



普通高等教育机电类专业规划教材

数控加工工艺

第二版

贺曙新 张思弟 文少波 编



化学工业出版社

数控加工工艺

第二版

贺曙新 张思弟 文少波 编
周志明 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书内容包括：金属切削加工基础、机械加工工艺规程、机床夹具、零件加工精度与表面质量、数控车削加工工艺、数控铣削与加工中心加工工艺。各章后附有适量的复习思考题。

本书在对数控加工工艺等相关知识进行介绍的基础上，结合具体典型零件，从本质上进行分析介绍，使读者理解掌握数控加工工艺的实质。本书内容精炼，深入浅出，并注重相关知识间的联系与结合，便于自学。

本书可作为普通高等院校、高职高专数控和机电类专业教材，还可作为职工大学、培训机构、电视大学、函授大学等相关专业教材或教学参考书，也可供机械加工及其自动化行业广大科研、工程技术人员等自学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺/贺曙新, 张思弟, 文少波编. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2011. 1
普通高等教育机电类专业规划教材
ISBN 978-7-122-09892-4

I. 数… II. ①贺…②张…③文… III. 数控机床-
加工工艺-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 217944 号

责任编辑: 高 钰
责任校对: 王素芹

文字编辑: 李 娜
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{1}{2}$ 字数 346 千字 2011 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

《数控加工工艺》自 2005 年 5 月出版以来，受到了广大读者的普遍欢迎，已经多次印刷。近几年，数控技术迅猛发展，新技术、新工艺和新系统层出不穷，为适应这一趋势，现对《数控加工工艺》进行修订，主要特点如下。

1. 注重实践性、启发性和科学性，做到基本概念清晰，重点突出，简明扼要，对基本理论部分以必需和够用为原则。在讲清基本知识的基础上，注重能力的培养，并努力做到理论联系实际，体现面向生产实际。

2. 本书第五章和第六章的内容做了较大的调整。为了加深学习者对数控加工工艺的理解，掌握实际数控工艺分析的能力，加大了示例分析的内容。例如：在第五章，对于典型零件数控车削加工工艺分析时，按照零件结构特点的不同，将原来的盘套类零件章节分为盘类零件和套类零件分别描述，并相应地增加了示例。在第六章，对典型零件加工工艺分析时，分别从数控铣削和加工中心两方面着手，选择简单零件和复杂零件进行了示例分析。同时适当增加了部分习题，其他章节亦进行了适当修改。

3. 每章后面均附有复习思考题，便于学生理解和掌握基本内容，培养学生的思维方法。

本书由南京工程学院贺曙新、张思弟和文少波编写。其中第 1 章和第 3 章由张思弟编写，第 2 章和第 4 章由贺曙新编写，第 5 章和第 6 章由文少波编写。全书由贺曙新负责统稿。周志明担任本书主审。

限于编者水平，书中疏漏和不足之处恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 10 月

第一版前言

数控技术自问世半个多世纪以来，随着相关技术的发展和需求的不断增长而迅速发展。特别是近 20 年来，数控技术开创了一个全新的局面。我国从 20 世纪 80 年代开始推广数控技术，经过 20 多年的发展，到本世纪初，随着国家经济建设的发展，数控机床需求量出现了前所未有的增长势头。

随着数控机床的大量应用，尽快培养与此相适应的人才就显得尤为迫切，国家相关部门对此也极为重视，采取了一系列相应的措施。例如，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”，劳动和社会保障部也正在实施“国家高技能人才培养工程”，其共同目的就是缓解并最终解决目前社会人才需求矛盾。

本书注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰，重点突出，简明扼要，对基本理论部分以必需和够用为原则。着重介绍基本知识，注重能力培养，努力做到理论与实际并重，理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂，体现面向生产实际，突出职业精神。每章后都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的复习思考题。书中基本术语、材料牌号、设备型号等均采用了新标准。

本书由贺曙新、张思弟、文少波编写。其中第 1 章由张思弟编写，第 2、3、4 章由贺曙新编写，第 5、6 章由文少波编写。全书由贺曙新负责统稿定稿。周志明副教授担任本书主审并提出了许多宝贵意见。

