



“十二五”职业教育规划教材
国家职业教育改革发展示范校建设成果
装备制造行业创新人才培养推荐教材

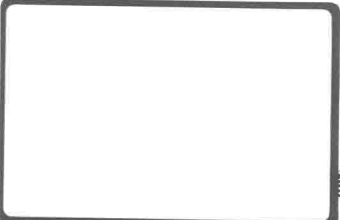
机械技术与实训

JIXIE ZHIZHAO JISHU YU SHIXUN

主编 赵国华



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>



育规划教材

国家职业教育改革发展示范校建设成果

装备制造行业创新人才培养推荐教材

机械制造技术与实训

主编 赵国华

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是根据“国家中等职业教育改革发展示范学校建设”总体要求,结合多年的教学实践,按照机械加工类、机电类等专业的教育改革思路编写的。

全书共分7个模块,内容包括刀具的基本知识、金属切削过程中的基本规律、刀具材料与切削条件的合理选择、机床夹具简介、典型表面的加工方法、机械加工工艺规程的制订及先进制造技术简介,以及技能实训。

本书以常规的机械加工工艺为基础,以基本的车削加工为主线,采用边理论边实践的教学模式,系统地介绍了机械加工工艺的基础知识和基本理论。本书内容丰富,详略得当,图文并茂,实践性强;既有理论讲解又有实践操作,内容体系符合教学规律;各模块均附有思考与复习题,供教学参考。

本书可作为中等专业学校机械加工类、机电类及相关专业的教材用书,也可作为高职院校相关专业的教学用书,同时还可供有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术与实训 / 赵国华主编. — 北京: 北京交通大学出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5121-2091-4

I. ① 机… II. ① 赵… III. ① 机械制造工艺-中等专业学校-教材 IV. ① TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 208937 号

策划编辑: 刘建明 责任编辑: 田秀青 特邀编辑: 李晓敏
出版发行: 北京交通大学出版社 电话: 010-51686414
北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编: 100044
印刷者: 北京时代华都印刷有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 185×260 印张: 10.5 字数: 262 千字
版 次: 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5121-2091-4/TH·63
印 数: 1 ~ 1 500 册 定价: 29.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。
投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

本书是根据“国家中等职业教育改革发展示范学校建设”总体要求，结合多年的教学实践，按照机械加工类、机电类等专业的教育改革思路编写的。在编写过程中，坚持“以服务为宗旨、以就业为导向”的国家职业教育办学方针，注重教材的职业性、技能性、针对性和服务性，把能否培养学生综合职业能力服务，培养学生的职业能力能否与用人单位的岗位职业标准对接，作为衡量教材建设质量的唯一标准。

本书按照普通机床操作工应知、应会的职业能力，由易到难、由简单到综合，共设置了7个模块，每个模块包含理论教学内容和技能实训。理论教学内容包括刀具的基本知识、金属切削过程中的基本规律、刀具材料与切削条件的合理选择、机床夹具简介、典型表面的加工方法、机械加工工艺规程的制订及先进制造技术简介。技能实训则以工作过程为导向，由浅入深，将车削加工分解为相应的7个技能训练项目，包括刃磨车刀与熟悉工艺装备、车削端面与外圆、切断与车槽、孔加工、车圆锥面、螺纹加工及综合加工。全书围绕理论教学内容，以车削加工为主线，分别穿插相应的技能实训项目，边理论教学边实践操作，通过完成复杂的工作任务，不断增强学生的团队合作与沟通的能力，提升学生的实际动手能力、获取信息的能力、解决实际问题的能力。

本书可作为中等专业学校机械加工类、机电类及相关专业的教材用书，也可作为高职院校相关专业的教学用书，主要具有如下特色：

1. 从工作岗位职业标准着手构建教材内容；
2. 以工作过程为导向，教、学、做一体化；
3. 以车削加工为主线，边理论边实践，符合学生的认知规律。

本书由太原铁路机械学校从事机电技术应用专业教学的教师编写。赵国华担任主编并负责全书统稿，太原第一机床厂总工程师余为民担任主审。编写人员具体分工为：赵国华编写模块1、2；卫丽编写模块3、4；蒋苗苗编写模块5、6；段瑾刚编写模块7及所有技能实训项目。

在本书的编写过程中，得到了余为民、张贵怀、郭荣生等行业企业专家的指导和我校领导的大力支持，并参考了多位职教名师和学者论著，在此一并表示感谢。

由于参编教师企业工作经历有限，时间仓促，本书中不当之处在所难免，恳请读者指正，同仁赐教。

编 者
2014年6月

目 录

模块 1 刀具的基本知识	1
任务 1.1 认识切削加工	1
任务 1.2 认识刀具结构	3
任务 1.3 认识切削层参数与切削残留面积	7
技能实训 刃磨车刀、熟悉工艺装备	11
思考与复习题	18
模块 2 金属切削过程中的基本规律	20
任务 2.1 认识金属的切削过程	20
任务 2.2 切削力初探	24
任务 2.3 减少切削热 降低切削温度	26
任务 2.4 断屑与排屑	28
技能实训 车削端面、外圆、台阶（车削小轴）	35
思考与复习题	39
模块 3 刀具材料与切削条件的合理选择	41
任务 3.1 认识刀具材料	41
任务 3.2 合理选择刀具几何参数	47
任务 3.3 合理选择切削用量	55
技能实训 切断与车槽	61
思考与复习题	64
模块 4 机床夹具简介	65
任务 4.1 认识机床夹具	65
任务 4.2 认识工件的定位	68
任务 4.3 认识工件的夹紧	78
技能实训 孔加工	85
思考与复习题	92
模块 5 典型表面的加工方法	94
任务 5.1 认识加工表面的种类及经济精度	94
任务 5.2 认识回转表面的加工方法	95
任务 5.3 认识平面及螺旋面的加工方法	102
技能实训 车圆锥面	107
思考与复习题	113

