

高等工科院校适用

机械加工工艺基础

南京机械专科学校

徐嘉元 主编



机械工业出版社

高等工科院校适用

机械加工工艺基础

南京机械专科学校 徐嘉元 主编



机械工业出版社

本书是根据教学改革和生产技术发展的需要而编写的。比较全面、系统地介绍了机械加工工艺学的基本知识。全书共分五章，第一章金属切削原理基础知识、第二章金属切削机床和各种表面加工方法、第三章机械加工工艺流程编制、第四章典型零件加工工艺、第五章机床夹具设计原理。各章末附有复习思考题和习题。全书内容选择恰当，深入浅出，与生产实际紧密相联，具有较强的实践性和灵活性。

本书系高等工科院校教材，同时适用于职工大学、职业大学、中等专业学校机械类各专业作为前期专业课教材，也可作为非机械类相近专业的“机械制造工程”或“金属工艺学”等课程的教学用书及各种中、高级机械工艺短训班的教材，并可供机械制造工程技术人员参考。

机械加工工艺基础

南京机械专科学校 徐嘉元 主编

责任编辑：高文龙 版式设计：胡金谟
封面设计：郭景云 责任校对：王书庚

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京理工大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆ 印张 15·字数 362千字
1990年6月北京第一版·1990年6月北京第一次印刷

印数 0.001—8.850·定价：6.50元

ISBN 7-111-02278-5 TG·587(X)

前 言

高等专科工程学校在为社会主义“四化”建设培养应用型人才的高等教育中，应该具有独自的任务，独自的培养目标和独自的教学模式。这点，自党的十一届三中全会以来，已为广大专科教育工作者所认识；在深化教学改革中，更感解决这些问题的迫切性。十多年来，许多学校正致力于解决这些问题。

南京机械专科学校自1983年起，同联邦德国巴登—符腾堡州的高等专科学校(Fachhochschule)建立了联系，同康斯坦茨高等专科学校(Fachhochschule Konstanz)签订长期合作协定。六年来，通过学校负责人员、系部主任和中青年教师前去考察、进修，请德方教授来校举办机制专业教学改革系列研讨班，合作共建南京数控培训中心，接受德方高年级学生来校做毕业设计等活动，对联邦德国的高等工程教育(FH)有了比较全面、系统和深入的了解，并借鉴其经验而推动学校的专科教学改革。学校自1984年起，制订并执行前期二年按系设课，后期一年模块式分专业的教学计划；1988年起，实行二年级学生与企业在校内会见的双向选择预分配，确定后期按需分专业。由于实行柔性学制结构及双向选择预分配，教学内容和教学方法也有相应改革，并为深化改革开辟了良好前景。

编写出一套合乎教学改革需要的教材，是广大师生的心愿。我校在总结前一阶段经验的基础上，在机电部教育司和机械工业出版社的支持下，选择经试用并认为较成熟的教材，陆续出版并使其成套，是作为我校改革和建设机制专业专科教育的一项重要措施而确定的。学校不惜重金，公开发行这套教材，旨在求得社会各界的关心和爱护，期待教育界同仁的批评和指正，促进学校的教学能更好地深化改革和建设。

南京机械专科学校

校长 冯 轩

编者的话

为了适应生产技术发展的需要,越来越多的学校采用两段式的教学计划。所谓两段式教学计划,即指将整个教学进程分成两个阶段进行:在第一阶段中,授予必要的基础理论和基础知识,并进行基本技能的训练,使学生得到较强的适应能力;第二阶段,根据生产技术和企业的需要,在某一个专业方向上进行提高和深化,并授予现代先进技术,使学生成为“一专多能”的新型工程技术人才。本教材正是为此目的而编写的。它是在第一阶段中使用的专业基础教材。在编写此教材过程中,一方面考虑到机械类各专业的共同要求,即通过本课程的学习及课程设计的训练,使学生能编制简单常见零件的机械加工工艺规程和设计简单的机床夹具,能处理生产现场常见的与切削加工有关的工艺技术问题;另一方面也考虑到与“机械制造工艺及设备”专业后期专业课的主要内容相衔接,避免不必要的重复和赘述。因此,有关章节的内容及书末的习题份量都具有较宽的范围,使用时可根据需要加以选择。

本书由南京机械专科学校徐嘉元主编,东南大学杨玉副教授和南京机械专科学校俞启荣副教授主审。全书共分五章,各章后附有复习思考题和习题。第一章金属切削原理基础知识、第二章金属切削机床和各种表面加工方法、第三章机械加工工艺规程编制、第四章典型零件加工工艺、第五章机床夹具设计原理,其中第一章由周志明编写,第二、三、四、五章及各章复习思考题和习题均由徐嘉元编写。