本书在编写过程中参考了大量的教材、手册等资料，在此对有关人员表示衷心的感谢！

数控技术是一项高速发展的现代先进技术，由于编者学识水平和经验有限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第 1 章 金属切削加工基础	1
1.1 切削运动与切削要素	1
1.1.1 切削所需要的运动	1
1.1.2 切削所产生的表面	1
1.1.3 切削用量三要素	2
1.2 刀具组成及几何角度	2
1.2.1 刀具组成	2
1.2.2 参考坐标平面	3
1.2.3 刀具几何角度的基本定义	4
1.2.4 刀具的工作角度	5
1.2.5 切削层参数	6
1.3 金属切削过程	7
1.3.1 切屑的形成过程和切屑种类	8
1.3.2 积屑瘤	9
1.3.3 鳞刺	10
1.3.4 已加工表面的变形	11
1.4 刀具材料	11
1.4.1 刀具材料必须具备的基本性能	11
1.4.2 工具钢	12
1.4.3 高速钢	13
1.4.4 硬质合金	14
1.4.5 硬质合金涂层刀具	15
1.4.6 陶瓷刀具	18
1.4.7 超硬材料刀具	19
1.5 切削力、切削热和切削温度	20
1.5.1 切削力的来源	21
1.5.2 切削分力及其作用	21
1.5.3 影响切削力的因素	21
1.5.4 切削功率及主切削力的估算	23
1.5.5 切削热与切削温度	24
1.6 刀具磨损和寿命	25
1.6.1 刀具磨损形式	25
1.6.2 刀具磨损过程和磨钝标准	26
1.6.3 刀具寿命	27
1.6.4 刀具寿命的影响因素和合理寿命	27
1.7 工件材料的切削加工性和切削液	29

1.7.1	切削加工性的概念和衡量指标	29
1.7.2	改善材料切削加工性的途径	30
1.7.3	合理使用切削液	30
1.8	刀具几何角度的选择	32
1.8.1	前角	32
1.8.2	前面的形状及选择	33
1.8.3	后角选择	33
1.8.4	主偏角、副偏角选择	34
1.8.5	刃倾角功用及选择	35
1.8.6	过渡刃形状及参数选择	35
1.9	切削用量的选择	36
1.9.1	切削用量的选择原则	36
1.9.2	切削用量的选择方法	37
1.9.3	选择切削用量实例	39
1.9.4	高速切削用量的选择	42
	复习思考题	42
第2章	机械加工工艺规程	44
2.1	概述	44
2.1.1	生产过程和机械加工工艺过程	44
2.1.2	机械加工工艺过程的组成	44
2.1.3	生产类型及其工艺特征	45
2.1.4	制定机械加工工艺规程的原始资料和步骤	46
2.2	定位基准的选择原则	47
2.2.1	基准的概念	47
2.2.2	定位基准的选择	47
2.3	工艺路线的拟定	49
2.3.1	表面加工方法的选择	49
2.3.2	加工阶段的划分	51
2.3.3	工序的集中与分散	52
2.3.4	加工顺序的安排	53
2.4	加工余量及工序尺寸的确定	53
2.4.1	加工余量的概念	53
2.4.2	加工余量的确定方法	54
2.5	工艺尺寸链	55
2.5.1	工艺尺寸链的定义和特征	55
2.5.2	尺寸链的组成及做法	56
2.5.3	尺寸链的基本计算式	56
2.5.4	工艺尺寸链的应用	57
2.6	工艺方案的经济分析与工艺文件	61
2.6.1	生产成本和工艺成本	61
2.6.2	工艺文件	62

2.7 时间定额和提高生产率的工艺途径	64
2.7.1 时间定额	64
2.7.2 提高生产率的工艺途径	65
复习思考题	65
第3章 机床夹具	67
3.1 机床夹具概述	67
3.1.1 工件装夹的实质	67
3.1.2 工件装夹的方法	67
3.1.3 夹具的组成	69
3.1.4 夹具的功用	69
3.1.5 夹具的分类	70
3.2 工件在夹具中的定位	71
3.2.1 工件定位基本原理	72
3.2.2 常见定位方式及定位元件	73
3.3 定位误差	82
3.3.1 定位误差的组成	83
3.3.2 工件以圆柱面定位时定位基准位移误差的计算	83
3.3.3 工件在V形块上定位时定位误差的计算	84
3.3.4 定位误差分析计算实例	87
3.4 工件的夹紧	88
3.4.1 夹紧装置的组成与要求	88
3.4.2 斜楔夹紧机构	89
3.4.3 螺旋夹紧机构	91
3.4.4 偏心夹紧机构	94
3.4.5 夹紧机构的设计原则	96
3.5 夹具设计方法与步骤	97
3.5.1 夹具设计的基本要求	97
3.5.2 夹具设计步骤	97
3.5.3 夹具总图上尺寸、公差及技术要求的标注	98
3.5.4 工件在夹具中加工的精度分析	99
3.5.5 夹具的制造特点及其保证精度的方法	100
复习思考题	100
第4章 零件加工精度与表面质量	103
4.1 概述	103
4.1.1 加工精度和加工误差	103
4.1.2 表面质量	104
4.2 加工精度的影响因素	106
4.2.1 获得加工精度的方法	106
4.2.2 原始误差	107
4.2.3 加工原理误差	107