模块6 机械加工工艺规程的制订 114

 任务6.1 认识机械加工工艺规程 114

 任务6.2 认识工艺过程 119

 任务6.3 分析零件、选择毛坯 126

 任务6.4 选择定位基准 129

 任务6.5 确定加工余量 133

 技能实训 螺纹加工..... 139

 思考与复习题..... 146

模块7 先进制造技术简介 147

 任务7.1 认识先进制造技术 147

 任务7.2 认识先进制造工艺技术 149

 任务7.3 认识制造自动化技术 153

 技能实训 综合加工..... 156

参考文献..... 160

刀具的基本知识

任务 1.1 认识切削加工

1.1.1 切削加工的基本条件

金属切削过程是利用金属切削刀具去除工件表面多余金属,使其成为具有一定尺寸精度、形状、位置精度和表面质量的合格零件的过程。为了使切削过程能够顺利进行,切削加工必须具备下述基本条件。

- (1) 刀具和工件间要有形成零件结构要素所需的相对运动。
- (2) 刀具材料的性能能够满足切削加工的需要,如足够的强度和刚度、耐磨性等。
- (3) 刀具必须具有一定的空间几何结构,亦即刀具切削部分的几何结构和表面状态必须能适应切削过程的综合要求。

1.1.2 切削运动与切削方式

各种切削运动都是由一些简单的运动单元组合而成的。其中,直线运动和回转运动是切削加工的两个基本运动单元。不同数目的运动单元,按照不同大小的比值、不同的相对位置和方向进行组合,即可构成不同类型的切削方式,如图 1-1 所示。

(1) 主运动。主运动是切除工件上多余金属所必需的基本运动。通常主运动速度最高,消耗功率最大,约占功率总消耗的 90%。无论哪种切削运动,机床的主运动只有一个。主运动可以由工件完成,如车削时工件的旋转运动;也可以由刀具完成,如铣削时刀具的旋转运动。

(2) 进给运动。进给运动是配合主运动实现依次连续不断地切除多余金属层的运动。它保证切削工作连续或反复地进行,从而切除切削层形成已加工表面。进给运动可以是一个(如钻削加工),也可以是多个(如车削加工);可以是连续的,也可以是间歇的(如刨削运动)。进给运动消耗功率较小,速度较低。

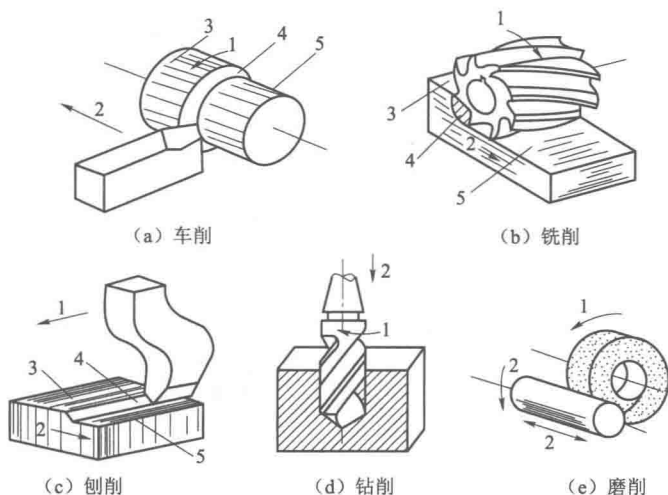


图 1-1 各种切削加工的运动

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

(3) 合成运动与合成切削速度。当主运动和进给运动同时进行时，刀具切削刃上某一点相对于工件的运动称为合成切削运动，其大小和方向用合成速度向量 v_c 表示。如图 1-2 所示，以外圆车削为例，合成速度向量 v_c 等于主运动速度 v_c 与进给运动速度 v_f 的向量和，即

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

由于 $v_c \gg v_f$ ，通常将 v_f 的影响忽略不计，认为： $v_c \approx v_c$ 。

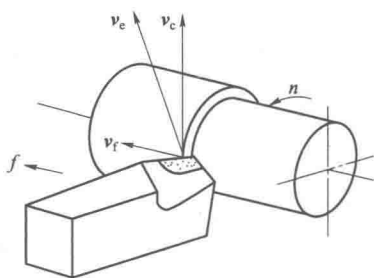


图 1-2 切削时的合成切削速度

1.1.3 切削时的工件表面

在金属切削过程中，工件上形成三个不断变化着的表面，如图 1-1 所示。

- (1) 待加工表面：是指工件上即将被切去金属层的表面。
- (2) 过渡表面：是指工件上切削刃正在切削着的表面。
- (3) 已加工表面：是指工件上已经切除多余金属而形成的新表面。

1.1.4 切削要素

在生产中，将切削速度、进给速度、进给量和背吃刀量统称为切削用量，用来定量描述主运动、进给运动和投入切削的加工余量厚度。其中，切削速度、进给量和切削深度称为切削用量三要素，如图 1-3 所示。

