

机械制造工艺及设备

冷加工篇

安承业 范文雄 主编



科学出版社

机械制造工艺及设备

冷加工篇

安承业 范文雄 主编

科学出版社

1993

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

《机械制造工艺及设备》这套书,是根据教学改革和生产实践的需要编写的,它对机械加工工艺方面的基本知识作了较全面系统的介绍。在理论阐述上,力求重点突出,层次分明,深入浅出,简明实用。

本书是《机械制造工艺及设备》的冷加工篇,全书共九章。内容包括:金属切削的基本知识,切削加工的技术经济性分析,金属切削机床概论,金属切削加工方法,特种加工简介,典型表面加工方案分析,工件安装与夹具,机械加工工艺规程,典型零件的加工。

本书可作为理工院校、高等职业师范院校、成人高校(职大、函大)机械类专业及机械类专业的教学用书,也可供从事机械制造的技术人员阅读。

机械制造工艺及设备 冷加工篇

安承业 范文雄 主编

责任编辑 唐正必

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

北京和平印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991年9月第一版 开本: 787×1092 1/16

1993年12月第二次印刷 印张: 11 1/2

印数: 3 101—6 180 字数: 264 000

ISBN 7-03-2772-8/TH·17

定价: 9.40元

前 言

随着教学改革的不深入，在高等院校中愈来愈多的人认识到，先基础教学，后专业教学；先通才教育，后专才教育的两段式教学方法，对提高教学质量、增强学生适应能力，从而为社会培养高质量的科技人才具有十分重要的意义。然而，目前的教材尚不能很好地适应这种改革形势，因此，我们在教学实践的基础上，编写了《机械制造工艺及设备》这套试用教材。

这套教材共三本，包括冷加工篇、热加工篇和实习篇。每本书的内容各有所侧重，凡在实习教学中可以讲授的内容，都放在实习篇一书中介绍。

本书综合介绍冷加工的基础知识，其中包括金属切削原理的基本知识、切削加工的技术经济性分析、金属切削机床概论、金属切削加工方法、特种加工方法、典型表面加工方案分析、工件安装与夹具、机械加工工艺规程、典型零件的加工工艺过程等。通过本课程的学习，可以使学牛养成具有一定的处理实际生产问题的能力。

我们在编写本书时，已考虑到了机械类各专业的不同需要，因此本书具有一定的通用性，可作为机械类专业和近机械类专业的教学用书。

本书由安承业、范文雄任主编；金洪官、刘长澍任副主编；赵国文任主审。安承业、马兴尧对全书稿进行了整理、审订。参加编写的人员有：沈宗英、孙成玉、孙宇平、徐强等。

由于编写时间仓促，作者水平所限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

安承业 范文雄

1991年4月于长春

9A C 88/57

目 录

第一章 金属切削的基本知识	(1)
1-1 概述	(1)
1-2 刀具材料	(10)
1-3 金属的切削过程	(12)
第二章 切削加工的技术经济性分析	(25)
2-1 工件材料的切削加工性	(25)
2-2 切削用量的选择	(27)
2-3 刀具角度的选择	(39)
2-4 切削液的选择	(33)
2-5 切削加工的生产率	(34)
第三章 金属切削机床概论	(37)
3-1 机床的分类与技术性能	(37)
3-2 机床的运动	(38)
3-3 机床的传动	(41)
3-4 机床自动化简介	(51)
第四章 金属切削加工方法	(57)
4-1 车削	(57)
4-2 钻削	(59)
4-3 扩削	(62)
4-4 铰削	(63)
4-5 镗削	(64)
4-6 刨削	(67)
4-7 拉削	(68)
4-8 铣削	(70)
4-9 磨削	(75)
第五章 特种加工简介	(87)
5-1 电火花加工	(87)
5-2 电化学加工	(88)
5-3 超声波加工	(90)
5-4 激光加工	(91)
5-5 特种加工方法的比较	(92)
第六章 典型表面加工方案分析	(95)
6-1 外圆面的加工	(95)
6-2 孔面的加工	(96)
6-3 平面的加工	(98)

6-4 成形面的加工	(99)
6-5 螺纹面的加工	(100)
6-6 齿面的加工	(102)
第七章 工件的安装与夹具	(113)
7-1 工件的定位	(113)
7-2 定位基准的选择	(115)
7-3 机床夹具概述	(118)
7-4 常见定位方式及定位元件	(120)
7-5 定位误差	(125)
7-6 夹紧装置	(128)
第八章 机械加工工艺规程	(132)
8-1 概述	(132)
8-2 机械加工工艺规程设计的依据和程序	(135)
8-3 零件的工艺分析	(137)
8-4 毛坯选择	(140)
8-5 工艺路线的拟定	(142)
8-6 工艺过程的技术经济性分析	(145)
8-7 加工余量及工序尺寸的制定	(146)
8-8 工艺文件	(149)
第九章 典型零件加工	(153)
9-1 轴类零件的加工	(153)
9-2 盘套类零件的加工	(162)
9-3 箱体零件的加工	(169)
参考文献	(177)