本书在收集资料和编写过程中,曾得到了不少生产单位和兄弟院校的支持和帮助,在此表示感谢。

本书系高等工院校教材,同时适用于职工大学、职业大学、中等专业学校机械类各专业作为前期专业课教材,也可作为非机械类相近专业的“机械制造工程”或“金属工艺学”等课程的教学用书及各种中、高级机械工艺短训班的教材,并可供机械制造工程技术人员学习参考。

由于编写时间仓促和水平所限,本教材在体系和内容上尚不够成熟,不当或错误之处,恳请读者批评指正。

编者

1989年9月

目 录

第一章 金属切削原理基础知识	(1)
§ 1-1 切削运动和车刀几何角度	(1)
§ 1-2 刀具材料	(6)
§ 1-3 金属切削过程	(14)
§ 1-4 切削力	(17)
§ 1-5 切削热与切削温度	(23)
§ 1-6 刀具磨损和刀具耐用度	(24)
§ 1-7 工件材料的切削加工性	(29)
§ 1-8 已加工表面粗糙度	(31)
§ 1-9 车刀几何参数的选择	(33)
§ 1-10 切削用量的选择	(37)
复习思考题和习题	(43)
第二章 金属切削机床和表面加工方法	(46)
§ 2-1 概述	(46)
§ 2-2 普通机床及其加工范围	(48)
§ 2-3 磨削加工	(66)
§ 2-4 光整加工	(71)
§ 2-5 齿形加工	(74)
§ 2-6 螺纹加工	(83)
§ 2-7 特种加工	(86)
§ 2-8 高效机床及自动线	(89)
§ 2-9 零件结构的机械加工工艺性	(95)
复习思考题和习题	(100)
第三章 机械加工工艺规程的编制	(102)
§ 3-1 概述	(102)
§ 3-2 工件的安装与定位	(106)
§ 3-3 定位基准的选择	(111)
§ 3-4 工艺路线的拟定	(116)
§ 3-5 加工余量及工序尺寸的制定	(125)
§ 3-6 工艺尺寸链	(128)
§ 3-7 机械加工精度、生产率和经济性	(133)
§ 3-8 工艺文件	(138)
复习思考题和习题	(143)
第四章 典型零件加工	(150)
§ 4-1 轴类零件的加工	(150)
§ 4-2 盘套类零件的加工	(155)
§ 4-3 活塞加工	(157)
§ 4-4 箱体零件加工	(164)
§ 4-5 叉杆类零件的加工特点	(177)

复习思考题和习题	(180)
第五章 机床夹具设计原理	(182)
§ 5-1 机床夹具概述	(182)
§ 5-2 工件在夹具中的定位	(185)
§ 5-3 定位误差的分析和计算	(195)
§ 5-4 工件的夹紧	(200)
§ 5-5 定心夹紧机构	(211)
§ 5-6 夹具的其它装置	(213)
§ 5-7 夹具设计的方法和步骤	(221)
复习思考题和习题	(227)
参考文献	(232)

第一章 金属切削原理基础知识

§ 1-1 切削运动和车刀几何角度

一、切削时的运动和产生的表面

(一) 切削时的运动

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加工方法。在进行切削加工时,刀具与被加工工件之间必须具有一定的相对运动,它是由金属切削机床来实现的。切削运动一般可分为主运动和进给运动两大类。

1. 主运动

主运动是切削金属形成加工表面所必须的运动,车削加工时即为工件的旋转运动。它是速度最高、消耗功率最多的切削运动。主运动的线速度称为切削速度,用字母 v 来表示。车削时的切削速度为

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (1-1)$$

式中 v ——切削速度, $[v]$ 为 m/min;
 d ——工件车削加工处的最大直径, $[d]$ 为 mm;
 n ——工件每分钟的转数, $[n]$ 为 r/min。

2. 进给运动

进给运动是使新的金属层不断投入切削的运动。通常用进给量 f 表示其大小。车削时进给量是工件每转一转车刀沿进给运动方向相对于工件移动的距离。单位为 mm/r。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, $[v_f]$ 为 mm/min;
 f ——进给量, $[f]$ 为 mm/r;
 n ——工件的转速, $[n]$ 为 r/min。

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。它等于主运动速度(即切削速度 v)和进给运动速度(即 v_f)的向量和。

(二) 产生的表面

切削时,刀具沿着进给方向运动,工件上的多余金属层不断地被切去成为切屑,加工出所需要的表面来。此时工件上有三个不断变化着的表面:

