

机械类 高级技工学校统编教材 高级工培训教材

# 金属切削原理

# 与刀具

(第二版)



**机械类** 高级技工学校统编教材  
高级工培训教材

# 金属切削原理与刀具

(第二版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

版权所有 翻印必究

**图书在版编目(CIP)数据**

金属切削原理与刀具/肖庆中编著. —2版. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2001  
机械类高级技工学校统编教材

ISBN 7-5045-2951-6

I. 金…

II. 肖…

III. ①金属切削-技术培训-教材 ②刀具(金属切削)-技术培训-教材

IV. TG501②TG701

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 85715 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:唐云岐

\*

北京市艺辉印刷有限公司 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 11.75印张 293千字

2001年5月第2版 2001年5月第1次印刷

印数:3000册

定价:16.00元

读者服务部电话:64929211

发行部电话:64911190

# 前 言

为加快高级技能人才培养，规范高级技工学校教学，劳动和社会保障部培训就业司于1999年颁发了《高级技工学校机械类通用工种教学计划与教学大纲》，高级技工学校《专业数学》《微型计算机原理及应用》《机械制造技术基础》《机床电气与数控技术》《机械制造工艺与装配》《机械制图》《高级车工技能训练》《高级铣工技能训练》《高级磨工技能训练》《高级钳工技能训练》《高级工具钳工技能训练》《高级机修钳工技能训练》等12种教材于同年由中国劳动社会保障出版社出版。

为进一步满足高级技工学校教学和高级技术工人培训对教材的需求，我们组织修订了《机构与零件》《液压技术》《机床夹具》《公差配合与技术测量》《金属切削原理与刀具》《高级模样工技能训练》和《高级焊工技能训练》。

以上7种教材的修订，是在充分调研的基础上进行的。我们依照企业对高级技能人才理论知识和操作能力的要求，参照国家职业标准（技术等级标准），并照顾到机械类专业通用工种的特点，确定教材的深度和广度。教材结构安排合理，概念原理叙述清楚，技能训练课题针对性强。为便于教学，编入了“教学要求与课时安排”，对课程的教学要求、课时分配和教学建议做了具体说明。

此次教材的修订工作得到四川、山东、广东、吉林、辽宁、上海、湖南等省、市高级技工学校、职业培训机构中讲师、高级讲师、生产实习指导教师的大力支持，北京、天津等一些高校教师对教材进行了审定，在此一并表示感谢。

恳请广大师生在使用过程中对教材提出宝贵意见，以便进一步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2001年1月

# 目 录

绪论	( 1 )
----	-------

## 第一篇 金属切削原理

第一章 金属切削加工的基本概念	( 2 )
-----------------	-------

§ 1—1 切削运动与切削用量	( 2 )
§ 1—2 刀具切削部分的组成及刀具的几何角度	( 4 )
§ 1—3 刀具工作参考系与工作角度	( 9 )
§ 1—4 金属切削层	( 13 )
复习思考题	( 15 )

第二章 刀具材料	( 16 )
----------	--------

§ 2—1 刀具材料应具备的性能及种类	( 16 )
§ 2—2 碳素工具钢及合金工具钢	( 18 )
§ 2—3 高速钢	( 18 )
§ 2—4 硬质合金	( 20 )
§ 2—5 其他刀具材料	( 22 )
复习思考题	( 24 )

第三章 金属切削加工中的主要现象及规律	( 25 )
---------------------	--------

§ 3—1 金属切削过程	( 25 )
§ 3—2 切削力与切削功率	( 30 )
§ 3—3 切削热和切削温度	( 35 )
§ 3—4 刀具磨损与刀具耐用度	( 37 )
复习思考题	( 42 )

第四章 金属切削加工质量及切削用量的选择	( 43 )
----------------------	--------

§ 4—1 工件材料的切削加工性能	( 43 )
§ 4—2 已加工表面质量	( 46 )
§ 4—3 切削液	( 49 )

