



高等职业教育规划教材

金属切削刀具 结构与应用

娄岳海 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠 免 费 课 件

高等职业教育规划教材

金属切削刀具 结构与应用

主 编	娄岳海	叶 俊	
副主编	周纯江	黄金永	潘晓东(企业) 陈子彦(企业)
参 编	金 茵		
主 审	曹焕亚		



机械工业出版社

本书是机械制造与自动化专业的核心教材之一,也是浙江省精品课程“金属切削刀具结构与应用”的建设成果之一。

本书充分体现了项目课程思想,以企业真实产品典型零件为载体,以典型零件的机械加工工艺过程为导向,以相应的金属切削刀具结构与应用为项目设计教材内容,让学生在执行工作任务的过程中,掌握车刀、孔加工刀具、铣刀、砂轮、数控刀具、螺纹刀具和齿轮刀具等刀具的选择与应用。

本书适用于高等职业院校机械制造与自动化专业,也可作为高等职业院校相关专业、中等职业学校机电类专业和企业培训的教学参考书,并可供有关工程技术人员参考。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后免费下载。咨询信箱: cmpgaozhi@sina.com 咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削刀具结构与应用/娄岳海主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 12
高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-44775-7

I. ①金… II. ①娄… III. ①刀具(金属切削)—高等职业教育—教材
IV. ①TG71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 270738 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:于奇慧 责任编辑:郑丹 于奇慧 王海霞

版式设计:常天培 责任校对:卢惠英

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.5 印张·259 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-44775-7

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

为深化高等职业教育教学改革,探索工学结合、任务驱动、项目导向、顶岗实习等有利于增强学生能力的教学模式,加强对高等职业院校学生实践能力和职业技能的培养,浙江机电职业技术学院机械制造与自动化专业作为国家示范性高等职业院校重点建设专业,与行业、企业专家合作,构建了以机械制造工艺实施为主线的课程体系。本书依据“金属切削刀具结构与应用”课程标准编写,是机械制造与自动化专业核心教材之一,也是浙江省精品课程“金属切削刀具结构与应用”建设成果之一。

本书以企业的真实产品为载体,以典型零件的机械加工工艺过程为导向,以完成切削加工所需的金属切削刀具的选择与应用为主线,让学生熟悉常用普通刀具、数控刀具等标准刀具的材料、结构、选型与应用,掌握选择最佳切削条件(如刀具几何参数、切削用量)的基本方法,培养学生分析和解决工作过程中刀具应用问题的能力,并融合了机械制造工艺师岗位、机械加工中高级职业技能岗位对刀具结构与应用相关的知识、技能和素质的要求。

本书具有以下主要特点:

1) 充分体现了项目课程设计理念。本书以企业真实产品典型零件为载体,以典型零件的车、孔加工、铣、磨、数控加工、螺纹加工、齿轮加工等金属切削加工工作任务作驱动,以相应的金属切削刀具结构与应用为项目设计教学内容,让学生在执行工作任务的过程中,学会车刀、孔加工刀具、铣刀、砂轮、数控刀具、螺纹刀具、齿轮刀具等刀具的选择与应用。

2) 编排形式遵循高职学生的认知规律——由浅入深、由简到难。工作任务由最常用、最基本的车削加工,逐步提高到孔加工、铣削加工、磨削加工、数控加工、螺纹加工和齿轮加工;相应的知识和技能由最简单、最基本的车刀几何参数、车刀结构、车刀材料、切削用量选择、车刀刃磨等,逐渐提高到孔加工刀具、铣刀、砂轮、数控加工刀具、螺纹刀具和齿轮刀具的结构、材料与应用等。因此随着工作任务的推进,学生的职业能力在不断提升,从而使学生较全面地掌握金属切削刀具结构与应用的知识 and 技能。

3) 突出对学生综合职业能力的训练。每个项目首先明确教学目标,按照教学目标、案例分析、相关知识和技能、思考与练习的顺序编写,既易懂易学,又符合生产实际。刀具知识和技能要求的选取紧紧围绕典型零件制造任务的需要来进行,同时融合了机械制造工艺师岗位、机械加工中高级职业技能岗位对刀具知识、技能和素质的要求,体现了“双证融通”思想。

4) 体现了先进性、通用性和实用性。本书将金属切削刀具领域的发展趋势及职业活动中的新技术、新工艺和新材料及时纳入其中,以贴近企业实际需要和刀具行业的发展。

本书由浙江机电职业技术学院娄岳海教授任主编,周纯江教授、叶俊高级技师任副

IV

主编，参加编写的还有浙江机电职业技术学院金茵高级工程师、黄金永副教授，杭州前进齿轮箱集团有限公司潘晓东高级工程师，嘉兴恒锋工具有限公司陈子彦工程师等。其中，项目一、项目三由娄岳海编写，项目二由周纯江编写，项目四由金茵、黄金永编写，项目五由叶俊编写，项目六由潘晓东、陈子彦编写。全书由娄岳海教授统稿，由曹焕亚教授审阅全稿。

本书在编写过程中得到了杭州前进齿轮箱集团有限公司和嘉兴恒锋工具有限公司的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有错误之处，恳请广大师生和读者批评指正，以便修改、完善。

