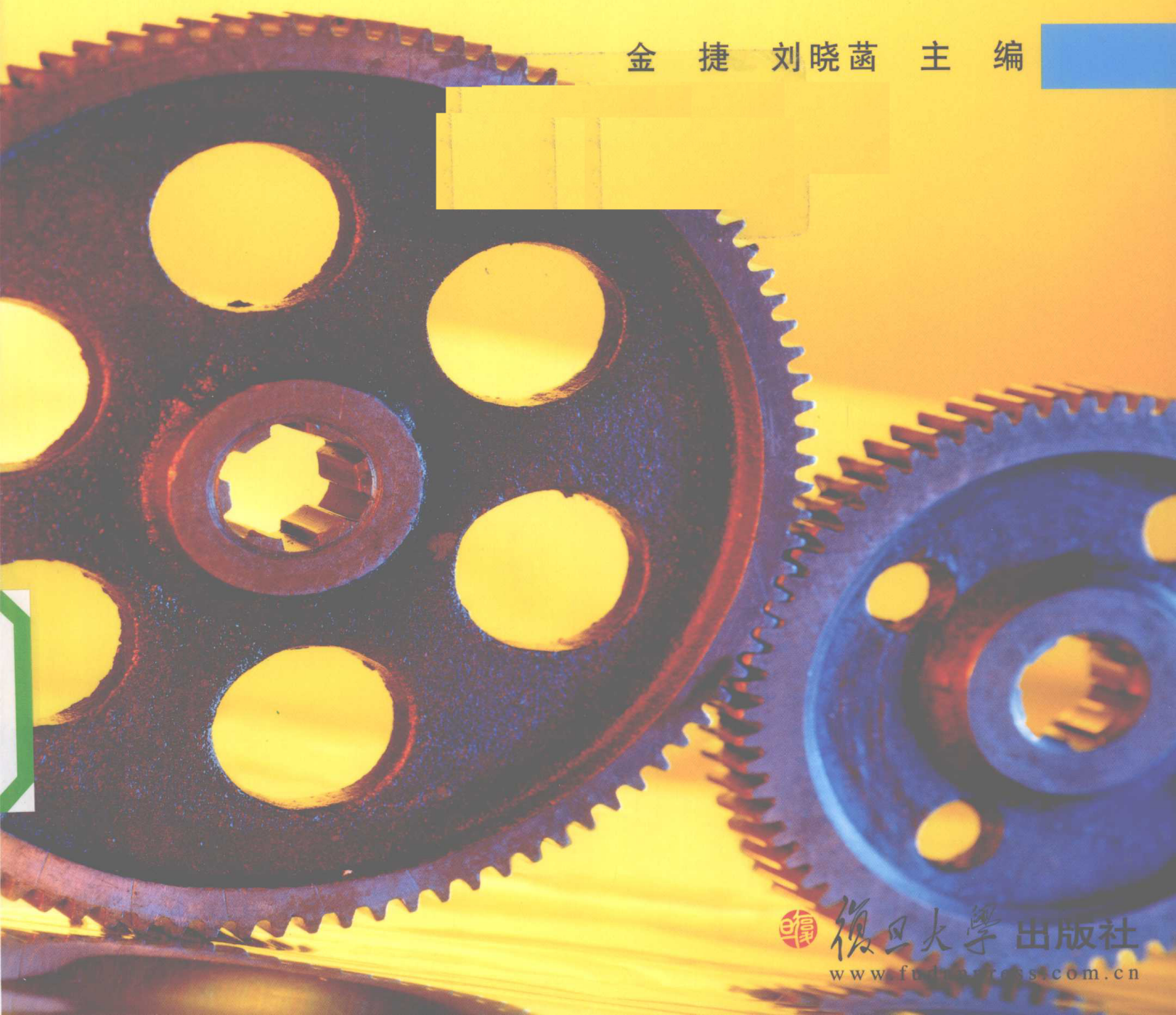


复旦卓越 · 高职高专21世纪规划教材 · 近机类、机械类

机械制造技术 与项目训练

Jixie Zhizao Jishu Yu Xiangmu Xunlian

金捷 刘晓茵 主编



复旦大学出版社

www.fudanpress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术与项目训练/金捷,刘晓菡主编. —上海:
复旦大学出版社,2010.2
(复旦卓越·高职高专21世纪规划教材·近机类、机械类)
ISBN 978-7-309-07052-1

I. 机… II. ①金…②刘… III. 机械制造工艺-高等学校:
技术学校-教学参考资料 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第012877号

机械制造技术与项目训练

金捷 刘晓菡 主编

出版发行 复旦大学出版社 上海市国权路579号 邮编 200433
86-21-65642857(门市零售)
86-21-65100562(团体订购) 86-21-65109143(外埠邮购)
fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com

责任编辑 张志军

出品人 贺圣遂

印 刷 上海浦东北联印刷厂
开 本 787×1092 1/16
印 张 24
字 数 512千
版 次 2010年2月第一版第一次印刷
印 数 1—4 100

书 号 ISBN 978-7-309-07052-1/T·354
定 价 35.00元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本教材主要包括：机械制造工艺装备、金属切削基础知识、毛坯成形方法、机械加工工艺编制综合训练等，每章节后都附有习题。全书采用最新国家标准，取材新颖，努力贯彻“少而精”的原则，重点突出，理论紧密联系生产实际。