§ 4—4 刀具几何参数及切削用量的选择·····	( 53 )
复习思考题·····	( 59 )
<b>第五章 磨削·····</b>	<b>( 60 )</b>
§ 5—1 磨削加工原理及工艺特点·····	( 60 )
§ 5—2 砂轮·····	( 61 )
§ 5—3 磨削过程·····	( 67 )
§ 5—4 磨削力和磨削功率·····	( 69 )
§ 5—5 磨削加工的表面质量·····	( 70 )
§ 5—6 先进的磨削方法·····	( 72 )
复习思考题·····	( 74 )
<b>第六章 特种加工与数控加工·····</b>	<b>( 75 )</b>
§ 6—1 特种加工·····	( 75 )
§ 6—2 数控加工·····	( 81 )
复习思考题·····	( 83 )

## 第二篇 金属切削刀具

<b>第七章 车刀·····</b>	<b>( 84 )</b>
§ 7—1 车刀的种类和用途·····	( 84 )
§ 7—2 焊接车刀·····	( 85 )
§ 7—3 常用车刀在使用中存在的问题·····	( 86 )
§ 7—4 车刀的改进·····	( 87 )
§ 7—5 可转位车刀·····	( 89 )
复习思考题·····	( 96 )
<b>第八章 成形车刀·····</b>	<b>( 97 )</b>
§ 8—1 成形车刀的种类和用途·····	( 97 )
§ 8—2 成形车刀的几何角度·····	( 98 )
§ 8—3 成形车刀几何形状的误差分析·····	( 100 )
§ 8—4 成形车刀的使用·····	( 102 )
复习思考题·····	( 104 )
<b>第九章 孔加工刀具·····</b>	<b>( 105 )</b>
§ 9—1 钻削加工与钻头·····	( 105 )
§ 9—2 铰刀及镗刀·····	( 111 )
§ 9—3 深孔加工·····	( 115 )

§ 9—4 孔加工复合刀具简介	(118)
复习思考题	(121)
<b>第十章 铣刀</b>	(122)
§ 10—1 铣刀的种类及用途	(122)
§ 10—2 铣刀的几何参数及铣削要素	(123)
§ 10—3 铣削方式	(127)
§ 10—4 铣刀的结构	(129)
§ 10—5 铣刀的改进	(135)
§ 10—6 铣刀的刃磨	(136)
复习思考题	(137)
<b>第十一章 拉刀</b>	(138)
§ 11—1 拉削特点和拉刀种类及用途	(138)
§ 11—2 拉刀的组成及几何参数	(140)
§ 11—3 拉削方式	(142)
§ 11—4 拉削表面缺陷及其解决方法	(144)
§ 11—5 拉刀的使用与刃磨	(145)
复习思考题	(148)
<b>第十二章 螺纹刀具</b>	(149)
§ 12—1 螺纹刀具的种类及用途	(149)
§ 12—2 螺纹车刀	(150)
§ 12—3 丝锥与圆板牙	(151)
§ 12—4 其他螺纹刀具	(154)
§ 12—5 螺纹滚压工具	(156)
复习思考题	(157)
<b>第十三章 齿轮加工刀具</b>	(158)
§ 13—1 齿轮刀具种类	(158)
§ 13—2 齿轮滚刀	(159)
§ 13—3 蜗轮滚刀	(162)
§ 13—4 插齿刀	(164)
§ 13—5 其他齿轮刀具	(168)
复习思考题	(169)
<b>附录 本书选用符号的中文名称及单位</b>	(171)

# 绪 论

金属切削加工是利用切削工具从工件上切除多余金属的加工方法，是机械制造业基本加工方法之一。在机械制造工艺过程中，凡精度和表面质量要求较高的零件，一般都需要经过切削加工（含各种机械加工和钳工加工）。随着科学技术的不断发展，新的、先进的金属切削加工方法将不断出现，并正向少切削、无切削的方向发展。如精密铸造、精密锻造、冷挤（冷轧）技术和电加工等，可以部分地取代切削加工。但由于切削加工具有加工精度高、生产效率高以及加工成本低等优点，故大多数零件还必须通过切削加工来实现。尤其是要获得高精度的金属零件，主要还是经过切削加工完成。因此，如何正确地进行切削加工，深入研究金属切削过程，对促进切削加工水平的提高，实现产品的优质、高产和低成本有着重要意义。