编 者

目 录

前言

项目一 车刀的应用	1
模块1 案例分析	1
模块2 切削加工概述	3
模块3 车刀的组成及车刀角度	6
模块4 刀具材料	13
模块5 车刀结构	19
模块6 车刀的刃磨	29
模块7 金属切削过程的基本规律	30
模块8 切削条件的合理选择	50
思考与练习	62
项目二 孔加工刀具的应用	64
模块1 案例分析	64
模块2 孔加工刀具的种类和用途	66
模块3 麻花钻	69
模块4 铰刀	77
模块5 孔加工复合刀具	84
思考与练习	86
项目三 铣刀的应用	87
模块1 案例分析	87
模块2 铣刀的种类和用途	88
模块3 铣刀的几何角度	94
模块4 铣削的基本规律	96
模块5 可转位面铣刀	104

思考与练习	106
-------------	-----

项目四 砂轮的应用	107
模块1 案例分析	107
模块2 磨削运动	109
模块3 砂轮	110
模块4 磨削过程	114
模块5 磨削用量的选择	118
模块6 磨削液的选用	121
模块7 砂轮的安裝、平衡与修整	121
思考与练习	122
项目五 数控刀具的应用	124
模块1 案例分析	124
模块2 数控刀具的选用	126
模块3 刀具快换和自动更换	127
模块4 数控工具系统	129
模块5 刀具预调测量仪	144
思考与练习	145
项目六 螺纹刀具与齿轮刀具的应用 ...	146
模块1 案例分析	146
模块2 螺纹刀具	148
模块3 齿轮刀具	153
思考与练习	161
参考文献	162



车刀的应用

【教学目标】

最终目标：能正确选用车刀和车刀材料，能合理选择车刀几何参数、切削用量，会刃磨普通车刀。

促成目标：

- 1) 熟悉切削运动与切削用量，掌握合理选择切削用量的方法。
- 2) 熟悉车刀的几何参数，掌握合理选择车刀几何参数的方法。
- 3) 熟悉车刀的类型和结构，掌握正确选用车刀的方法。
- 4) 熟悉刀具材料及其应用场合。
- 5) 掌握普通车刀的刃磨方法。

模块1 案例分析

图 1-1 所示为某公司生产的球体轴立体图，图 1-2 所示为其零件图，试分析该球体轴零件中批量生产时的机械加工工艺过程，并确定车削加工刀具。

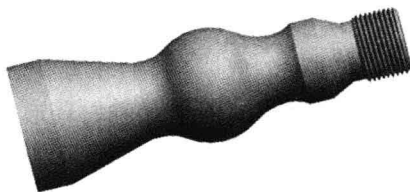


图 1-1 球体轴立体图

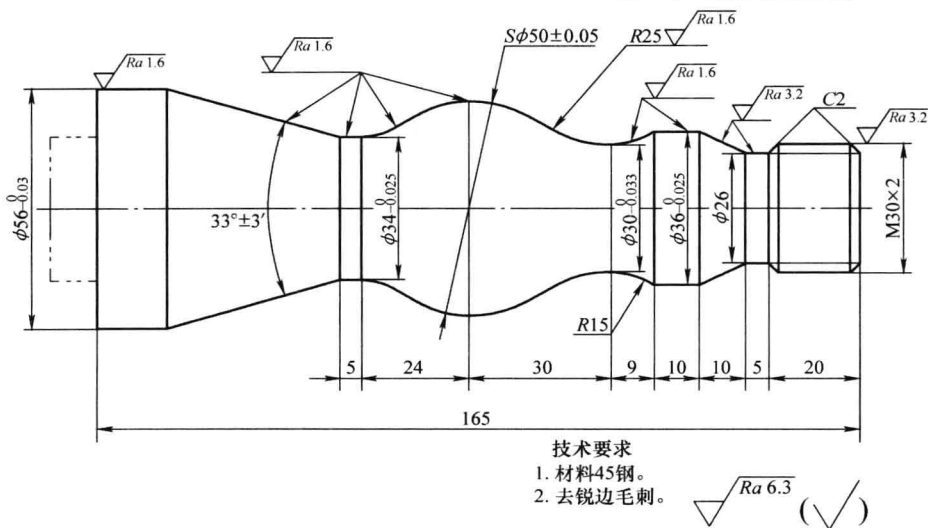


图 1-2 球体轴零件图

单元1 技术要求分析

1. 尺寸公差

从图 1-2 可以看出, 该球体轴轴径 $\phi 56_{-0.03}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 34_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 36_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 的公差等级为 IT7 级, $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm}$ 的公差等级为 IT8 级, 球面 $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 的公差等级为 IT10 级。因此, 外圆的尺寸精度相对轴向尺寸要求较高。

2. 几何公差

球面 $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 既有尺寸公差, 又兼有控制该球面形状 (线轮廓) 误差的作用, 因此, 有一定的形状误差要求。

3. 表面粗糙度

外圆 $\phi 56_{-0.03}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 34_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 36_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm}$, 球面 $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 和左侧圆锥面的表面粗糙度 Ra 值均不大于 $1.6 \mu\text{m}$; 螺纹表面、 $\phi 26 \text{ mm}$ 圆柱面及相邻圆锥面的表面粗糙度 Ra 值不大于 $3.2 \mu\text{m}$, 其余表面粗糙度 Ra 值不大于 $6.3 \mu\text{m}$ 。

从上述分析可以看出, 球体轴的重要加工表面为外圆 $\phi 56_{-0.03}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 34_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 36_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm}$, 主要加工表面为球面 $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 。因此, 保证外圆 $\phi 56_{-0.03}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 34_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 36_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm}$ 和球面 $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 的尺寸精度, 以及球面 $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 的线轮廓度和表面粗糙度, 是该球体轴零件加工的关键。

