

| 中等职业教育规划教材 |

机械加工技术

陈永久 蒿敬恪◎主 编
杜 梅◎副主编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业教育规划教材

机械加工技术

陈永久 蒿敬恪 主 编
杜 梅 副主编

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工技术 / 陈永久, 蒿敬恪主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.10
中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-115-18732-1

I. 机… II. ①陈…②蒿… III. 机械加工—专业学校—教材 IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 133162 号

内 容 提 要

本书内容以模块形式组织, 即按不同的功能, 将课程划分成若干个相对独立且又有一定联系的模块。全书共分 7 个模块, 内容包括金属切削的基本知识、夹具、机械设备、典型表面的机械加工方法与加工设备、编制机械加工工艺规程、典型零件的加工工艺分析和装配工艺。

本书可作为中等职业学校机械类、近机械类专业的教材, 尤其适用于机电结合专业使用, 也可作为机械工人的岗位培训教材及自学用书。

中等职业教育规划教材

机械加工技术

-
- ◆ 主 编 陈永久 蒿敬恪
副 主 编 杜 梅
责任编辑 张孟玮
执行编辑 郭 晶
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12
字数: 279 千字 2008 年 10 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2008 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18732-1/TN

定价: 19.50 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

“机械加工技术”是《中等职业教育规划教材》审定委员会推荐设置的一门新的、综合性的主干专业课。

近年来,随着机械制造业的飞速发展,对具有一定理论基础又有较强操作能力的技术工人的需求越来越大,这为培养一线技术工人的中等职业学校提供了良好的发展契机。

中等职业教育不同于高等职业教育,它突出操作技能和岗位适应能力的培养。中等职业学校的教学目的是让学生能够运用基本知识和基本操作技能从事一线生产,围绕这一教学目标,编者在教材编写过程中,做到教材内容概念清晰、重点突出、简明扼要,基本理论以“必须、够用”为原则,着重介绍基本知识,注重能力的培养,面向生产实际。教学内容以模块形式组织,即按不同的功能,将课程划分成若干个相对独立又有一定联系的模块。模块化教学注重学生的主体性,能最大限度地发挥学生的主观能动性。本书是中等职业学校模块化教学改革成果。

本书为中等职业教育规划教材之一,内容以机械加工工艺流程的制定及典型零件的加工工艺分析为主线,将金属切削的基本理论与机床、刀具、夹具及装配等知识进行优化整合,突出了机械加工的实用技术。为便于承前启后组织教学,组成各个模块的课题前均有内容提示和课题导入,课题后附有小结及训练与考核,各个模块附有适量的“巩固练习”题,供学生课后复习使用。本书按 130 学时的教学计划组织编写,具体安排见下表,各学校在使用时可酌情增删有关内容。

课时分配表

模 块	教 学 内 容	理论课时	实 习	合 计
模块一	金属切削的基本知识	8	2	10
模块二	夹具	18		18
模块三	机械设备	22	2	24
模块四	典型表面的机械加工方法与加工设备	10		10
模块五	编制机械加工工艺规程	16	2	18
模块六	典型零件的加工工艺分析	30	2	32

续表

模 块	教学内容	理论课时	实 习	合 计
模块七	装配工艺	6		6
	课程综合实践			2周
	机动	12		12
	总计	122	8	130+2周

本书由陈永久、蒿敬恪任主编，杜梅任副主编，全书由陈永久做最后的统稿。吉林大学陈永久编写模块一，长春市机械工业学校张利梅编写模块二和模块三，中铁十三局职业(高级技工)技术学校杜梅编写模块四、模块五、模块六，蒿敬恪编写模块七。长春高等职业技术学院辛明副教授对全书作最后的审定工作。在本书编写过程中，得到吉林大学闫东清、刘临江，长春高等职业技术学院蒋大明等的大力支持，他们提出了许多宝贵建议；本书在编写中参考了大量的教材、手册等资料，在此对相关人员表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，望广大读者给予批评指正。