因为金属切削加工要涉及到刀具与工件之间的相对运动和相互作用，所以，学习金属切削原理的基本任务就是研究金属切削过程的基本规律，并用于指导生产实践。

目前金属切削加工有两项引人注目的技术进步：一是精密加工技术，30多年前只能加工 $10\ \mu\text{m}$ 级精度零件，而现在已能加工 $10^{-1}\ \mu\text{m}$ 级至 $10^{-2}\ \mu\text{m}$ 级精度的零件；二是计算机辅助制造（CAM）技术。柔性制造系统已进入实用阶段，使加工制造向自动化、智能化方向发展。

刀具在机械制造中占有极其重要的地位，是金属切削过程中矛盾的主要方面。一方面，由于刀具的改进与发展，促进了生产率的提高、机床结构及加工工艺的改革；另一方面，随着科学技术与生产的发展，又对刀具的材料及结构提出了更高的要求，以适应加工的需要。因此，研究、开发新型刀具材料，设计、革新和发展刀具的结构与制造方法以及合理使用刀具，已成为切削加工中的重要任务。

学习本课程必须贯彻理论联系实际的原则，既要善于灵活运用切削理论去观察、分析和处理生产中遇到的各种问题，又要学会用生产中解决的实例去验证和巩固理论知识。教学中，要尽可能利用实物、模型、挂图及电化教学的手段，并在可能的条件下增开实验课和组织现场参观。



# 第一篇 金属切削原理

## 第一章 金属切削加工的基本概念

### § 1—1 切削运动和切削用量

#### 一、零件表面的形成和切削运动

任何机器零件的表面均可看成是由曲面和平面（外圆面、内圆面、平面或成形面等）组成。因此，只要能对这些基本表面进行加工，就能完成所有零件的加工。而上述基本表面可以用一定的运动组合来形成。例如，外（内）圆表面可由旋转运动和直线运动的组合来形成；平面可由直线运动和直线运动的组合来形成。所以，要完成零件表面的切削加工，必须了解刀具与工件（零件）之间的基本相对运动。

#### 1. 切削运动

切削运动是指在切削过程中刀具相对于工件的运动，即在切削过程中，刀具和工件应具备形成零件表面的基本运动。按其在此过程中所起的作用，可分为主运动和进给运动，如图 1—1 所示。

(1) 主运动 直接切除工件上的切削层，使之转变为切屑，以形成工件新表面的主要运动，用切削速度( $v$ )来表示。通常主运动的速度较高，消耗的切削功率也较大。主运动可以由工件完成，也可以由刀具完成。根据加工方法的不同，主运动的形态也不相同，例如，车削时工件的回转运动，铣削时铣刀的回转运动，钻削时钻头的旋转运动及刨削加工时刨刀的往复直线运动均为主运动。在金属切削过程中，无论哪种切削运动，主运动都只有一个。

(2) 进给运动 使新的切削层不断投入切削的运动。它分为吃刀运动（如车削外圆时车刀的横向进给运动）和走刀运动（如车削外圆时车刀的纵向进给运动）。吃刀运动是控制刀刃切入深度的运动，多数情况下是间歇性的；若在切削过程中同时吃刀则变为走刀运动。进给运动通常的速度较低，消耗功率较小。钻削过程中，钻头的向下运动就属于进给运动。根据零件表面形成的需要，进给运动可以是一个、二个或多个。

在切削过程中，切削速度  $v_c = v + v_f$ ，当进给速度 ( $v_f$ ) 较小时（见图 1—2），加工中常以主运动速度  $v$  作为切削速度。

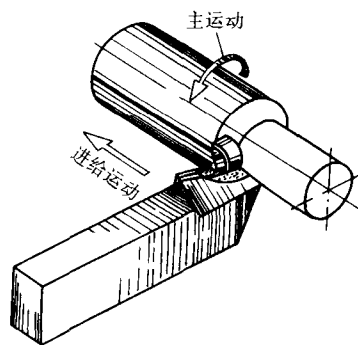


图 1—1 切削运动

## 2. 切削过程中的三个表面

工件在切削过程中形成了三个不断变化着的表面（图 1—2）。

(1) 已加工表面 已切除多余金属后形成的新表面。

(2) 加工表面 刀刃正在切削的表面。

(3) 待加工表面 即将被切去金属层的表面。

## 二、切削用量

切削用量是表示切削运动参数的量。它包括背吃刀量、进给量和切削速度三要素。合理选择切削用量与提高劳动生产率，提高加工质量及经济性有着密切的关系，其选择方法在 § 4—4 中介绍。

