



高职高专“十二五”规划教材

机械制造技术基础

JIXIE ZHIZAO JISHU JICHU

赵显日 吴永国 主 编
王 伟 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



高职高专“十二五”规划教材

机械制造技术基础

JIXIE ZHIZAO JISHU JICHU

主 编 赵显日 吴永国
副主编 王 伟
编 写 张晓光 顾兰智
主 审 武海滨



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以培养生产第一线技术应用型人才为根本任务,注重学生工程实践能力的培养。主要内容有金属切削基础、金属切削基本规律及其应用、金属切削加工方法、机械加工工艺规程的制订、机床夹具设计、机械加工质量及其控制、机械装配工艺基础、先进制造技术等。

本书可作为高等职业院校的机电一体化、机械制造与自动化、数控技术、模具设计与制造等专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础 / 赵显日, 吴永国主编. —北京: 中国电力出版社, 2014.7
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5123-5812-6

I. ①机… II. ①赵… ②吴… III. ①机械制造工艺—高等教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 083144 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 7 月第一版 2014 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 257 千字

定价 22.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

任何现代产业和工程领域都离不开机械,作为促进国民经济发展最具活力的重要领域,机械制造技术起到至关重要的作用。

针对机械制造课程的实践性、综合性和灵活性强的特点,本书遵循少而精、理论知识必须够用为度的原则,强调面向生产实际、知识与技能有机结合,并总结作者多年教学经验编写而成。

全书共分八章,内容包括金属切削基础、金属切削基本规律及其应用、金属切削加工方法、机械加工工艺规程的制订、机床夹具设计、机械加工质量及其控制、机械装配工艺基础、先进制造技术等。本书内容简明扼要,概念清晰,重点突出,深入浅出,书中配有大量插图,方便学生对教材内容的理解。

机械制造是一门理论与生产实践紧密结合的课程,教学中要合理地安排机械加工实习,注重理论联系实际,提高学生动手能力,通过灵活采用理论教学、现场教学及自学讨论等教学方式,提高学生分析和解决生产实际问题的能力。

本书第一、二、七章由赵显日编写,第三章由张晓光编写,第四章由王伟编写,第五、六章由吴永国编写,第八章由顾兰智编写。赵显日负责全书的统稿。武海滨教授担任主审并提出宝贵建议和意见。

在本书编写过程中,作者参阅了相关文献资料,谨向原作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2014年2月

目 录

前言

第一章 金属切削基础	1
【知识目标】	1
【能力目标】	1
第一节 金属切削基本概念	1
第二节 金属切削刀具的几何参数	3
综合训练	7
第二章 金属切削基本规律及其应用	8
【知识目标】	8
【能力目标】	8
第一节 金属切削过程中的变形	8
第二节 切削力	11
第三节 切削热与切削温度	13
第四节 刀具磨损与刀具耐用度	15
第五节 刀具几何参数的选择	17
第六节 刀具材料的选择	21
第七节 切削用量的选择	24
第八节 切削液的选择	26
第九节 工件材料的切削加工性	27
综合训练	28
第三章 金属切削加工方法	29
【知识目标】	29
【能力目标】	29
第一节 金属切削机床的基本知识	29
第二节 车削加工	33
第三节 铣削加工	43
第四节 定尺寸孔加工	50
第五节 镗削加工	54
第六节 刨削加工	56
第七节 磨削加工	58
第八节 齿轮加工	61
第九节 数控加工	63
综合训练	65

第四章 机械加工工艺规程的制订	67
【知识目标】	67
【能力目标】	67
第一节 生产过程概述	67
第二节 制订机械加工工艺文件	70
第三节 零件加工工艺分析与毛坯选择	73
第四节 工件定位的基本原理	76
第五节 机械加工工艺路线的拟订	81
第六节 加工余量的确定	86
第七节 工序尺寸及其公差的确 定	88
第八节 数控加工工艺路线设计	94
第九节 工艺方案的技术经济分析及提高生产率的工艺途径	100
综合训练	102
第五章 机床夹具设计	105
【知识目标】	105
【能力目标】	105
第一节 机床夹具概述	105
第二节 工件在夹具中的定位	107
第三节 定位误差的分析与计算	114
第四节 工件的夹紧	120
第五节 夹具设计的方法与步骤	127
综合训练	130
第六章 机械加工质量及其控制	131
【知识目标】	131
【能力目标】	131
第一节 加工精度	131
第二节 表面质量	137
综合训练	141
第七章 机械装配工艺基础	143
【知识目标】	143
【能力目标】	143
第一节 机械装配概述	143
第二节 装配尺寸链	145
第三节 保证产品装配精度的方法	147
第四节 装配工艺规程的制订	153
综合训练	155
第八章 先进制造技术	156
【知识目标】	156
【能力目标】	156