编者

2008年6月

目 录

模块一	金属切削的基本知识	1
	课题一 切削运动和切削要素	2
	课题二 金属切削刀具的基本知识	7
	课题三 切削力及刀具磨损	11
模块二	夹具	19
	课题一 工件的定位	20
	课题二 定位方法与定位元件	22
	课题三 工件在夹具中的夹紧	31
	课题四 机床夹具的基础知识	36
模块三	机械设备	41
	课题一 认识常见的机械加工设备	42
	课题二 金属切削机床的基本知识	48
模块四	典型表面的机械加工方法与加工设备	67
	课题一 选择外圆表面的加工方法与加工设备	68
	课题二 选择内圆表面的加工方法与加工设备	74
	课题三 选择平面的加工方法与加工设备	81
	课题四 选择螺纹表面的加工方法与加工设备	88
模块五	编制机械加工工艺规程	99
	课题一 了解机械加工工艺规程的基本知识	100
	课题二 编制机械加工工艺过程卡	108
	课题三 编制机械加工程序卡	120

模块六	典型零件的加工工艺分析	137
课题一	轴类零件的加工工艺分析	138
课题二	套类零件的加工工艺分析	143
课题三	箱体零件的加工工艺分析	148
课题四	圆柱齿轮零件的加工工艺分析	154
模块七	装配工艺	163
课题一	装配的基础知识	164
课题二	装配尺寸链	174
课题三	保证装配精度的方法	177
参考文献	186

模块一

金属切削的基本知识



● 课题一 切削运动和切削要素

● 课题二 金属切削刀具的基本知识

● 课题三 切削力及刀具磨损



课题一 切削运动和切削要素

知识点

1. 切削运动的含义及分类。
2. 切削用量的基本概念。
3. 切削对加工表面的影响。

技能点

会分析切削运动,能合理选用切削用量。



课题导入

金属切削加工是指用切削刀具从坯料或工件上切除多余材料,以获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的零件的加工方法。在现代机械制造中,除少量零件采用精密铸造等方法直接获得零件外,大部分零件都要经过切削加工才能获得所需要的加工精度和表面粗糙度。本课题主要阐述切削运动和切削要素的基本知识。



课题实施

一、切削运动

在切削过程中,为了切除多余的金属,必须使工件和刀具作相对的工作运动。按其作用,切削运动可分为主运动和进给运动两种。

(1) 主运动:形成机床切削速度或消耗主要动力的工作运动。通常主运动的速度最快,消耗功率最多。例如,车削时工件的旋转运动,钻削时刀具的旋转运动,刨削时刀具的往复直线运动,铣削时刀具的旋转运动,磨削时砂轮的旋转运动等都是主运动。

(2) 进给运动:使工件的多余材料不断地被去除的工作运动,进给运动可以是连续运动,也可以是间歇运动,如车外圆时纵向进给是连续运动,控制切削刃切入深度的横向进给是间歇运动。通常,进给运动的速度较慢,消耗功率较少。例如,车削时刀具的直线运动,钻削时刀具的轴向运动,刨削时工件的间歇直线运动,铣削时工件的直线运动,磨削时工件的旋转运

动及其往复直线运动等都是进给运动。

各种切削加工,都具有特定的切削运动(见图 1-1)。切削运动的形式有旋转的、直线的、连续的、间歇的等。一般主运动只有一个,进给运动可以有一个或几个。主运动和进给运动可由刀具和工件分别完成,也可由刀具单独完成。