(1) 切削速度。切削速度 v_c 是切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度，单位为 m/min 或 m/s 。车削时的切削速度为：

$$v_c = \pi d n / 1000 \quad (1-2)$$

式中， d ——工件待（已）加工表面直径， mm ；

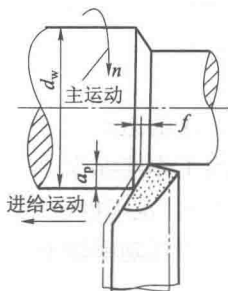


图 1-3 切削用量示意图

n ——工件（或主轴）的转速， r/min 。

(2) 进给速度、进给量和每齿进给量。进给速度 v_f 是单位时间内刀具沿进给方向移动的距离，单位为 mm/s 或 mm/min ；进给量 f （亦称走刀量）是指工件或刀具每回转一周时，刀具或工件沿进给方向移动的距离，单位为 mm/r ；每齿进给量 f_z 是指多齿切削刀具（如铣刀、铰刀等）工作时，每转行程中每个刀齿相对工件在进给运动方向上的位移量，单位是 mm/Z 。

它们三者之间的关系可用下式表示：

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot Z \cdot n \quad (1-3)$$

式中， Z ——多齿切削刀具的刀齿数。

(3) 切削深度 a_p （亦称背吃刀量）。切削深度是指工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离。切削方式不同，切削深度的计算方法也不同。车削外圆柱表面时，切削深度可用下式计算：

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 \quad (mm) \quad (1-4)$$

式中， d_w ——工件待加工表面直径；

d_m ——工件已加工表面直径。

镗孔时，式（1-4）中的 d_w 和 d_m 互换一下位置。

钻孔时，

$$a_p = d_m / 2 \quad (1-5)$$

任务 1.2 认识刀具结构

1.2.1 刀具切削部分的构造要素

在实际生产中切削加工的方法很多，所采用的切削刀具种类繁多、形状各异，但仔细分析不难发现其切削部分有许多共同之处。其中车刀的结构简单，极具代表性，其他刀具均可看成是车刀的变形，故以车刀为例介绍刀具的一般术语，这些术语也适于其他金属切削刀具。

外圆车刀由刀柄部分和切削部分组成。刀柄是车刀在车床上定位和夹持的部分；切削部分俗称刀头，由三面、两刃、一尖构成，如图 1-4 所示。

(1) 前面（前刀面） A_f ：刀具上切屑流经的表面。

(2) 后面（主后刀面） A_a ：刀具上与工件过渡表面相对并相互作用的表面。

(3) 副后面（副后刀面） A'_a ：刀具上与已加工表面相对并相互作用的表面。

(4) 主切削刃 S ：前刀面与主后刀面的交线，它完成主要的切削工作。

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

(6) 刀尖：主切削刃和副切削刃连接处的一小部分刀刃，通常称为过渡刃，为了强化刀尖，一般被磨成修圆刀尖和倒角刀尖两类，如图 1-5 所示。

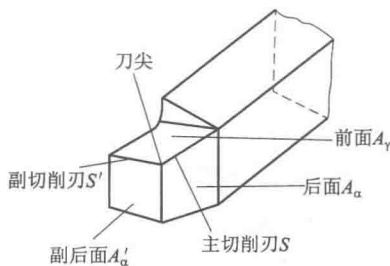


图 1-4 车刀切削部分的结构

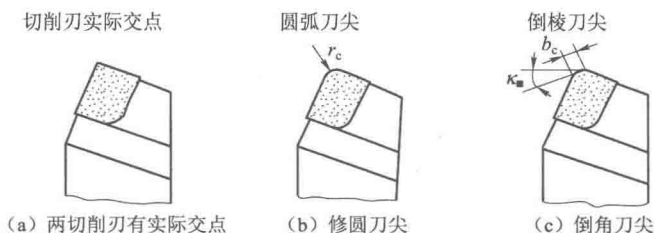


图 1-5 刀尖的三种不同类型

1.2.2 刀具静止角度参考系

1. 刀具静止角度的参考系

为了确定刀具切削部分各几何要素的空间位置，需要人为地假设一些辅助平面，即需要建立相应的参考系。为此目的设立的参考系一般有两类：一是刀具静止角度参考系；二是刀具工作角度参考系。

刀具静止角度参考系是指用于定义、设计、制造、刃磨和测量刀具切削部分几何参数的参考系。它是在假定运动条件和假定安装条件下建立的参考系。

假定运动条件，是指在建立参考系时，仅考虑主运动 v_c ，暂不考虑进给运动 v_f ，即用主运动速度近似代替合成切削速度。

假定安装条件，是指假定刀具的刃磨和安装基准面垂直或平行于刀具上，便于制造、刃磨和测量时定位与调整的平面或轴线（如车刀底面、铣刀、钻头的轴线等）。简而言之，假定刀具的安装位置恰好使其底面或轴线与参考系的平面平行或垂直。

在刀具静止角度参考系中确定的刀具几何角度，称为刀具的静止角度，也称为标注角度。

2. 刀具静止角度参考系的构成

刀具静止角度参考系由以下各平面构成。

(1) 基面 P_r ：通过切削刃上一点，垂直于假定主运动方向的平面。

(2) 切削平面 P_s ：通过切削刃上一点，与切削刃相切并垂直于基面的平面。通过主切削刃选定点与主切削刃相切并垂直于基面的平面称为主切削平面 P_s ；通过副切削刃选定点与副切削刃相切并垂直于基面的平面称为副切削平面 P'_s 。未特别说明，切削平面是指主切削平面。