### 1. 切削速度 $v$

切削速度是刀具切削刃上的某一点相对于加工表面上该点在主运动方向上的瞬时速度，即主运动的线速度，单位为 m/s 或 m/min。

当主运动为旋转运动时（如车削加工运动），切削速度按下式计算：

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-1)$$

式中  $n$  ——工件或刀具每分钟转速 (r/min)；

$D$  ——工件待加工表面直径或刀具的最大直径 (mm)。

当主运动为往复直线运动时（如牛头刨床的运动），其平均速度按下式计算：

$$v = \frac{2Ln_r}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-2)$$

式中  $L$  ——往复直线运动的行程长度 (mm)；

$n_r$  ——主运动每分钟的往复次数 (str/min)。

在转速  $n$  值一定时，切削刃上各点的切削速度是不相同的，考虑到刀具的磨损和已加工表面质量等因素，在计算时，一般应取最大的切削速度。

### 2. 进给量 $f$

进给量是工件或刀具每转一转或往复一次或刀具每转过一齿时，工件与刀具在进给方向上的相对位移。车削时， $f$  为工件每转一转，刀具沿着进给方向的移动量，单位为 mm/r；如果主运动是往复直线运动（如刨削、插削）时， $f$  为刀具每往复一次工件在进给方向的移动量，单位是 mm/str（毫米/双行程）。

### 3. 背吃刀量 $a_p$

背吃刀量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。

车外圆时，背吃刀量  $a_p$  按下式计算（参见图 1—2）：

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

式中  $d_w$  ——待加工表面直径 (mm)；

$d_m$  ——已加工表面直径 (mm)。

钻孔时：

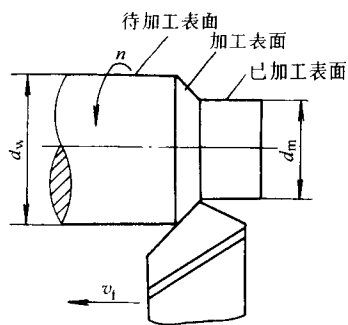


图 1—2 工件上的三个表面

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

式中  $d_m$ ——钻孔的直径或钻头直径 (mm)。

背吃刀量  $a_p$  的大小直接影响刀具主切削刃的工作长度，可以反映出切削负荷的大小。

## §1-2 刀具切削部分的组成及刀具的几何角度

刀具是切削加工中的重要工具，也是切削加工中影响生产率、加工质量和成本的最活跃的因素。切削刀具种类繁多，形状复杂，其特性也不相同，但又有许多共同的特性：都具有楔形的切削部分，即楔形刀头；刀具都是由切削部分和刀体两部分组成，前者用来直接参加切削工作，后者用来将刀具正确夹持在机床上。车刀是最典型的简单刀具，其他刀具均可认为是车刀的演变和组合。以下以普通外圆车刀为代表来确定切削部分的基本定义（这些基本概念同样适用于其他刀具）。