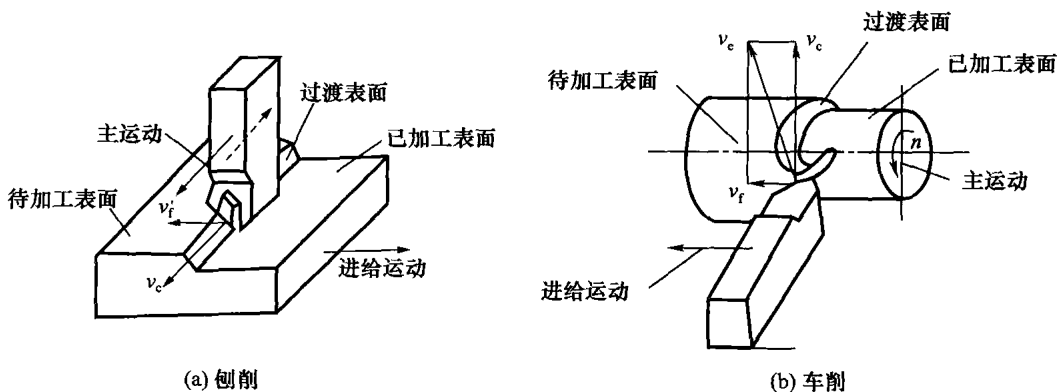


图 1-1 切削运动和加工表面

二、工件上形成的表面

在切削运动的作用下,工件上产生了 3 个不断变化的表面(见图 1-1)。

- (1) 已加工表面:已经切去多余金属而形成的表面。
- (2) 过渡表面:工件上切削刀正在切削的表面,并且是切削过程中不断变化着的表面。
- (3) 待加工表面:加工时即将被切去金属层的表面。

应当指出,零件 3 个表面的划分只是为了便于对切削过程的研究。在切削加工过程中,零件的 3 个表面始终处于不断的变化之中,这一次加工走刀的待加工表面,即为上一次加工走刀的已加工表面,过渡表面会随着每次切削加工的刀具进给不断地被切除,从而形成新的过渡表面。

三、切削用量的基本概念

切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数,包括背吃刀量、进给量和切削速度(见图 1-2)。合理选择切削用量与提高生产效率有着密切的关系。

1. 背吃刀量 a_p

背吃刀量又称为切削深度,是指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,也就是每次进给时车刀切入工件的深度。车外圆时的切削深度(a_p)可按式计算:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

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。

2. 进给量 f

进给量是指刀具或工件在进给运动方向上相对于工件或刀具移动的距离,常用每转或每行程的位移量来表示。

(1)车削时,进给量 f 为工件每转一周,车刀沿进给方向移动的距离(单位:mm/r)。

(2)钻削时,进给量 f 为钻头每转一转,钻头沿进给方向(轴向)移动的距离(单位:mm/r)。

(3)铣削时,进给量用每齿进给量 f_z (mm/z)、每转进给量 f (mm/r)、进给速度 v_f (mm/min)表示。

进给量又分纵进给量和横进给量两种。

纵进给量是指沿车床身导轨方向的进给量。

横进给量是指垂直于车床床身导轨方向的进给量。

3. 切削速度 v

在进行切削加工时,刀具切削刃上的某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度,也可以理解为车刀在 1min 内车削工件表面的理论展开直线的长度(但必须假定切削没有变形或收缩)。它是衡量主运动大小的参数,切削速度 v 的计算公式为

$$v = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中, v ——切削速度, m/min;

d ——工件直径, mm;

n ——工件或刀具的转速, r/min。

四、切削对加工表面的影响

在金属切削过程中会出现一系列物理现象,如切削变形、切削力、切削热、刀具磨损以及加工表面质量等,它们都是以切屑形成过程为基础的,因此研究这些物理现象,对提高生产效率和工件的加工质量,降低生产成本,都有重要意义。

1. 切屑的形成及切屑类型

(1)金属切削过程。切削时,在刀具切削刃的切割和前刀面的推挤作用下,使被切削的金属层产生变形、剪切滑移而变成切屑的过程称为切削过程。

(2)切屑的类型。由于工件材料性质和切削条件的不同,切削过程中的滑移变形程度也就不同,因此产生了以下 4 种类型的切屑(见图 1-3)。

①带状切屑:它的内表面光滑,外表面呈毛茸状,如用放大镜观察,在外表面上也可看到剪切面的条纹,但每个单元很薄。一般在加工塑性金属材料时,因切削厚度较小,切削速度较快,刀具前角较大而形成这类切屑。