第一章 金属切削的基本知识

1-1 概 述

原材料经过加工制成机器零件的制造过程有很多种，大致可分为如下两类：改变原材料性质的制造过程（化学反应、热处理等）；改变原材料形状的制造过程。后一类制造过程可分为三种：附加加工（电镀、焊接、刷镀等）；变形加工（铸造、锻造、塑性加工等）；切除加工（切削、磨削、电火花加工、电子束加工等）。

这三种方法各有所长，需根据加工要求选择最适宜的加工方法。

金属切削加工是用刀具或磨具把工件表面多余的部分切去，加工出具有所需形状、尺寸与表面质量的零件。具体地说，除了用车刀、钻头、铣刀、刨刀等刀具在车床、钻床、铣床、刨床等机床上进行车削、钻削、铣削、刨削等狭义的切削加工外，还包括使用磨具进行磨削、珩磨、超精加工等广义的切削加工。

1-1-1 切削加工的特点

与其他加工方法相比，切削加工有如下特点：

(1) 切削加工受被加工材料性质的限制较少，大部分金属材料都可以进行切削加工，只要被加工材料比刀具材料软就可以。随着高硬度材料（硬质合金、金刚石等）在刀具中的普遍使用，切削加工已不受工件硬度条件限制了。

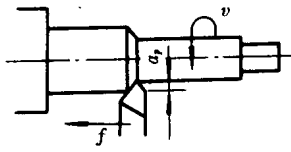
(2) 切削加工基本不受零件形状的限制，很多形状各异的零件可以通过切削加工来得到。

(3) 切削加工可得到很高的加工精度和表面质量。粗加工精度可达IT13—IT8；半精加工精度可达IT10—IT7；精加工精度可达IT8—IT6；超精加工精度可达IT7—IT5。

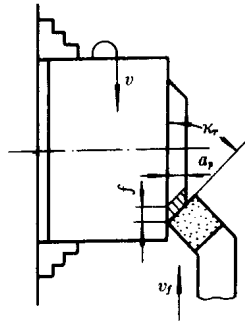
(4) 切除单位体积材料所消耗的能量较小。由表 1-1 可知，其他各种加工方法切除单位体积材料所耗能量几乎都比切削加工的大。

表 1-1 切除单位体积材料所消耗能量的概略值

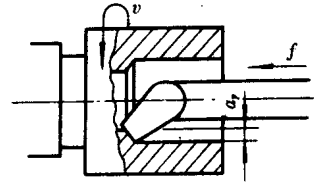
加工方法	所需能量/ ($J \cdot mm^{-3}$)	加工方法	所需能量/ ($J \cdot mm^{-3}$)
切 削	1—10	电火花加工	$10^2—10^3$
磨 削	$10—10^2$	超声波加工	$10^2—10^3$
电解磨削	1—10	电子束加工	10^5
电解加工	$1—10^2$	激光加工	10^5