### 一、车刀切削部分的组成

从图 1—3 可以看出，普通车刀的切削部分即刀头是一个几何体，是由几个面和多条由面相交而成的切削刃组成的（刃与刃相交形成的点为刀尖）。

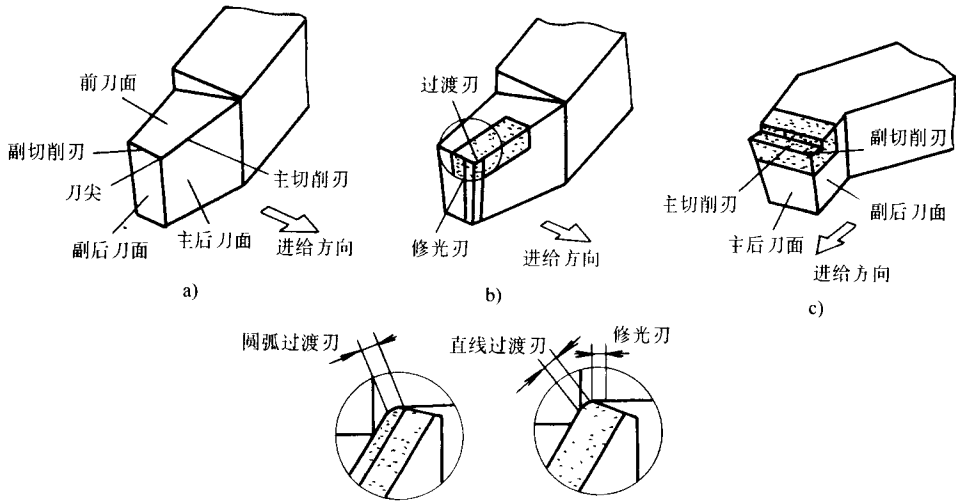


图 1—3 车刀的组成部分

1. 前刀面  $A_r$   
切屑流出时所流经的面。
2. 主后刀面  $A_o$   
与工件上加工表面相对的刀面。
3. 副后刀面  $A'_o$   
与工件上已加工表面相对的刀面。
4. 主切削刃  $S$

前刀面与主后刀面相交的部位,担负主要切削工作。

### 5. 副切削刃 $S'$

前刀面与副后刀面相交的部位,它协同主切削刃完成金属的切除工作,以最终形成工件的已加工表面。

### 6. 刀尖(过渡刃)

主、副切削刃连接处的一小段切削刃。为了提高刀尖的强度和耐磨性能,往往将刀尖磨成圆弧形或直线形的过渡刃(图1—3b)。

所有车刀都有上述组成部分,但数量并不一样。如典型的外圆车刀是由三个刀面、两条刃和一个刀尖组成(图1—3a); $45^\circ$ 车刀则由四个刀面(两个副后刀面)、三条刃和两个刀尖组成(图1—3c)。

## 二、测量刀具角度的坐标参考系

刀具几何角度是确定刀具切削部分几何形状与切削性能的重要参数,它是由刀面、切削刃及假定参考坐标平面间的夹角所构成的。用来确定刀具几何角度的参考坐标系有两大类:一类称为标注参考系(静态参考系),它是刀具设计计算、绘图标注、制造与刃磨及测量时用来确定刀刃、刀面空间几何角度的定位基准,用它定义的角度称为刀具的标注角度(静态角度);另一类称为工作参考系(动态参考系),它是确定刀具切削刃、刀面在切削过程中相对于工件的几何位置的基准,用它来定义的角度称为刀具的工作角度。

从实质上来说,刀具的标注角度是在假定条件下的工作角度。

确定标注角度的坐标系有:正交平面坐标系、法平面坐标系、进给与背平面坐标系等,但大都是采用正交平面标注坐标系。

下面以外圆车刀为例来说明标注参考系及刀具标注角度的定义。

### 1. 标注参考系的假定条件

(1) 假定运动条件 标注角度都不考虑进给运动的影响,只考虑切削速度方向的影响。即假定进给速度很小,以主运动矢量 $v$ 代替合成运动矢量。

(2) 假定安装条件 规定刀具的刃磨和安装基准面垂直于切削速度方向(或平行于基面),同时,规定刀杆的轴线与进给运动方向垂直。

例如,对车刀来说,规定其刀尖安装在工件中心高度上,刀杆中心线垂直于进给方向;对于刨刀和插刀来说,规定刀杆底面垂直于切削平面(基面)。

### 2. 刀具标注角度的参考系

由于大多数加工表面都不是平面,而且主切削刃上各点的切削速度都不相同,所以,在建立参考系时,往往是通过主切削刃上某一选定点来建立坐标平面。坐标平面用字母 $P$ 和下角标组成的符号标记。

根据ISO标准的推荐,正交平面坐标系由基面 $P_r$ 、切削平面 $P_s$ 及正交平面 $P_o$ 组成。

(1) 基面 $P_r$  通过切削刃上某一选定点,垂直于主运动(切削速度) $v$ 方向的平面叫做基面。对车刀而言,基面 $P_r$ 就是包括切削刃选定点,并与刀杆底平面平行的平面(图1—4);对于刨刀来说,基面就是垂直切削平面的平面(图1—5)。

