

高职高专教育“十二五”规划教材

J IXIE ZHIZAO JISHU

机械制造技术

徐晓枫 主编

中国建材工业出版社

高职高专教育“十二五”规划教材

机械制造技术

主 编 徐晓枫
副主编 罗进生 王克武
强宝钢 秦松祥
参 编 赵彤涌 张立仁



中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/徐晓枫主编. —北京:中国建材工业出版社, 2011. 8

ISBN 978 - 7 - 5160 - 0012 - 0

I. ①机… II. ①徐… III. ①机械制造工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 175581 号

内 容 简 介

本书以培养学生综合职业能力为出发点,打破原有学科体系,将金属切削机床、金属切削原理与刀具、机床夹具设计、机械制造工艺学及常用量等相关科学知识有机地融合起来,形成了新的教材体系。其内容突出综合性与实用性,以培养学生的职业岗位能力为重点。

本书可作为高职高专机电一体化、机械设计制造及其自动化等机电类、近机电类专业教材,也可供机械制造企业职工培训使用,或用做相关专业的高校师生与企业工程技术人员的参考书。

机械制造技术

主 编:徐晓枫

封面设计:华盛英才

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京市燕山印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1

印 张:15.25

字 数:354 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 5160 - 0012 - 0

定 价:35.00 元

本社网址:www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前 言

本书是按照教育部“关于加强高职高专教育教材建设的若干意见”和“机电一体化专业机械制造技术”课程教学大纲的要求,在汲取高等职业教育在探索技术应用型人才方面的成功经验与教学成果的基础上编写的。本书力求体现高等职业教育的的应用特色和能力本位,突出应用型人才的创新素质和创新能力的培养,定位于新世纪应用型人才必须具备的技术基础。

本书的主要内容包括:金属切削知识、工件定位与加紧、机械加工工艺规程、机械加工质量分析、典型零件加工工艺、机械装配工艺、成组技术与 CAPP。计划学时为 80~100 学时,与之相配合的还有实验、实习、习题及课程设计等教学环节。

本书在内容安排上有如下特点:

(1)采用最新的机械制造国家标准和行业标准。

(2)作为一门专业基础课,主要目的是通过本课程的学习,使学生掌握有关机械制造技术的基础知识、基本理论和基本方法,这也是本书的重点内容所在。

(3)机械制造技术具有极强的实践性特点,为使学生便于掌握课程的基本内容,本书力求理论联系实际,尽可能多地引用典型实例进行分析,以加深对所述内容的理解。

(4)考虑到当今机械制造技术的迅速发展,本书在重点介绍有关机械制造技术的基础知识、基本理论和基本方法的同时,还兼顾了机械制造领域的最新成就和发展趋势,以使学生学习本课程的学习对机械制造技术的发展有一个全面的了解和正确的认识。

(5)贯彻“够用为准”的原则,力求以较少的篇幅完成对所需内容的介绍。

(6)根据以能力为本位的思想,削减一些繁琐的理论推导及复杂计算,而注重实际应用知识和拓展学生知识面。

(7)参加编写本书的教师具有多年从事职业教育的经验,使本书内容讲解通俗,由浅入深,循序渐进。

本书可作为高职高专机电一体化、机械设计制造及自动化等机电类、近机电类专业教材,也可供机械制造企业职工培训使用,或用作相关专业的高校师生与企业工程技术人员的参考书。

由于编者水平有限,时间紧迫,本书难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 金属切削知识	1
任务一 切削运动和切削用量	1
任务二 刀具几何角度	3
任务三 金属切削过程	8
任务四 刀具几何参数的合理选择	18
任务五 切削用量的合理选择	21
任务六 刀具材料	24
任务七 刀具的种类及选用	30
项目二 工件定位与夹紧	52
任务一 机床夹具概述	52
任务二 工件定位方法及定位元件	56
任务三 定位装置设计实例	68
任务四 夹紧机构原理	70
任务五 基本夹紧机构	74
任务六 联动夹紧机构	80
任务七 夹紧机构设计实例	81
任务八 夹具体	83
任务九 各类机床夹具设计要点	84
任务十 专用夹具的设计方法	98
项目三 机械加工工艺规程	104
任务一 机械加工概述	104
任务二 零件的工艺分析	111
任务三 毛坯的选择	113
任务四 定位基准的选择	114
任务五 工艺路线的拟定	119
任务六 加工余量的确定	124
任务七 工序尺寸的确定	126
任务八 机床与工艺装备的确定	132
任务九 机械加工的生产率	134
项目四 机械加工质量分析	137
任务一 机械加工精度	137
任务二 机械加工表面质量	150

项目五 典型零件加工工艺	157
任务一 轴类零件加工	157
任务二 箱体类零件加工	173
任务三 套筒类零件加工	186
任务四 圆柱齿轮加工	191
项目六 机械装配工艺	207
任务一 机械装配概述	207
任务二 装配方法及其选择	212
任务三 装配工艺规程的制订	219
项目七 成组技术与 CAPP	222
任务一 成组技术原理	222
任务二 零件分类编码系统	224
任务三 零件分类成组方法	226
任务四 成组生产的组织形式	230
任务五 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)	232
参考文献	235