单元2 工艺过程分析

制订工艺过程的依据为零件的结构、技术要求、生产类型和设备条件等。该球体轴是一根各直径相差不大的实心阶梯轴, 普通精度要求, 材料为 45 钢, 生产类型为中批量生产, 毛坯为 $\phi 60 \text{ mm}$ 棒料。主要定位基准为轴线和左端大端面, 可采用“一夹一顶”的方式装夹。

主要表面的加工方法如下:

1) $\phi 56_{-0.03}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 34_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 、 $\phi 36_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 和 $\phi 30_{-0.033}^0 \text{ mm}$ 外圆面, $S\phi(50 \pm 0.05) \text{ mm}$ 球面及圆锥面: 粗车→半精车→精车。

2) 其他表面 (台阶面、螺纹): 粗车→半精车。

该零件无热处理和硬度要求。

基于上面的分析, 该球体轴的加工工艺路线为: 下料→车端面→钻中心孔→粗车→半精车→车螺纹→精车→去锐边毛刺→终检→入库。

单元3 设备及工艺装备的选择

1. 设备选择

根据该球体轴的外廓形状及加工精度, 卧式车床难以满足要求, 因此, 加工设备选用数控车床 CK6140。

2. 刀具选择

根据零件的不同结构选择具体的刀具: B3 中心钻一件, 用来钻右端的中心孔; $72^\circ 30'$ 粗、精车刀各一把, 分别用来粗、精车球面和圆弧面; 95° 粗、精车刀各一把, 分别用来粗、

精车外圆、锥面、端面；60°螺纹粗、半精车刀各一把，分别用来粗、半精车 M30 × 2 螺纹。

3. 量具选择

由于该零件的生产类型属中批量生产，因此可选用通用量具。外圆的尺寸公差等级达 IT7 级，故外圆的最终测量应使用 25 ~ 50mm、50 ~ 75mm 的外径千分尺；测量轴向尺寸及其他工序尺寸时，游标卡尺即可满足使用要求；圆锥面测量选用游标万能角度尺；外螺纹的测量采用螺纹环规。

基于以上分析，球体轴零件车削加工所用刀具为外圆车刀、端面车刀和螺纹车刀。图 1-3 所示为球体轴车削加工示意图。

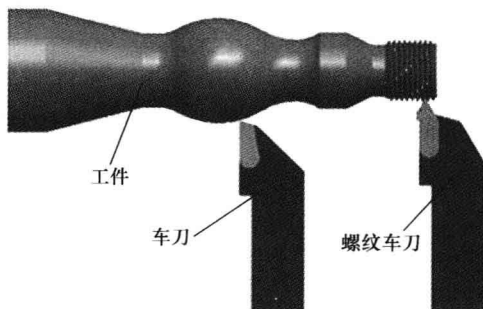


图 1-3 球体轴车削加工示意图

模块 2 切削加工概述

金属切削加工是在金属切削机床上利用工件和刀具彼此间协调的相对运动，切除工件上多余的金属材料，获得符合要求的尺寸精度、形状精度、位置精度和表面质量的加工方法。

单元 1 切削运动

1. 切削加工的基本条件

为保证切削加工过程能够顺利进行，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 这类相对运动由各种切削机床的传动系统提供。

(2) 刀具材料的性能能够满足切削加工的需要 如足够的硬度和强度、高温下的耐磨性等。

(3) 刀具必须具有一定的空间几何结构 从工件上切除多余材料的本质，仍然是材料受力变形直至断裂破坏，只是完成这个过程的时间很短，材料变形破坏的速度很快。为了在完成这一过程时能够确保加工质量，尽量减少动力消耗和延长刀具寿命，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。

2. 工件上的加工表面

切削加工中，随着切削层（加工余量）不断被刀具切除，工件上有三个处于变动中的表面，如图 1-4 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 工件上经刀具切削后产生的新表面。