(2) 切削平面 $P_s$  通过切削刃上某一选定点,切于工件加工表面的平面为切削平面。切削平面 $P_s$ 垂直于基面 $P_r$ (图1—4b)。当主切削刃为直线时,切削平面就是切削速度 $v$

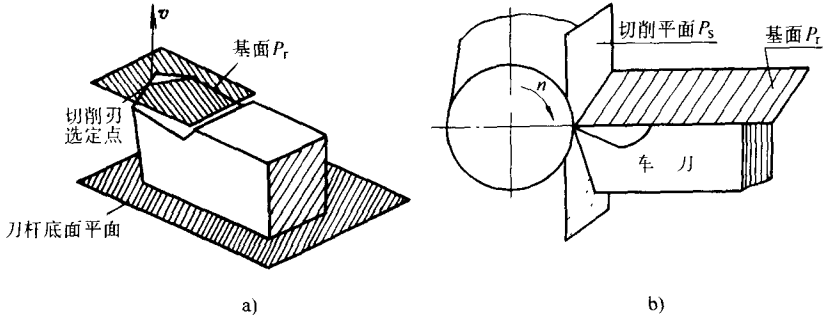


图 1—4 正交平面参考系

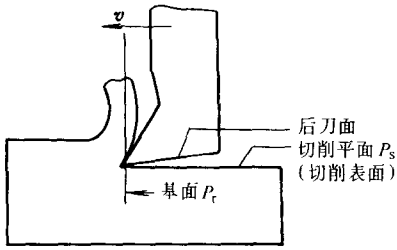


图 1—5 刨削加工的参考系

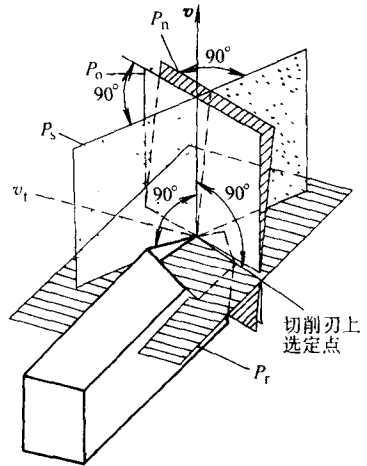


图 1—6 正交平面与法平面参考系

与切削刃  $S$  所构成的平面 (图 1—6)。

基面和切削平面非常重要, 一般而言, 这两个平面加上前述不同坐标系中的任一平面, 就可构成不同刀具标注角度参考系。因此, 欲了解刀具必须了解这两个平面。

(3) 正交平面  $P_0$  通过主切削刃上某一选定点, 并垂直于主切削刃在基面上的投影的平面。因此, 正交平面是垂直于切削刃在基面上投影的平面, 过去也叫主剖面。

在正交平面坐标参考系内, 基面  $P_r$ 、切削平面  $P_s$  和正交平面  $P_0$  相互垂直。

如前所述, 坐标参考系除正交平面坐标参考系外, 还有三种。下面简要介绍它们的测量平面及其参考系:

法平面  $P_n$  和法平面参考系: 法平面  $P_n$  是通过切削刃某一选定点, 并垂直于切削刃的平面 (图 1—6)。即  $P_r - P_s - P_n$  组成一个法平面参考系。必须指出,  $P_n$  并不同于  $P_0$ 。在法平面上可以测量法前角  $\gamma_n$  和法后角  $\alpha_n$ 。

进给平面  $P_f$  和背平面  $P_p$  及其组成的进给与背平面参考系: 进给平面  $P_f$  (又称横向平面) 是通过切削刃上某点, 垂直于基面  $P_r$ , 又平行于假定进给运动方向的平面, 也就是主运动方向与进给运动方向所组成的平面。例如, 外圆车刀的  $P_f$  同时垂直于刀杆轴线与底面的平面。