项目一

金属切削知识

知识要点：金属切削过程基本规律、刀具几何参数、刀具材料、刀具设计与使用。

金属切削加工是指利用刀具切除被加工零件多余材料，从而获得合格零件的加工方法。这是机械制造业中最基本的加工方法。

任务一 切削运动和切削用量

1.1.1 切削运动

在金属切削加工时，为了切除工件上多余的材料，形成工件要求的合格表面，刀具和工件间须完成一定的相对运动，即切削运动。切削运动按其所起的作用不同，可分为主运动和进给运动，如图 1-1 所示。

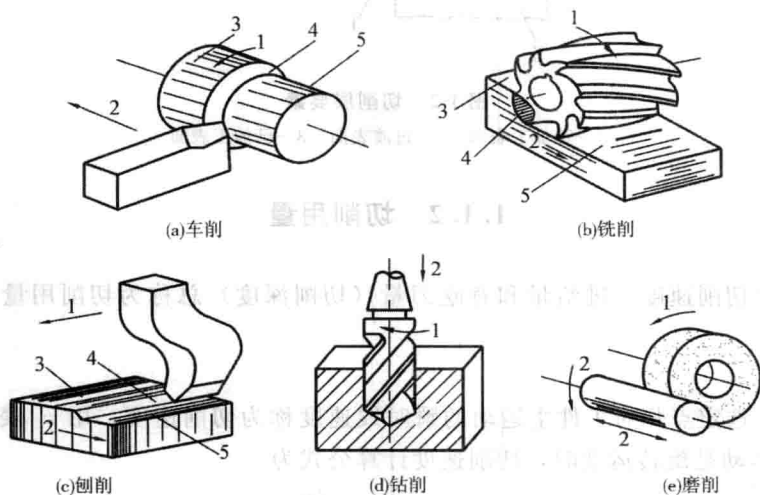


图 1-1 主运动和进给运动

1—主运动 2—进给运动 3—待加工表面 4—加工表面 5—已加工表面

1. 主运动

在切削加工中起主要的、消耗动力最多的运动为主运动。它是切除工件上多余金属层所必须的运动。车削时主运动是工件的旋转运动；铣削和钻削时主运动是刀具的旋转运动；磨削时主运动是磨轮的旋转运动；刨削时主运动是刀具（牛头刨）或工件（龙门刨床）的往复直线运动等。一般切削加工中主运动只有一个。

2. 进给运动

在切削加工中为使金属层不断投入切削,保持切削连续进行,而附加的刀具与工件之间的相对运动称为进给运动。进给运动可以是一个或多个。车削时进给运动是刀具的移动;铣削时进给运动是工件的移动;钻削时进给运动是钻头沿其轴线方向的移动;内、外圆磨削时进给运动是工件的旋转运动和移动等。

3. 切削层

切削层是指切削时刀具切过工件一个单程所切除的工件材料层。如图 1-2 所示,在加工外圆时,工件旋转一周,刀具从位置 I 移到位置 II,切下 I 与 II 之间的工件材料层。图中 ABCD 称为切削层公称横截面积。

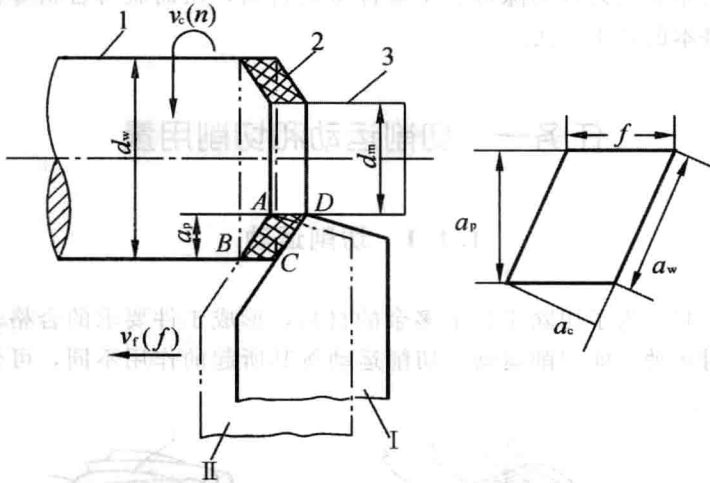


图 1-2 切削层要素

1—待加工表面 2—过渡表面 3—已加工表面

1.1.2 切削用量

在切削加工中切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)总称为切削用量。它表示主运动和进给运动量。

1. 切削速度

刀具切削刃上选定点相对工件主运动的瞬时线速度称为切削速度,用 v_c 表示,单位为 m/s 或 m/min。当主运动是旋转运动时,切削速度计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{d n}{318} \quad (1-1)$$