第一节 快速成形技术	156
第二节 CAD/CAM 技术	158
第三节 柔性制造系统与计算机集成制造系统	160
综合训练	163
参考文献	164

第一章 金属切削基础

【知识目标】

- (1) 掌握切削运动、加工表面、切削用量、切削速度、切削层参数等基本概念。
- (2) 掌握刀具的组成、刀具的参考平面、刀具的标注角度。
- (3) 掌握刀具设计角度与工作角度的关系。

【能力目标】

- (1) 会分析金属切削运动及加工表面。
- (2) 以车刀为例，能正确判断刀具的几何角度。

第一节 金属切削基本概念

金属切削加工是利用刀具与工件之间的相对运动，从工件上切除多余金属，从而获得尺寸精度、形状精度、位置精度以及表面粗糙度都满足技术要求的零件的机械加工方法。

一、切削运动

金属切削加工中刀具与工件之间的相对运动，称为切削运动。切削运动包含主运动、进给运动及合成切削运动。

1. 主运动

切除工件上多余金属时所需要的最基本的运动称为主运动。主运动速度最快，消耗功率最大。如车削时工件的旋转运动，钻削、铣削时刀具的旋转运动，刨削时工件或刀具的往复直线运动等都是主运动。在切削加工中，主运动有且只有一个。

2. 进给运动

配合主运动，把被切削金属层连续或间断地投入切削，以切出整个工件表面所需要的运动称为进给运动。如车削时车刀的纵向或横向移动、刨削时工件或刀具的横向移动等。在切削加工中，进给运动可以有一个或几个。

3. 合成切削运动

由同时进行的主运动和进给运动所合成的运动，称为合成切削运动。其速度等于主运动与进给运动速度的矢量和，如图 1-1 所示。

二、加工表面

在金属切削过程中，工件上存在着三个变化的表面，如图 1-1 所示。

- (1) 待加工表面。工件上即将被切除的表面。
- (2) 已加工表面。工件上多余金属被切除后形成的新表面。

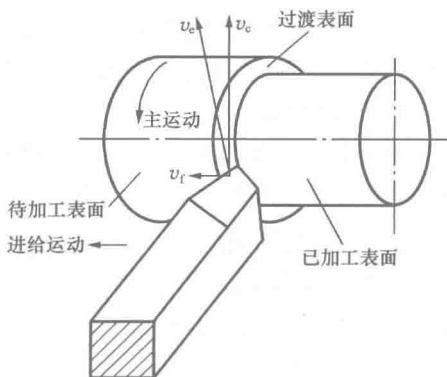


图 1-1 切削运动与加工表面

(3) 过渡表面。工件上切削刃正在切削的表面,它是待加工表面与已加工表面相连接的表面。

三、切削用量

切削用量是切削时各运动参数的总称,包括切削速度、进给量和背吃刀量。

1. 切削速度 v_c

切削速度 v_c 是切削刃上选定点相对于工件在主运动方向上的瞬时速度,单位为 m/min 或 m/s。当主运动是旋转运动时,切削速度计算公式为

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

式中 d_w ——切削刃上选定点的回转直径, mm;

n ——工件主运动的转速, r/min 或 r/s。

切削刃上各点的切削速度一般不同,计算时应以最大的切削速度为准。如车削时以待加工表面直径计算,因为此时刀具的切削速度和磨损最快。

2. 进给量 f

进给量 f 是工件或刀具的主运动每旋转一周或往复一次,两者在进给运动方向上的相对位移量,单位为 mm/r 或 mm/行程。

进给速度 v_f 是切削刃上选定点相对于工件的进给运动速度,单位为 mm/s。

进给速度、进给量与主轴转速的关系为

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

3. 背吃刀量 a_p

背吃刀量 a_p 一般指工件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离。车外圆时背吃刀量为

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

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。

四、切削层参数

切削层是指刀具切削刃沿进给运动方向移动一个进给量所切除的金属层。切削层参数反映了切削层的截面尺寸,规定在刀具基面内度量。切削层参数决定了切屑尺寸的大小、刀具切削部分所承受负荷的大小。它直接影响切削力、刀具磨损、表面质量和生产效率。下面以车外圆为例说明切削层参数的含义,见图 1-2。

1. 切削厚度 h_D

通过切削刃上选定点垂直于过渡表面度量的切削层尺寸称为切削厚度,它反映了切削刃单位长度上工作负荷的大小。车外圆时, $h_D = f \sin \kappa_r$, 其中 κ_r 为刀具主偏角,如图 1-2 (a) 所示。

2. 切削宽度 b_D

沿着过渡表面度量的切削层尺寸称为切削宽度,它反映了主切削刃参加切削的长度。刀具为直线刃时, $b_D = a_p / \sin \kappa_r$; 刀具为曲线刃时,切削刃各点 b_D 不同。