(3) 正交平面（主剖面） P_o ：过主切削刃上任意一点，同时垂直于切削平面 P_s 与基面 P_r 的剖切平面。

(4) 法平面（法剖面） P_n ：过主切削刃上任意一点，垂直于切削刃的剖切平面。

(5) 假定工作平面（进给剖面） P_f ：过主切削刃任意一点，平行于进给运动方向并垂直于基面 P_r 的平面。

(6) 背平面（切深平面） P_p ：通过主切削刃某一点，同时垂直于进给剖面 P_f 与基面 P_r 的平面。

其中，基面 P_r 、切削平面 P_s 称为基准平面；正交平面 P_o 、法平面 P_n 、假定工作平面 P_f 和背平面 P_p 统称为测量平面。不同的测量平面与基准平面构成了四种刀具静止角度参考系，即正交平面参考系、法平面参考系、假定工作平面参考系和背平面参考系，如图 1-6 所示。它们之间的关系参见表 1-1。

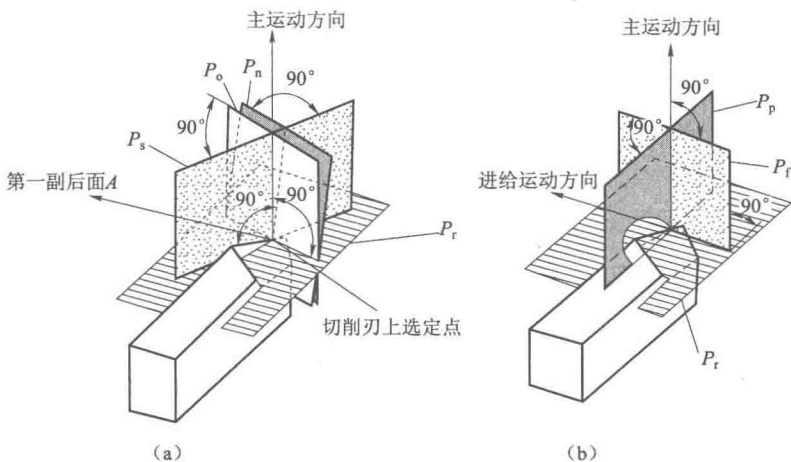


图 1-6 刀具静止角度参考系

表 1-1 刀具静止角度参考系的构成

基准平面	正交平面 P_o	法平面 P_n	假定工作平面 P_f	背平面 P_p
基面 P_r	$P_r-P_s-P_o$ 正交平面参考系	$P_r-P_s-P_n$ 法平面参考系	$P_r-P_s-P_f$ 假定工作平面参考系	$P_r-P_s-P_p$ 背平面参考系
切削平面 P_s				

1.2.3 刀具的基本几何角度

由于刀具角度的参考系沿切削刃各点可能是变化的，故所定义的刀具角度应指明是切削刃选定点处的角度；凡未特殊注明者，则指切削刃上与刀尖毗邻的那一点的角度。

1. 正交平面参考系中的刀具角度

典型的外圆车刀是由三面、两刃、一尖形成的单刃刀具。在正交平面参考系中的主要标注的刀具角度如图 1-7 所示。

(1) 前角 γ_o ：前刀面与基面在正交平面内的夹角。当前刀面与切削平面的夹角小于 90° 时， γ_o 为正值；当前刀面与切削平面间的夹角大于 90° 时， γ_o 为负值；当前刀面与基面重合时， γ_o 为零。如图 1-8 所示。

(2) 后角 α_o ：后刀面与切削平面在正交平面内的夹角。当后刀面与基面之间的夹角小于 90° 时， α_o 为正值；当后刀面与基面间的夹角大于 90° 时， α_o 为负值；当后刀面与切削平面重合时， $\alpha_o=0^\circ$ ，如图 1-8 所示。

(3) 主偏角 κ_r ：主切削平面与假定工作平面在基面内的夹角。 κ_r 总为正值。

(4) 副偏角 κ'_r ：副切削平面与假定工作平面在基面内的夹角。

(5) 刃倾角 λ_s ：主切削刃与基面间的夹角，在主切削平面 P_s 中标注。当主切削刃与基面重合时， $\lambda_s=0^\circ$ ；当刀尖处于主切削刃的最低点时， λ_s 为负值；当刀尖处于主切削刃的最高点时， λ_s 为正值，如图 1-9 所示。