式中 d ——工件加工表面或刀具选定点的旋转直径, mm;

n ——主运动的转速, r/s 或 r/min。

2. 进给量

工件或刀具每转一周,刀具在进给方向上相对工件的位移量,称为每转进给量,简称进给量,用 f 表示,单位为 mm/r。

单位时间内刀具在进给运动方向上相对工件的位移量,称为进给速度,用 v_f 表示,单位为

mm/s 或 m/min。

当主运动为旋转运动时, 进给量 f 与进给速度 v_f 之间的关系为

$$v_f = fn \quad (1-2)$$

当主运动是往复直线运动时, 进给量为每往复一次的进给量。

3. 背吃刀量 (切削深度)

工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离, 称为背吃刀量, 用 a_p 表示, 单位为 mm。

车外圆时背吃刀量 a_p 为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-3)$$

式中 d_m ——已加工表面直径, mm;

d_w ——待加工表面直径, mm。

4. 合成切削速度

主运动与进给运动合成的运动称为合成切削运动。切削刃选定点相对工件合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度, 如图 1-3 所示。可用向量表示为

$$v_c = v_c + v_f \quad (1-4)$$

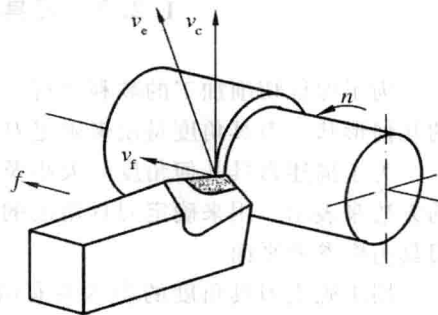


图 1-3 车外圆时的合成切削运动

任务二 刀具几何角度

任何刀具都由刀头和刀柄两部分构成。刀头用于切削, 刀柄用于装夹。虽然用于切削加工的刀具种类繁多, 但刀具切削部分的组成却有共同点。车刀的切削部分可看作是各种刀具切削部分最基本的形态, 如图 1-4 所示。

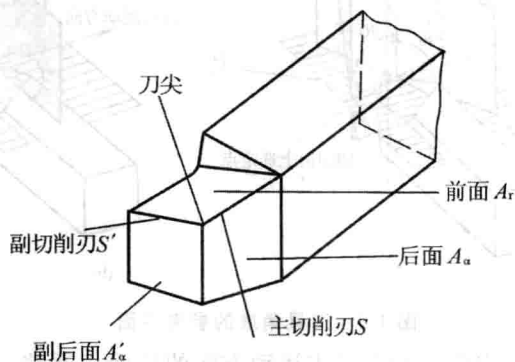


图 1-4 车刀切削部分的结构

1.2.1 刀具切削部分的构成要素

刀具切削部分主要由刀面和切削刃两部分构成。刀面用字母 A 与下角标组成的符号标记, 切削刃用字母 S 标记, 副切削刃及相关的刀面标记在右上角加一撇以示区别。

①前面 (前刀面) A_r 刀具上切屑流出的表面。

②后面（后刀面） A_0 刀具上与工件新形成的过渡表面相对的刀面。

③副后面（副后刀面） A_0' 刀具上与工件已加工表面相对的刀面。

④主切削刃 S 前面与后面形成的交线，在切削中承担主要的切削任务。

⑤副切削刃 S' 前面与副后面形成的交线，它参与部分的切削任务。

⑥刀尖 主切削刃与副切削刃汇交的交点或一小段切削刃。

1.2.2 刀具角度参考平面与刀具角度参考系

为了保证切削加工的顺利进行，获得合格的加工表面，所用刀具的切削部分必须具有合理的几何形状。刀具角度是用来确定刀具切削部分几何形状的重要参数。

为了描述刀具几何角度的大小及其空间的相对位置，可以利用正投影原理，采用多面投影的方法来表示。用来确定刀具角度的投影体系，称为刀具角度参考系，参考系中的投影面称为刀具角度参考平面。

用来确定刀具角度的参考系有两类：一类为刀具角度静止参考系，它是刀具设计时标注、刃磨和测量的基准，用此定义的刀具角度称为刀具标注角度；另一类为刀具角度工作参考系，它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的工作角度。