1. 待加工表面

工件上即将切去切屑的表面;

2. 已加工表面

工件上已经切去切屑的表面；

3. 加工表面

工件上切削刃正在切削着的表面。

图 1-1 为几种常见的车削加工方式。由图可见，车削时的切削运动和上述三个表面的位置。

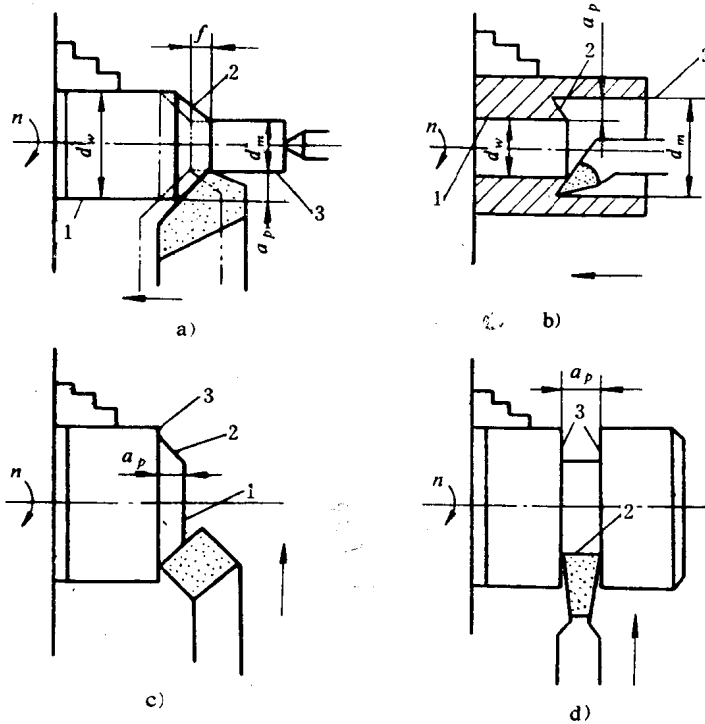


图 1-1 车削加工

a) 车外圆 b) 镗孔 c) 车端面 d) 切断

1-待加工表面 2-加工表面 3-已加工表面

每次走刀的切入深度用切削深度 a_p 来表示。它是工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离。单位为 mm。车削外圆时的切削深度为：

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

式中 a_p ——切削深度， $[a_p]$ 为 mm；

d_w ——工件待加工表面的直径， $[d_w]$ 为 mm；

d_m ——工件已加工表面的直径， $[d_m]$ 为 mm。

切断或切槽时的切削深度 a_p 等于刀宽。

在生产实践中，通常把切削深度、进给量和切削速度称为切削用量三要素。它对加工过程的生产率、加工成本和加工精度影响很大。在加工工件之前，必须预先正确地选择好切削用量。

二、刀具切削部分的几何角度

(一) 车刀的组成

金属切削刀具的种类很多，形状和结构较复杂，且各不相同。但各种复杂刀具或多齿刀具，就其中一个齿来说，它的几何形状都相当于一把车刀的刀头。现以车刀为例介绍刀具几何角度的定义，这些定义也适用于其它刀具。

如图 1-2 所示，车刀由刀头和刀杆组成。刀头用来切削，又称为切削部分。刀杆用来将车刀夹固在车床刀架上。车刀切削部分一般由三个表面、两个刀刃和一个刀尖组成。

1. 三个表面

(1) 前刀面 刀头上控制切屑沿着它排出的刀面，即与切屑相接触的刀面。

(2) 主后刀面 刀头上与加工表面相对着的表面。

(3) 副后刀面 刀头上与已加工表面相对着的表面。

2. 两个刀刃

(1) 主切削刃 前刀面和主后刀面的交线，它承担着主要切削工作。

(2) 副切削刃 前刀面和副后刀面的交线。通常靠近刀尖处的副切削刃起微量切削作用，在大进给切削时，副切削刃也起主要切削作用。

3. 刀尖

刀尖是主、副切削刃的交点。通常刀尖用短直线或圆弧取代它，以提高刀具的使用寿命。

不同类型的刀具，其刀面、切削刃的数量不完全相同。例如切断车刀就有两个副切削刃和两个刀尖。

(二) 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，它的大小对刀具切削性能有直接的影响。为了正确表示刀具几何角度，首先必须选择参考坐标平面它是设计计算、绘图标注、刃磨测量刀具几何角度时的基准。最基本的参考坐标系为主剖面坐标系，它由基面、切削平面和主剖面组成。