本书可作为高职高专及成人高校机械类和机电类各专业教学用书，也可供相关专业的工程技术人员参考。

前 言

本书以教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件的精神为指导,以职业岗位能力培养为目标,确立“机械加工工艺规程的编制和实施”为课程的主线,以主线为纲,有机地融合其他课程内容,建立了适合高职教学的新课程体系。全书以“淡化理论,够用为度,内容丰富,培养技能,重在实用”为原则,体现了理论联系实际、教学联系企业生产现场的指导思想;紧紧抓住课程主线,选择和重组课程内容,以应用实例引出基本概念和应用方法。项目训练所选课题注重实用性、代表性和可学习性,且大都从生产现场选取,符合生产实际的需要,既浅显易懂,又有技术奥妙,能更好地培养学生正确、合理编制零件机械加工工艺规程的应用能力。

本教材由沙洲职业工学院金捷、刘晓菡任主编,张福荣、熊裕文任副主编。具体分工:第1章第1,2节由鄂州职业大学熊裕文编写;第1章第3节由金捷编写;第2章由河南质量工程职业学院隋冬杰编写;第3章由河南质量工程职业学院刘晓菡编写;第4章、第6章第1节由沙洲职业工学院吴良芹编写;第5章由沙洲职业工学院张福荣编写;第6章第2节由沙洲职业工学院邓朝结编写;第7章项目1,2由漯河职业技术学院赵伟阁编写;第7章项目3,4,5由沙洲职业工学院张琳编写。

本教材在编写的过程中参考了兄弟院校老师编写的有关教材及其他资料,得到了华中重型机器制造有限公司金小康高级工程师的指导,在此深表感谢!

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,难免有欠妥之处,敬请批评指正。

编 者

2009年12月

目录

Contents

第1章 制造工艺装备	1
1.1 金属切削刀具	1
1.1.1 金属切削加工的基本概念	1
1.1.2 刀具的几何角度	3
1.1.3 刀具材料	7
1.1.4 刀具角度的选择	12
1.1.5 常用金属切削刀具简介	13
1.2 金属切削机床	31
1.2.1 机床概述	31
1.2.2 车床	38
1.2.3 齿轮加工机床	46
1.2.4 其他各类普通机床	53
1.2.5 数控机床	66
1.3 机床夹具设计基础	76
1.3.1 概述	76
1.3.2 工件的定位	77
1.3.3 工件的夹紧	96
习 题	112
第2章 切削与磨削原理	115
2.1 切削过程	115
2.1.1 切屑的形成过程	115
2.1.2 切屑类型与变形系数	119
2.1.3 影响切削变形的因素	122
2.2 切削力	123
2.2.1 切削力的产生和分解	123
2.2.2 切削力与切削功率的计算	124
2.2.3 影响切削力的因素	125
2.3 切削热与切削温度	126
2.3.1 切削热的产生和传导	126
2.3.2 切削温度	127
2.3.3 影响切削温度的因素	127
2.4 刀具磨损与使用寿命	128
2.4.1 刀具的磨损和破损形式	129
2.4.2 刀具的磨损和破损原因	130
2.4.3 刀具磨钝标准	131
2.4.4 刀具使用寿命及其与切削用量的关系	132
2.5 切削液	133
2.5.1 切削液的作用机理	133
2.5.2 切削液的添加剂	134
2.5.3 切削液的分类与使用	135
2.6 切削用量的选择	139
2.6.1 选择切削用量的原则	139
2.6.2 背吃刀量的选择	141

2.6.3 进给量的选择	141
2.6.4 切削速度的确定	143
2.7 磨削原理	146
2.7.1 砂轮的特性	146
2.7.2 磨屑形成过程	150
2.7.3 砂轮的磨损与耐用度	151
2.7.4 磨削加工的特点	152
2.7.5 磨削热和磨削温度	153
2.7.6 磨削液	154
习 题	155
第3章 毛坯成形方法	156
3.1 铸造	156
3.1.1 砂型铸造	156
3.1.2 金属的铸造性能	163
3.1.3 铸造工艺设计基础	166
3.1.4 特种铸造	170
3.2 锻压	173
3.2.1 金属塑性成形原理简介	174
3.2.2 锻造	177
3.2.3 板料冲压	183
3.2.4 锻压新工艺和新 技术简介	186
3.3 焊接	188
3.3.1 手工电弧焊	188
3.3.2 埋弧自动焊	194
3.3.3 气体保护焊	195
3.3.4 压力焊和钎焊	196
3.3.5 焊接新技术简介	199
习 题	201

第4章 工艺规程设计	203
4.1 基本概念及定义	203
4.1.1 生产过程与工艺过程	203
4.1.2 工艺过程的组成	205
4.1.3 生产类型及其工艺性征	207
4.1.4 机械加工工艺规程	209
4.2 零件的工艺性分析	212
4.2.1 零件的技术性分析	212
4.2.2 零件的结构工艺性分析	213
4.3 毛坯的选择	215
4.3.1 毛坯的种类	215
4.3.2 毛坯的形状与尺寸的确定	215
4.3.3 选择毛坯时应考虑的因素	215
4.4 定位基准的选择	217
4.4.1 基准的概念及分类	217
4.4.2 粗基准的选择	219
4.4.3 精基准的选择	220
4.5 工艺路线的规定	221
4.5.1 加工方法的选择	222
4.5.2 加工阶段的划分	223
4.5.3 工序的集中与分散	224
4.5.4 工序顺序的安排	225
4.6 工序内容的拟定	227
4.6.1 加工余量的确定	227
4.6.2 工序尺寸与公差的确 定	229
4.6.3 机床及工艺设备的选择	230