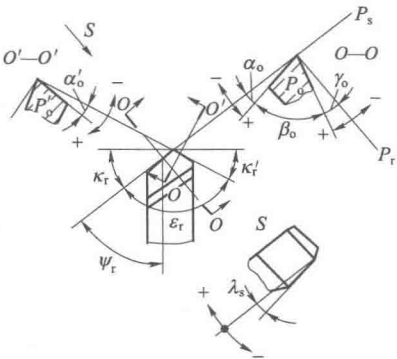


图 1-7 正交平面系中的刀具角度

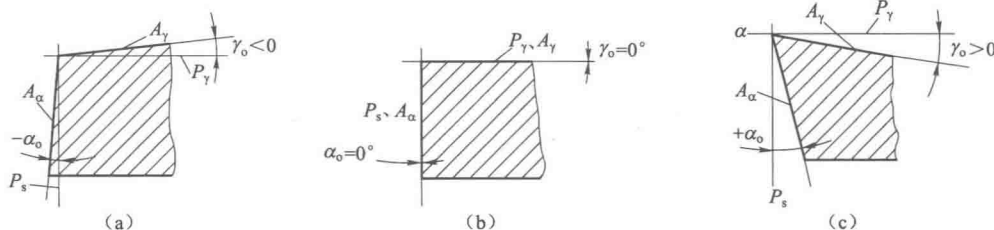


图 1-8 刀具的前角与后角

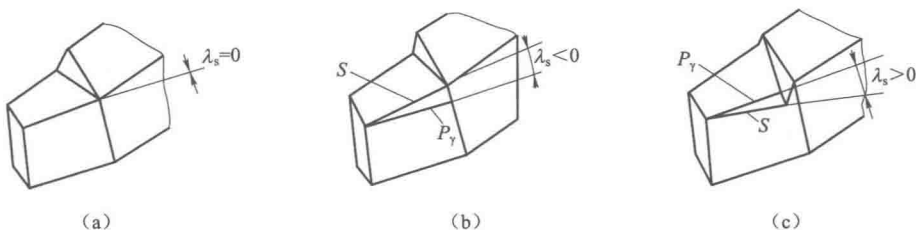


图 1-9 刀具的刀倾角

在正交平面参考系中，确定主切削刃和前、后面位置的基本角度是 κ_r 、 λ_s 、 γ_o 和 α_o 。其中， κ_r 、 λ_s 确定主切削刃的方位； γ_o 和 α_o 确定前面和主后面的方位。

(6) 副后角 α'_o ：在副剖面 P'_o （副切削刃的正交平面）内度量的副后面与副切削平面之间的夹角。

(7) 楔角 β_o ：正交平面度内量的前、后刀面间的夹角。其中， $\gamma_o + \alpha_o + \beta_o = 90^\circ$ 。

(8) 刀尖角 ε_r ：基面内度量的主、副切削刃之间夹角。显然， $\varepsilon_r + \kappa_r + \kappa'_r = 180^\circ$ 。

另外，还有在副剖面 P'_o 内测量的副前角 γ'_o 和副切削刃的刀倾角 λ'_s 。它们都不是独立的角，当主、副切削刃共面时，其数值大小可由 κ_r 、 κ'_r 、 λ_s 和 γ_o 换算而来，故称之为派生角度。

2. 法平面参考系中的刀具角度

在法平面参考系中，标注和测量的刀具角度如下。

- (1) 法前角 γ_n ：法平面内前面与基面之间的夹角。
- (2) 法后角 α_n ：法平面内主后面与切削平面之间的夹角。
- (3) 法楔角 β_n ：法平面内前面与主后面之间的夹角。

3. 假定工作平面参考系中的刀具角度

在假定工作平面参考系中，标注和测量的刀具角度如下。

- (1) 侧前角 γ_f ：假定工作平面内前面与基面之间的夹角。
- (2) 侧后角 α_f ：假定工作平面内主后面与切削平面之间的夹角。
- (3) 侧楔角 β_f ：假定工作平面内前面与主后面之间的夹角。

4. 背平面参考系中的刀具角度

在背平面参考系中，标注和测量的刀具角度如下。

- (1) 背前角 γ_p ：背平面内前面与基面之间的夹角。
- (2) 背后角 α_p ：背平面内主后面与切削平面之间的夹角。
- (3) 背楔角 β_p ：背平面内前面与主后面之间的夹角。

任务 1.3 认识切削层参数与切削残留面积

1.3.1 切削层参数

在各种切削加工中, 刀具相对工件沿进给运动方向每移动一个进给量 f 或移动一个每齿进给量 f_z , 此时刀齿正在切削着的金属层称为切削层, 也就是相邻两个过渡表面之间所夹着的一层金属。切削层的形状和尺寸直接决定了刀具切削部分所承受的载荷大小及切屑的形状和尺寸。各种切削层参数可用典型的外圆车削来说明, 如图 1-10 所示。

为便于计算, 切削层的表面形状和尺寸通常都在垂直于切削速度 v_c 的基面 P_r 内观察和度量。

(1) 切削层厚度 h_D : 在基面内, 垂直于过渡表面(切削刃方向)来度量的相邻两个加工面之间距离。

(2) 切削层宽度 b_D : 沿切削刃方向度量的切削层截面的尺寸, 反映了刀具切削刃参与切削工作的长度。

在 f 和 a_p 一定的条件下, 主偏角 κ_r 越大, 切削厚度 h_D 就越大, 切削宽度 b_D 越小; 当 $\kappa_r=90^\circ$ 时, $h_{D\max}=f$, $b_{D\min}=a_p$, 如图 1-11 所示。