3. 切削面积

切削面积指切削层在基面内的截面面积,即

$$A_D = h_D b_D = f a_p$$

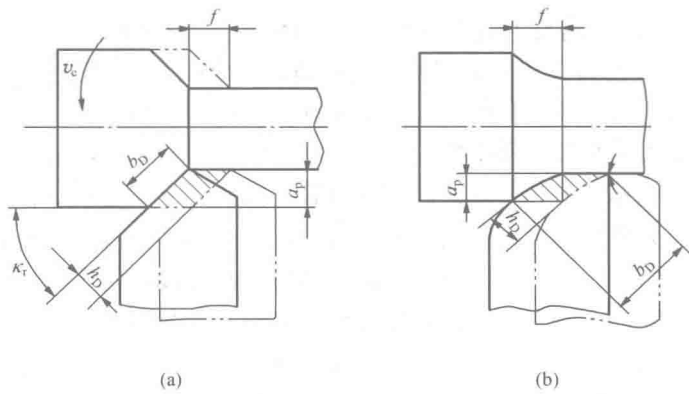


图 1-2 车外圆时切削层参数
(a) 直线刃；(b) 曲线刃

第二节 金属切削刀具的几何参数

金属切削刀具的种类很多，其结构各异，但切削部分却有着共同的特征，见图 1-3。外圆车刀是最基本、最典型的刀具，下面以外圆车刀为例，介绍刀具的几何参数。

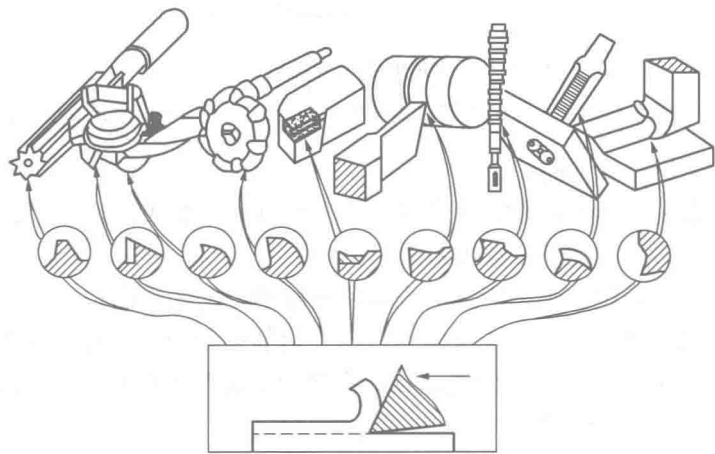


图 1-3 各种刀具切削部分的形状

一、刀具的组成

车刀由刀杆和刀头两部分组成，如图 1-4 所示，其中刀杆用于装夹，刀头用于切削。刀头的切削部分由“三面、两刃、一尖”组成。

- (1) 前刀面 A_f 。刀具上切屑流过的表面。
- (2) 主后刀面 A_α 。刀具上与工件过渡表面相对的刀面。
- (3) 副后刀面 A'_α 。刀具上与工件已加工表面相对的刀面。

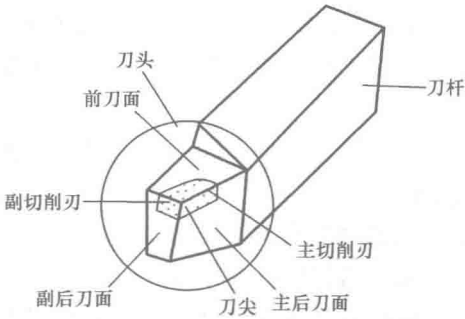


图 1-4 外圆车刀的组成

- (4) 主切削刃 S 。前刀面与主后刀面汇交的边锋, 它承担主要的切削工作。
 (5) 副切削刃 S' 。前刀面与副后刀面汇交的边锋, 它配合主切削刃完成切削工作。
 (6) 刀尖。主切削刃与副切削刃汇交的交点或一小段切削刃。

二、刀具角度参考系及其参考平面

为了确定刀具切削部分各几何要素的空间位置, 需要建立参考系。参考系有两类: 一类是用于设计、制造、刃磨和测量刀具角度的参考系, 称为标注角度参考系, 由此定义的刀具角度称为刀具的标注角度; 另一类是用于确定工作时刀具角度的参考系, 由此定义的刀具角度称为刀具的工作角度。下面介绍刀具的标注角度参考系及其参考平面, 如图 1-5 所示。