1. 基面

基面是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。若不考虑进给运动的

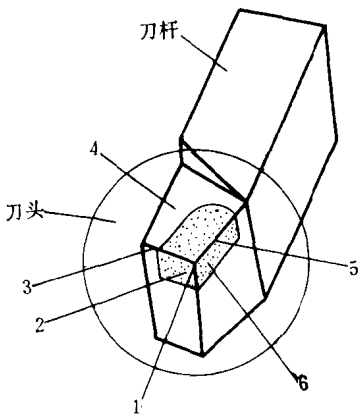


图 1-2 车刀的组成

1—刀尖 2—副后刀面 3—副切削刃
4—前刀面 5—主切削刃 6—主后刀面

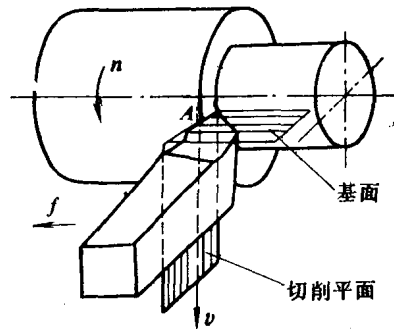


图 1-3 车刀的基面与切削平面

影响, 相对运动速度就是切削速度。所以基面是过切削刃上选定点, 并垂直于该点切削速度的平面。如图 1-3 所示, 基面平行于车刀底面, 它是制造、刃磨和测量车刀的基准面。

2. 切削平面

切削平面是过切削刃上选定点并与工件上加工表面相切的平面, 即与切削刃相切并包含相对运动速度的平面。若不考虑进给运动的影响, 相对运动速度的方向就是切削速度的方向。切削平面垂直于基面, 如图 1-3 所示。

3. 主剖面

主剖面是过切削刃上选定点并垂直于主切削刃在基面上的投影的平面, 如图 1-4 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 $A'B'$ 的平面即为主剖面。

基面、切削平面和主剖面相互垂直正交, 构成一个空间直角坐标系, 称为主剖面坐标系, 如图 1-5 所示。通常刀具的几何角度在主剖面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。

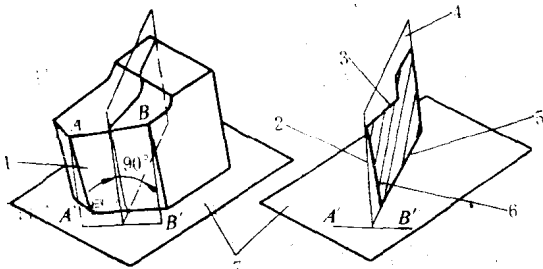


图 1-4 车刀的主剖面

1—切削平面 2—主剖面与切削平面的交线 3—主剖面与前刀面的交线 4—主剖面 5—主剖面与车刀底面的交线 6—主剖面与主后刀面的交线 7—车刀底面

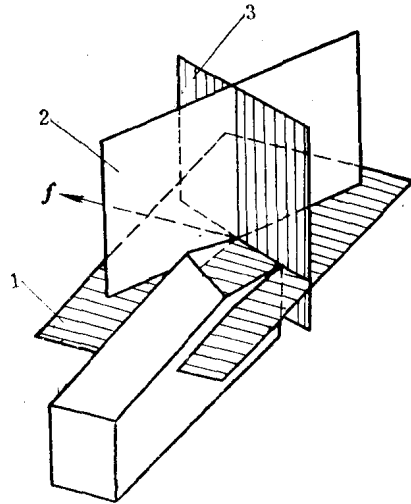


图 1-5 车刀的主剖面坐标系

1—基面 2—切削平面 3—主剖面

(三) 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。刀具标注角度是在上述主剖面坐标系内度量的, 如图 1-6 所示。