1. 刀具角度参考平面

用于构成刀具角度的参考平面主要有基面、切削平面、正交平面、法平面、假定工作平面和背平面，如图 1-5 所示。

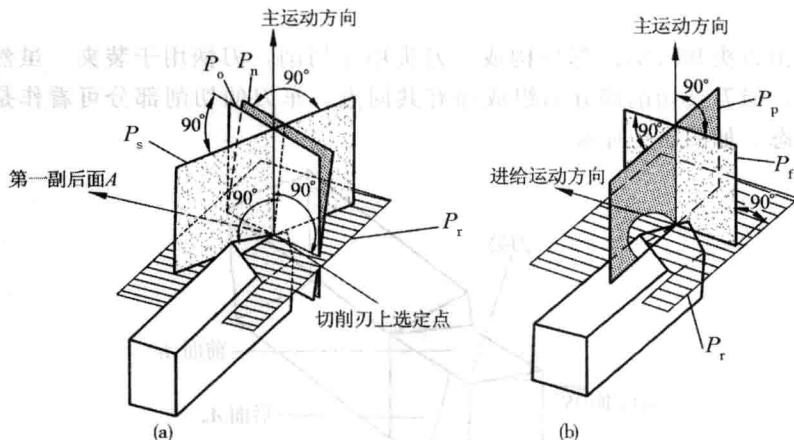


图 1-5 刀具角度的参考平面

①基面 P_r 过切削刃选定点，垂直于主运动方向的平面。通常，它平行（或垂直）于刀具上的安装面（或轴线）的平面。例如，普通车刀的基面 P_r ，可理解为平行于刀具的底面。

②切削平面 P_s 过切削刃选定点，与切削刃相切，并垂直于基面 P_r 的平面。它也是切削刃与切削速度方向构成的平面。

③正交平面 P_n 过切削刃选定点，同时垂直于基面 P_r 与切削平面 P_s 的平面。

④法平面 P_o 过切削刃选定点，并垂直于切削刃的平面。

⑤假定工作平面 P_t 过切削刃选定点，平行于假定进给运动方向，并垂直于基面 P_r 的平面。

⑥背平面 P_p 过切削刃选定点,同时垂直于假定工作平面 P_f 与基面 P_r 的平面。

2. 刀具角度参考系

刀具标注角度的参考系主要有三种,即正交平面参考系、法平面参考系和假定工作平面参考系。

(1) 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 构成的空间三面投影体系称为正交平面参考系。由于该参考系中三个投影面均相互垂直,符合空间三维平面直角坐标系的条件,所以,该参考系是刀具标注角度最常用的参考系。

(2) 法平面参考系

由基面 P_r 、切削平面 P_s 和法平面 P_n 构成的空间三面投影体系称为法平面参考系。

(3) 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 构成的空间三面投影体系称为假定工作平面参考系。

1.2.3 刀具的标注角度

描述刀具的几何形状除必要的尺寸外,主要使用的是刀具角度。刀具标注角度主要有四种类型,即前角、后角、偏角和倾角。

1. 正交平面参考系中的刀具标注角度

如图 1-6 所示,在正交平面参考系中,刀具标注角度分别标注在构成参考系的三个切削平面上。

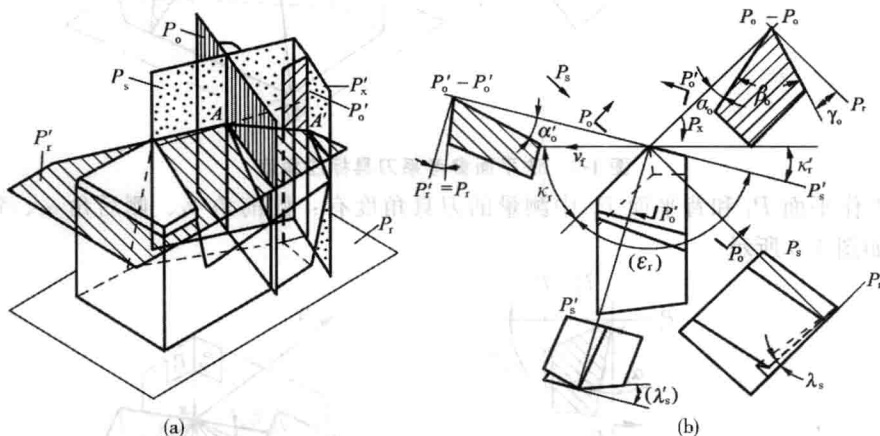


图 1-6 正交平面参考系刀具标注角度

在基面 P_r 上刀具标注角度有:

主偏角 k_r ——主切削平面 P_s 与假定工作平面 P_f 间的夹角;

副偏角 k_r' ——副切削平面 P_s' 与假定工作平面 P_f 间的夹角。

在切削平面 P_s 上刀具标注角度有:

刃倾角 λ_s ——主切削刃 S 与基面 P_r 间的夹角。刃倾角 λ_s 有正负之分,当刀尖处于切削刃最高点时为正,反之为负。

在正平面 P_o 上刀具标注角度有:

前角 γ_o ——前面 A_r 与基面 P_r 间的夹角。前角 γ_o 有正负之分, 当前面 A_r 与切削平面 P_s 间的夹角小于 90° 时, 取正号; 大于 90° 时, 则取负号;

后角 α_o ——后面 A_a 与切削平面 P_s 间的夹角。

以上五个角度 κ_r 、 κ_r' 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 为车刀的基本标注角度。在此, κ_r 、 λ_s 确定了主切削刃 S 的空间位置, κ_r' 、 λ_s' 确定了副切削刃 S' 的空间位置; γ_o 、 α_o 则确定了前面 A_r 和后面 A_a 的空间位置, γ_o' 、 α_o' 则确定了副前面 A_r' 和副后面 A_a' 的空间位置。