4.2.4	机床几何误差	107
4.2.5	刀具误差	110
4.2.6	工艺系统的弹性变形	111
4.2.7	工艺系统中传动力、惯性力、夹紧力和重力引起的变形对加工精度的影响	116
4.2.8	工艺系统的热变形	119
4.2.9	工件内应力(残余应力)	120
4.2.10	其他原因	120
4.3	提高加工精度的工艺途径	121
4.3.1	减小误差法	121
4.3.2	误差补偿法	121
4.3.3	误差分组法	122
4.3.4	转移误差法	122
4.3.5	就地加工法	122
4.3.6	误差均分法	123
4.4	表面质量的影响因素	123
4.4.1	切削加工后的表面粗糙度	123
4.4.2	磨削加工后的表面粗糙度	125
4.4.3	机械加工后表面层物理力学性能的影响因素	127
4.5	提高表面质量的工艺途径	130
4.5.1	减小表面粗糙度的加工方法	131
4.5.2	改善表面层物理力学性能的加工方法	134
4.6	机械加工过程中的振动	135
4.6.1	受迫振动(强迫振动)	136
4.6.2	自激振动(自振)	137
	复习思考题	139

第5章	数控车削加工工艺	141
5.1	数控车床概述	141
5.1.1	数控车床分类	141
5.1.2	数控车床结构特点	142
5.2	数控车削加工的工艺特点	142
5.3	数控车削加工的主要对象	143
5.4	数控车削加工工艺的制定	145
5.4.1	零件图工艺分析	145
5.4.2	工件的装夹方式和夹具的选择	145
5.4.3	刀具的选择	146
5.4.4	对刀点和换刀点的确定	149
5.4.5	工序的确定	149
5.4.6	加工顺序的确定	150
5.4.7	进给路线的确定	151
5.4.8	切削用量的选择	155
5.5	典型零件加工工艺分析	157

5.5.1 轴类零件	157
5.5.2 套类零件	158
5.5.3 盘类零件	161
复习思考题	163
第6章 数控铣削与加工中心加工工艺	165
6.1 数控铣床和加工中心	165
6.1.1 数控铣床	165
6.1.2 加工中心	166
6.2 数控铣削与加工中心加工工艺特点	168
6.2.1 数控铣削加工工艺特点	168
6.2.2 加工中心加工工艺特点	168
6.3 数控铣削与加工中心的主要加工对象	169
6.3.1 平面类零件	169
6.3.2 变斜角类零件	169
6.3.3 曲面类(立体类)零件	170
6.3.4 孔和孔系	170
6.3.5 螺纹	170
6.4 数控铣削与加工中心加工工艺的制定	171
6.4.1 零件图的工艺分析	171
6.4.2 加工方案的确定	175
6.4.3 加工工序的划分	179
6.4.4 装夹方案和夹具的选择	181
6.4.5 数控铣刀的选择	181
6.4.6 对刀点和换刀点的确定	185
6.4.7 加工路线的确定	186
6.4.8 切削用量的确定	190
6.4.9 填写数控工序卡片	191
6.5 典型零件加工工艺分析	192
6.5.1 典型零件的数控铣削加工工艺	192
6.5.2 典型零件的数控加工中心加工工艺	198
复习思考题	203
参考文献	206

第 1 章 金属切削加工基础

1.1 切削运动与切削要素

1.1.1 切削所需要的运动

金属切削加工是用金属切削刀具从工件毛坯上切去多余的金属层,从而获得合乎设计要求的工件的一种加工方法。为了实现切削加工,刀具与被加工工件间必须具有一定的相对运动,这种相对运动通常由金属切削机床来实现。切削运动一般可分为主运动和进给运动两类,如图 1-1 所示。