1. 在主剖面内度量的角度

- (1) 前角 γ 。前刀面与基面之间的夹角。
- (2) 后角 α 。后刀面与切削平面之间的夹角。
- (3) 楔角 β 。前刀面与后刀面之间的夹角。

$$\beta_0 = 90^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$$

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。

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-4)$$

3. 在切削平面内测量的角度

刃倾角 λ 。主切削刃与基面之间的夹角。

4. 在副剖面内测量的角度

过副切削刃上选定点并垂直于副切削刃在基面上投影的平面称为副剖面。在副剖面内副后刀面与副切削平面之间的夹角称为副后角 α'_o 。

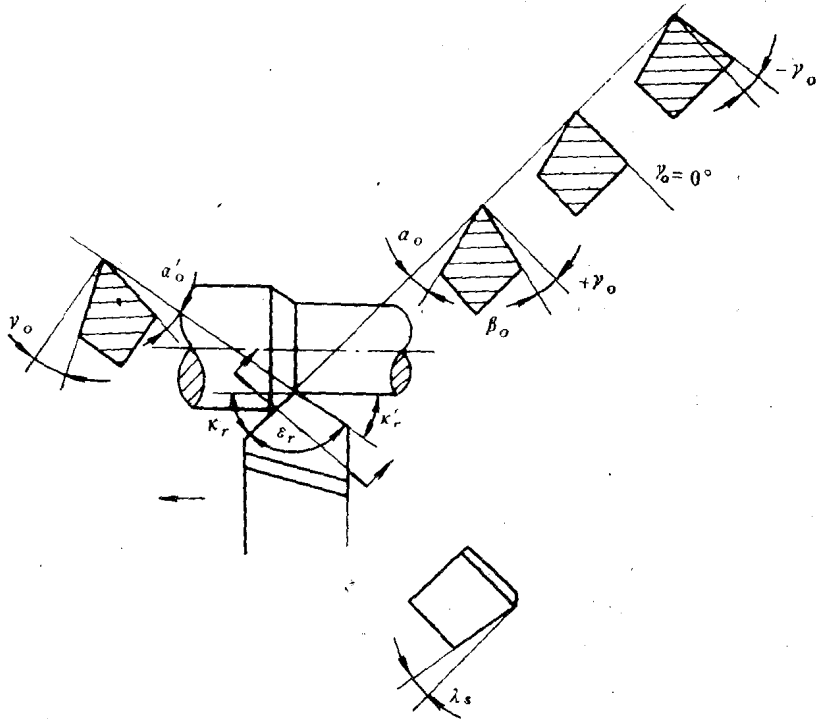


图 1-6 车刀的标注角度

前角、后角、刃倾角均可为正、负或零。在主剖面中，前刀面与基面平行时前角为零，前刀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。后刀面与前刀面在切削平面同一侧时，后角为正，反之为负。图 1-7 为车刀刃倾角的三种不同情况。观察刀尖和切削刃上任意一点到车刀底面的距离，切削刃与底面平行时刃倾角为零度，若刀尖处于最高点，刃倾角为正，刀尖处于最低点时，刃倾角为负值。

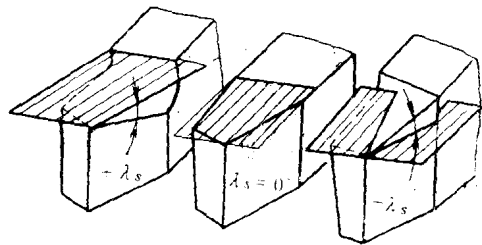


图 1-7 车刀的刃倾角

车刀有主、副两个切削刃。每个切削刃可

建立一个坐标系。而在每一个坐标系的三个坐标平面上，都可以测量出三个基本角度：前角、后角和刃倾角，再加上主、副偏角，这样车刀一共就有八个基本角度，但因主副切削刃共处在一个前刀面上，当前角 γ 和刃倾角 λ 确定后，前刀面的方位即已确定，副前角 γ' 和副刃倾角 λ' 可以通过换算求得，称为派生角度。此外派生角度尚有 ε, β_0 。所以车刀的独立角度为六个：前角 γ_0 、后角 α_0 、刃倾角 λ_0 、主偏角 κ_0 、副偏角 κ'_0 和副后角 α'_0 。这些角度对切削过程影响很大，必须根据具体情况选择合理的数值，并标注在刀具工作图上。

三、刀具的工作角度

刀具的工作角度是车刀在切削时实际的切削角度。而车刀标注角度是车刀在前述静态坐标系中确定的几何角度，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。

- 1) 假定进给运动等于零；
- 2) 车刀刀尖和工件中心等高，并且刃倾角等于零；
- 3) 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不相同。在某些情况下，两者甚至相差较大，其影响不可忽视。设计刀具时，一般先考虑工作角度有一合理数值，然后推算出刀具的标注角度。