形成带状切屑的切削过程较平稳,切削力变化小,因此工件表面粗糙度较小,但如果产生连绵不断的带状切屑,会妨碍工作,容易发生事故,所以必须采取断屑措施。

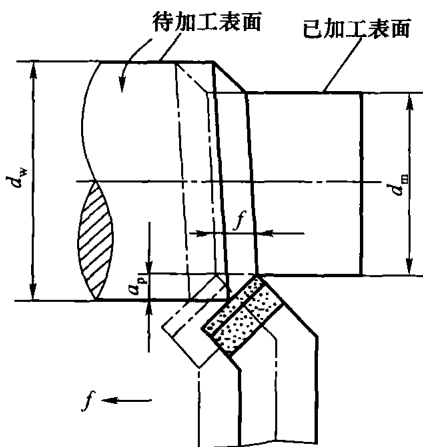


图 1-2 车削外圆时的切削要素

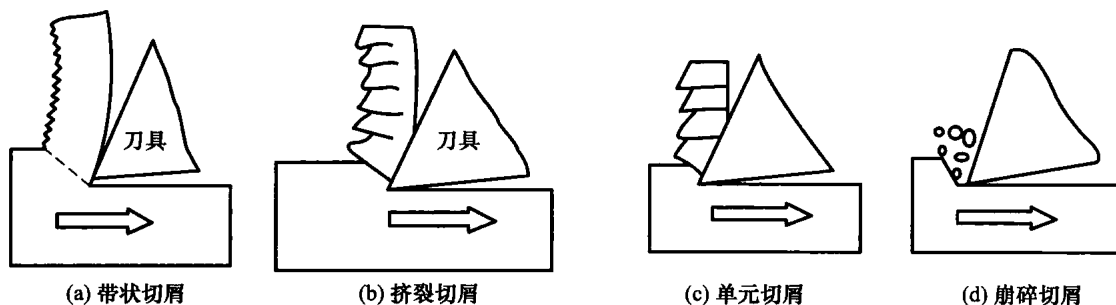


图 1-3 切屑的类型

② 挤裂切屑:它的内表面有时有裂纹,外表面呈锯齿形。这类切屑大多是在切削速度较慢,切削厚度较大,刀具前角较小时,由于切屑剪切滑移量较大,在局部地方达到了破裂而形成的。

③ 单元切屑:如果挤裂切屑的整个剪切面上的剪应力超过了材料的断裂强度,那么整个单元被切离,成为梯形的单元切屑。

④ 崩碎切屑:切削脆性金属材料时,由于材料的塑性很小,抗拉强度较低,刀具切入后,近切削刃和前刀面的局部金属未经塑性变形就被挤裂或脆断,形成不规则的崩碎切屑。工件材料越硬越脆,刀具前角越小,切削厚度越大,越容易产生这类切屑。

崩碎切屑与刀具前刀面的接触长度较短,切削力、切削热集中在切削刃附近,容易使刀具磨损和崩刃。

2. 积屑瘤

用中等切削速度切削钢料或其他塑性金属时,有时在车刀前刀面的近切削刃处牢固地粘着一小块金属,这就是积屑瘤。

(1) 积屑瘤的形成。切削过程中,由于金属的变形和摩擦,使切屑和前刀面之间产生很大的压力和很高的温度,当温度(中碳钢约 300°C)和压力条件适当时,切屑和前刀面之间将产生很大的摩擦力(尤其当前刀面粗糙度较大时,摩擦力就更大)。当摩擦力大于切屑内部的结合力时,切屑底层的一部分金属就“冷焊”在前刀面上的近切削刃处,形成积屑瘤(见图 1-4)。