(1) 主运动

主运动是切去金属层形成已加工表面必不可少的运动,对于车削加工来说即为工件的旋转运动。主运动是速度最高、消耗功率最大的切削运动。主运动的线速度称为切削速度,用 v_c 表示。以车削为例,其切削速度为

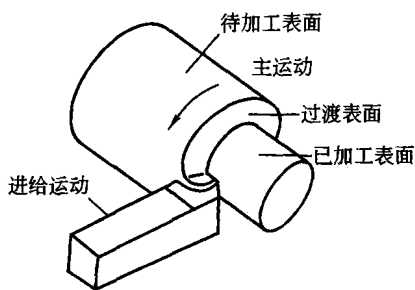


图 1-1 车削时的切削运动

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

式中 v_c ——切削速度, m/min;

d ——工件车削加工处的最大直径, mm;

n ——工件转速, r/min。

(2) 进给运动

进给运动是使新的切削层金属不断投入切削的运动。通常用进给量 f 来表示其大小。车削进给量是工件每转一转刀具相对工件沿进给运动方向移动的距离。进给量单位为 mm/r。铣削加工通常用进给速度 v_f 来表示,显然进给速度 v_f 可按下式计算

$$v_f = f n \quad (1-2)$$

式中 v_f ——进给速度, mm/min;

f ——进给量, mm/r;

n ——工件转速, r/min。

一般主运动和进给运动同时进行,此时刀具切削刃上某一点与工件间的相对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 来表示。它等于主运动速度 v_c 和进给运动速度 v_f 的向量和,如图 1-2 所示。

1.1.2 切削所产生的表面

切削时,在主运动和进给运动的作用下,工件上的多余金属层不断地被刀具切去成为切屑,从而加工出所需要的表面来。此时,工件上有三个不断变化的表面,如图 1-1 所示。

(1) 待加工表面

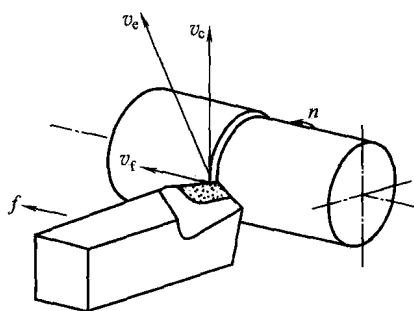


图 1-2 车削时的合成速度向量

工件上即将被切除的表面。

(2) 已加工表面

工件上已经切去切屑后形成的表面。

(3) 过渡表面

过渡表面也称为加工表面，是工件上由刀具切削刃正在形成的表面。

1.1.3 切削用量三要素

切削加工时除必须选择主运动参数 v_c 和进给运动参数 f 外，还必须确定每次走刀的切入深度，通常用背吃刀量（切削深度） a_p 来表示。它是工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离。外圆加工的背吃刀量为

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

式中 a_p ——背吃刀量，mm；

d_w ——工件待加工表面直径，mm；

d_m ——工件已加工表面直径，mm。

切断或切槽时的背吃刀量 a_p 等于刀具宽度。

上述切削速度、进给量、背吃刀量统称为切削用量三要素。它对于切削加工精度、生产率和加工成本等影响很大。因此正确合理地选择切削用量三要素非常重要。

1.2 刀具组成及几何角度

1.2.1 刀具组成

金属切削刀具的种类很多，有些刀具形状和结构较复杂，且各不相同。但对于各种复杂刀具或多齿刀具，就其一个刀齿来说，其几何形状和工作情况都相当于一把车刀的刀头。因此，在研究刀具几何角度时，通常以车刀为例介绍刀具几何角度的定义，这些定义同样适合于其他刀具。