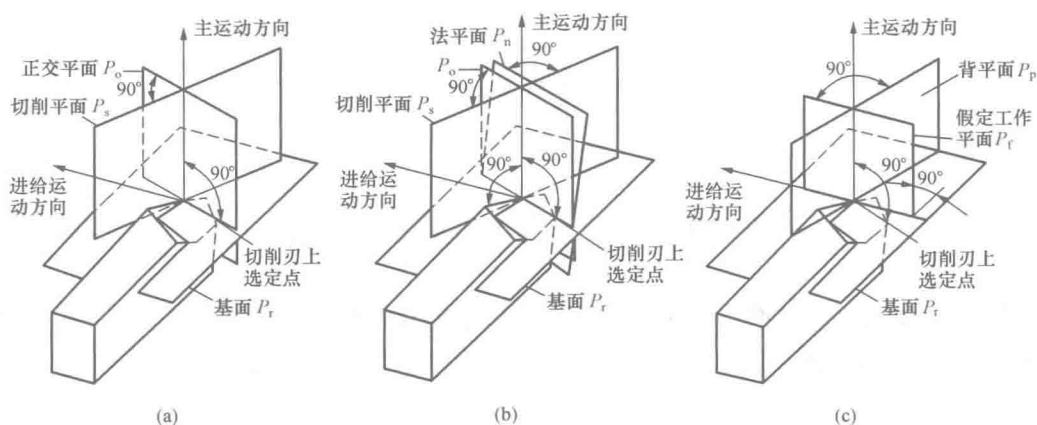


图 1-5 标注角度参考系及其参考平面

(a) 正交平面参考系; (b) 法平面参考系; (c) 假定工作平面、背平面参考系

1. 正交平面参考系 (P_r - P_s - P_o)

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 组成, 如图 1-5 (a) 所示, 它是目前生产中最常用的刀具标注角度参考系。

- (1) 基面 P_r 。通过切削刃上选定点, 垂直于主运动方向的平面。
- (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基面的平面。
- (3) 正交平面 P_o 。通过切削刃上选定点, 垂直于主切削刃在基面上的投影的平面。

2. 法平面参考系 (P_r - P_s - P_n)

法平面参考系由基面 P_r 、切削平面 P_s 和法平面 P_n 组成, 如图 1-5 (b) 所示。

法平面 P_n 是通过切削刃上选定点, 垂直于主切削刃的平面。

3. 假定工作平面、背平面参考系 (P_r - P_f - P_p)

假定工作平面、背平面参考系由基面 P_r 、假定工作平面 P_f 和背平面 P_p 组成, 如图 1-5 (c) 所示。

- (1) 假定工作平面 P_f 。通过切削刃上选定点, 平行于假定进给运动方向并垂直于基面 P_r 的平面。
- (2) 背平面 P_p 。通过切削刃上选定点, 垂直于假定工作平面 P_f 和基面 P_r 的平面。

三、刀具的标注角度

标注刀具几何角度时, 一般采用“一刃四角法”, 即每一切削刃需且仅需四个基本角度, 就能唯一地确定其空间位置。一把刀具可能有多条切削刃, 一般先找出主切削刃, 对主切削

刃标注四个基本角度, 然后再分析其他切削刃。下面以车刀为例, 介绍刀具的标注角度。正交平面参考系及其标注角度如图 1-6 所示。

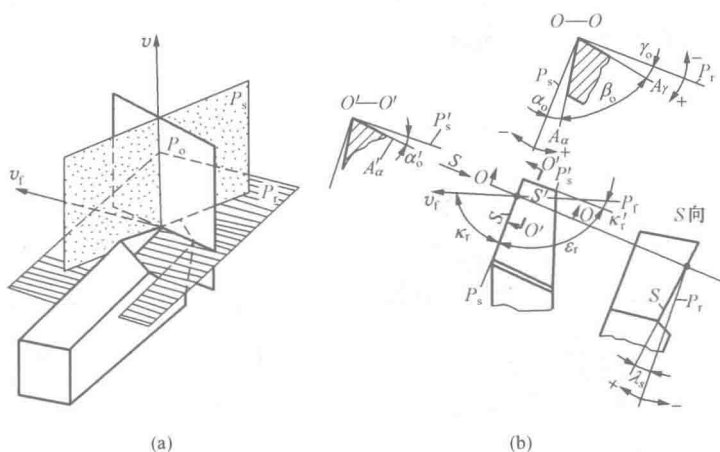


图 1-6 正交平面参考系及其标注角度

(a) 正交平面参考系; (b) 正交平面参考系内的标注角度

1. 正交平面参考系内的标注角度

(1) 前角 γ_o 。在正交平面 P_o 内前刀面 A_γ 与基面 P_r 之间的夹角。前角 γ_o 有正、负之分: 前刀面 A_γ 在基面 P_r 之下为正值; 前刀面 A_γ 在基面 P_r 之上为负值; 前刀面 A_γ 与基面 P_r 重合时为零。

(2) 后角 α_o 。在正交平面 P_o 内后刀面 A_a 与切削平面 P_s 之间的夹角。后角 α_o 也有正、负之分, 但在实际切削中, 后角 α_o 只有正值。

(3) 主偏角 κ_r 。主切削刃在基面 P_r 上的投影与进给运动方向之间的夹角。

(4) 刃倾角 λ_s 。在切削平面 P_s 内主切削刃与基面 P_r 之间的夹角。刃倾角 λ_s 有正、负之分: 当刀尖在主切削刃上最高点时为正值; 当刀尖在主切削刃上最低点时为负值; 当主切削刃在基面内时为零。