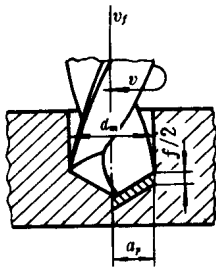
(a) 车外圆



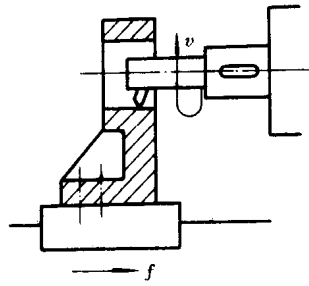
(b) 车端面



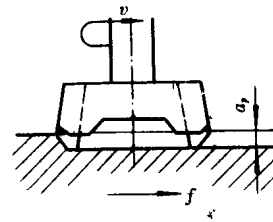
(c) 车床镗孔



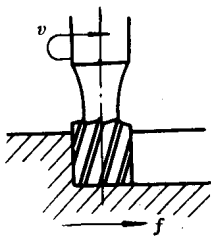
(d) 钻孔



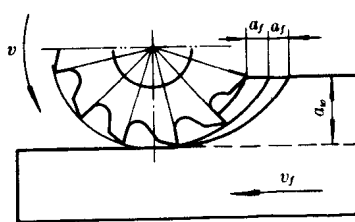
(e) 镗床镗孔



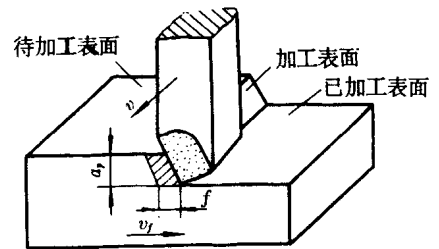
(f) 端铣



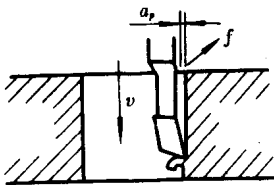
(g) 立铣



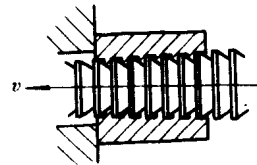
(h) 周铣



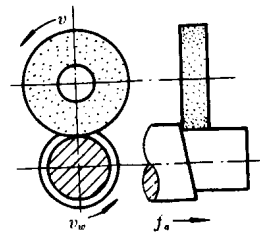
(i) 刨削



(j) 插槽



(k) 拉削



(l) 磨外圆

图 1-1 切削加工的种类

1-1-2 切削加工的缺点

切削加工有如下缺点：

(1) 切削时会产生切屑，这不仅浪费了材料，而且增加了清理切屑的困难。

(2) 切削时会产生切削力，从而使工艺系统（机床-刀具-工件）产生变形和振动，降低加工精度。

(3) 由于切削所消耗的能量大部分转化为热能，因而使工件产生热膨胀，工件表层组织发生变化，造成加工表面质量下降、刀具磨损加快等后果。

(4) 由于切削力和切削热的影响，已加工表面层会因塑性变形、弹性变形的作用而形成加工变质层，即已加工表面冷作硬化，产生表面残余应力等。

1-1-3 切削加工的种类

实际切削加工的种类很多，归纳起来，其基本种类有：

车削 [图 1-1 (a) 所示为车外圆，图 1-1 (b) 为车端面，图 1-1 (c) 为车床镗孔]，钻削 [图 1-1 (d) 所示为钻孔]，镗削 [图 1-1 (e) 为镗床镗孔]，铣削 [图 1-1 (f) 为端铣铣平面，图 1-1 (g) 为立铣铣槽，图 1-1 (h) 为周铣铣平面]，刨削 [图 1-1 (i) 为刨床刨平面]，插削 [图 1-1 (j) 为插床插槽]，拉削 [图 1-1 (k) 为拉床拉圆孔]，磨削 [图 1-1 (l) 为外圆磨床磨外圆]，等等。

1-1-4 切削运动与切削用量

1. 切削运动和加工过程中的三个表面

为了从工件表面切下金属，刀具和工件之间必须作相对运动。图 1-2 表示了以外圆车削为例的切削运动和加工过程中的三个表面。根据运动在切削过程中的作用，可以分为主运动和进给运动两种：