如图 1-3 所示，车刀由其刀头和刀柄组成，刀头用来完成切削工作，故又称为切削部分。刀柄用于将车刀装夹固定在车床刀架上。

车刀切削部分一般由三个面、两个刃和一个刀尖组成，可简称为三面、两刃、一尖。

(1) 三个面

① 前面（前刀面） A_f 刀头上控制切屑沿其排出的刀面，即与切屑相接触的刀面。

② 后面（后刀面） A_a 刀头上与过渡表面相对的刀面。

③ 副后面（副后刀面） A'_a 刀头上与已加工表面相对的刀面。

(2) 两个刀刃

① 主切削刃 S 前面和后面的交线，承担主要的切削工作。

② 副切削刃 S' 除主切削刃以外的刀刃，在靠近刀尖处的副切削刃起微量切削作用，

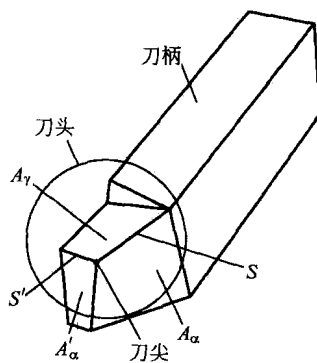


图 1-3 车刀的组成

在大进给切削时，副切削刃同样起主要切削作用。

(3) 刀尖

刀尖是主、副切削刃汇交的一小段切削刃。通常刀尖修正成短直线或小圆弧，以提高刀具使用寿命。需要说明的是，不同类型的刀具，其刀面、切削刃数可能不同，如切断刀就有两个副切削刃和两个刀尖。同一把刀具，当工作情况不同时，其主、副切削刃的功能身份也将产生转化。

1.2.2 参考坐标平面

刀具几何角度是确定刀面和切削刃相对空间位置的重要参数，直接影响刀具的切削性能。为了正确表示刀具几何角度，首先必须选择参考坐标系。参考坐标系是设计计算、绘图标注、刃磨测量刀具几何角度的基准。最基本的参考坐标系为正交平面参考坐标系，它由基面 P_r 、切削平面 P_s 和正交平面 P_o 组成。

(1) 基面

基面是过切削刃上选定点且平行或垂直于刀具安装面（轴线）的平面，即通过切削刃上选定点而又垂直于该点相对运动速度的平面（不考虑进给运动的影响）。如图 1-4 所示，基面平行于车刀底面，它是设计、刃磨、测量的基准面。

(2) 切削平面

切削平面是过切削刃上选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面，即与切削刃相切并包含相对运动速度的平面，如图 1-4 所示。

(3) 正交平面

正交平面是通过切削刃上选定点并垂直于切削平面与基面的平面，即正交平面是垂直于主切削刃在基面上的投影的平面，如图 1-5 所示。图中 AB 为主切削刃， $A'B'$ 为主切削刃在基面上的投影，垂直于 $A'B'$ 的平面即为正交平面。