(一) 刀尖安装高低对刀具工作角度的影响

图 1-8 是切断刀的三种安装情况。当刀尖对准工件中心安装时，切削平面与车刀底面相垂直，而基面与车刀底面相平行。若刀尖安装得高于或低于工件中心，则切削平面与基面发生倾斜，从而引起切削角度发生变化。当刀尖安装得高于工件中心时，前角 γ 增大，后角 α 减小。与此相反，如果刀尖安装得低于工件中心，则前角 γ 减小，后角 α 增大。工作角度与标注角度的关系如下：

$$\gamma_{00} = \gamma_0 \pm \tau \quad (1-5)$$

$$\alpha_{00} = \alpha_0 \mp \tau \quad (1-6)$$

式中 γ_{00} ——刀具工作前角；
 α_{00} ——刀具工作后角；
 τ ——刀具角度变化值。

由图 1-8 可得：

$$\sin \tau = \frac{2h}{d_w} \quad (1-7)$$

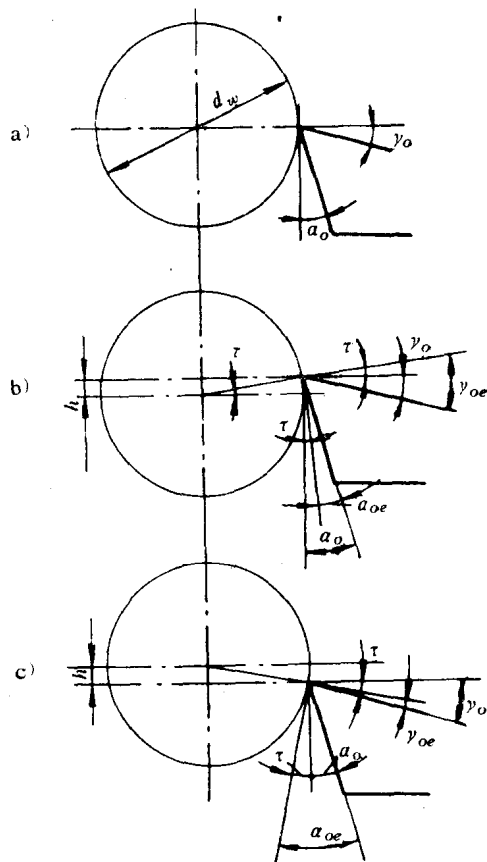


图 1-8 车刀刀尖安装高低对工作角度的影响
a) 刀尖对准中心 b) 刀尖高于中心
c) 刀尖低于中心

式中 h —— 车刀刀尖高于或低于工件中心的距离，
 d_w —— 被加工工件直径。

对于外圆车刀来说，当刀尖不对准工件中心安装时，工作角度也发生类似的变化。而镗孔时刀尖安装位置对工作角度的影响则与外圆车削相反。

(二) 进给运动对工作角度的影响

图 1-9 为车削外圆时的情况。车削时，除工件旋转外，车刀尚需作纵向进给运动，这时所形成的加工表面实际为阿基米德螺旋面。过刀刃上某点相对速度的方向是 v ，而不是切削速度方向 v_c ，此时基面不通过工件中心而垂直于 v ，方向为 aa ，切削平面也由原来的垂直方向转到 v 方向。车刀的工作后角减小，工作前角增大。其工作角度与标注角度的关系如下：

$$\alpha_{o.o} = \alpha_o - \mu \quad (1-8)$$

$$\gamma_{o.o} = \gamma_o + \mu \quad (1-9)$$

式中 $\alpha_{o.o}$ —— 车刀工作后角，
 $\gamma_{o.o}$ —— 车刀工作前角，
 μ —— 刀具角度的变化值。

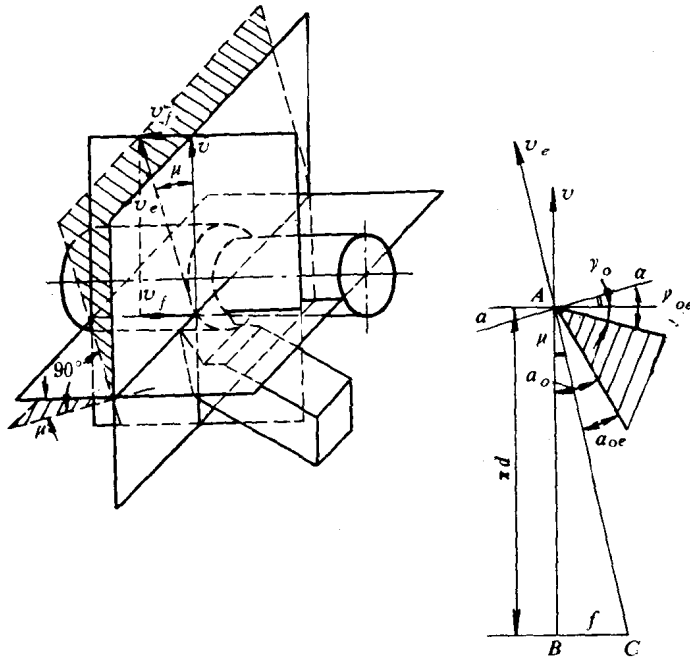


图 1-9 进给运动对车刀工作角度的影响

由图 1-9 可得：

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{v_f}{1000v} = \frac{f}{\pi d} \quad (1-10)$$