(3) 过渡表面 工件上由切削刀正在切削着的表面，位于待加工表面和已加工表面之间。

需要指出的是，在切削加工过程中，这三个表面始终处于不断的变动之中：前一次走刀的已加工表面，即为后

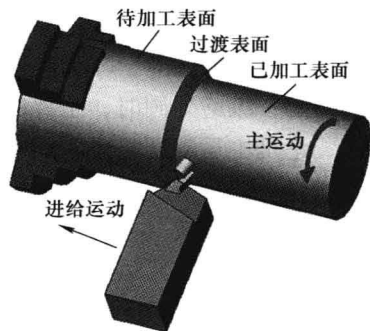


图 1-4 切削运动及加工表面

一次走刀的待加工表面；过渡表面则随进给运动的进行不断被刀具切除。

3. 切削加工中的运动及构成

在切削加工形成零件所需表面的过程中，刀具和工件间的相对运动，按作用的不同分为两类，即切削运动和辅助运动。

(1) 切削运动 直接完成切除加工余量任务，形成零件所需表面的运动，称为切削运动。图 1-5 所示为常见加工方法的切削运动。切削运动包括主运动和进给运动。

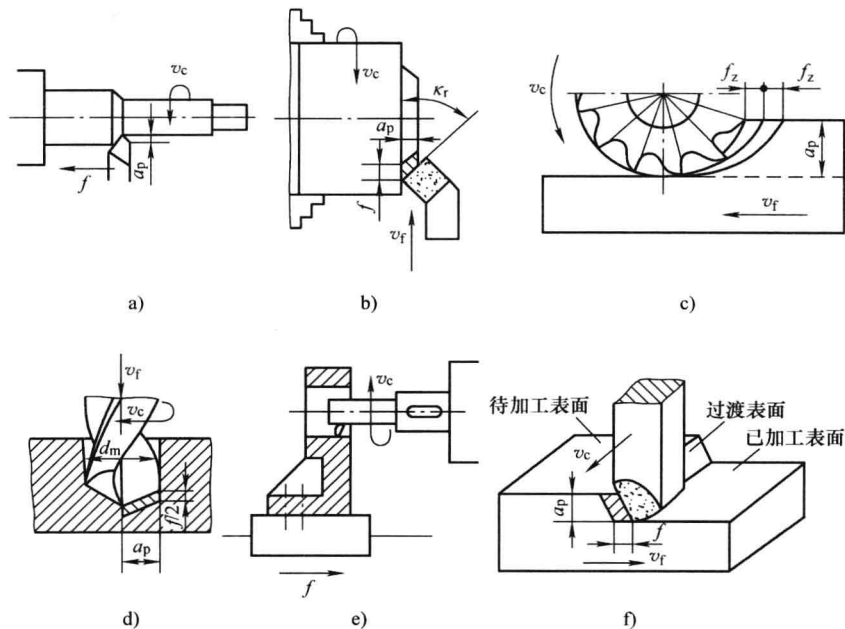


图 1-5 常见加工方法的切削运动

a) 车外圆 b) 车端面 c) 周铣 d) 钻孔 e) 镗孔 f) 刨平面

1) 主运动。直接切除工件上的多余材料，使之转变为切屑，从而形成工件新表面的运动称为主运动。主运动通常只有一个，且速度和功率消耗较大。例如：车床上工件的旋转运动；龙门刨床刨削时，工件的直线往复运动；牛头刨床刨刀的直线往复运动；铣床上的铣刀、钻床上的钻头和磨床上砂轮的旋转等都是切削加工时的主运动，如图 1-5 中的 v_c 。

2) 进给运动。将工件上的多余材料不断投入切削区进行切削，以逐渐切削出零件所需整个表面的运动称为进给运动。进给运动一般有一个，也可多于一个，且速度和功率消耗较小。例如：车外圆时，车刀纵向连续的直线运动；在牛头刨床上刨平面时，工件横向间断的直线移动；纵磨外圆时，工件的圆周进给运动和轴向直线进给运动等，如图 1-5 中的 f 或 v_f 。

无论是主运动还是进给运动，其基本运动形式均为连续或间歇的直线运动或回转运动，两者通过不同形式进行组合，则可构成多种符合需要的切削运动。主运动和进给运动可由刀具和工件分别完成（如车削和刨削），也可由刀具单独完成（如钻孔），但很少由工件单独完成。主运动和进给运动可以同时进行（如车削、钻削），也可以交替进行（如刨平面、插键槽）。在主运动和进给运动同时进行的切削加工中（如车外圆、钻孔、铣平面等），常在选定点将两者按矢量加法合成，称为合成切削运动。合成运动的速度 v_e 等于主运动速度 v_c 。

与进给运动速度 v_f 的矢量之和, 如图 1-6 所示, 即

$$\vec{v}_e = \vec{v}_c + \vec{v}_f \quad (1-1)$$

(2) 辅助运动 辅助运动不直接参与切除多余材料, 但却是完成零件表面加工全过程必不可少的运动。例如, 控制切削刃切入工件表面深度的吃刀运动, 重复走刀前的退刀运动, 以及刨刀、插齿刀等回程时的让刀运动等。

单元 2 切削用量和材料切除率

在生产中, 将切削速度、进给量和背吃刀量统称为切削用量, 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。切削用量的选择直接影响材料切除率, 进而影响生产率。

1. 切削速度 v_c

切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度称为切削速度, 单位为 m/min 或 m/s 。当主运动为旋转运动时, v_c 可按式计算

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \approx \frac{d n}{318} \quad (1-2)$$

式中 d ——切削刃选定点处刀具或工件的直径 (mm);

n ——主运动转速 (r/min 或 r/s)。

切削刃上各点的切削速度有可能不同, 考虑到刀具的磨损和工件的表面加工质量, 在计算时应以切削刃上各点的最大切削速度为准。

2. 进给量 f

主运动经过一个循环, 刀具和工件沿进给运动方向产生的相对位移量称为进给量。如图 1-5 所示, 用单齿刀具 (如车刀、刨刀) 进行加工时, 常用刀具或工件每转或每行程刀具在进给运动方向上相对工件发生的位移量来度量进给量, 称为每转进给量 (mm/r) 或每行程进给量 (mm/str)。

进给量也可用进给运动的瞬时速度 (即进给速度) 来表示。刀具切削刃上选定点相对工件的进给运动的瞬时速度称为进给速度, 记作 v_f , 单位为 mm/min 或 mm/s 。对于连续进给的切削加工, v_f 可按式计算

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

对于主运动为往复直线运动的切削加工 (如刨削、插削), 一般不规定进给速度, 但规定每行程进给量。

3. 背吃刀量 a_p

背吃刀量 a_p 是指垂直于进给速度方向测量的切削层最大尺寸 (有关切削层参数的概念见模块 3 单元 6), 单位为 mm 。对于外圆车削, 背吃刀量为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离, 即

$$a_p = \frac{1}{2}(d_w - d_m) \quad (1-4)$$

式中 d_w ——工件待加工表面的直径 (mm);