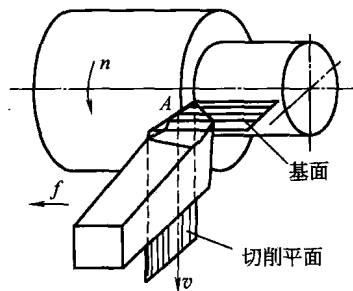


图 1-4 车刀的基面与切削平面

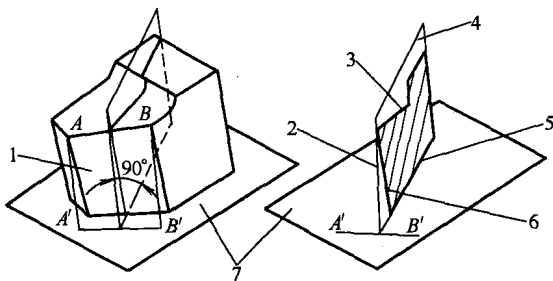


图 1-5 车刀的正交平面

1—切削平面；2—正交平面与切削平面的交线；3—正交平面与前面的交线；4—正交平面；5—正交平面与车刀底面的交线；6—正交平面与主后面的交线；7—车刀底面

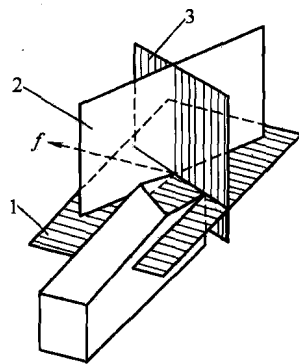


图 1-6 车刀的正交平面参考坐标系

1—基面；2—切削平面；3—正交平面

基面、切削平面和正交平面相互垂直正交，构成一个空间直角坐标系，称为正交平面参考坐标系，如图 1-6 所示。通常刀具几何角度是在正交平面参考坐标系内标注和度量。

对于副切削刃上的选定点同样可以建立类似的坐标系。

1.2.3 刀具几何角度的基本定义

在刀具图纸上标注的角度称为标注角度，也就是制造、刃磨时控制的角度。刀具标注角度通常在上述正交平面参考坐标系内度量，如图 1-7 所示。

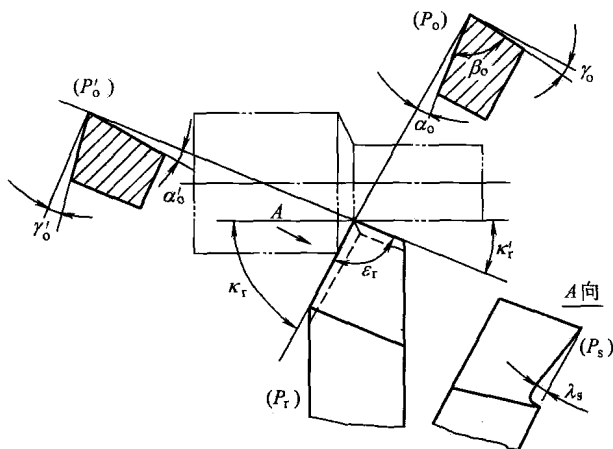


图 1-7 车刀的标注角度

(1) 在正交平面内度量的角度

- ① 前角 γ_o 前面与基面之间的夹角。
- ② 后角 α_o 后面与切削平面之间的夹角。
- ③ 楔角 β_o 前面与后面之间的夹角。

三者间关系为

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o) \quad (1-4)$$

(2) 在基面内测量的角度

- ① 主偏角 κ_r 主切削刃与进给方向之间的夹角。
- ② 副偏角 κ'_r 副切削刃与进给反方向之间的夹角。
- ③ 刀尖角 ϵ_r 主切削刃与副切削刃之间的夹角。

三者间关系为

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-5)$$

(3) 在切削平面内测量的角度

刃倾角 λ_s 主切削刃与基面之间的夹角。

(4) 在副正交平面内测量的角度

对副切削刃同样可以作出其正交平面，称为副正交平面。副后角 α'_o 是副后面与副切削平面之间的夹角。

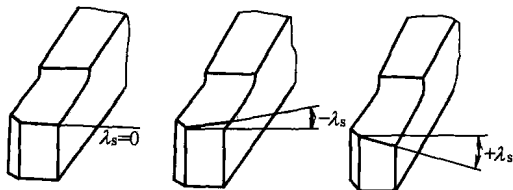


图 1-8 刃倾角的符号

前角、后角、刃倾角均可为正、负或零。在正交平面中，前面与基面平行时前角为零，前面与切削平面间夹角小于 90° 时前角为正，大于 90° 时前角为负。后面与前面在切削平面同一侧时，后角为正，反之为负，但负后角刀具一般不具有切削能力。对于刃倾角可通过观察刀尖位置分为三种不同情况，如图 1-8 所示，当切削刃与底面平行时刃倾角为零，若刀尖处于最高点刃倾角为正，刀尖处于最低点刃倾角则为负。

一把最基本的车刀有主、副两个切削刃。每个切削刃可建立一个坐标系，在每个坐标系

的三个坐标平面上,都可以测量出三个基本角度,即前角、后角和刃倾角。再加上主、副偏角,一共有八个基本角度。但因主、副切削刃处于同一个前面上,当前角和刃倾角确定后,前面的方位即已确定,副前角 γ'_o 和副刃倾角 λ'_s 可以通过换算求得,故称为派生角度。此外刀尖角 ϵ_r 和楔角 β_o 也是派生角。

由此可见,一个车刀刀头具有六个独立工作角度:前角 γ_o 、后角 α_o 、刃倾角 λ_s 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 和副后角 α'_o 。这些角度对刀具性能和切削过程影响很大,必须根据具体情况选择合理的数值,设计时将其标注在刀具工作图上。

1.2.4 刀具的工作角度

上述刀具几何角度(标注角度)是刀具在正交平面坐标系中确定的,即在下列假定条件下建立的标注角度坐标系中确定的几何角度:

- 假定进给运动速度为零;
- 车刀刀尖和工件中心等高,并且刃倾角为零;
- 刀杆中心线垂直于进给方向。

在实际切削过程中,刀具安装位置和进给运动均会导致实际切削角度与标注角度间的差异。在某些情况下,两者甚至相差很大,其影响不可忽视。刀具设计时,一般先根据工况确定出合理的工作角度,然后推算出刀具的标注角度。

(1) 进给运动对工作角度的影响

图1-9所示为割刀割槽工作时的情况,实际加工时,除了工件须作旋转主运动外,刀具尚需作横向进给运动,此时所形成的过渡表面实际上是阿基米德螺旋面,切削平面为通过切削刃并切于螺旋面的平面,而基面又恒与其垂直,从而引起了实际切削前、后角的变化。从图中可以看出,由于进给运动的存在,割刀实际工作后角减小,工作前角增大。其工作角度与标注角度的关系为

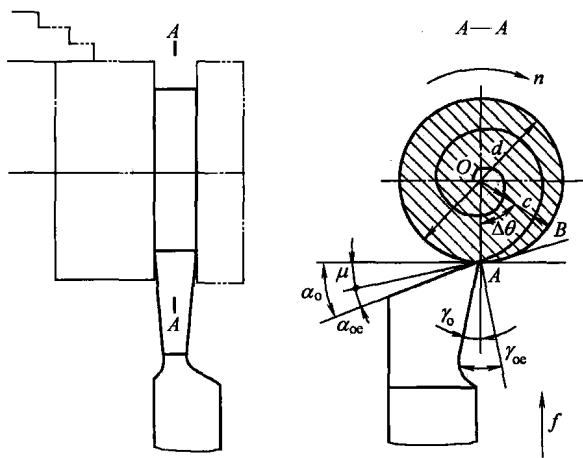


图 1-9 割刀的工作角度

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

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \mu \quad (1-7)$$

式中 α_{oe} ——刀具工作后角;
 γ_{oe} ——刀具工作前角;
 μ ——刀具角度的变化值。

$$\tan \mu = \frac{v_t}{1000 v_c} = \frac{f}{\pi d} \quad (1-8)$$

由式 (1-8) 可见, μ 值随 d 的减小而增大。通常情况下, 当切削刃距离工件中心大约 1mm 时, μ 值大约为 2° , 此时若继续向中心切入, μ 值将急剧增大, 使实际工作后角变为负值。切断工件时, 往往遇到剩下大约 1mm 时就被挤断就是这个道理。

一般车削时, 进给量 f 较小, 由进给运动而引起的刀具角度变化值不超过 1° , 可忽略不计。但当车削螺纹 (尤其是大螺距螺纹) 时, μ 值较大, 应充分考虑其影响。

(2) 刀具安装高度对工作角度的影响

图 1-10 所示为切断刀的不同安装情况。当刀尖与工件中心等高时, 切削平面与车刀底面相垂直, 而基面与车刀底面相平行, 刀具实际工作角度与标注角度相一致。若刀尖安装高于或低于工件中心, 则切削平面和基面发生倾斜, 从而引起刀具实际工作角度的变化。当刀尖安装高于工件中心时, 刀具工作前角增大, 后角减小; 当刀尖安装低于工件中心时, 刀具工作前角减小, 后角增大。

工作角度与标注角度间关系为

$$\gamma_{oe} = \gamma_o \pm \tau \quad (1-9)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o \pm \tau \quad (1-10)$$