(5) 副偏角 κ_r' 。副切削刃在基面 P_r 上的投影与进给运动反方向之间的夹角。

(6) 副后角 α_o' 。在副正交平面 P_o' 内副后刀面 A_a' 与副切削平面 P_s' 之间的夹角。

在图 1-6 中有两个派生角度, 即楔角 β_o 和刀尖角 ϵ_r , 这两个角度在刀具工作图中不必标出, 可以用式 (1-4) 计算, 即

$$\left. \begin{aligned} \beta_o &= 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o) \\ \epsilon_r &= 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_r') \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

2. 法平面参考系内的标注角度

法平面参考系中在基面 P_r 和切削平面 P_s 内标注的角度与在正交平面参考系中相同, 所不同的是采用法平面 P_n 来反映刀具空间位置的角度, 即法前角 γ_n 和法后角 α_n , 如图 1-7 所示。

(1) 法前角 γ_n 。在法平面 P_n 内前刀面 A_γ 与基面 P_r 之间的夹角。

(2) 法后角 α_n 。在法平面 P_n 内后刀面 A_a 与切削平面 P_s 之间的夹角。

3. 假定工作平面、背平面参考系内的标注角度

在假定工作平面、背平面参考系内的标注角度如图 1-8 所示。在基面 P_r 内标注的角度与在正交平面参考系中相同，在假定工作平面内标注的角度有侧前角 γ_f 、侧后角 α_f ，在背平面内标注的角度有背前角 γ_p 、背后角 α_p 。

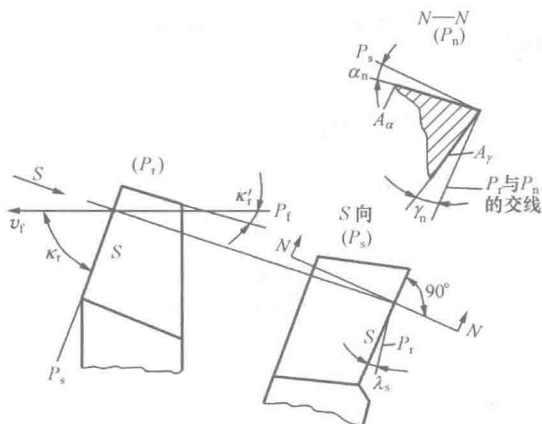


图 1-7 法平面参考系内的标注角度

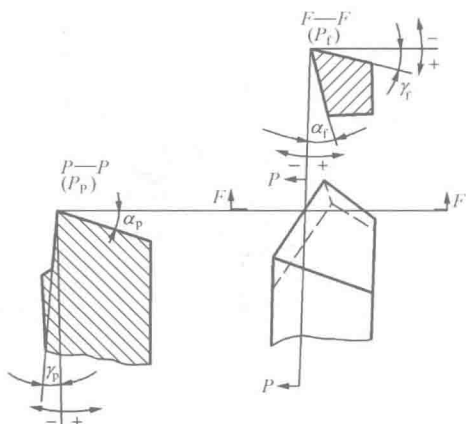


图 1-8 假定工作平面、背平面参考系内的标注角度

四、刀具的工作角度

刀具工作时，由于受到进给运动、刀具安装等因素的影响，使刀具的实际工作角度不等于标注角度。刀具工作角度的度量，应放在工作参考系下讨论，即根据合成切削速度方向确定工作参考平面。

1. 横向进给运动对刀具工作角度的影响

车刀车削端面或切断工件如图 1-9 所示，不考虑进给运动的影响时，按切削速度方向确定的基面为 P_r 、切削平面为 P_s ；当考虑进给运动的影响后，刀具在横向进给时，刀具在工件上的实际运动轨迹是阿基米德螺旋线，此时按合成切削速度方向确定的工作基面为 P_{re} 、工作切削平面为 P_{se} 。刀具的工作前角 γ_{oe} 、工作后角 α_{oe} 分别为

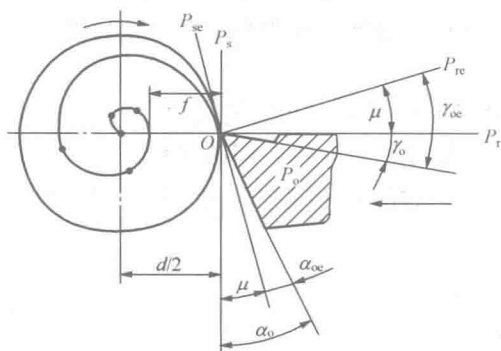


图 1-9 车刀车削端面或切断工件

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{oe} &= \gamma_o + \mu \\ \alpha_{oe} &= \alpha_o - \mu \\ \tan \mu &= \frac{v_f}{v} = \frac{fn}{\pi dn} = \frac{f}{\pi d} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