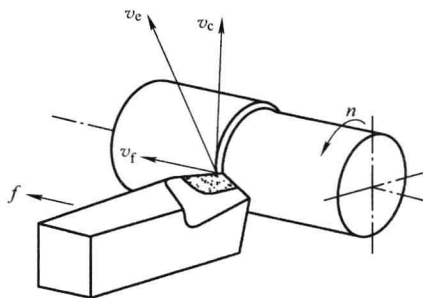


图 1-6 车削时的合成切削速度

d_m ——工件已加工表面的直径 (mm)。

4. 材料切除率 Q

在切削过程中, 单位时间内切除材料的体积称为材料切除率, 单位为 mm^3/min 或 mm^3/s 。其计算公式为

$$Q = 1000 a_p f v_c \quad (1-5)$$

材料切除率是衡量切削效率的重要指标, 切削用量的大小对其有直接影响。

模块3 车刀的组成及车刀角度

单元1 车刀的组成

切削刀具的种类很多, 结构也多种多样。外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具之一。车刀由刀头 (刀体) 和刀柄两部分组成, 刀头用于切削, 刀柄用于装夹。其切削部分由刀面和切削刃构成 (三面、两刃、一尖), 如图 1-7 所示。

其定义分别为:

(1) 前面 (前刀面) A_f 刀具上切屑流过的表面。

(2) 后面 (后刀面) A_a 刀具上与工件上切削中产生的表面相对的表面。

(3) 副后面 (副后刀面) A'_a 刀具上与工件已加工表面相对的表面。

前面与后面之间所包含的刀具体部分称为刀楔。

(4) 主切削刃 S 前面与后面的交线, 它完成主要的切削工作。

(5) 副切削刃 S' 除主切削刃以外的切削刃, 它配合主切削刃完成切削工作。

(6) 刀尖 主切削刃和副切削刃连接处的一小段切削刃, 它一般为小的直线段或圆弧。

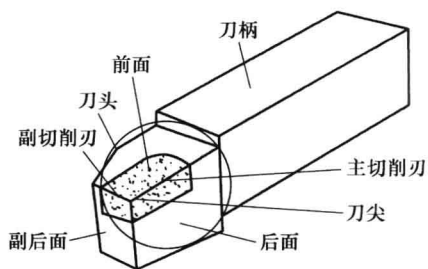


图 1-7 车刀的组成

单元2 刀具角度参考系

刀具角度是确定刀具切削部分几何形状的重要参数, 用于定义和规定刀具角度的各基准坐标平面称为参考系。

参考系有两类: 一类称为刀具静止参考系 (或称为标注参考系), 它是设计刀具时标注、刃磨和测量的基准, 由此定义的刀具角度称刀具静态角度或标注角度; 另一类称为刀具工作参考系, 它是确定刀具切削加工时几何参数的基准, 由此定义的刀具角度称刀具工作角度。两者的区别在于, 前者是在一定的假设条件下建立的, 而后者是根据生产中的实际状况建立的。

1. 建立静止参考系的条件

1) 运动假设。假设刀具的进给运动速度为 0。

2) 安装假设。假设切削刃上选定点与工件中心线等高, 刀柄中心线与进给方向垂直。

2. 静止参考系

设计刀具时标注、刃磨、测量角度最常用的是正交平面参考系。但在标注可转位刀具或大刃倾角刀具时，常采用法平面参考系。在刀具制造过程中，如铣削刀槽、刃磨刀面时，常需用假定工作平面参考系中的角度。

(1) 正交平面参考系 正交平面参考系由以下三个平面组成，如图 1-8 所示。

1) 基面 p_r 。过切削刃选定点的平面，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。一般来说，其方位要垂直于假定的主运动方向。

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的平面。

3) 正交平面 p_o 。过切削刃选定点同时垂直于切削平面与基面的平面。

(2) 法平面参考系 法平面参考系由 p_r 、 p_s 和 p_n 三个平面组成，如图 1-9 所示。其中，法平面 p_n 是过切削刃上选定点并垂直于切削刃（若切削刃为曲线，则垂直于切削刃在该点的切线）的平面。法平面 p_n 与正交平面 p_o 之间的夹角为刃倾角 λ_s 。