主运动。切削运动中速度最高、消耗功率最大并担负着主要切削任务的运动称为主运动。

车削时的主运动是车床主轴带动工件的回转运动。

进给运动。使金属的切削层不断地投入切削，以切出整个所需的加工表面的运动称为进给运动。进给运动可以是连续的，也可以是间歇的。

刀具在每一次行程中，工件上都有三种变化着的表面（如图 1-2 所示）：

待加工表面，即将被切去金属层的表面；

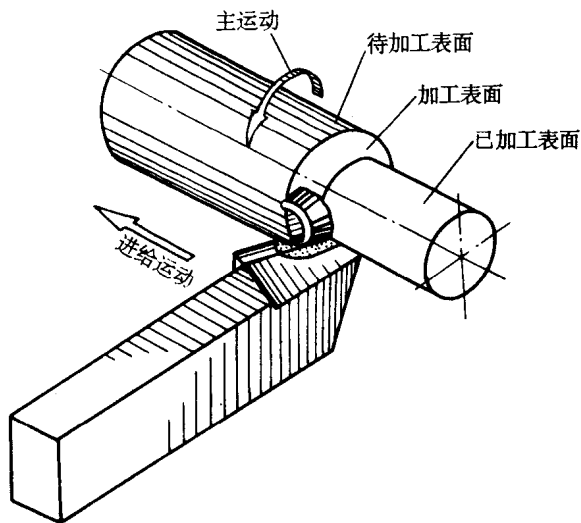


图 1-2 车削运动和工件的表面

加工表面，切削刀正在切削的表面；
已加工表面，切削后得到的新表面。

2. 切削用量

切削用量是指切削时各运动参数的数值，它是调整机床的依据。切削用量包括切削速度 v 、进给量 f 和切削深度 a_r 。这三者常称之为切削用量三要素。

(1) 切削速度 v 。切削速度是指主运动的线速度，单位为 m/s (或 m/min)。外圆车削的切削速度为

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

式中 d_w ——工件待加工表面的直径 (mm)；

n_w ——工件的转速 (r/s 或 r/min)。

(2) 进给量 f 。进给量是指工件或刀具每回转一周，刀具与工件之间沿进给运动方向的相对位移。

外圆车削的进给量是指工件每转一周，刀具沿进给方向移动的距离，单位为 mm/r 。

在牛头刨床上刨削平面时，刀具往复一次，工件移动的距离称为间歇进给量，单位为 mm/str 。

铣削时，由于铣刀是多齿刀具，所以规定了每齿的进给量 a_f ，单位是 mm/z 。

每齿进给量 a_f 、进给量 f 和进给速度 v_f 之间有如下关系：

$$v_f = f n_w = a_f z n_w (\text{mm/s}) \quad (1-2)$$

式中 z ——铣刀齿数；

n_w ——工件的转速 (r/s 或 r/min)。

(3) 切削深度 a_r 。这是指待加工表面与已加工表面的垂直距离，单位为 mm 。对于外圆车削来说，切削深度为

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

式中 d_w ——工件待加工表面的直径 (mm)；

d_m ——已加工表面的直径 (mm)。

3. 金属切除率 Z_w

v 、 f 、 a_r 三者的乘积即为金属切除率 Z_w ，单位为 mm^3/s 。切除率直接反映切削效率的高低，可用下式表示：

$$Z_v = 1000vfa,$$

(1-4)

1-1-5 刀具几何角度

这里以外圆车刀为例介绍刀具几何角度。不管其他刀具多么复杂，就其单位刀齿来说，都相当于一把外圆车刀。

1. 外圆车刀的组成

外圆车刀由刀头（切削部分）和刀杆（刀头的夹持部分）组成。切削部分（如图1-3所示）是由三个刀面和切削刃等组成的。其各构造要素定义如下：

前刀面 A_f ，是指切屑流出时所经过的刀面，它对着待加工表面。

主后刀面 A_m ，是指同加工表面对着的刀面。

副后刀面 A_s ，是指同已加工表面对着的刀面。

主切削刃 S ，指前刀面与主后刀面的相交部位，由它完成主要的切削工作。

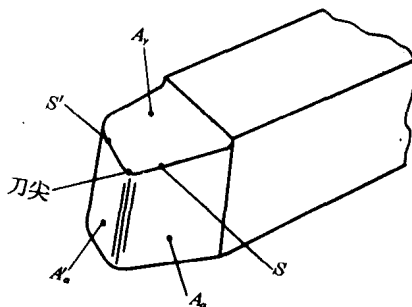


图 1-3 外圆车刀切削部分的构造要素

副切削刃 S' ，指前刀面与副后刀面的相交部位。它配合主切削刃完成切削工作，并最终形成已加工表面。但在宽刃大进给精切削时，副切削刃将完成主要的切削工作和已加工表面的形成工作。

刀尖，是指主切削刃和副切削刃的联结部位。为增加刀尖的强度及耐磨性，许多刀具的刀尖处磨出直线或圆弧过渡刃。为便于设计、制造及刃磨，常常把主切削刃、副切削刃（或多段切削刃）放在同一个公共的前刀面上。

2. 刀具标注角度的参考系

在设计、制造或检查刀具时，刀具尚未处于使用状态。这时，为确定各刀面和切削刃在空间的位置，以作为制造、刃磨和测量的依据，需要选择一些参考平面作为基准，从而需建立相应的标注角度参考系。在标注角度参考系中所确定的切削刃和刀面的角度，称为刀具标注角度。它实质上是在一定的假定条件下的刀具角度。

刀具的标注角度有两个假定条件：

(1) 运动假定条件。假定进给速度比主运动速度小得多，而且以主运动向量近似地代替主运动和进给运动合成运动向量。

(2) 安装假定条件。假定外圆车刀刀尖和工件中心等高，刀杆的中心线垂直于进给方向。

刀具标注角度参考系由下列诸平面构成：

(1) 基面 P_r 。通过切削刃上的选定点，且垂直于该点切削速度方向的平面（图 1-4）

即为基面。

(2) 切削平面 P_s 。通过切削刃选定点与切削刃相切的、且垂直于基面的平面。切削平面在选定点与加工表面相切 (如图 1-4 所示)。

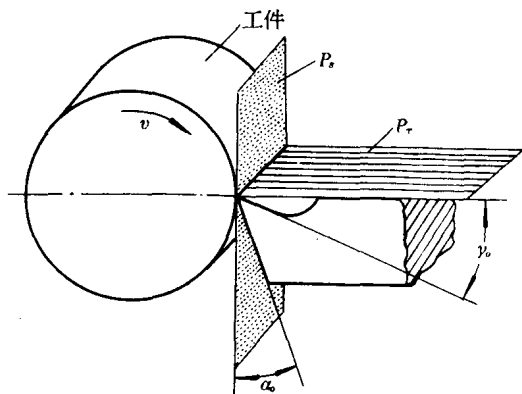


图 1-4 横车时的基面和切削平面

(3) 主剖面 P_o 与主剖面参考系。主剖面 P_o 是通过切削刃选定点, 同时垂直于基面和切削平面的平面。显然, P_o 垂直于主切削刃在基面上的投影 (见图 1-5)。 P_r , P_s , P_o 组成一个正交的主剖面参考系。