背平面  $P_p$  (又称纵向平面) 是通过切削刃上某选定点, 同时垂直于基面和进给平面的

平面。

图 1—7 表示由基面、进给平面和背平面三个坐标平面组成的一个进给与背平面参考系，即  $P_r - P_f - P_p$  参考系。

必须指出，以上刀具各标注角度参考系均适用于选定点选在主切削刃上，如果切削刃选定点取在副切削刃上时，则所定义的是副切削刃标注参考系的坐标平面，应在相应的符号右上角加标 “'” 以示区别。并在坐标面名称之前冠以 “副切削刃”。

### 三、车刀的几何角度

在静态参考系中确定的刀具切削刃及刀面的方位角度，称为刀具标注角度。它们是刀具设计和制造时使用的角度，也就是刀具设计图样上所标注的角度。

下面以普通车刀为例，介绍在正交平面参考系中，影响车刀切削性能的几个主要角度（图 1—8）。

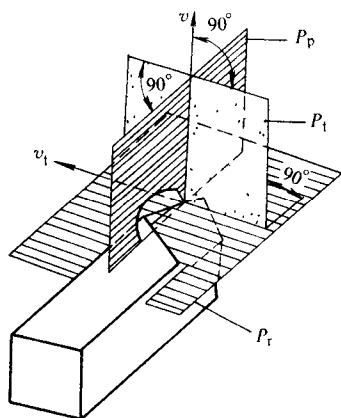


图 1—7 假定进给、背平面参考系

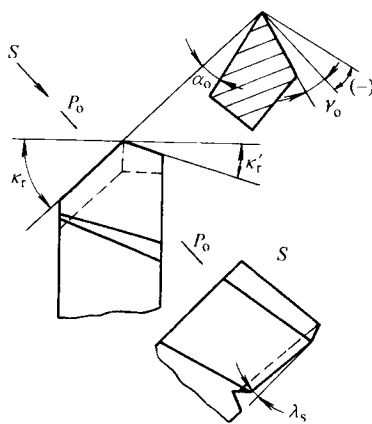


图 1—8 车刀的主要角度

#### 1. 前角 $\gamma_o$

在正交平面中测量的前刀面与基面间的夹角。

前角可以是正值 (+)、负值 (-) 或零，其正、负值规定如下：在正交平面中，前刀面与切削平面的夹角小于  $90^\circ$  时为正值，大于  $90^\circ$  为负值，前刀面与切削平面平行时为零度。

前角对刀具的切削性能影响很大，较大的前角使切削层变形减小，从而切削力减小，降低切削温度，减小刀具的磨损。但前角过大，将导致切削刃强度降低，导热体积减小，易磨损，甚至崩刀，反而降低刀具的耐用度。

#### 2. 后角 $\alpha_o$

在正交平面内测量的后刀面与切削平面间的夹角。在正交平面  $P_o$  中，后刀面  $A_\alpha$  与基面  $P_r$  的夹角为锐角时，后角  $\alpha_o$  为 “+”；而  $A_\alpha$  与  $P_r$  的夹角为钝角时， $\alpha_o$  为 “-” 值。

后角的主要作用是减小刀具后刀面与工件之间的摩擦，同时影响刀头的强度，一般在  $3^\circ \sim 12^\circ$  之间。

#### 3. 主偏角 $\kappa_r$

在基面中测量的主切削刃在基面的投影与进给方向（走刀方向）的夹角。主偏角的大小

主要影响刀具耐用度和切削力的分配。图 1—9a 所示为在背吃刀量  $a_p$  和进给量  $f$  一定的条件下，减小主偏角可增加切削刃参加切削的长度，使切削层变得薄而宽，减小切削刃单位长度上的负担，改善了散热条件，有利于提高刀具耐用度。但主偏角减小会使刀具作用在工件上的径向分力  $F_y$  增大，增加了工件的弹性变形，加剧了振动，不利于提高加工精度和减小表面粗糙度值（图 1—9b）。一般计算关系式为：