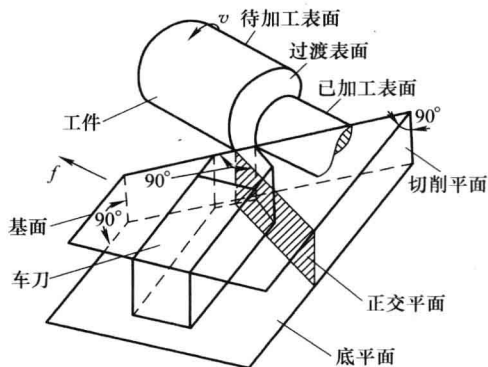


图 1-8 正交平面参考系

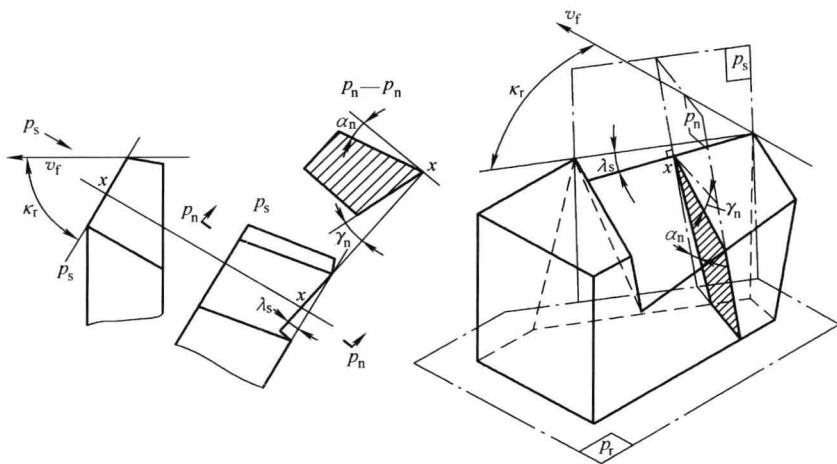


图 1-9 法平面参考系及车刀角度

(3) 假定工作平面参考系 假定工作平面参考系由 p_r 、 p_f 和 p_p 三个平面组成，如图 1-10 所示。其中，假定工作平面 p_f 为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的平面，背平面 p_p 为过切削刃上选定点既垂直于假定工作平面又垂直于基面的平面。

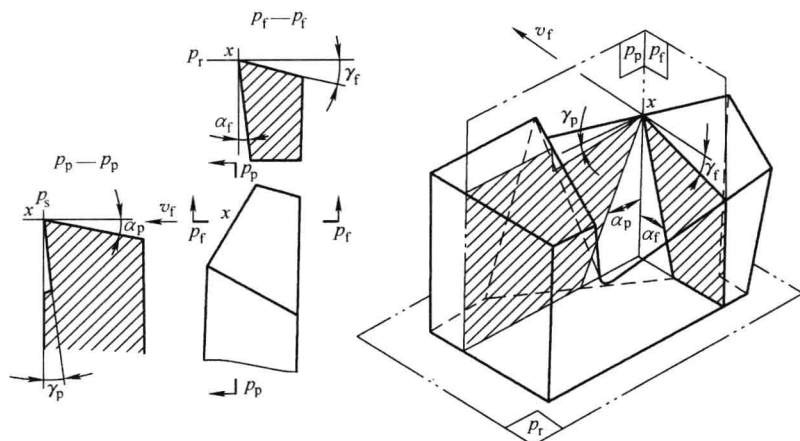


图 1-10 假定工作平面参考系及车刀角度

单元3 车刀角度

1. 车刀角度的定义

车刀角度是指车刀上的切削刃、刀面与参考系中各参考面间的夹角，用以确定切削刃、刀面的空间位置。正交平面参考系中的车刀角度定义如下（图 1-11）。

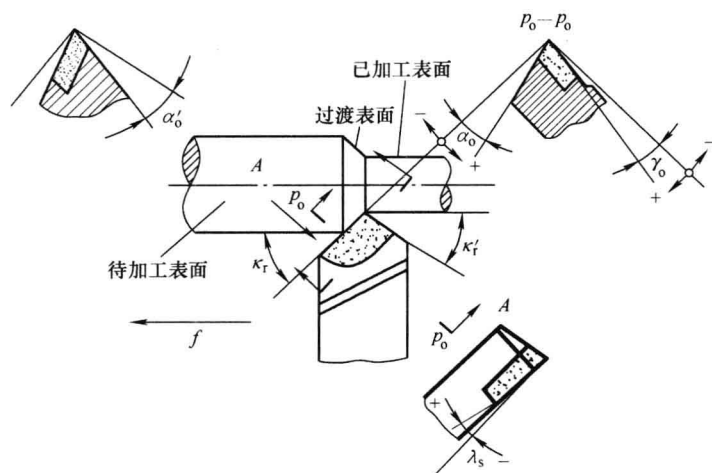


图 1-11 正交平面参考系中的车刀角度

- (1) 前角 γ_o 。正交平面中测量的，前面与基面间的夹角。
- (2) 后角 α_o 。正交平面中测量的，后面与切削平面间的夹角。
- (3) 主偏角 κ_r 。基面中测量的，切削平面与假定工作平面间的夹角。
- (4) 副偏角 κ'_r 。基面中测量的，副切削平面与假定工作平面间的夹角。
- (5) 刃倾角 λ_s 。切削平面中测量的，主切削刃与基面间的夹角。

用上述四个角度就能确定车刀主切削刃及其前、后面的方位。其中，用 γ_o 和 λ_s 可确定前面的方位，用 α_o 和 κ_r 可确定后面的方位，用 κ_r 和 λ_s 可确定主切削刃的方位。

在法平面中测量的,前面与基面间的夹角称为法前角 γ_n ,后面与切削平面间的夹角称为法后角 α_n 。

在假定工作平面中测量的,前面与基面间的夹角称为侧前角 γ_f ,后面与切削平面间的夹角称为侧后角 α_f ;在背平面中测量的前面与基面间的夹角、后面与切削平面间的夹角分别称为背前角 γ_p 和背后角 α_p 。

2. 车刀角度正、负的规定

如图 1-12a 所示,前面与基面平行时前角为 0° ;前面与切削平面间的夹角小于 90° 时,前角为正;夹角大于 90° 时,前角为负。后面与基面间的夹角小于 90° 时,后角为正;大于 90° 时,后角为负。

刃倾角是前面与基面在切削平面中的测量值,因此其正、负的判断方法与前角类似,如图 1-12b 所示。切削刃与基面平行时,刃倾角为零;刀尖相对于车刀的底平面处于最高点时,刃倾角为正;处于最低点时,刃倾角为负。