此外, 还有以下派生角度:

刀尖角 ϵ_r ——在基面 P_r 内测量的主切削平面 P_s 与副切削平面 $P_{s'}$ 间的夹角, $\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_r')$;

余偏角 ϕ_r ——在基面 P_r 内测量的主切削平面 P_s 与背平面 P_p 间的夹角, $\phi_r = 90^\circ - \kappa_r$;

楔角 β_o ——在正平面 P_o 内测量的前面 A_r 与后面 A_a 间的夹角, $\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$ 。

2. 其他参考系刀具标注角度

在法平面 P_n 内测量的前、后角称为法前角和法后角, 如图 1-7 所示。

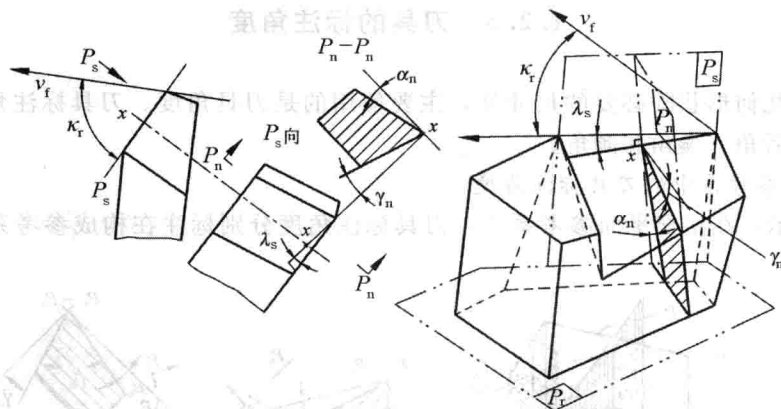


图 1-7 法平面参考系刀具标注角度

在假定工作平面 P_f 和背平面 P_p 中测量的刀具角度有: 侧前角 γ_f 、侧后角 α_f 、背前角 γ_p 和背后角 α_p 。如图 1-8 所示。

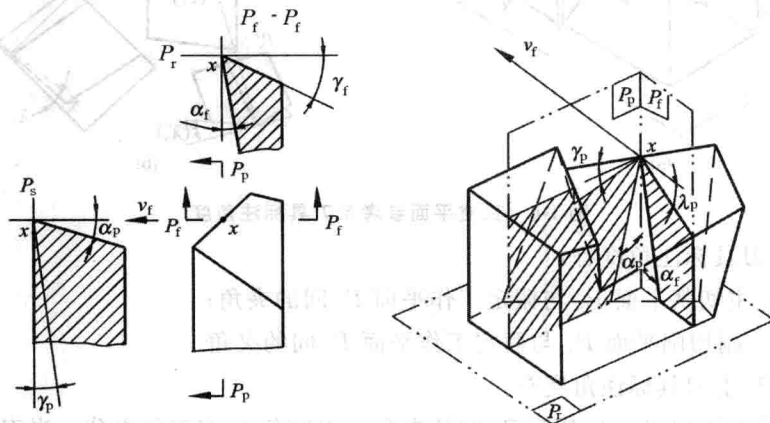


图 1-8 假定工作平面参考系刀具标注角度

上述各参考系平面及角度的定义归纳在表 1-1 中。

表 1-1 刀具各参考系与刀具角度定义

刀具组成		标注参考系			刀具角度定义				
切削刃	相关刀面	代号	组成平面	特征	符号	名称	构成平面	测量平面	
S	A_r A_a	P_o	P_r	$\perp v_c$	γ_o	前角	A_r, P_r	P_o	
			P_s	$\perp P_r$, 与 S 相切	α_o	后角	A_a, P_s		
					κ_r	主偏角	P_s, P_f	P_r	
			P_o	$\perp P_r, \perp P_s$	λ_s	刃倾角	A_r, P_r	P_s	
		P_n	P_r	$\perp v_c$	γ_n	法前角	A_r, P_r	P_n	
			P_s	$\perp P_r$, 与 S 相切	α_n	法后角	A_a, P_s		
					κ_r	主偏角	同 P_o 系		
			P_n	$\perp S$	λ_s	刃倾角			
		P_f	P_r	$\perp v_c$	γ_f	侧前角	A_r, P_r	P_f	
			P_f	$//v_f, \perp P_r$	γ_p	背前角		P_p	
					α_f	侧后角	A_a, P_s	P_f	
			P_p	$\perp P_r, \perp P_f$	α_p	背后角		P_p	

1.2.4 刀具工作角度

上述刀具角度是在忽略进给运动条件及刀具安装误差等因素影响情况下给出的。实际上，刀具在使用中，应考虑合成运动和实际安装情况。按照刀具工作的实际情况，所确定的刀具角度参考系称刀具工作角度参考系，在刀具工作角度参考系中标注的刀具角度称刀具工作角度。