(4) 法剖面 P_n 和法剖面参考系。法剖面 P_n 是通过切削刃选定点, 且垂直于切削刃的平面 (见图 1-5)。 P_r , P_s , P_n 组成法剖面参考系。

(5) 进给剖面 P_f , 切深剖面 P_t 及其参考系 (见图 1-6 所示)。进给剖面 P_f , 即通过切削刃上选定点, 平行于进给方向并垂直于基面的平面。进给剖面也称横向剖面。

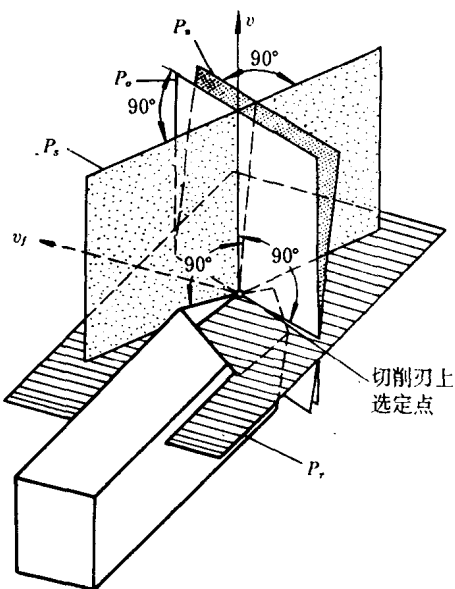


图 1-5 主剖面与法剖面参考系

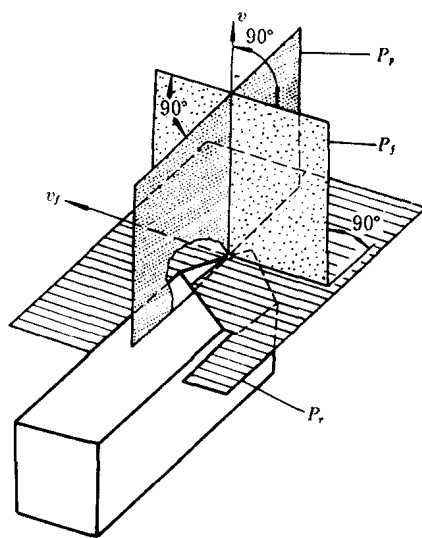


图 1-6 进给面与切深剖面参考系

切深剖面 P_t , 即通过切削刃上的选定点, 垂直于进给方向和基面的平面。切深剖面也称纵向剖面。

P_r , P_f , P_t 三者组成进给、切深剖面参考系。

3. 刀具的标注角度

现将各参考系的刀具角度名称和定义说明如下:

(1) 在主剖面 P_o 参考系内:

前角 γ_o , 指前刀面与基面之间的夹角;

后角 α_o , 指后刀面与切削平面之间的夹角;

楔角 β_o , 指前刀面与后刀面之间的夹角, 可用式表示为

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o) \quad (1-5)$$

前角(后角)正负的规定是: 当前刀面 A_f (后刀面 A_o)和切削平面 P_s (基面 P_r)夹角为锐角时, 前角(后角)为正值, 以符号“+”表示; 夹角为钝角时, 前角(后角)为负值, 以符号“-”表示。如图 1-7 所示。