4.7 工艺过程的技术经济分析	231	5.3.3 圆柱齿轮的齿形加工方法	296
4.7.1 时间定额	231	习 题	301
4.7.2 生产率与经济性	232	第6章 机械加工质量技术分析	303
4.7.3 工艺过程的技术经济分析	234	6.1 机械加工精度	303
4.8 工艺尺寸链	236	6.1.1 概述	303
4.8.1 尺寸链概述	236	6.1.2 工艺系统的几何误差	304
4.8.2 尺寸链的计算方法	238	6.1.3 工艺系统受力变形引起的误差	308
4.8.3 工艺尺寸链的应用	241	6.1.4 工艺系统热变形引起的误差	315
4.9 装配工艺尺寸链	246	6.1.5 工件残余应力引起的加工误差	319
4.9.1 装配尺寸链	246	6.1.6 加工误差的分析与控制	321
4.9.2 装配方法的选择	247	6.1.7 提高加工精度的工艺措施	328
4.9.3 装配工艺规程	257	6.2 机械加工表面质量	330
习 题	264	6.2.1 基本概念	330
第5章 典型零件加工工艺	268	6.2.2 加工表面几何特性的形成及其影响因素	334
5.1 轴类零件加工工艺	268	6.2.3 加工表面物理力学性能的变化及其影响因素	336
5.1.1 概述	268	6.2.4 机械加工中的振动	340
5.1.2 车床主轴零件加工工艺过程分析	270	习 题	345
5.1.3 轴类零件加工中几个主要问题	276	第7章 项目训练	348
5.2 箱体类零件加工工艺	279	项目一 轴类零件	348
5.2.1 概述	279	任务一 心轴	348
5.2.2 普通车床主轴箱加工工艺过程分析	280	任务二 定位销轴	348
5.2.3 箱体类零件的孔系加工	285	任务三 连杆螺钉	349
5.2.4 箱体类的零件检验	288		
5.3 圆柱齿轮加工工艺	291		
5.3.1 概述	291		
5.3.2 圆柱齿轮加工工艺过程分析	292		

任务四 活塞杆	349	任务二 小型蜗轮减速器箱体	358
任务五 曲轴	350	任务三 减速器	359
任务六 钻床主轴	350	项目五 其他类零件	362
项目二 套类零件	351	任务一 法兰盘	362
任务一 缸套	351	任务二 车床拨叉	362
任务二 偏心套	351	任务三 皮带轮	363
任务三 传动套	352	任务四 转盘托	363
任务四 活塞	352	任务五 滑道	364
任务五 车床尾座套筒	353	任务六 方刀架	364
项目三 齿轮类零件	353	任务七 轴承座	365
任务一 圆柱齿轮	353	附 录	366
任务二 机床主轴箱齿轮	354	附录 A 工件装夹方法 16 例	366
任务三 齿轮轴	354	附录 B 切削加工方法 60 例	368
任务四 倒档齿轮	355	附录 C 机械加工工艺过程卡片	371
任务五 锥齿轮	355	附录 D 工艺卡片	372
项目四 箱体类零件	356	附录 E 机械加工工序卡片	373
任务一 C6150 车床主轴箱箱体	356	参考文献	374

第 1 章 制造工艺装备

1.1 金属切削刀具

1.1.1 金属切削加工的基本概念

1. 切削运动与切削用量

金属切削加工是利用刀具从工件毛坯上切去一层多余的金属,从而使工件达到规定的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械加工方法。在金属切削过程中,为了切除多余的金属,使加工工件表面成为符合技术要求的形状,加工时刀具和工件之间必须有一定的相对运动,即切削运动。切削运动包括主运动和进给运动。

(1) 主运动 使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本的运动,称为主运动。主运动是切削运动中速度最高,消耗功率最大的运动。在切削运动中,主运动只有一个。它可以由工件完成,也可以由刀具完成;可以是旋转运动,也可以是直线运动。例如外圆车削时工件的旋转运动和平面刨削时刀具的直线往复运动都是主运动,如图 1-1 和图 1-2 所示。

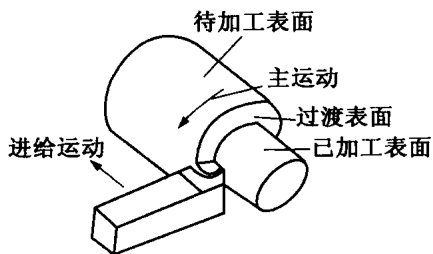


图 1-1 外圆车削的切削运动与加工表面

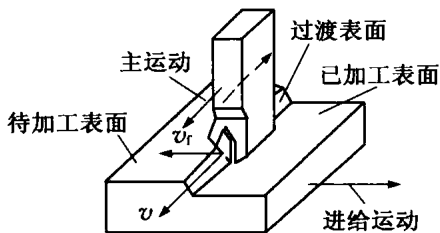


图 1-2 平面刨削的切削运动与加工表面

主运动速度即切削速度,外圆车削或用旋转刀具进行切削加工时的切削速度的计算公式为:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/min}),$$