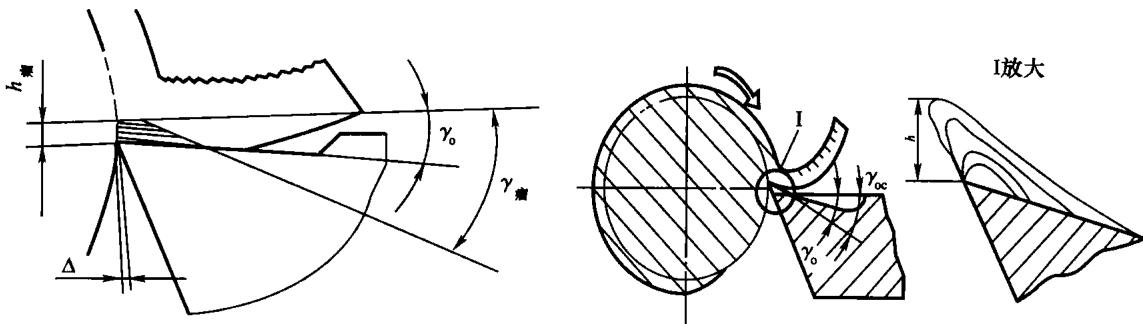


图 1-4 切削时形成的积屑瘤

由于切屑底层的一部分金属与前刀面的粘结还未达到焊接的熔化温度,因此这种现象也可称为“冷焊”现象。

(2) 积屑瘤对加工的影响。

① 保护刀具。积屑瘤的硬度约为工件材料硬度的 2~3 倍,好像一个刃口圆弧半径较大的楔块,能代替切削刃进行切削,且保护了切削刃和前刀面,减少了刀具的磨损。

② 增大实际前角。有积屑瘤的车刀,实际前角 γ 可增大至 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$,因而减少了切屑的变形,降低了切削力。

③ 影响工件表面质量和尺寸精度。积屑瘤的底部比上部稳定,但是通常条件下,积屑瘤是不稳定的,它时大时小,时积时失。在切削过程中,一部分积屑瘤被切屑带走,一部分嵌入工件的已加工表面,使工件表面形成硬点和毛刺,表面粗糙度变大。当积屑瘤增大到切削刃之外时,改变了切削深度,从而影响了工件的尺寸精度。

一般来说,积屑瘤在粗加工时允许存在,精加工时工件的表面粗糙度和尺寸精度要求较高,必须避免产生积屑瘤。

(3) 切削速度对积屑瘤产生的影响。影响产生积屑瘤的因素很多,如工件材料、切削速度、刀具前角、前刀面的粗糙度和切削液等。由于切削速度对产生积屑瘤的影响最大,因此这里仅分析切削速度的影响。

① 切削速度较慢(5m/min 以下)时,切屑流动较慢,切削温度较低,切屑与前刀面接触不紧密,形成点接触,摩擦系数较小,不会产生积屑瘤。

② 当中等切削速度(15~30m/min)时,切削温度约为 300°C 左右,切屑底层金属的塑性增加,切屑与前刀面接触面积增大,摩擦系数较大,此时最易产生积屑瘤。

③ 切削速度较快(70m/min 以上)时,切削温度很高,切屑底层金属变软,摩擦系数明显下降,亦不会产生积屑瘤。

由此可见,在精加工时,为了避免产生积屑瘤,减小工件表面粗糙度,应用高速钢车刀低速切削(5m/min 以下),或用硬质合金车刀高速切削(70m/min 以上)。



训练与考核

观察车刀切削过程,分析切削用量。

小结

了解切削运动过程,掌握切削用量合理选用的方法。



课题二 金属切削刀具的基本知识

知识点

1. 车刀的几何形状角度。
2. 常用刀具的材料种类。

技能点

了解车刀角度的基本知识和刀具材料选用的方法。



在金属切削过程中,刀具直接完成切削工作,它的质量对切削效率、加工质量和生产成本有很大的影响。刀具能否胜任切削工作,取决于构成刀具的材料、刀具的几何形状和刀具的结构。本课题主要阐述刀具角度及材料的基本知识。



课题实施

一、车刀切削部分的组成(三面、两刃、一尖)