(3) 切削层面积 A_D : 切削面积是指切削层的横截面积。

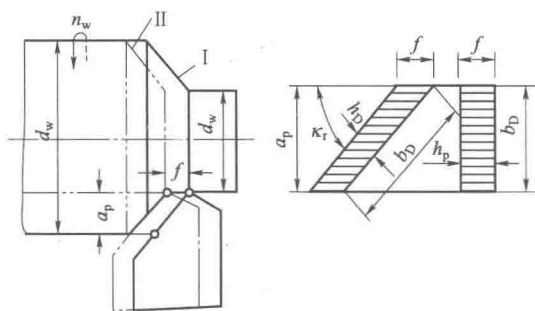


图 1-10 外圆纵车时切削层的参数

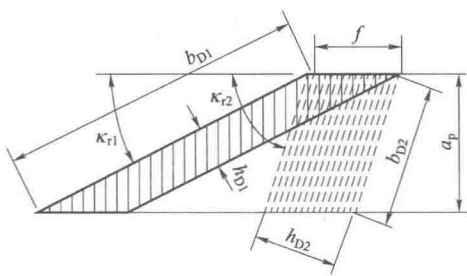


图 1-11 κ_r 不同时 h_D 、 b_D 的变化

1.3.2 切削残留面积

切削过程中, 由于刀具主偏角、副偏角、刀尖圆弧半径与进给量的原因, 切削层横截面积实际上不等于被切除掉的金属层面积, 而在切削面积内会有一部分金属残留在工件的已加工表面上, 称为切削残留面积。

切削残留面积如图 1-12 所示的 ABE 。它是由于刀具几何形状与切削运动的关系, 加工后残留在已加工表面上, 构成已加工表面的不平整度。切削残留面积的高度是界定已加工表面粗糙度值的一个主要参数。

1. $r_\epsilon=0$ 时的切削残留面积高度 $R_{\max}$

如图 1-13 (a) 所示, 刀尖圆弧半径 $r_\epsilon=0$, $\triangle ABE$ 所包围的面积即为残留面积 $\triangle A_D$, 残留面积的高度 $R_{\max}$ 的计算公式为:

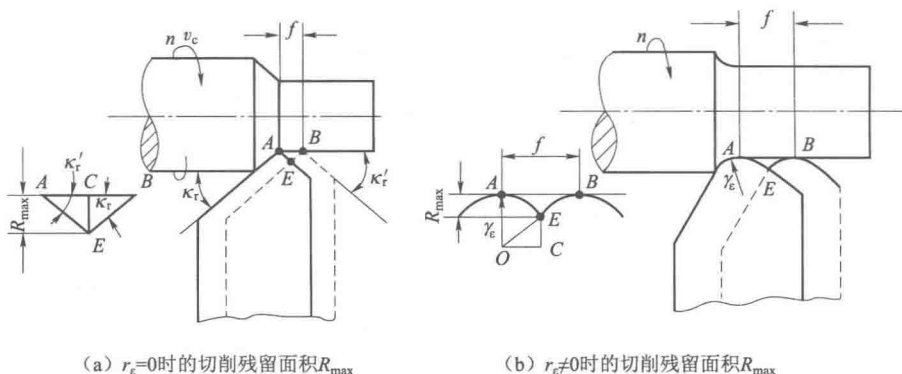


图 1-12 切削残留面积及其高度

$$R_{\max} = \frac{f}{\cot \kappa_r + \cot \kappa'_r} \quad (1-6)$$

从式 (1-6) 可知, 当进给量 f 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 越大时, 则 $R_{\max}$ 越大。因此, κ_r 、 κ'_r 一定时, 减小 f 可以减小 $R_{\max}$, 以减小零件表面加工粗糙度。

2. 当 $r_e \neq 0$ 的切削残留面积高度 $R_{\max}$

如图 1-3-3 (b) 所示, 刀尖圆弧半径 $r_e \neq 0$, 且进给量 f 较小时, 切削残留面积纯粹由两个圆弧构成, 残留面积的高度 $R_{\max}$ 的计算公式为:

$$R_{\max} \approx f^2 / 8r_e \quad (1-7)$$

从式 (1-7) 可以看出: 采用增大刀具圆弧半径 r_e 或减小进给量 f 等措施可有效地减小表面粗糙度。

[任务拓展]

认识刀具的工作角度

刀具的标注角度是在忽略进给速度 v_f 的影响, 且刀具安装在理想工作位置的情况下确定的。当刀具进入工作状态后, 选定点的实际切削速度的方向及刀具的实际安装位置相对于假定的理想状态发生了变化, 由此而建立的工作参考系 (动态参考系) 相对于标注参考系 (静态参考系) 在空间位置上也相应改变, 因此刀具的实际切削角度 (即刀具的工作角度) 和标注角度不一样。下面分别探讨这些条件变化对刀具工作角度的影响规律。

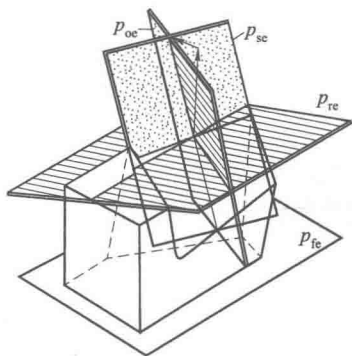


图 1-13 刀具工作角度参考系的相关平面

1. 刀具工作参考系及工作角度

1) 刀具工作参考系

刀具工作参考系的基准平面, 是依据合成切削速度的方向来确定的。刀具工作参考系的基准平面和工作角度的表示符号, 通常在刀具静止平面和静止角度的基础上加注下角标 “e”。

刀具工作参考系的相关平面如图 1-13 所示。

- (1) 工作基面 P_{re} : 通过切削刃选定点并与合成切削速度方向垂直的平面。
- (2) 工作切削平面 P_{sc} : 通过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于工作基面的平面。
- (3) 工作正交平面 P_{oe} : 通过切削刃选定点, 与工作基面和工作切削平面相垂直的平面。
- (4) 工作平面 P_{fe} : 通过切削刃选定点且同时包含主运动和进给运动速度方向的平面。