式中 d 为工件或刀具直径(mm), n 为工件或刀具转速(r/min)。

(2) 进给运动 使新的切削层不断投入切削,以便切完工件表面上全部余量的运动,称为进给运动。进给运动一般速度较低,消耗的功率较小,可由一个或多个运动组成,可以

是连续的,也可以是间断的。车削外圆时的进给运动是车刀沿平行于工件轴线方向的连续直线运动。平面刨削时的进给运动是工件沿刨削平面且垂直于主运动方向的间隙直线运动。进给运动的速度称为进给速度,以 v_f 表示 (mm/s 或 mm/min)。进给速度还可以每转或每行程进给量 f (mm/r 或 mm/st)、每齿进给量 f_z (mm/z) 表示。

此外,在进给运动开始前由机床的吃刀机构提供的一种间歇进给运动称为吃刀运动。其进给量大小称为背吃刀量 a_p ,对于外圆车削,如图 1-3 所示,背吃刀量 a_p 为工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离,即

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

式中, d_w 为工件待加工表面的直径 (mm), d_m 为工件已加工表面的直径 (mm)。

(3) 切削用量 是指切削速度 v_c 、进给量 f (或进给速度 v_f) 和背吃刀量 a_p 三者的总称。图 1-3 所示为车削外圆时的切削用量。在切削加工过程中,需针对工件及刀具材料,以及其他工艺技术要求来选择合适的切削用量。

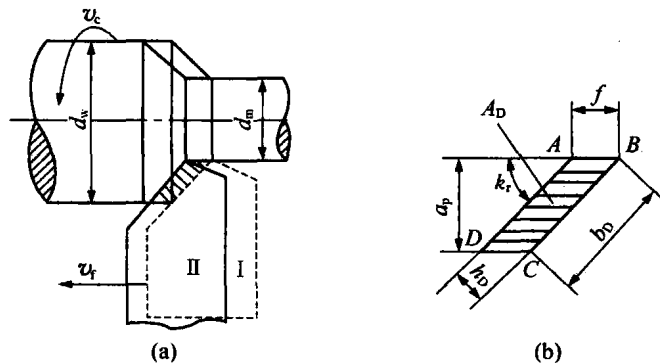


图 1-3 切削用量与切削层参数

2. 切削时的工件表面

在整个切削过程中,工件上通常存在 3 个表面,如参见图 1-1 所示:

- (1) 待加工表面 工件上即将被切去金属层的表面。
- (2) 已加工表面 工件上经刀具切削一部分金属后而形成的新表面。
- (3) 过渡表面 工件上正在被切削刃切削的表面。它总是处在待加工表面与已加工表面之间。

3. 切削层参数

切削层是指工件上正在被切削刃切削的一层材料,即两个相邻加工表面之间的那层材料。外圆车削时的切削层,就是工件转一转,主切削刃移动一个进给量 f 所切除的一层金属层,如图 1-3 中的 ABCD。通常用通过切削刃上的选定点并垂直于该点切削速度的平面内的切削层参数来表示它的形状和尺寸。

- (1) 切削层公称厚度 h_D 垂直于过渡表面测量的切削层尺寸,即相邻两过渡表面

之间的距离。它反映了切削刃单位长度上的切削负荷。车外圆时,若车刀主切削刃为直线,则

$$h_D = f \sin k_r \quad (\text{mm}),$$

式中, k_r 为车刀主偏角。

(2) 切削层公称宽度 b_D 沿过渡表面测量的切削层尺寸。它反映了切削刃参加切削的工作长度。当车刀主切削刃为直线时,外圆切削的切削层公称宽度

$$b_D = a_p / \sin k_r \quad (\text{mm})。$$

(3) 切削层公称横截面积 A_D 切削层在切削层尺寸平面内的实际横截面积。由定义知

$$A_D = h_D b_D \quad (\text{mm}^2)。$$

1.1.2 刀具的几何角度

金属切削刀具的种类很多,其形状、结构也各不相同,但是它们的基本功用都是在切削过程中,用刀刃从工件毛坯上切下多余的金属。因此在结构上它们都具有共同的特征,尤其是它们的切削部分。外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具,本书以外圆车刀为代表来说明刀具切削部分的组成,并给出切削部分几何参数的一般性定义。

1. 刀具切削部分的组成

刀具中承担切削工作的部分称为刀具的切削部分。图 1-4 所示的外圆车刀由刀头和刀杆组成,其切削部分(即刀头)的结构要素及其定义如下:

- (1) 前刀面 切屑流过的表面,以 A_f 表示。
- (2) 主后刀面 与工件上过过渡表面相对的表面,以 A_a 表示。
- (3) 副后刀面 与工件上已加工表面相对的表面,以 A'_a 表示。
- (4) 主切削刃 前刀面与主后刀面的交线,记为 S 。它承担主要的切削工作。

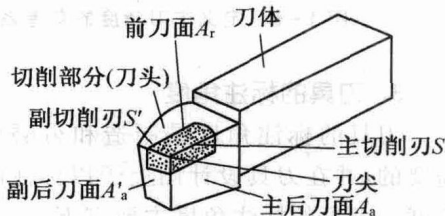


图 1-4 车刀切削部分组成要素

(5) 副切削刃 前刀面与副后刀面的交线,记为 S' 。它协同主切削刃完成切削工作,并最终形成已加工表面。

(6) 刀尖 主切削刃与副切削刃连接处的那部分切削刃。它可以是小的直线段或圆弧。

其他各类刀具,如刨刀、钻头、铣刀等,都可以看作是车刀的演变和组合,如图 1-5 所示。刨刀切削部分的形状与车刀相同,如图 1-5(a)所示;钻头可看作是两把一正一反并在一起同时镗削孔壁的车刀,因此有两个主切削刃,两个副切削刃,另外还多了一个横刃,如图 1-5(b)所示;铣刀可看作是由多把车刀组合而成的复合刀具,其每一个刀齿相当于一把车刀,如图 1-5(c)所示。