刀具的种类很多,结构各异,但就切削部分而言,它们都可以看成是由外圆车刀演变而成的。现以外圆车刀为例,说明刀具切削部分的几何形状,如图1-5所示。

(1) 前面(A_f):它是刀具上切屑滑过的表面。

(2) 主后面(A_m):它是刀具上与切削表面(过渡表面)相对的表面。

(3) 副后面(A'_m):它是刀具上与已加工表面相对的表面。

(4) 主切削刃(S):它是前面与主后面相交构成的切削刃,它承担主要的切削工作。

(5) 副切削刃(S'):它是前面与副后面相交构成的切削刃,它配合主切削刃完成少量的切削工作,即对加工表面起修光作用。

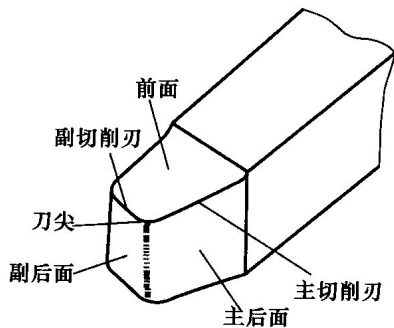


图1-5 刀具切削部分的组成

(6) 刀尖:它是主切削刃与副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃,它往往磨成一段很小的直线或圆弧,以提高刀尖的强度。

二、辅助平面

为了定义刀具角度,在切削状态下,以切削刃上某一点为基准假定的几个平面称为辅助平面,如图 1-6 所示。

(1) 基面(P_r):它是通过主切削刃上某一点并垂直于假定主运动方向的平面。

(2) 主切削平面(P_s):它是通过主切削刃上某一点与主切削刃相切并垂直于基面的平面。

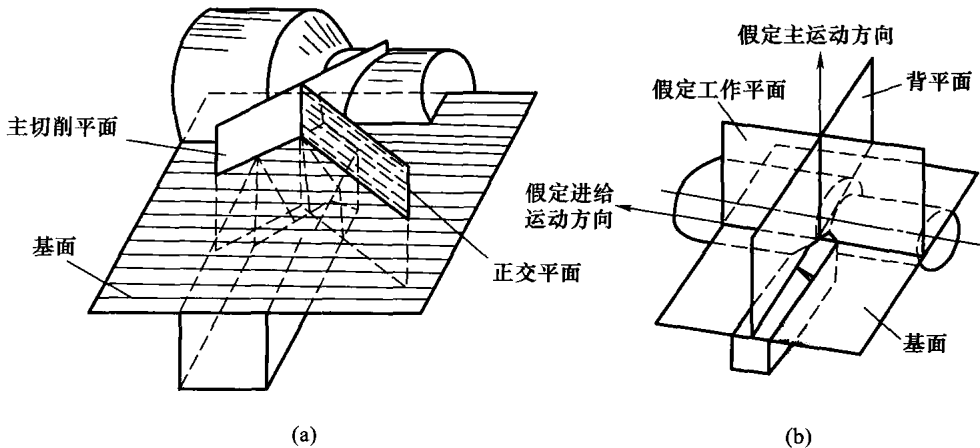


图 1-6 刀具的辅助平面图

(3) 正交平面(P_o):它是通过主切削刃上某一点并同时垂直于基面和主切削平面的平面。以上 3 个平面相互垂直,构成空间直角坐标系。

(4) 假定工作平面(P_r'):它是通过主切削刃上某一点与基面垂直,且与假定进给运动方向平行的平面。

(5) 背平面(P_n):它是通过主切削刃上某一点并同时垂直于基面和假定工作平面的平面。以上两个平面加上基面亦可组成空间直角坐标系。

(6) 副切削平面(P'_s):它是通过副切削刃上某一点与副切削刃相切并垂直于基面的平面,如图 1-7 所示。

三、刀具的几何角度

刀具的切削性能、锋利程度及强度主要是由刀具的几何角度来决定的。前角、后角、主偏角和刃倾角是主切削刃上 4 个最基本的角度,如图 1-7 所示。

1. 在正交平面内测量的角度

(1) 前角(γ_o):它是前面与基面间的夹角。前角的大小能决定刀刃的强度和锋利程度。前角大,刃口锋利,易切削,但前角过大,会使强度降低,散热变差,易崩刃。

(2) 后角(α_o):它是主后面与主切削平面间的夹角。后角的大小能决定刀具后面与工件

之间的摩擦及散热程度。后角过大,会使散热变差,刀具寿命减短;后角过小,会使摩擦严重,刀口变钝,温度升高,刀具寿命也减短。一般取 $\alpha_0 = 5^\circ \sim 12^\circ$ 。