通常进给运动在合成切削运动中起的作用很小，在一般安装条件下，可用标注角度代替工作角度。只有在进给运动和刀具安装对工作角度产生较大影响时，才需计算工作角度。

1. 进给运动对刀具工作角度的影响（横车时）

切断刀切断工件时的情况如图 1-9 所示。

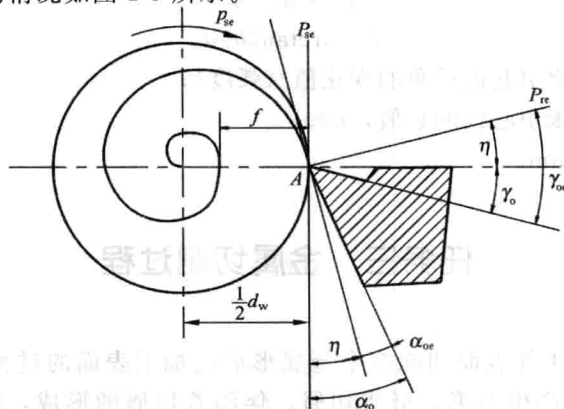


图 1-9 横向进给运动对刀具工作角度的影响

当考虑进给运动时，切削刃上 A 点的运动轨迹是一条阿基米德螺旋线，实际切削平面 P_{sc} 为过 A 点且切于螺旋线的平面，实际基面 P_{re} 为过 A 点与 P_{sc} 垂直的平面，在实际测量平面内的前、后角分别称为工作前角 γ_{oe} 和工作后角 α_{oe} ，其大小为

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \quad (1-5)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta \quad (1-6)$$

$$\eta = \arctan \frac{f}{\pi d_w} \quad (1-7)$$

式中 η ——合成切削速度角，是主运动方向与合成切削速度方向的夹角；

f ——刀具相对工件的横向进给量，mm/r；

d_w ——切削刃上选定点 A 处的工件直径，mm。

不难看出，切削刃越接近工件中心， d_w 值越小， η 值越大， γ_{oe} 越大，而 α_{oe} 越小，甚至变为零或负值，对刀具的工作越不利。

2. 刀尖位置高低对工作角度的影响

安装时，刀尖不一定在机床中心高度上。如刀尖高于机床中心高度，如图 1-10 所示。

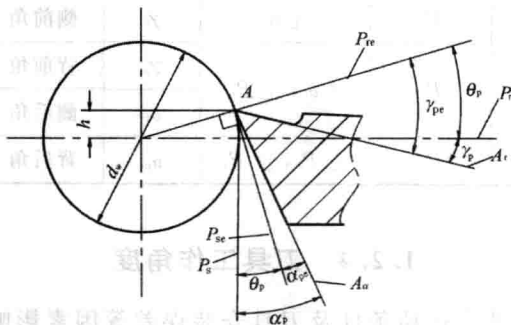


图 1-10 刀尖位置高时的刀具工作角度

此时选定点 A 的基面和切削平面已变为过 A 点的径向平面 P_{re} 和与之垂直的切平面 P_{sc} ，其工作前角和后角分别为 γ_{pe} 、 α_{pe} 。可见刀具工作前角 γ_{pe} 比标注前角 γ_p 增大了，工作后角 α_{pe} 比标注后角 α_p 减小了。其关系为

$$\gamma_{pe} = \gamma_p + \theta_p \quad (1-8)$$

$$\alpha_{pe} = \alpha_p - \theta_p \quad (1-9)$$

$$\theta_p = \arctan 2h/d_w \quad (1-10)$$

式中 θ_p ——刀尖位置变化引起前后角的变化值（弧度）；

h ——刀尖高于机床中心线的数值，mm；

d_w ——工件直径，mm。

任务三 金属切削过程

金属切削过程是指从工件表面切除多余金属形成已加工表面的过程。在切削过程中，工件受到刀具的推挤，通常会产生变形，形成切屑。伴随着切屑的形成，将产生切削力、切削热、刀具磨损、积屑瘤和加工硬化等现象，这些现象将影响到工件的加工质量和生产效率等，因此

有必要对其变形过程加以研究,找到其规律,以便提高加工质量和生产效率。

1.3.1 切削变形

1. 切屑的形成过程

切屑是被切材料受到刀具前刀面的推挤,沿着某一斜面剪切滑移形成的,如图 1-11 所示。

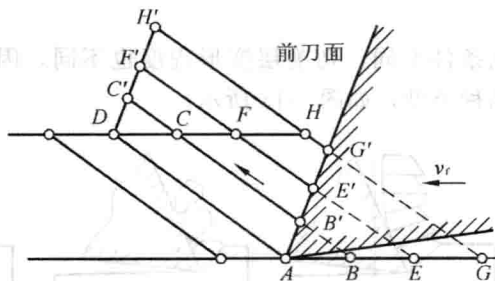


图 1-11 切削过程示意图

图中未变形的切削层 $AGHD$ 可看成是由许多个平行四边形组成的,如 $ABCD$ 、 $BEFC$ 、 $EGHF$ ……当这些平行四边形扁块受到前刀面的推挤时,便沿着 BC 方向向斜上方滑移,形成另一些扁块,即 $ABCD \rightarrow AB'C'D'$ 、 $BEFC \rightarrow BE'F'C'$ 、 $EGHF \rightarrow EG'H'F'$ ……由此可以看出,切削层不是由刀具切削刃削下来的或劈开来的,而是靠前刀面的推挤,滑移而成的。