2) 刀具工作角度

- (1) 工作前角 γ_{oe} : 在工作正交平面 P_{oe} 内测量的工作基面 P_{re} 与前面的夹角。
- (2) 工作后角 α_{oe} : 在工作正交平面 P_{oe} 内测量的工作切削平面 P_{sc} 与后面的夹角。
- (3) 工作侧前角 γ_{fe} : 在工作平面 P_{fe} 内测量的工作基面 P_{re} 与前面的夹角。
- (4) 工作侧后角 α_{fe} : 在工作平面 P_{fe} 内测量的工作切削平面 P_{sc} 与后面的夹角。

2. 进给运动对刀具工作角度的影响

1) 横车

以切断刀为例, 设主偏角 $\kappa_r=90^\circ$, 前角 $\gamma_0>0^\circ$, 后角 $\alpha_0>0^\circ$, 左、右副偏角 $\kappa'_{rl}=\kappa'_{rr}$, 左、右副后角 $\alpha'_{ol}=\alpha'_{or}$, 刃倾角 $\lambda_s=0^\circ$, 安装时刀刃对准工件中心。

在不考虑进给运动时, 车刀主切削刃选定点相对于工件的运动轨迹是一个圆, 切削平面 P_s 为通过切削刃上该点切于圆周的平面, 基面 P_r 为平行于刀杆底面同时垂直于 P_s 的平面, γ_0 、 α_0 为标注前角和后角。当考虑横向进给运动之后, 切削刃选定点相对于工件的运动轨迹是一条阿基米德螺旋线, 切削平面 P_s 变为通过切削刃切于螺旋面的平面 P_{sc} , 基面也相应倾斜为 P_{re} , 角度变化值为 η 。工作正交平面 P_{oe} 仍为正交平面, 如图 1-14 所示。此时在工作参考系 (P_{re} , P_{sc} , P_{oe}) 内的工作角度 γ_{oe} 、 α_{oe} 较标注角度分别增大或减小 η 。

η 角称为合成切削速度角, 它是主运动方向与合成切削速度方向之间的夹角。由 η 定义可知:

$$\tan \eta = v_f / v_c = f / (\pi d) \quad (1-8)$$

式中, d ——随着车刀进给而不断变化着的切削刃选定点处工件的旋转直径, mm;

f ——进给量, mm/r。

由以上各式可知, 在横进给车削中, 当进给量 f 一定时, 随着切削刃不断趋近工件中心, 其工作前角 γ_{oe} 不断增大, 工作后角 α_{oe} 不断减小。当刀尖接近工件中心时, 工作后角 α_{oe} 迅速减小, 很容易因后面和工件过渡表面剧烈摩擦而崩刃, 应当引起充分重视。以横进给为主工作的刀具 (如切断刀、径向成形车刀等), 应当适当加大标注后角。

2) 纵车

假定车刀 $\lambda_s=0^\circ$ 、 $\kappa_r<90^\circ$ 时外圆车刀车削外圆的情况如图 1-15 所示。不考虑进给运动时, 切削平面 P_s 垂直于刀杆底面, 基面 P_r 平行于刀杆底面, 标注角度为 γ_0 、 α_0 和 γ_f 、 α_f ; 当考虑纵向进给运动后, 工作切削平面 P_{sc} 为切于螺旋面的平面, 刀具工作角度的参考系 (P_{sc} , P_{re}) 倾斜了一个角度 η 。

在假定工作平面内的工作角度 α_{fe} 和 γ_{fe} 较标注角度分别减小或增大 η_f 。其中:

$$\tan \eta_f = v_f / v_c = f / (\pi d_w) \quad (1-9)$$

在正交平面内的工作角度为 α_{oe} 和 γ_{oe} 较标注角度分别减小或增大 η_o 。其中:

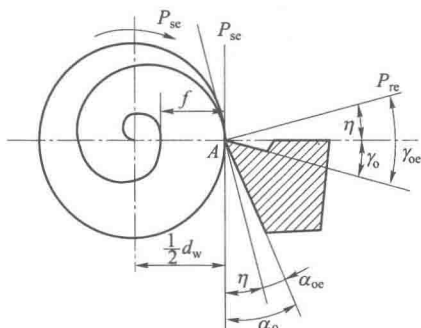


图 1-14 横向进给运动对工作角度的影响

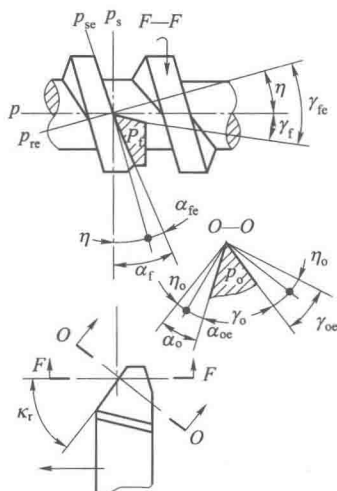


图 1-15 纵向进给时刀具的工作角度

$$\tan \eta_o = v_f / v_c = f / (\pi d_w) \quad (1-10)$$

式中, d_w ——切削刃选定点在 A 点时的工件待加工表面直径, mm。

由以上各式可知, 在纵向走刀车削中, 由于工件进给量相对于直径很小, 因纵向进给运动而引起的刀具角度变化也很小, 往往忽略不计; 但在车螺纹时, 由于 f 较大, 纵向进给运动对刀具角度的影响就不容忽视, 应该适当加大主切削刃后角和副切削刃前角。