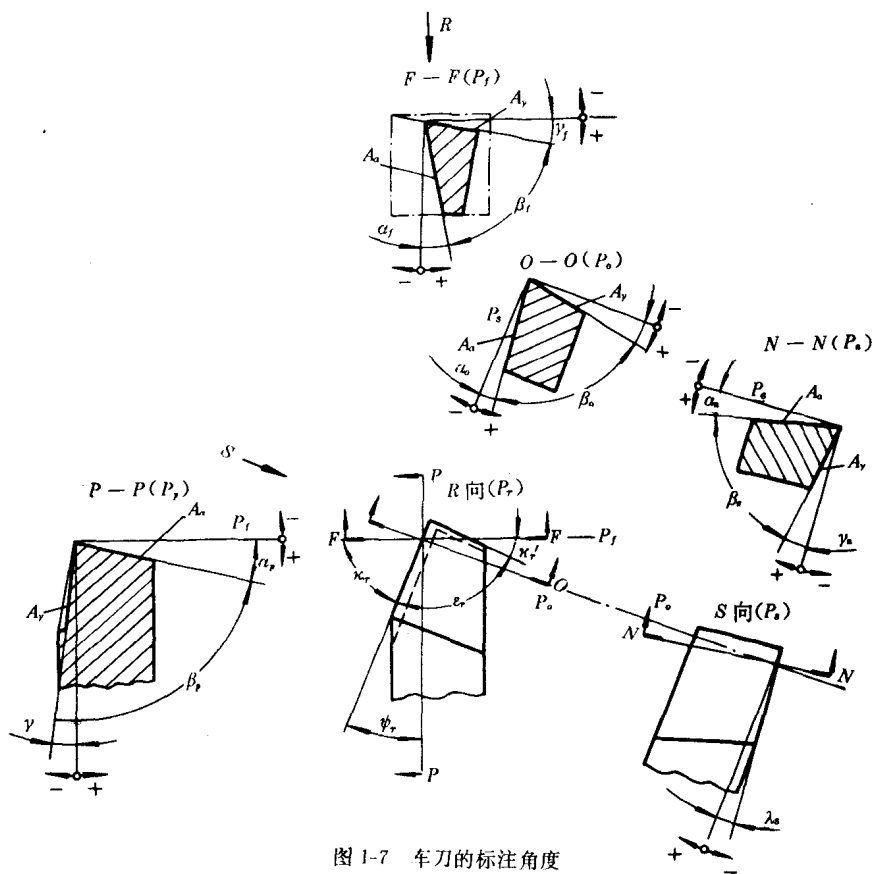


图 1-7 车刀的标注角度

在基面的投影上度量的角度有:

主偏角 κ_r , 即主切削刃与进给方向在基面上的投影所夹的角度。

副偏角 κ_f , 即副切削刃与进给方向在基面上的投影所夹的角度;

刀尖角 ϵ_r , 即主切削刃与副切削刃在基面上的投影之间所夹的角度。

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_f) \quad (1-6)$$

余偏角 ψ_r ，即主切削刃与进给方向的垂线在基面上投影的夹角：

$$\psi_r = 90^\circ - \kappa_r \quad (1-7)$$

在切削平面内度量的角度有刃倾角 λ_s ，即主切削刃和基面之间的夹角。当刀尖在切削刃上为最高点（最低点）时， λ_s 为正值（负值）。如图 1-7 中 S 向视图所示。

上述主剖面参考系的八个角度中， β_o 、 ϵ_r 和 ψ_r 为派生角度。其余五个（ γ_o 、 α_o 、 λ_s 、 κ_r 和 κ'_r ）为基本角度。

(2) 在法剖面参考系内。同样有法剖面前角 γ_n 、法剖面后角 α_n 、法剖面楔角 β_n ，以及

κ_r 、 κ'_r 、 ϵ_r 、 ψ_r 和 λ_s 。

(3) 在进给、切深参考系内也同样有相应的角度： γ_f 、 γ_p 、 α_f 、 α_p 、 β_f 、 β_p ，以及 κ_r 等角度。

副切削刃上被选定点上的角度可在不同的测量平面度量，故也有不同的参考系。车刀的主、副切削刃都在同一平面型的前刀面上时，主、副切削刃上的角度是互相关联的。如果主切削刃上的四个基本角度 γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 λ_s 已确定，对副切削刃来说，仅副偏角 κ'_r 和副后角 α'_o 为独立变量，而副前角 γ_o 和副刃倾角 λ_s 已随主切削刃角度被确定。故画外圆车刀工

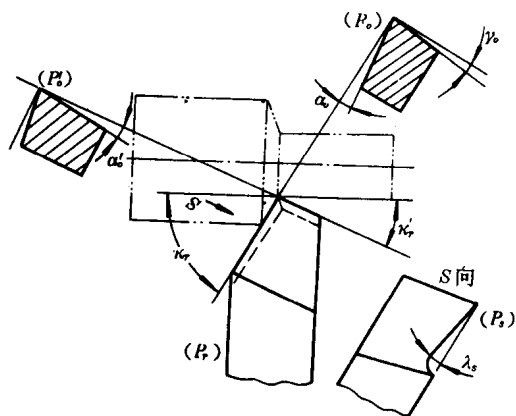


图 1-8 车刀标注角度

作图时，主、副切削刃的标注角度总共只有六个，即主切削刃的四个基本角度 γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 λ_s 和副切削刃的两个基本角度 α'_o 、 κ'_r ，如图 1-8 所示。

4. 刀具的工作角度

在实际切削加工中，由于切削运动、刀具安装位置等不可能与假定条件完全符合，所以刀具的参考系将发生变化。刀具工作角度参考系中所确定的角度，称为刀具的工作角度。

在大多数场合（如普通车削、镗削、端铣、周铣等），进给速度远小于主运动速度，因而在一般安装条件下，刀具的工作角度近似等于标注角度，所以不必进行工作角度的计算。只有在特殊情况下，例如在车螺纹、车丝杆、铲背、车凸轮时或有意将刀具位置装高、装低、左右倾斜时，角度变化值较大，才须考虑工作角度。现以横车（切断）为例说明刀具的工作角度（如图 1-9 所示）。