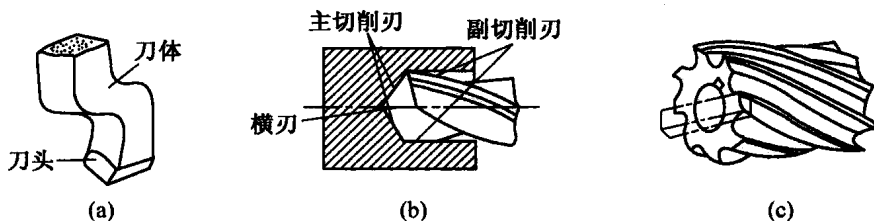


图 1-5 刨刀、钻头、铰刀切削部分的形状

2. 定义车刀角度的参考系

刀具要从工件上切下金属,必须有一定的切削角度,也正是由于切削角度才决定了刀具切削部分各表面的空间位置。要确定和测量刀具角度,必须引入一个空间坐标参考系,如图 1-6 所示。

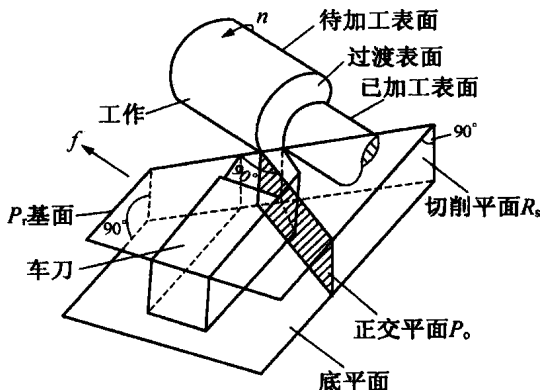


图 1-6 定义车刀角度的参考系

(1) 基面 P_r 通过主切削刃上选定点,垂直于该点切削速度方向的平面。

(2) 切削平面 P_c 通过主切削刃上选定点,与主切削刃相切,且垂直于该点基面的平面。

(3) 正交平面 P_o 通过主切削刃上选定点,垂直于基面和切削平面的平面。

基面、切削平面和正交平面组成标注刀具角度的正交平面参考系。常用的标注刀具角度的参考系还有法平面参考系、假定工作平面和背平面参考系。

3. 刀具的标注角度

刀具的标注角度是制造和刃磨所需要的,并在刀具设计图上予以标注的角度。刀具的标注角度主要有五个,如图 1-7 所示:

(1) 前角 γ_0 在正交平面内测量的前刀面与基面间的夹角。前角的正负方向按图示规定表示,即刀具前刀面在基面之下时为正前角,刀具前刀面在基面之上时为负前角。

(2) 后角 α_0 在正交平面内测量的主后刀面与切削平面间的夹角。后角一般为正值。

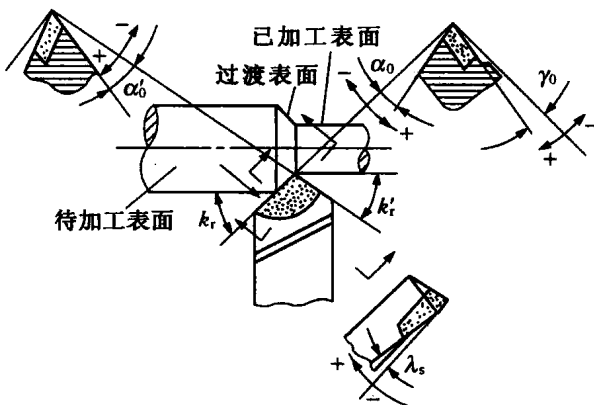


图 1-7 车刀的主要标注角度

(3) 主偏角 k_r 在基面内测量的主切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角。主偏角一般为正值。

(4) 副偏角 k'_r 在基面内测量的副切削刃在基面上的投影与进给反方向的夹角。副偏角一般也为正值。

(5) 刃倾角 λ_s 在切削平面内测量的主切削刃与基面间的夹角。当主切削刃呈水平时, $\lambda_s = 0$; 刀尖为主切削刃上最高点时, $\lambda_s > 0$; 刀尖为主切削刃上最低点时, $\lambda_s < 0$, 如图 1-8 所示。

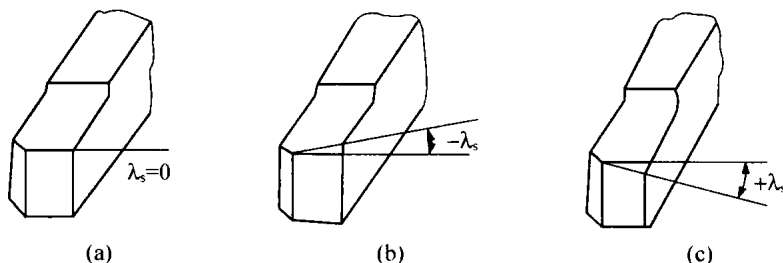


图 1-8 刃倾角的正负规定

4. 刀具的工作角度

在实际的切削加工中, 由于车刀的安装位置和进给运动的影响, 上述车刀的标注角度会发生一定的变化。角度变化的根本原因是基面、切削平面和正交平面位置的影响。以切削过程中实际的基面、切削平面和正交平面为参考系所确定的刀具角度称为刀具的工作角度, 又称实际角度。通常, 刀具的进给速度很小, 因此在正常的安装条件下, 刀具的工作角度与标注角度基本相等。但在切断、车螺纹以及加工非圆柱表面等情况下, 进给运动的影响就不能不考虑。为保证刀具具有合理的切削条件, 这时应根据刀具的工作角度来换算出刀具的标注角度。