(3) 楔角(β_0):它是前面与主后面间的夹角。 $\beta_0 = 90^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$ 。

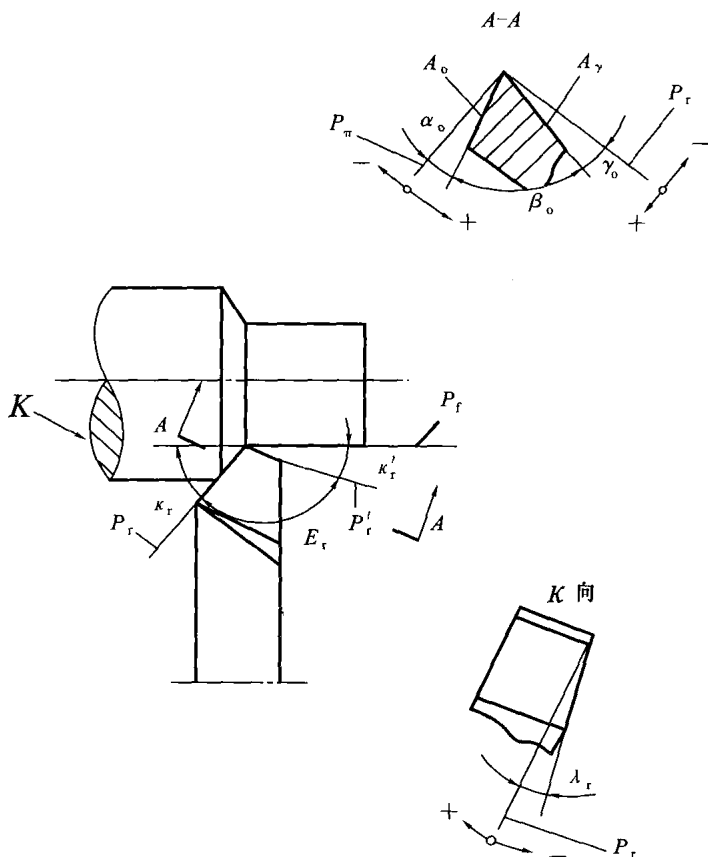


图 1-7 刀具的主要角度

2. 在基面内测量的角度

(1) 主偏角(κ_r):它是主切削平面与假定工作平面间的夹角。主偏角的大小能决定背向力与进给力分配比例和散热程度。主偏角大,背向力小,散热差;主偏角小,进给力小,散热好。

(2) 副偏角(κ_r'):它是副切削平面与假定工作平面间的夹角。副偏角的大小能决定副切削刃与已加工表面之间的摩擦程度。较小的副偏角对已加工表面有修光作用。

(3) 刀尖角(ϵ_r):它是主切削平面与副切削平面间的夹角。 $\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_r')$ 。

3. 在主切削平面内测量的角度

刃倾角(λ_r):它是主切削刃与基面间的夹角。刃倾角主要影响排屑方向和刀尖强度。如图 1-8 所示,刀尖位于主切削刃上的最高点时,刃倾角为正,切屑滑向待加工表面,刀尖不耐冲击;刀尖位于主切削刃上最低点时,刃倾角为负,切屑滑向已加工表面,刀尖可受到保护;主切削刃上各点等高时,刃倾角为零,切屑很快卷曲,刀尖抗冲击能力较强。