2. 切削过程变形区的划分

切削过程的实际情况要比前述的情况复杂得多。这是因为切削层金属受到刀具前刀面的推挤产生剪切滑移变形后,还要继续沿着前刀面流出变成切屑。在这个过程中,切削层金属要产生一系列变形,通常将其划分为三个变形区,如图 1-12 所示。

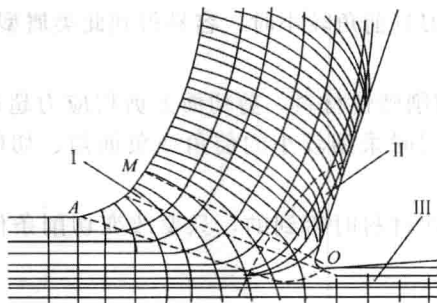


图 1-12 剪切滑移线与三个变形区示意图

图中 I (AOM) 为第一变形区。在第一变形区内,当刀具和工件开始接触时,材料内部产生应力和弹性变形,随着切削刃和前刀面对工件材料的挤压作用加强,工件材料内部的应力和变形逐渐增大,当切应力达到材料的屈服强度时,材料将沿着与走刀方向成 45° 的剪切面滑移,即产生塑性变形,切应力随着滑移量增加而增加,当切应力超过材料的强度极限时,切削层金属便与材料基体分离,从而形成切屑沿前刀面流出。由此可以看出,第一变形区变形的主要特征是沿滑移面的剪切变形,以及随之产生的加工硬化。

实验证明,在一般切削速度下,第一变形区的宽度仅为 $0.02 \sim 0.2\text{mm}$,切削速度越高,其宽度越小,故可看成一个平面,称剪切面。这种单一的剪切面切削模型虽不能完全反映塑性变

形的本质,但简单实用,因而在切削理论研究和实践中应用较广。

图中Ⅱ为第二变形区。切屑底层(与前刀面接触层)在沿前刀面流动过程中受到前刀面的进一步挤压与摩擦,使靠近前刀面处金属纤维化,即产生了第二次变形,变形方向基本上与前刀面平行。

图中Ⅲ为第三变形区。此变形区位于后刀面与已加工表面之间,切削刃钝圆部分及后刀面对已加工表面进行挤压,使已加工表面产生变形,造成纤维化和加工硬化。

3. 切屑类型及控制

由于工件材料性质和切削条件不同,切削层变形程度也不同,因而产生的切屑形态也多种多样。归纳起来主要有以下四种类型,如图 1-13 所示。

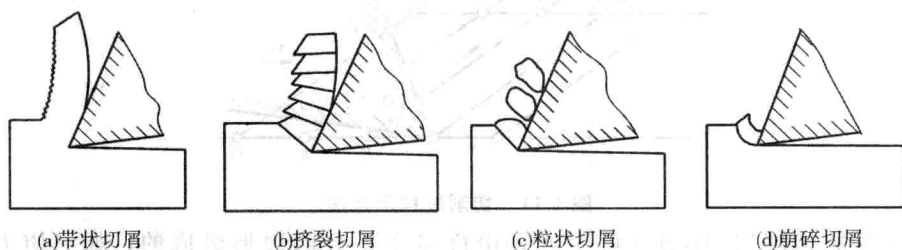


图 1-13 切屑类型

(1) 带状切削

如图 1-13 (a) 所示,切屑延续成较长的带状,这是一种最常见的切屑形状。一般情况下,当加工塑性材料,切削厚度较小,切削速度较高,刀具前角较大时,往往会得到此类屑型。此类屑型底层表面光滑,上层表面毛茸;切削过程较平稳,已加工表面粗糙度值较小。

(2) 挤裂(节状)切屑

如图 1-13 (b) 所示,切屑底层表面有裂纹,上层表面呈锯齿形。大多在加工塑性材料,切削速度较低,切削厚度较大,刀具前角较小时,容易得到此类屑型。

(3) 粒状切屑

如图 1-13 (c) 所示,当切削塑性材料,剪切面上剪切应力超过工件材料破裂强度时,挤裂切屑便被切离成粒状切屑。切削时采用较小的前角或负前角、切削速度较低、进给量较大,易产生此类屑型。