主偏角 κ_r 和副偏角 κ'_r 一般为正值。

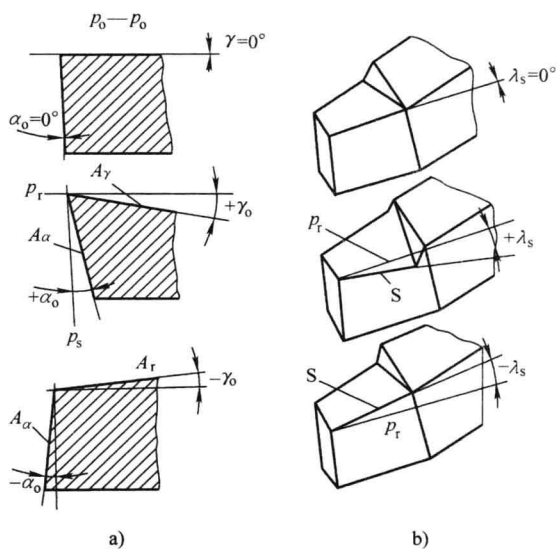


图 1-12 刀具角度正、负的规定

单元 4 车刀角度的一面两角分析法

车刀设计图一般用正交平面参考系标注角度,它既能反映刀具的切削性能,又便于刃磨检测。刀具图取基面投影为主视图,背平面(外圆车刀)或假定工作平面(端面车刀)投影为侧视图,切削平面投影为向视图。同时作出主、副切削刃上的正交平面,标注必要的角度及刀柄尺寸。派生角度及非独立尺寸均不需要标注。视图间应符合投影关系,角度及尺寸应按选定比例绘制。

因为表示空间任意一个平面方位的定向角度只需两个,所以,判断车刀切削部分需要标注的独立角度数量可用一面两角分析法确定。即车刀需要标注的独立角度数量是刀面数量的 2 倍。

绘制车刀工作图时,首先应判断或假定车刀的进给运动方向,即确定哪条是主切削刃,哪条是副切削刃,然后确定基面、切削平面及正交平面内的标注角度。下面以直头外圆车刀和 45° 弯头车刀为例进行分析。

1. 直头外圆车刀

直头外圆车刀由前面、后面和副后面组成,即有三个刀面,需要标注 6 个独立角度,包括前面定向角 γ_o 、 λ_s ,后面定向角 α_o 、 κ_r 和副后面定向角 α'_{ot} 、 κ'_{rt} 。

2. 45° 弯头车刀

如图 1-13 所示,弯头车刀磨出四个刀面,三条切削刃,即主切削刃 12,副切削刃 23 或 14。其用途较广,可用于车外圆、车端面、车内孔或倒角。

45° 弯头车刀需要标注的独立角度共有 8 个,包括主切削刃 12 前面的定向角 γ_o 、 λ_s ,主切削刃 12 后面的定向角 α_o 、 κ_r ,副切削刃 14 副后面的定向角 α'_{ot} 、 κ'_{rt} 和副切削刃 23 副后

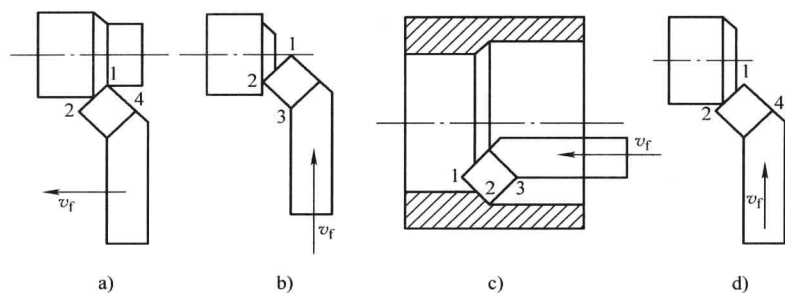


图 1-13 45°弯头车刀
a) 车外圆 b) 车端面 c) 车内孔 d) 倒角

面的定向角 α'_{o2} 、 κ'_{i2} 。

单元 5 刀具的工作角度

1. 刀具工作参考系及工作角度

刀具的安装位置、切削合成运动方向的变化，都会引起刀具工作角度的变化。因此，研究切削过程中的刀具角度，必须以刀具与工件的相对位置和相对运动为基础建立参考系，这种参考系称为工作参考系。用工作参考系定义的刀具角度称为工作角度。这里只介绍最简单的工作正交平面参考系（ p_{re} 、 p_{se} 、 p_{oe} ）及其工作角度，如图 1-14 所示。

- (1) 工作基面 p_{re} 通过切削刃选定点并垂直于合成切削速度方向的平面。
- (2) 工作切削平面 p_{se} 通过切削刃选定点与切削刃相切，且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，同时垂直于工作切削平面与工作基面的平面。
- (4) 刀具工作角度 刀具工作角度的定义与标注角度类似，它是前面、后面、切削刃与工作参考系平面间的夹角。

2. 刀具安装对工作角度的影响

(1) 刀柄偏斜对工作主、副偏角的影响 如图 1-15 所示，车刀随四方刀架逆时针转动 θ 角后，工作主偏角将增大，工作副偏角将减小；顺时针转动 θ 角则相反。工作主偏角和副偏角分别为