横车时，进给运动为径向直线运动，当工件转一周，则车刀沿工件径向移动 f 。考虑进给运动后，切削平面变为切于螺旋面的平面 P_{se} ，基面也相应倾斜为 P_{re} ，它们的角度变化值为 η 。此时工作前角 γ_{oe} 大于 γ_o ，工作后角 α_{oe} 小于 α_o ，即

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \quad (1-8)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta$$

如图 1-9 中表示的 η 角,称之为合成切削速度角。它是主运动方向和合成切削速度方向之间的夹角。由 η 角定义可知,

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{f}{\pi d} \quad (1-9)$$

分析一下变化着的工件直径 d 对工作角度的影响便可知,随着工件的旋转,切削刃逐渐接近工件回转中心,工件直径 d 随之逐渐减小。当刀尖距工件中心 1mm 时, $\eta = 1^\circ 40'$ 。再靠近中心, η 值急剧增大,工作后角变为负值。在切断工件的过程中,愈接近工件中心处,切削条件变得愈坏,最后不是切断而是将工件挤断的。这种情况下所标注的刀具角度就不能代替其工作角度了。

如果刀尖安装高于或低于工件中心线,刀杆中心线与进给方向不垂直时,刀具工作角度又将发生怎样的变化呢?请读者思考。

1-1-6 切削层参数

切削层是指工件上正被切削刃切削着的一层金属。在外圆车削中,切削层就是工件每转一周,主切削刃相邻两个位置间的一层金属,如图 1-10 所示。

我们将切削层尺寸称为切削层参数。为了简化计算,切削层的剖面形状和尺寸,通常是在垂直于切削速度 v 的基面 P_r 内观察和度量的。切削层参数包括切削厚度 a_c 、切削宽度 a_w 和切削层面积 A_c 。

(1) 切削厚度 a_c 。进行外圆车削时,工件转一周在基面上所测得的两个相邻加工表面间的垂直距离即为切削厚度,以 a_c 表示,单位为 mm。

$$a_c = f \sin \kappa_r \quad (1-10)$$

(2) 切削宽度 a_w 。切削宽度即切削层宽度。它是沿着主切削刃在基面上的投影所测得的切削层尺寸,单位是 mm。它也代表切削刀的工作长度。以外圆车削为例, a_w 下式表示:

$$a_w = \frac{a_c}{\sin \kappa_r} \quad (1-11)$$

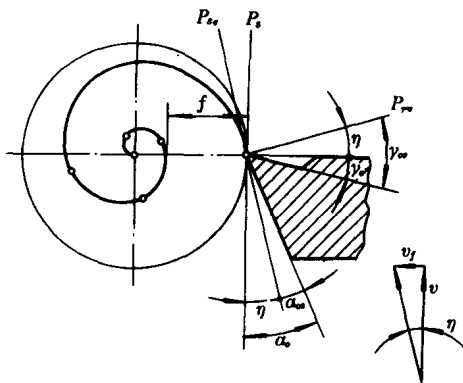


图 1-9 横车时的刀具工作角度

(3) 切削面积 A_c 。切削层在基面 P_r 内的面积, 称为切削面积, 以 A_c 表示, 单位为 mm^2 。 A_c 用下式表示:

$$A_c = a_c a_w = f a_p \quad (1-12)$$

式中的 A_c 为理论切削面积 (图 1-10 中的 $ABDC$ 部分)。而实际切削面积 A_{ce} 为

$$A_{ce} = A_c - \Delta A_c \quad (1-13)$$

式中 ΔA_c ——残留面积 (图 1-11 中的 ABE)，是指刀具副偏角 $\kappa_r \neq 0$ 时, 切削刃从位置 I 移至位置 II 后, 残留在已加工表面上的不平部分的剖面面积。

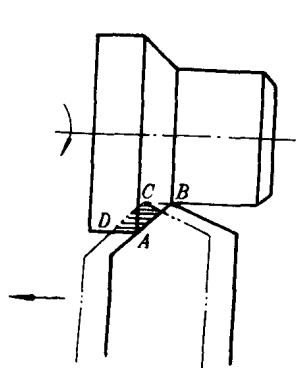


图 1-10 外圆纵车时的切削层参数

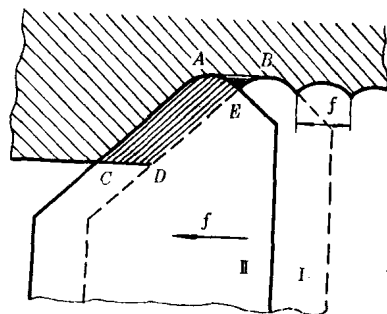
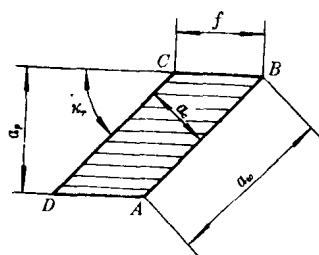