式中 v_f —— 车刀进给速度， $[v_f]$ 为 mm/min，

v ——切削速度, $[v]$ 为 m/min;

f ——进给量, $[f]$ 为 mm/r;

d ——工件直径, $[d]$ 为 mm。

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 $30' \sim 1^\circ$, 故可忽略不计。但当车削大螺距螺纹时, μ 值较大, 应充分考虑它的影响。

四、切削层参数

工件上正在被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。切削层被基面削得的形状和尺寸见图1-10。切削层尺寸称为切削层参数。

(一) 切削厚度 a_c 。

切削厚度 a_c 是用垂直于主切削刃在基面上的投影来度量的切削层的尺寸。由图1-10可知

$$a_c = f \sin \kappa_r \quad (1-11)$$

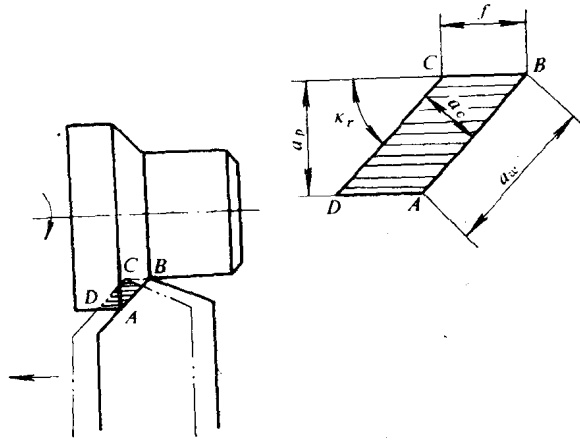


图 1-10 切削层参数

用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, 所以切削刃上各点的切削厚度是变化的, 如图1-11所示。愈靠近刀尖, 切削厚度愈小。

(二) 切削宽度 a_w 。

切削宽度 a_w 是沿着主切削刃在基面上的投影来度量的切削层尺寸。它表示主切削刃参加工作的长度。由图1-10可知:

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (1-12)$$

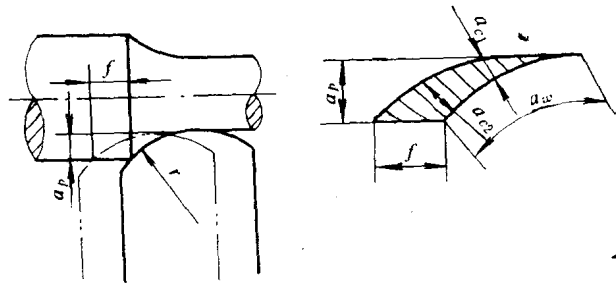


图 1-11 曲线形切削刃的切削厚度和切削宽度

(三) 切削层面积 A_c 。

切削层面积 A_c 是切削层在基面上投影的面积。由图1-10可知

$$A_c = a_c a_w = a_p f \quad (1-13)$$

由上述分析可知, 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, 它的切削层横截面形状不同, 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, 而切削宽度减少。利用切削厚度和切削宽度能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。

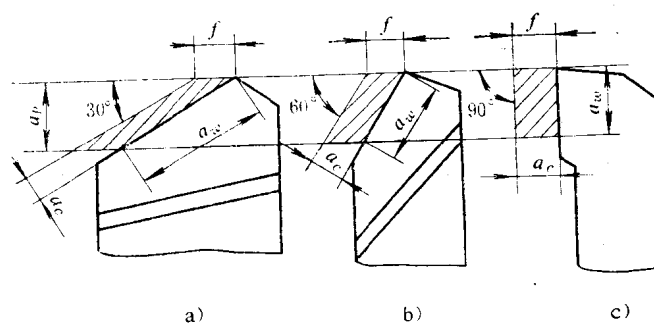


图 1-12 主偏角对切削层尺寸的影响

a) 主偏角较小 b) 主偏角较大 c) 主偏角为 90°

§ 1-2 刀 具 材 料

一、对刀具切削部分材料的要求

在切削过程中，刀具切削部分承受切削力、切削热的作用，同时与工件及切屑之间产生剧烈的摩擦，因而发生磨损。在切削余量不均匀或切削断续表面时，刀具还受到很大的冲击和振动。因此刀具切削部分材料应具备下列基本要求。