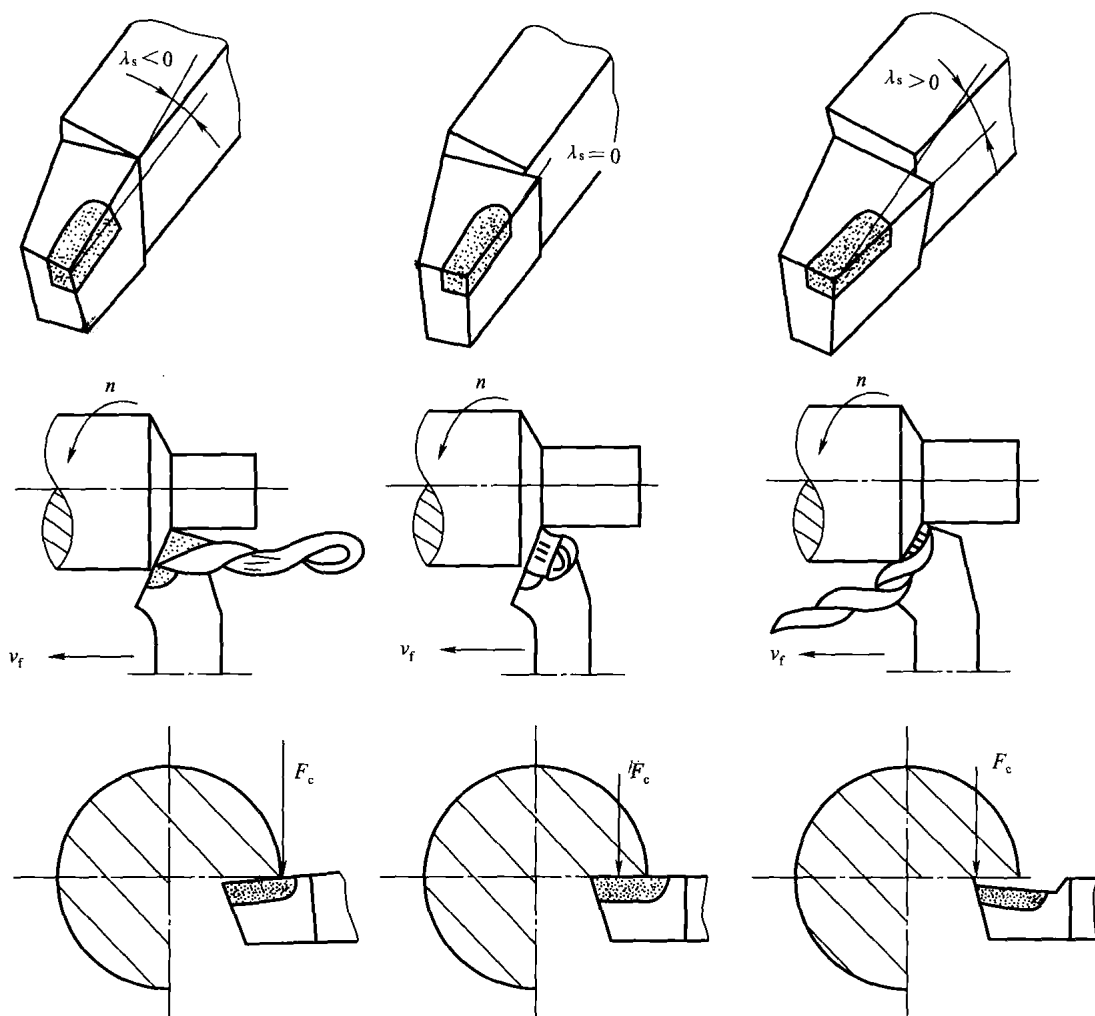


图 1-8 刃倾角的作用

四、刀具材料

1. 刀具材料应具备的性能

刀具材料的切削性能,关系着刀具的耐用度和生产率;刀具材料的工艺性能,影响着刀具本身的制造与质量。刀具材料应具备以下性能。

- (1) 硬度 刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度,一般在 60HRC 以上。
- (2) 强度(主要指抗弯强度) 刀具材料应能承受切削力和内应力,不致崩刃或断裂。
- (3) 韧性 刀具材料应能承受冲击和振动,不致因脆性而断裂或崩刃。
- (4) 耐磨性 是指刀具材料抵抗磨损的能力。它是材料硬度、强度和金相组织等因素的综合反映。一般来说,硬度较好的材料,耐磨性也较好。
- (5) 耐热性 是指刀具材料在高温下保持较高的硬度、强度、韧性和耐磨性的性能。它是衡量刀具材料切削性能的重要指标。