图 1-11 残留面积

1-2 刀具材料

1-2-1 刀具材料应具有的性能

刀具在切削过程中, 要承受切削力、高温、冲击和振动的影响, 会引起刀具的磨损。因此, 刀具材料必须具备以下几方面性能:

(1) 足够的硬度和耐磨性。刀具硬度应高于工件材料的硬度, 常温硬度一般需在 HRC60 以上。

耐磨性是指刀具材料抵抗磨损的能力, 它与刀具材料的硬度、强度和组织结构有关。刀具材料硬度越高, 耐磨性则越好。刀具材料组织中的碳化物、氮化物等硬质点的硬度高、颗粒小、数量多, 且分布均匀, 因此其耐磨性好。

(2) 足够的强度与韧性。切削时刀具要承受较大的切削力、冲击和振动, 为避免刀具破损, 刀具应具有足够的强度 σ_{bb} (通常是指抗弯曲强度) 和韧性 a_k (指刀具材料能忍受的冲击大小)。

(3) 较好的耐热性。是指刀具材料在高温下保持其机械性能 (即保持足够的硬度、耐

磨性和韧性)的程度。耐热性好的材料允许用高速度进行切削。

(4) 良好的工艺性。为便于刀具的制造,刀具材料要具有良好的热轧、锻造、焊接、热处理、切削和磨削等加工性能。

(5) 较好的传热性。刀具材料的传热系数高,有利于切削热的传出,并有利于降低切削温度。

(6) 经济性。刀具材料的选择应立足于本国资源,并注意经济效益,力求价格低廉。

1-2-2 刀具材料的种类

1. 刀具钢

(1) 碳素工具钢。指含碳量在 0.65—1.35% 的优质高碳钢。淬火后常温硬度可达 HRC60—64。但工艺性较差,在 200—250℃ 时开始失硬,因此只能用于制造低速的手工工具(如锉刀、刮刀等)。常用的碳素工具钢牌号有 T8A, T10A, T12A 等。

(2) 合金工具钢。在碳素工具钢中加入一定量的 Cr, W, Mn 等金属元素,就成了合金工具钢。淬火后常温硬度可达 HRC60—65,耐热性提高到 350—400℃,工艺性能也有所提高(淬火后变形小)。合金工具钢一般用来制造丝锥、板牙等形状复杂的刀具。常用的合金工具钢牌号有 CrWMn, 9CrSi 等。

(3) 高速钢,又称锋钢、白钢。在合金工具钢中,增加 9—20% 的 Cr, W 等金属元素便制成了高速钢。其常温硬度可达 HRC62—65,热硬性可提高到 500—600℃,允许切削速度可达到 25—30m/min。淬火后变形小,易刃磨,可锻制和切削。高速钢不仅可制造钻头、铣刀,还可制造齿轮刀具等复杂刀具。普通高速钢是以 W18Cr4V 为代表;高性能高速钢,在西欧一些国家里以钴高速钢 W2Mo9Cr4VCo8 为代表。但由于 W, Co 在我国属稀有金属,因此在普通高速钢,中以 Mo 代替 W,制成 W6Mo5Cr4V2;高性能高速钢以 Al 代替 Co,制成 5Cr4V2Al。W6Mo5Cr4V2 和 5Cr4V2Al 的性能分别接近于 W18Cr4V 和 W2Mo9Cr4VCo8 (国外产品牌号) 的性能。且由于不含 Co,因此生产成本较低,在我国已被广泛使用。

2. 硬质合金

硬质合金是由硬度和熔点都很高的碳化物(WC, TiC, TaC, NbC 等),用 Co, Mo, Ni 作粘结剂制成的粉末冶金产品。其常温硬度可达 HRC74—82,能耐 800—1 000℃ 高温。其刀具的切削速度是高速钢的 4—10 倍。但其冲击韧性与抗弯强度远比高速钢低,因此很少做成整体式刀具。在实际使用中,一般将硬质合金刀块用焊接或机械夹固的方式固定在刀体上。

常用的硬质合金有三大类:

(1) 钨钴(YG)合金。由碳化钨和钴组成。这类合金韧性较好,但硬度和耐磨性较差,适用于加工脆性材料(铸铁等)。钨钴合金中含 Co 越多,则韧性越好。常用的钨钴合金有 YG8, YG6, YG3, 它们的刀具依次适用于粗加工、半精加工、精加工。

(2) 钨钛(YT)合金。由碳化钨、碳化钛和钴组成,能耐 900—1 000℃ 高温,性脆冲击值低。其刀具适用于加工钢件,常用的牌号有 YT5, YT15, YT30 等,其中的数字表