由式 (1-5) 可知，进给量 f 越大， μ 也越大，说明对于大进给量的切削，不能忽略进给运动对刀具角度的影响。此外，随着刀具横向进给的进行， d 越来越小， μ 值也越来越大，当进给接近中心时，工作后角将变为负值。

2. 刀尖安装高低对刀具工作角度的影响

以车刀车外圆为例，不考虑进给运动，刀尖安装高于或低于工件轴线时，将引起前角和后角的变化，如图 1-10 所示。

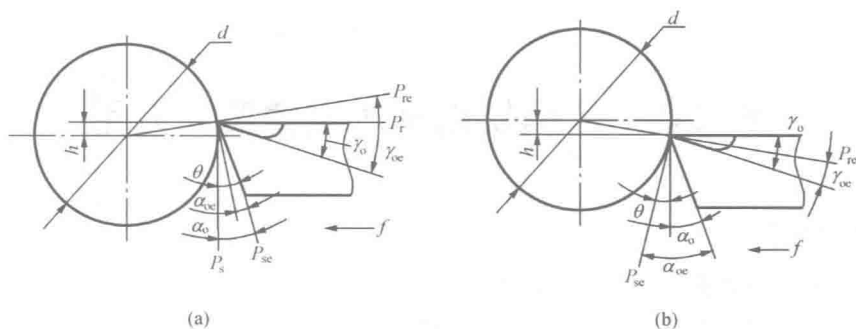


图 1-10 车刀安装高低对刀具工作角度的影响

(a) 刀尖高于工件轴线；(b) 刀尖低于工件轴线

3. 刀杆轴线不垂直于进给运动方向对工作角度的影响

当刀杆轴线与进给运动方向不垂直时，将引起主偏角和副偏角的变化，如图 1-11 所示。

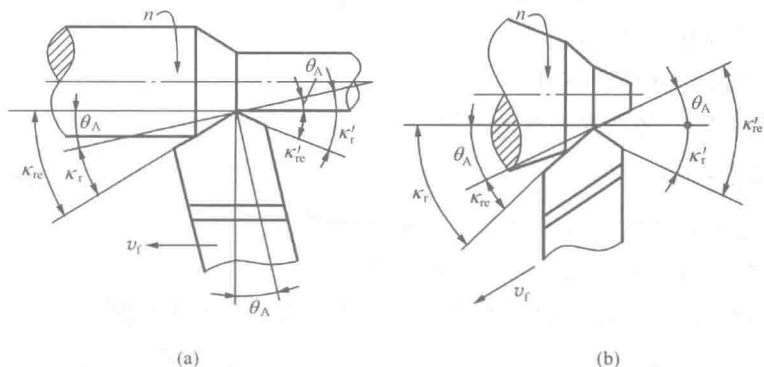


图 1-11 刀杆轴线偏斜对刀具工作角度的影响

(a) 车外圆；(b) 车锥体

综合训练

一、名词解释

1. 金属切削加工。
2. 加工表面。
3. 切削用量三要素。
4. 基面、切削平面、正交平面。
5. 法平面、假定工作平面、背平面。

二、简答题

1. 根据在切削加工过程中所起的作用不同，切削运动可分为哪两种？各有何特点？
2. 以外圆车刀为例，绘图说明正交平面参考系内的刀具的标注角度。
3. 分析车削内孔时，车刀刀尖安装高、低，对刀具工作角度的影响。

三、拓展训练

查阅资料，说明刃磨外圆车刀的操作步骤及注意事项。

第二章 金属切削基本规律及其应用



【知识目标】

- (1) 了解金属切削变形三个区域、切屑四种类型。
- (2) 了解积屑瘤形成过程、影响因素及控制方法。
- (3) 了解切削力及影响因素。
- (4) 了解切削热的来源、传出途径，切削温度的分布及其影响因素。
- (5) 掌握刀具磨损原因、磨损形态、磨损过程，了解刀具耐用度与刀具寿命的关系。
- (6) 掌握刀具几何角度的功用及一般选择原则。
- (7) 掌握常用刀具材料种类、主要牌号及适用性。
- (8) 掌握切削用量选择原则。
- (9) 掌握切削液的种类、功用。
- (10) 了解改善材料切削加工性的途径。



【能力目标】

- (1) 会分析影响金属切削过程的各种因素。
- (2) 掌握控制切屑流向、积屑瘤、切削温度的方法。
- (3) 能根据加工条件，选择切削用量、刀具几何参数和刀具材料。

进行金属切削加工时，在用刀具切除多余金属使之成为切屑，并形成已加工表面的过程中，发生一系列的物理现象，如金属变形、切削力、切削热、刀具磨损等，分析其产生的原因、作用的规律，将有利于合理控制切削过程。