(1) 横向进给运动对工作角度的影响

图 1-9 所示为切断车刀加工的情况。加工时, 切断车刀作横向直线进给运动, 即工件转一转, 车刀横向移动距离 f 。因此切削速度由 v_c 变至合成切削速度 v_{ce} , 因而基面 P_r 由水平位置变至工作基面 P_{re} , 切削平面 P_s 由铅垂位置变至工作切削平面 P_{se} , 引起刀具的前角和后角发生变化:

$$\gamma_{0e} = \gamma_0 + \mu, \quad (1-1)$$

$$\alpha_{0e} = \alpha_0 - \mu, \quad (1-2)$$

$$\mu = \arctan \frac{f}{\pi d}, \quad (1-3)$$

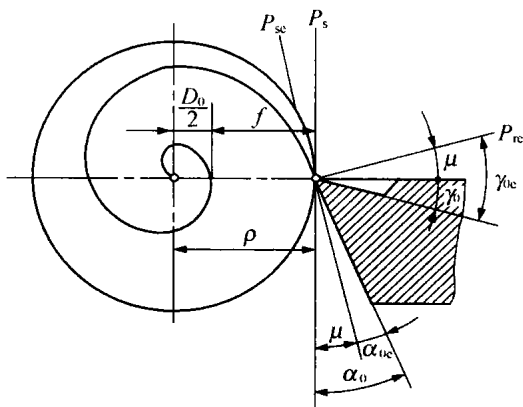


图 1-9 横向进给运动对工作角度的影响

式中, γ_{0e} , α_{0e} 为工作前角和工作后角。由(1-3)式可知, 当进给量 f 增大, 则 μ 值增大; 当瞬时直径 ρ 减小, μ 值也增大。因此, 车削至接近工件中心时, μ 值增大很快, 工作后角将由正变负, 致使工件最后被挤断。

(2) 轴向进给运动对工作角度的影响 车削外圆时, 假定车刀 $\lambda_s = 0$, 如不考虑进给运动, 则基面 P_r 平行于刀杆底面, 切削平面 P_s 垂直于刀杆底面。若考虑进给运动, 则过切削刃上选定点的相对速度是合成切削速度 v_e , 而不是主运动 v_c , 故刀刃上选定点相对于工作表面的运动就是螺旋线。这时基面 P_r 和切削平面 P_s 就会在空间偏转一定的角度 μ , 从而使刀具的工作前角 γ_{0e} 增大, 工作后角 α_{0e} 减小, 如图 1-10 所示, 有

$$\gamma_{0e} = \gamma_0 + \mu, \quad (1-4)$$

$$\alpha_{0e} = \alpha_0 - \mu, \quad (1-5)$$

$$\tan \mu = \frac{f \sin k_r}{\pi d_w}, \quad (1-6)$$

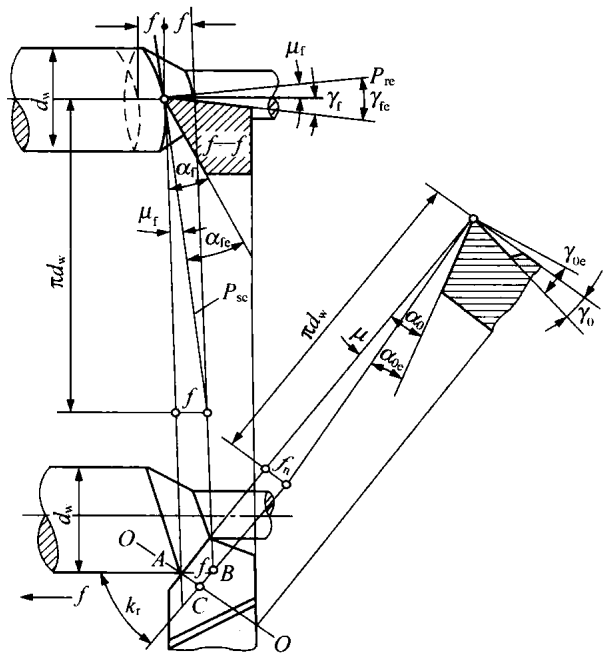


图 1-10 轴向进给运动对工作角度的影响

由(1-6)式可知, 进给量 f 越大, 工件直径 d_w 越小, 则工作角度值的变化就越大。一般车削时, 由进给运动所引起的 μ 值不超过 $30' \sim 1^\circ$, 故其影响常可忽略。但是在车削大螺距螺纹或蜗杆时, 进给量 f 很大, 故 μ 值较大, 此时就必须考虑它对刀具工作角度的影响。

(3) 刀具安装高低对工作角度的影响 车削外圆时, 车刀的刀尖一般与工件轴线是等高的。若车刀的刀倾角为 $\lambda_s = 0$, 则此时的刀具的工作前角和工作后角与标注前角和标注后角相等。如果刀尖高于或低于工件轴线, 则此时的切削速度方向发生变化, 引起基面和切削平面的位置改变, 从而使车刀的实际车削角度发生变化。如图 1-11 所示, 刀尖高于工件轴线时, 工作切削平面变为 P_{sc} , 工作基面变为 P_{re} , 则工作前角 γ_{0e} 增大, 工作后角 α_{0e} 减小; 刀尖低于工件轴线时, 工作角度的变化则正好相反。有