式中 τ ——刀具角度变化值。

由图 1-10 可得

$$\sin \tau = \frac{2h}{d_w} \quad (1-11)$$

对于外圆车刀, 当刀尖与工件中心不等高时, 刀具工作角度也发生类似的变化。镗孔时刀尖安装位置对工作角度的影响则与外圆加工正好相反。

(3) 刀杆中心线与进给方向不垂直对刀具角度的影响

如图 1-11 所示, 当刀杆中心线与进给方向不垂直时, 将引起主偏角和副偏角数值的变化。

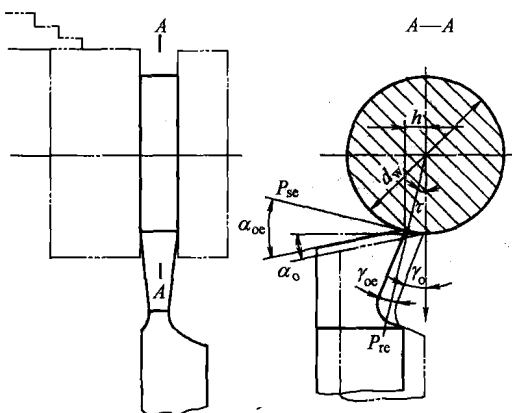


图 1-10 车刀刀尖安装高度对工作角度的影响

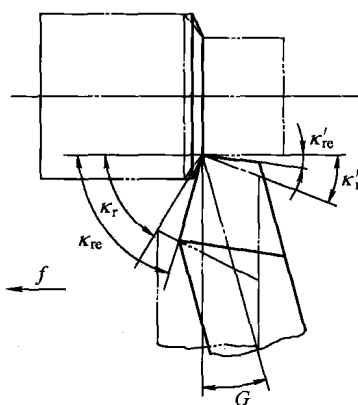


图 1-11 刀杆中心线与工件中心线不垂直

1.2.5 切削层参数

工件上正在被刀具切削刃切削着的一层金属称为切削层。车削外圆时, 切削层是工件转一转主切削刃相邻两个位置间的一层金属。切削层被基面剖得的形状和尺寸如图 1-12 所示。切削层尺寸称为切削层参数。切削层的大小直接决定了切削刃切削部分所承受的负荷大小及切下切屑的形状和尺寸。

(1) 切削层公称厚度 h_D

切削层公称厚度简称切削厚度, 是垂直于过渡表面度量的切削层尺寸, 由图 1-12 可知

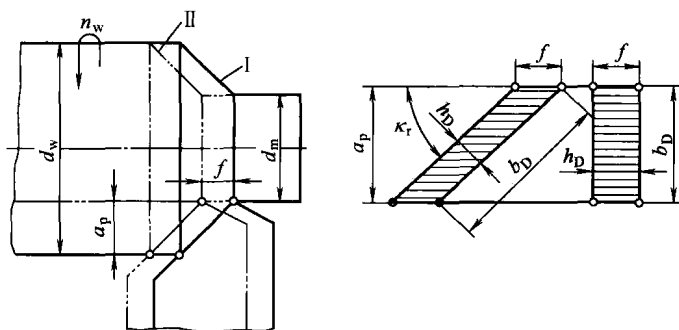
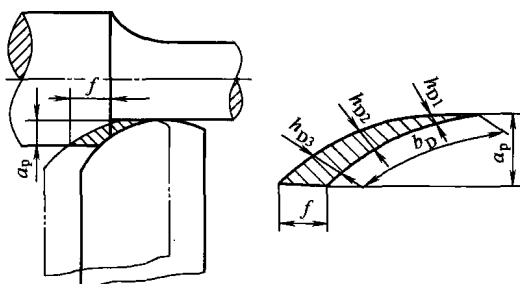


图 1-12 切削层参数

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-12)$$

当曲线切削刃进行切削时，曲线切削刃上各点的主偏角不相等，因此切削刃上各点的切削厚度是变化的，如图 1-13 所示。通常将只有一个直线切削刃参与工作的切削称为自由切削，而将具有折线或曲线形切削刃参与的切削称为非自由切削。非自由切削时刃口上各点切屑流动方向不一致，因此相互干涉，切屑的变形比较复杂，通常对切削工作不利。

图 1-13 曲线切削刃 h_D 的变化

(2) 切削层公称宽度 b_D

切削层公称宽度简称切削宽度，是沿着过渡表面度量的切削层尺寸，它是表示主切削刃参加工作的长度。由图 1-12 可知

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (1-13)$$

(3) 切削层公称横截面积 A_D

切削层公称横截面积简称切削层横截面积，是切削层在基面上的投影。由图 1-12 可知

$$A_D = h_D b_D = a_p f \quad (1-14)$$

综上所述，当切削深度和进给量一定时，切削厚度与切削宽度随主偏角的大小而变化，但切削面积仅与切削深度和进给量有关。用不同主偏角的车刀进行车削时，切削层形状不同，但其切削面积不变。如图 1-12 所示，主偏角增大，切削厚度增大，而切削宽度减小。利用切削厚度和切削宽度能够精确地阐明切削过程的物理本质，所以它们也称为切削过程的物理切削要素。

1.3 金属切削过程

切削加工时刀具挤压切削层，使之与工件基体分离而变成切屑，获得所需要的表面，这