第一节 金属切削过程中的变形

一、切屑的形成过程

金属切削过程是刀具前刀面对材料产生挤压作用的过程。切削塑性材料时，在刀具前刀面的挤压作用下，切削层金属首先产生弹性变形。随着切削的深入，剪应力不断增大，当达到材料的屈服极限时，产生塑性变形，此时金属晶格由 OA 始滑移面滑向 $AOMA$ 塑性变形区，如图 2-1 所示。随着前刀面的逐步趋近，塑性变形逐渐增大，并伴有变形强化，至 OM 终滑移面时，切削层金属的应力和塑性变形达到最大值，剪切滑移基本完成。此后，切削层金属离开工件母体，沿刀具前刀面流出而形成切屑。根据切屑的形成过程，切削区划分成三个变形区。

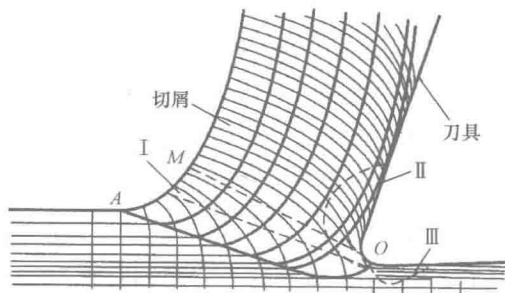


图 2-1 金属切削过程中的滑移线和流线示意图

此后，切削层金属离开工件母体，沿刀具前刀面流出而形成切屑。根据切屑的形成过程，切削区划分成三个变形区。

第Ⅰ变形区,即图 2-1 中 $AOMA$ 区域,它是金属切削过程中剪切滑移的主要变形区。由于切屑快速形成,使第Ⅰ变形区区域窄小,一般只有 $0.02\sim 0.2\text{mm}$ 。该区的主要特征是切削层金属产生塑性变形并伴有加工硬化现象,以及在此过程中消耗大部分的功率并产生大量的切削热。

第Ⅱ变形区,即切屑沿前刀面流出时其底层与前刀面接触的区域,在第Ⅱ变形区内,切屑的底层进一步受到挤压而产生摩擦,使切屑底层薄薄的一层金属流动滞缓,称为滞留层。滞留层的变形程度比切屑上层大几倍到几十倍。

第Ⅲ变形区,即刀具后刀面与已加工表面接触的区域。在第Ⅲ变形区内,已加工表面受到刀具切削刃钝圆部分和后刀面的挤压、摩擦作用,造成已加工表层金属的纤维化和加工硬化,并产生一定的残余应力,将影响到工件的表面质量和使用性能。

二、切屑的类型

在金属切削过程中,切削条件不同,切削过程中的变形程度就不同,那么切屑形态也各不相同。归纳起来,切屑可分四种类型,如图 2-2 所示。

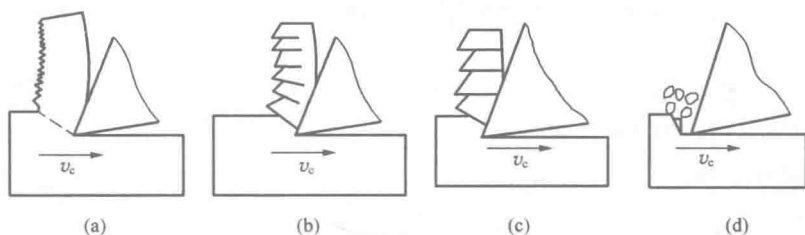


图 2-2 切屑的类型

(a) 带状切屑; (b) 节状切屑; (c) 粒状切屑; (d) 崩碎切屑

(1) 带状切屑。如图 2-2 (a) 所示,带状切屑呈连绵不断的带状,其底面光滑、背面毛茸,在显微镜下可观察到剪切面的条纹。通常在切削塑性材料(如低碳钢、铜、铝等),采用较大的刀具前角、较小的切削厚度、较高的切削速度时,会形成这种切屑。实践表明,形成带状切屑时切削过程平稳,切削力波动小,已加工表面的粗糙度值较小。在自动化生产线及自动机床生产时,应注意断屑,以保证正常生产。

(2) 节状切屑。如图 2-2 (b) 所示,节状切屑背面有较大的裂纹,呈锯齿形。节状切屑是由于切削层变形较大,局部切应力达到了材料的强度极限所致。通常在切削塑性较低的金属材料(如黄铜)时,采用较小的刀具前角、较大的切削厚度、较低的切削速度的条件下,易形成这种切屑。形成节状切屑时,切削过程不太平稳,切削力波动较大,已加工表面的粗糙度值也较大。

(3) 粒状切屑。如图 2-2 (c) 所示,粒状切屑基本呈分离的梯形单元。它是由于整个剪切面上的切应力超过材料的强度极限所致。当采用小前角或负前角、大的切削厚度、很低的切削速度切削钢件时,易形成这种切屑。