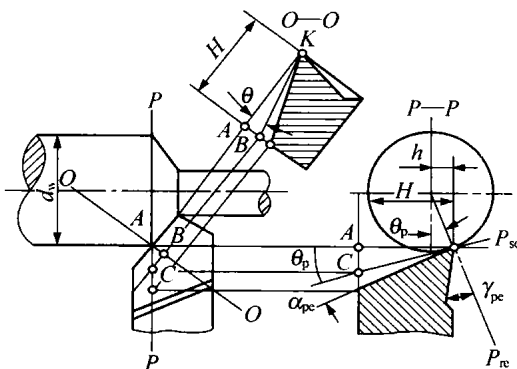


图 1-11 刀具安装高低对工作角度的影响

$$\gamma_{0e} = \gamma_0 \pm \theta, \quad (1-7)$$

$$\alpha_{0e} = \alpha_0 \mp \theta, \quad (1-8)$$

$$\tan\theta = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{d_w}{2}\right)^2 - h^2}} \cos k_r, \quad (1-9)$$

式中, h 为刀尖高于或低于工件轴线的距离(mm)。

(4) 刀杆中心线偏斜对工作角度的影响 当车刀刀杆的中心线与进给方向不垂直时, 车刀的主偏角 k_r 和副偏角 k'_r 将发生变化。刀杆右斜, 如图 1-12 所示, 将使工作主偏角 k_{re} 增大, 工作副偏角 k'_{re} 减小; 如果刀杆左斜, 则 k_{re} 减小, k'_{re} 增大, 有

$$k_{re} = k_r \pm \varphi, \quad (1-10)$$

$$k'_{re} = k'_r \mp \varphi, \quad (1-11)$$

式中 φ 为进给方向的垂线与刀杆中心线间的夹角。

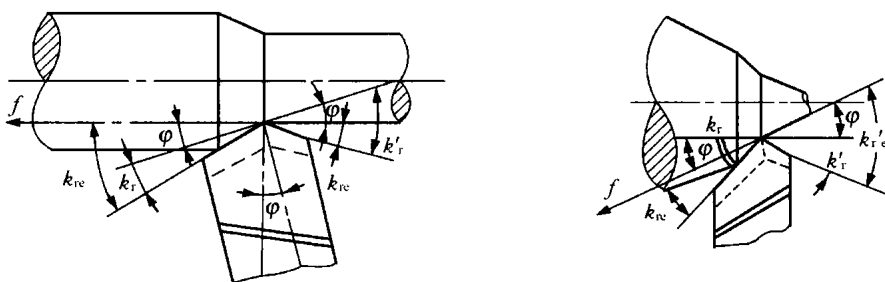


图 1-12 刀杆中心线与进给方向不垂直对工作角度的影响

1.1.3 刀具材料

刀具切削性能的好坏, 取决于构成刀具切削部分的材料、几何形状和结构尺寸。刀具材料性能的优劣对加工表面质量、加工效率、刀具使用寿命和加工成本都有很大的影响。

1. 刀具材料应具备的性能

刀具的切削部分是在高温、高压、振动、冲击以及剧烈摩擦等条件下工作的, 因此, 刀具切削部分材料的性能应能满足以下基本要求:

(1) 高的硬度 刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度。刀具材料的常温硬度一般要求在 HRC60 以上。

(2) 高的耐磨性 一般刀具材料的硬度越高, 耐磨性也越好。

(3) 足够的强度和韧性 以便承受切削力、冲击和振动, 而不至于产生崩刃和断裂。

(4) 高的耐热性(热稳定性) 耐热性是指刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度和韧性的能力。它是衡量刀具材料性能的主要标志。

(5) 良好的热物理性能和耐热冲击性能 即刀具材料的导热性能要好, 不会因受到大的热冲击产生刀具内部裂纹而导致刀具断裂。

(6) 良好的工艺性能 即刀具材料应具有良好的锻造性能、热处理性能、焊接性能、磨削加工性能等。

刀具材料分工具钢(碳素工具钢、合金工具钢和高速钢)、硬质合金、陶瓷、超硬材料(金刚石和立方氮化硼)四大类。碳素工具钢(如 T10A, T12A)及合金工具钢(如 9SiCr, CrWMn),因耐热性较差,通常只用于手工工具及切削速度较低的刀具;陶瓷、金刚石、立方氮化硼仅用于有限的场合。目前,刀具材料用得最多的仍是高速钢和硬质合金。

2. 高速钢

高速钢是含有较多钨、钼、铬、钒等元素的高合金工具钢。高速钢具有较高的硬度(热处理硬度可达 HRC62~67)和耐热性(切削温度可达 550~600℃),且能刃磨锋利,俗称风钢。与碳素工具钢和合金工具钢相比,能提高切削速度 1~3 倍(因此而得名),提高刀具耐用度 10~40 倍,甚至更多。它可加工包括有色金属、高温合金在内的范围广泛的材料。