(一) 高的硬度和耐磨性

刀具材料的硬度应比工件材料的硬度高，一般常温硬度要求 HRC60 以上。刀具材料应具有较强的耐磨性。材料硬度越高，耐磨性也越好。刀具材料含有耐磨的合金碳化物愈多、晶粒愈细、分布愈均匀则耐磨性愈好。

(二) 足够的强度和韧性

刀具材料必须有足够的强度和韧性，以便承受切削力，在承受振动和冲击时不致断裂和崩刃。

(三) 较好的热硬性

所谓热硬性是指在高温下仍能保持上述硬度、强度、韧性和耐磨性基本不变的能力。一般用保持刀具切削性能的最高温度来表示。

(四) 良好的工艺性

为便于制造，刀具材料应具备较好的被加工性能。例如热处理性能、高温塑性、可磨削加工性及焊接工艺性等。

(五) 经济性

经济性是评定刀具材料的重要指标之一。有的材料虽然单件成本很高，但因其使用寿命长，分摊到每个零件上成本不一定很高。此外刀具材料的选用还应当结合本国资源情况，充分考虑其经济效益。

目前常用的刀具材料可分为工具钢、硬质合金、陶瓷和超硬材料四大类。其中以高速钢和硬质合金最为常用。

二、工具钢

(一) 碳素工具钢

碳素工具钢是碳的质量分数为 0.65~1.35% 的优质高碳钢。常用的牌号为 T10A 和 T12A。

碳素工具钢热处理后的硬度为 HRC60~64。它的热硬性较差，在 200~250°C 时硬度就显著下降，所以它所允许的切削速度很低 ($v < 10\text{m/min}$)。此外，它的淬透性差，热处理时的变形较大。它的主要优点是价格便宜，被加工性能好，刃口容易磨得锋利等。主要用于制造低速手用刀具，如手用丝锥、板牙、手用铰刀、锉刀及锯条等。

(二) 合金工具钢

在碳素工具钢中加入一些合金元素，钨、铬、锰、钼、钒等而炼出的钢称为合金工具钢。它与碳素工具钢相比有较高的热硬性和韧性，热处理变形小，淬透性也较好。

合金工具钢的热硬性可达 300~350°C，故它所容许的切削速度可比碳素工具钢提高 10~40%。常用的合金工具钢牌号为 9SiCr 和 CrWMn，它主要用于制造各种手用刀具和低速切削刀具。

(三) 高速钢

高速钢是一种含钨、铬、钼、钒等合金元素较多的高合金工具钢，又称为锋钢或白钢。

高速钢的热硬性为 540~620°C，因此它所允许的切削速度比普通合金工具钢高 2 倍以上。切削普通结构钢时，其切削速度可达 25~30m/min。它的热硬性和耐磨性虽然低于硬质合金，但因其抗弯强度和韧性高、制造工艺性较好、容易磨出锋利的刃口、价格也较便宜，因此是目前得到广泛使用的刀具材料之一。尤其适用于制造各种复杂形状的刀具，如铣刀、孔加工刀具、螺纹刀具、拉刀和齿轮刀具等。

常用高速钢的化学成分、性能和用途见表 1-1。

1. 通用高速钢

通用高速钢适用于加工普通金属材料，常用牌号有 W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2。

(1) W18Cr4V W18Cr4V 是钨系高速钢，热处理后的常温硬度为 HRC62~66，热硬性可达 620°C，抗弯强度约为 3430MPa，可磨削性能较好。它是我国目前用得最多的一种高速钢。

(2) W6Mo5Cr4V2 W6Mo5Cr4V2 是钨钼系高速钢，其碳化物分布均匀，抗弯强度、冲击韧性和高温塑性都比 W18Cr4V 好，但其可磨削性略差。目前主要用于制造热轧刀具如热轧麻花钻等。

2. 高性能高速钢

高性能高速钢是通过改变高速钢的化学成分来提高其切削性能而发展起来的新品种高速钢。它用于耐热钢、不锈钢、高温合金等难加工材料的切削加工，其主要品种有：

(1) 高碳高速钢 高碳高速钢 95W18Cr4V 因碳的质量分数较高，故硬度、耐磨性和热硬性较好。在切削不锈钢、耐热合金等难加工材料时可显著提高刀具的寿命，但其抗弯强度和冲击韧性稍差，热处理工艺要求严格。

(2) 高钒高速钢 高钒高速钢 W12Cr4V4Mo 中钒的质量分数比 W18Cr4V 增加了