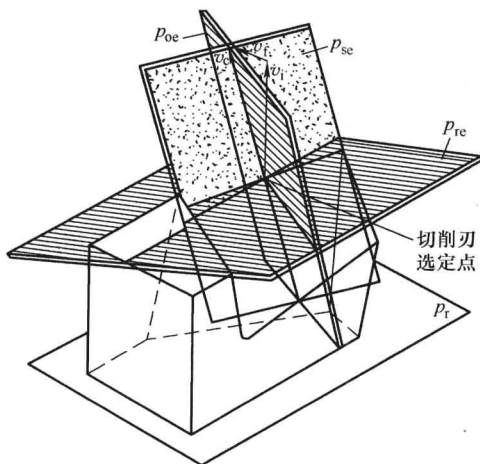


图 1-14 刀具工作参考系

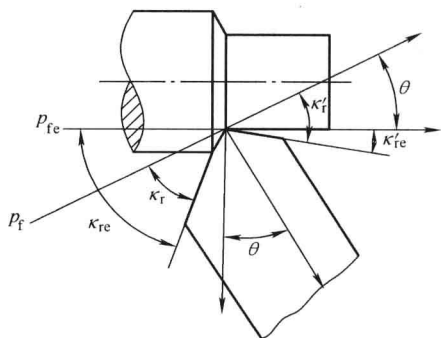


图 1-15 刀柄偏斜对工作主、副偏角的影响

$$\begin{aligned}\kappa_{re} &= \kappa_r \pm \theta \\ \kappa'_{re} &= \kappa'_r \mp \theta\end{aligned}\quad (1-6)$$

(2) 切削刃安装高低对工作前、后角的影响 如图 1-16 所示, 当车刀切削刃选定点 A 高于工件中心 h 时, 将引起工作前、后角的变化。不论是由刀具安装引起的, 还是由刃倾角引起的, 只要切削刃选定点不在中心高度上, A 点的切削速度方向就不与刀柄底面垂直。工作参考系平面 p_{se} 、 p_{re} 转动 ε 角, 工作前角就增大 ε , 工作后角就减小 ε 。工作前、后角分别为

$$\begin{aligned}\sin \varepsilon &= \frac{2h}{d} \\ \gamma_{oe} &= \gamma_o + \varepsilon \\ \alpha_{oe} &= \alpha_o - \varepsilon\end{aligned}\quad (1-7)$$

式中 d —— A 点处的工件直径。

同理, 当切削刃选定点 A 低于工件中心时, 将使工作前角减小、工作后角增大。

加工内表面时, 主切削刃安装得高或低时, 对工作角度的影响与加工外表面时相反。

3. 进给运动对工作角度的影响

(1) 横向进给运动对工作前、后角的影响

图 1-17 所示为刀具切断工件时, 其工作角度的变化。由切削速度 v_c 与进给速度 v_f 组成的合成速度 v_e 切于阿基米德螺旋面的过渡表面, 其螺旋倾角为 μ 。垂直于合成速度的工作基面 p_{re} 与静态基面 p_r 间的夹角为 μ , 同样, 包含 v_e 的工作切削平面 p_{se} 与静态切削平面 p_s 间的夹角也为 μ 。于是, 工作前角和工作后角分别为

$$\begin{aligned}\tan \mu &= \frac{v_f}{v_c} = \frac{f}{\pi d} \\ \gamma_{oe} &= \gamma_o + \mu \\ \alpha_{oe} &= \alpha_o - \mu\end{aligned}\quad (1-8)$$

当切削刃接近工件中心时, μ 越来越大, α_{oe} 会变成负值。这时, 就不是在切削, 而是在顶挤工件了。所以, 切断时工件上总留下 1~2mm 的小圆柱, 这正说明最后工件是被刀具后面顶断的。对于切槽和不切削到工件中心的车端面操作, 由于 f 较小而 d 较大, 所以工作角度的变化较小, 可以忽略不计。

(2) 纵向进给运动对工作前、后角的影响 纵向进给车外圆时, 切削合成运动形成的加工表面为圆柱螺旋线, 如图 1-18 所示。过主切削刃上选定点 A 的加工表面的螺纹升角为 ϕ 。

$$\tan \phi = \frac{v_f}{v_c} = \frac{f}{\pi d} \quad (1-9)$$

由于在 p_r 平面中工作基面和工作切削平面倾斜了 ϕ 角, 所以在 p_r 平面中后角减少了 ϕ ,

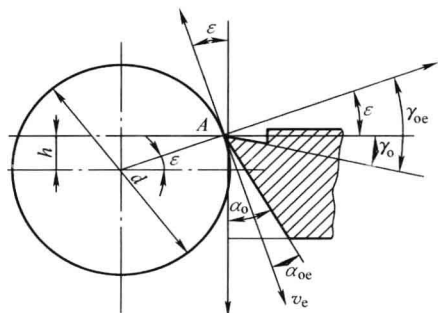


图 1-16 切断时切削刃高于工件中心对工作前、后角的影响

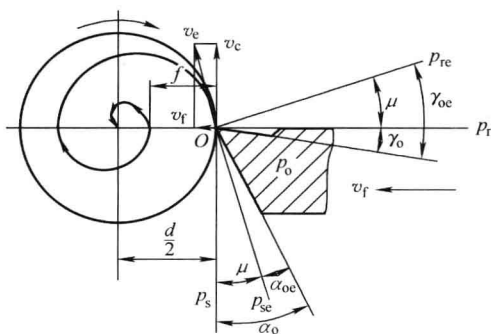


图 1-17 横向进给运动对工作前、后角的影响