高速钢具有高的强度(抗弯强度为一般硬质合金的 2~3 倍,为陶瓷的 5~6 倍)和韧性,抗冲击振动的能力较强,适宜制造各类刀具。

高速钢刀具制造工艺简单,能锻造,容易磨出锋利的刀刃,因此在复杂刀具(钻头、丝锥、成形刀具、拉刀、齿轮刀具等)的制造中,高速钢占有重要的地位。

高速钢按用途不同,可分为通用型高速钢和高性能高速钢;按制造工艺方法不同,可分为熔炼高速钢和粉末冶金高速钢。

通用型高速钢是切削硬度在 HBS250~280 以下的大部分结构钢和铸铁的基本刀具材料,应用最为广泛。切削普通钢料时的切削速度一般不高于 40~60 m/min。通用型高速钢一般可分为钨钢和钨钼钢两类,常用牌号分别为 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

高性能高速钢(如 9W6Mo5Cr4V2 和 W6Mo5Cr4V3)较通用型高速钢有更好的切削性能,适合于加工奥氏体不锈钢、高温合金、钛合金和超高强度钢等难加工材料。这类高速钢的不同牌号只有在各自的规定切削条件下使用才能达到良好的切削性能。

粉末冶金高速钢的优点很多:具有良好的力学性能和可磨削加工性,淬火变形只及熔炼钢的 1/3~1/2,耐磨性提高 20%~30%,适于制造切削难加工材料的刀具、大尺寸刀具(如滚刀、插齿刀),也适于制造精密、复杂刀具。

表 1-1 列出了几种常用高速钢的牌号、主要性能及用途。

表 1-1 常用高速钢的力学性能和适度范围

牌 号	硬度 HRC	抗弯强度 HRC	冲击韧度 /GPa	600℃时 硬度 HRC	主要性能和适应范围
W18Cr4V (W18)	63~66	3.0~3.4	0.18~0.32	48.5	综合性能好,通用性强,可磨性好,适于制造加工轻合金、碳素钢、合金钢、普通铸铁的精加工刀具和复杂刀具,例如螺纹车刀、成形车刀、拉刀等
W6Mo5Cr4V2 (M2)	63~66	3.5~4.0	0.30~0.40	47~48	强度和韧性略高于 W18,热硬性略低于 W18,热塑性好,适于制造加工轻合金、碳钢、合金钢的热成形刀具及承受冲击、结构薄弱的刀具

续 表

牌 号	硬度 HRC	抗弯强度 HRC	冲击韧度 /GPa	600℃时 硬度 HRC	主要性能和适应范围
W14Cr4VMnRe	64~66	~4.0	0.31	50.5	切削性能与 W18 相当,热塑性好,适于制作热轧刀具
W9Mo3Cr4V (W9)	65~66.5	4.0~4.5	0.35~0.40		刀具寿命比 W18 和 M2 有一定程度提高,适于加工普通轻合金、钢材和铸铁
9W18Cr4V (9W18)	66~68	3.0~3.4	0.17~0.22	51	属高碳高速钢,常温硬度和高温硬度有所提高,适于制造加工普通钢材和铸铁,耐磨性要求较高的钻头、铰刀、丝锥、铣刀和车刀等或加工较硬材料(HBS220~250)的刀具,但不宜承受大的冲击
9W6Mo5Cr4V2 (cM2)	67~68	3.5	0.13~0.25	52.1	
W12Cr4V4Mo (EV4)	66~67	~3.2	~0.10	52	属高钒高速钢,耐磨性好,适于切削对刀具磨损极大的材料,如纤维、硬橡胶、塑料等,也用于加工不锈钢、高强度钢和高温合金等,效果也很好
W6Mo5Cr4V3 (M3)	65~67	~3.2	~0.25	51.7	
W2Mo9Cr4Vco8 (M42)	67~69	2.7~3.8	0.23~0.30	55	属高钴超硬高速钢,有很高的常温 and 高温硬度,适于加工高强度耐热钢、高温合金、钛合金等难加工材料,M42 可磨性好,适于作精密复杂刀具,但不宜在冲击切削条件下工作
W10Mo4Cr4V3Co10 (HSP-15)	67~68	~2.35	~0.10	55.5	
W12Cr4V5Co5 (T15)	66~68	~3.0	~0.25	54	常温硬度和耐磨性都很好,600℃高温硬度接近 M42 钢,适于加工耐热不锈钢、高温合金、高强度钢等难加工材料,适合制造钻头、滚刀、拉刀、铣刀等
W6Mo5Cr4V2Co8 (M36)	66~68	~3.0	~0.30	54	
W6Mo5Cr4V2Al (501)	67~69	2.9~3.9	0.23~0.30	55	属含铝超硬高速钢,切削性能相当于 M42,适于制造铣刀、钻头、铰刀、齿轮刀具和拉刀等,用于加工合金钢、不锈钢、高强度钢和高温合金等
W10Mo4Cr4V3Al (5F-6)	67~69	3.1~3.5	0.20~0.28	54	
W12Mo3Cr4V3N (V3N)	67~69	2.0~3.5	0.15~0.30	55	含氮超硬高速钢,硬度、强度、韧性 with M42 相当,可作为含钴钢的代用品,用于低速切削难加工材料和低速高精度加工

3. 硬质合金

硬质合金是高耐热性和高耐磨性的金属碳化物(碳化钨、碳化钛、碳化钽、碳化铌等)与金属粘结剂(钴、镍、钼等)在高温下烧结而成的粉末冶金制品。其硬度为 HRA89~93,能耐 850~1000℃ 的高温,具有良好的耐磨性,允许使用的切削速度可达 100~300 m/min,可加