由于进给速度远小于主运动速度, 进给速度对刀具的工作角度影响很小 (误差不超过 1°), 在大多数场合下 (如普车、镗孔、端铣、周铣) 不必进行工作角度的计算, 近似等于标注角度。只有在进给速度对刀具的工作角度影响较大时 (如车螺纹或丝杠、钻孔时或刀具特殊安装), 才需要计算工作角度, 据此换算出刀具的静止角度, 以便于制造和刃磨。

3. 刀具安装位置对刀具几何角度的影响

1) 刀具安装高低的影响

(1) 切断刀。如图 1-16 所示, 对于主偏角 $\kappa_r = 0^\circ$ 、刃倾角 $\lambda_s = 0^\circ$ 的切断刀, 安装时有三种情况: 如图 1-16 (a) 所示, 刀尖与工件中心线等高安装, 此时的切削平面 P_s 与车刀刀杆底面垂直, 基面 P_r 与车刀刀杆底面平行, 刀具的工作角度与静止角度相等; 如图 1-16 (b) 所示, 刀尖安装位置高于工作中心, 工作切削平面 P_{sc} 和工作基面 P_{re} 与静止参考系切削平面 P_s 和基面 P_r 发生倾斜, 使工作前角增大, 工作后角减小; 如图 1-16 (c) 所示, 刀尖安装位置低于工件中心, 使工作前角减小, 工作后角增大。

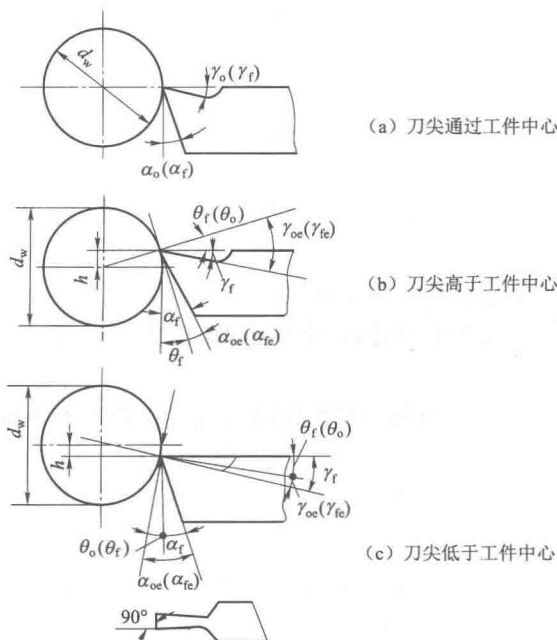


图 1-16 切断车刀刀杆安装高低对工作角度的影响

(2) 外圆车刀。外圆车刀刀尖安装位置的高低对工作角度的影响如图 1-17 所示。若外圆车刀的主偏角 $\kappa_r \neq 90^\circ$ ，刃倾角 $\lambda_s = 0^\circ$ ，当刀尖安装位置高于工件中心时，工作切削平面将变为 P_{se} ，工作基面变为 P_{re} ，工作背前角增大，工作背后角减小，角度差值为 θ_p ；当刀尖安装位置低于工件中心时，工作背前角和工作背后角的变化与上述情况相反。

(3) 镗孔车刀。镗孔时，镗孔车刀刀尖安装位置高于或低于工件中心时，在工作背平面内对角度度的影响与外圆车刀正好相反。

2) 刀杆轴线与进给运动方向不垂直时工作角度的变化

如图 1-18 所示，车刀刀杆轴线与进给运动方向不垂直时，工作主偏角和工作副偏角将发生变化。图中 G 为在基面内测量的假定工作平面 P_f 与工作平面 P_{fe} 之间的夹角。

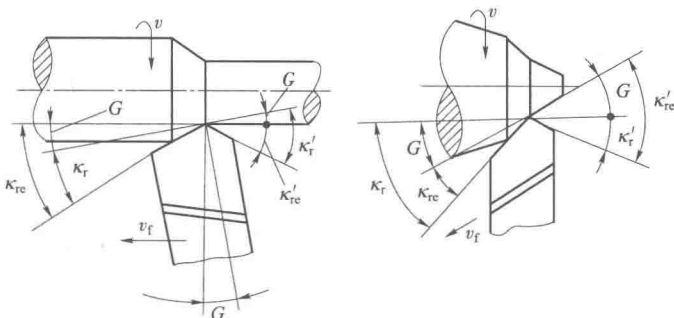


图 1-18 刀杆轴线与进给运动方向不垂直时对工作角度的影响

在生产实际中，根据切削加工的需要，可以通过调整刀具的安装位置来改变刀具的实际几何角度，从而达到改善刀具切削效果的目的。例如，需要降低吃刀抗力时，应增大主偏角的数值，将刀具适当向右倾斜即可；若要减小表面粗糙度，应减小副偏角的数值，此时可将刀具适当向右倾斜。

技能实训 刃磨车刀、熟悉工艺装备

【任务导入】

1. 任务内容

1) 认识切削用量

- 观察加工过程，说出切削三要素。
- 毛坯为 $\phi 40\text{ mm}$ ，零件尺寸为 $\phi 30\text{ mm}$ ，针对高速钢车刀、硬质合金车刀，确定切削三要素。

2) 刃磨刀具

- 刃磨 90° 车刀一把。