(4) 崩碎切屑。崩碎切屑是在切削脆性材料时,切削层在弹性变形后未经塑性变形就被挤裂,从而形成不规则的粒状碎块。形成崩碎切屑时,切削力波动大,因切削层金属集中在切削刃口处碎裂,故易损坏刀尖,且已加工表面的粗糙度值也大。

三、积屑瘤

1. 积屑瘤的产生

切削塑性材料时,在第Ⅱ变形区内,切屑底层与前刀面之间产生挤压、摩擦作用,形成

滞留层。当温度、压力适当时，切屑底层与前刀面之间的摩擦力大于材料内部晶格之间的结合力时，滞留层中的一些材料就会黏附在刀尖上，产生冷焊，逐步形成楔状硬块，其硬度是工件材料的2~3倍，称之为积屑瘤，如图2-3所示。

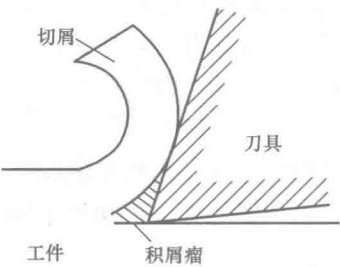


图 2-3 积屑瘤

2. 积屑瘤对切削过程的影响

积屑瘤产生以后，覆盖在切削刃上，可以代替切削刃进行切削。它黏附在刀尖上，增大了刀具的实际前角，使切削轻快，从而减少切削力和切削变形，同时起到保护切削刃的作用。但是，积屑瘤的顶端伸出切削刃之外，随着积屑瘤的时现时消、时大时小，切削层厚度发生变化，并引起切削力的波动，从而影响工件的尺寸精度和表面质量；积屑瘤可能造成硬质合金刀具剥落，影响刀具寿命；破裂的积屑瘤碎片黏附在已加工表面上，使工件表面变得粗糙。

综上所述，积屑瘤对切削过程有利也有弊。粗加工时，允许其产生；精加工时，应避免其产生。

3. 积屑瘤的控制

(1) 降低工件材料的塑性。通过热处理提高工件材料的硬度，减少其塑性和加工硬化倾向。

(2) 控制切削速度。积屑瘤高度与切削速度的关系如图2-4所示。受温度的制约，当采用低速和高速切削塑性材料时，积屑瘤不易产生。

(3) 增大刀具前角。增大刀具前角，可以减小前刀面与切屑的接触压力，从而影响积屑瘤的产生。

(4) 使用切削液。使用润滑性能良好的切削液，可以有效减少摩擦、降低切削温度，从而抑制积屑瘤产生。

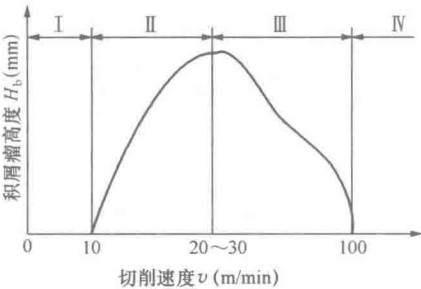


图 2-4 积屑瘤高度与切削速度的关系

四、切屑变形的规律

1. 工件材料对切屑变形的影响

工件材料塑性越大，切削层金属越容易产生剪切滑移和塑性变形，切屑变形也越大；反之，工件材料强度、硬度越大，切屑变形则越小。

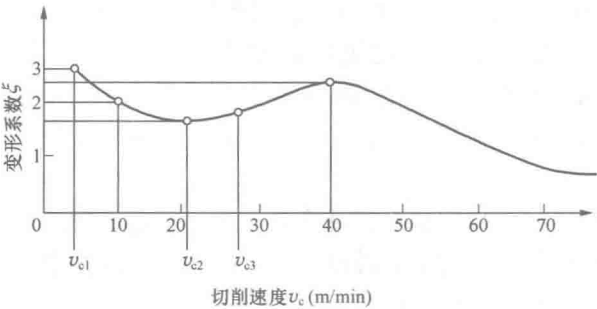


图 2-5 切削速度 v_c 对变形系数 ξ 的影响

加工条件：工件材料 45 钢，刀具材料 W18Cr4V， $\gamma_0=5^\circ$ ， $f=0.23\text{mm/r}$ ，直角自由切削。

2. 刀具前角对切屑变形的影响

刀具前角增大时，切屑流出时阻力减小，切屑变形减小。

3. 切削速度对切屑变形的影响

切削塑性材料时，切削速度对变形系数的影响呈波浪形，如图2-5所示。在低速（ $v_c < 5\text{m/min}$ ）时，切屑底层与前刀面不易产生黏结，不形成积屑瘤。当速度达到 v_{c1} 时，开始有积屑瘤产生；当速度达到 v_{c2} 时，积屑瘤高度增大到最大值，前刀面的实际前角也增加到最大值，此时切