以上三种切屑均是切削塑性材料时得到的,只要改变切削条件,三种切屑形态是可以相互转化的。

(4) 崩碎切屑

如图 1-13 (d) 所示,在加工铸铁等脆性材料时,由于材料抗拉强度较低,刀具切入后,切削层金属只经受较小的塑性变形就被挤裂,或在拉应力状态下脆断,形成不规则的碎块状切屑。工件材料越脆、切削厚度越大、刀具前角越小,越容易产生这种切屑。

实践表明,形成带状切屑时产生的切削力较小、较稳定,加工表面的粗糙度值较小;形成节状、粒状切屑时的切削力变化较大,加工表面的粗糙度值增大;在崩碎切屑时产生的切削力虽然较小,但具有较大的冲击振动,切屑在加工表面上不规则崩落,加工后表面较粗糙。

4. 前刀面上的摩擦与积屑瘤现象

(1) 前刀面上的摩擦特性

切屑从工件上分离流出时与前刀面接触产生摩擦,接触长度 l_f 如图 1-14 所示。在近切削刃

长度 l_{f1} 内, 由于摩擦与挤压作用产生高温和高压, 使切屑底面与前面的接触面之间形成粘结, 亦称冷焊, 粘结区或冷焊区内的摩擦属于内摩擦, 是前刀面摩擦的主要区域。在内摩擦区外的长度 l_{f2} 内的摩擦为外摩擦。

内摩擦力使粘结材料较软的一方产生剪切滑移, 使得切屑底层很薄的一层金属晶粒出现拉长的现象。由于摩擦对切削变形、刀具寿命和加工表面质量有很大影响, 因此, 在生产中常采用减小切削力、缩短刀—屑接触长度、降低加工材料屈服强度、选用摩擦系数小的刀具材料、提到刀面刃磨质量和浇注切削液等方法, 来减小摩擦。

(2) 积屑瘤现象

在切削塑性材料时, 如果前刀面上的摩擦系数较大, 切削速度不高又能形成带状切屑的情况下, 常常会在切削刃上粘附一个硬度很高的鼻型或楔型硬块, 称为积屑瘤。如图 1-15 所示, 积屑瘤包围着刃口, 将前刀面与切屑隔开, 其硬度是工件材料的 2~3 倍, 可以代替刀刃进行切削, 起到增大刀具前角和保护切削刃的作用。

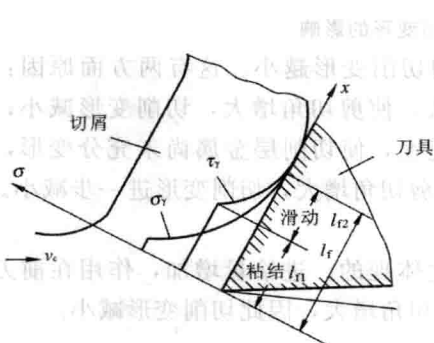


图 1-14 刀—屑接触面上的摩擦特性

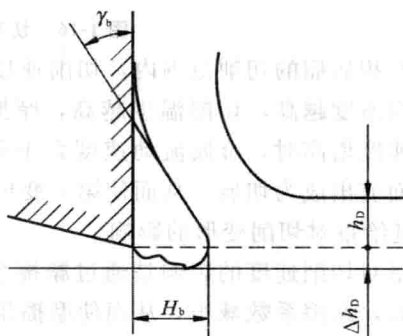


图 1-15 积屑瘤

积屑瘤的成因, 目前尚有不同的解释, 通常认为是切屑底层金属在高温、高压作用下在刀具前表面上粘结并不断层积的结果。当积屑瘤层积到足够大时, 受摩擦力的作用会产生脱落, 因此, 积屑瘤的产生与大小是周期性变化的。积屑瘤的周期性变化对工件的尺寸精度和表面质量影响较大, 所以, 在精加工时应避免积屑瘤的产生。

通过切削实验和生产实践表明, 在中温情况下切削中碳钢, 温度在 300~380℃ 时, 积屑瘤的高度最大, 温度在 500~600℃ 时积屑瘤消失。

5. 影响切削变形的因素

影响切削变形的因素很多, 但归纳起来主要有四个方面, 即工件材料、刀具前角、切削速度和进给量。

(1) 工件材料对切削变形的影响

工件材料的强度和硬度越高, 则摩擦系数越小, 变形越小。因为材料的强度和硬度增大时, 前刀面上的法向应力增大, 摩擦系数减小, 使剪切角增大, 变形减小。

(2) 刀具前角对切削变形的影响

刀具前角越大, 切削刃越锋利, 前刀面对切削层的挤压作用越小, 则切削变形越小。

(3) 切削速度对切削变形的影响

在切削塑性材料时, 切削速度对切削变形的影响比较复杂, 如图 1-16 所示。在有积屑瘤的切削范围内 ($v_c \leq 400 \text{ m/min}$), 切削速度通过积屑瘤来影响切屑变形。在积屑瘤增长阶段, 切削