$$F_y = F_{xy} \cdot \cos \kappa_r \quad (1-5)$$

式中  $F_{xy}$ ——是  $F_x$  和  $F_y$  的合力。

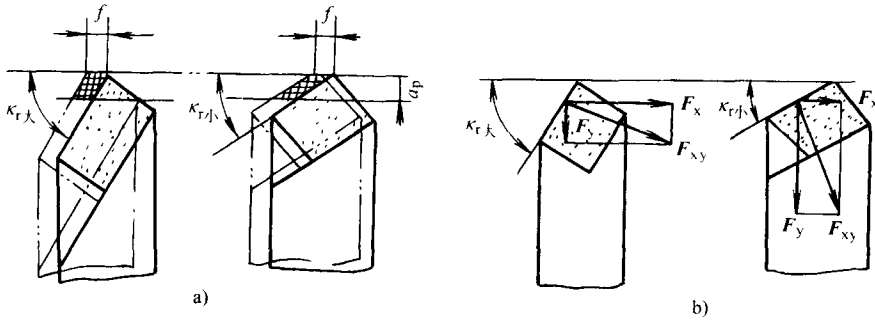


图 1—9 主偏角的影响

一般主偏角为  $45^\circ \sim 90^\circ$ 。

#### 4. 副偏角 $\kappa'_r$

在基面  $P_r$  中测量的副切削刃在基面上的投影与进给相反方向之间的夹角。

副偏角的主要作用是减小副切削刃与加工面的摩擦，同时可控制工件上残留高度的大小，以控制表面粗糙度。

#### 5. 刃倾角 $\lambda_s$

在切削平面内测量的主切削刃与基面间的夹角。当切削刃与基面重合时， $\lambda_s$  为零；当刀尖为切削刃的最高点时， $\lambda_s$  为“+”；当刀尖为切削刃的最低点时， $\lambda_s$  为“-”。刃倾角主要影响切屑流向和刀头强度，当刃倾角为正时，切屑流向待加工表面，刀尖易受冲击，刀尖强度较低；刃倾角为负值时，切屑流向已加工表面，此时是切削刃先接触工件，有利于提高刀头的强度。

刃倾角一般为  $-5^\circ \sim +10^\circ$ 。

除此之外，楔角  $\beta_o$  和刀尖角  $\epsilon_r$  也为常用的角度。

楔角  $\beta_o$ ——在正交平面内测量的前刀面  $A_r$  和后刀面  $A_o$  之间的夹角（图 1—10）。

由定义可知：

$$\gamma_o + \beta_o + \alpha_o = 90^\circ \quad (1-6)$$

$$\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o) \quad (1-7)$$

刀尖角  $\epsilon_r$ ——主切削刃和副切削刃在基面内投影之间的夹角（在基面  $P_r$  内测量，图 1—11），由定义可知：

$$\kappa_r + \kappa'_r + \epsilon_r = 180^\circ \quad (1-8)$$

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-9)$$

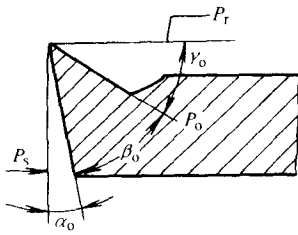


图 1—10 正交平面内楔角

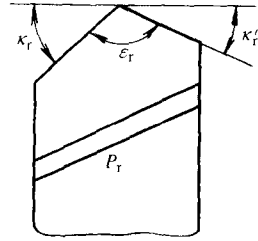


图 1—11 基面内的刀尖角

根据 ISO 标准规定的车刀标注角度，还有法平面参考系中车刀标注角度和进给、背平面参考系中车刀标注角度，只因在实际生产中多采用正交平面参考系标注角度，故不作详细介绍。

#### 四、刀具几何形状的图示方法

如果要采用正规投影方法绘制刀具图形，则相当繁琐。通常均采用简单画法，即取刀具在基面的投影为主视图，背平面（外圆车刀）或进给平面（端面车刀）为侧视图，切削平面的投影为向视图，并同时作出主、副切削刃的正交平面图。画出视图与平面主要目的是为了标注车刀的独立角度和刀杆尺寸，无须标注派生角度。视图之间应大致符合投影关系，不必画出投影线，但角度与尺寸须按比例绘制，各平面中切削刃到刀杆底面高度可近似用刀杆高度尺寸  $H$  绘制。

车刀设计图，多用正交平面系标注角度，因为它既能反映刀具切削性能，也便于刃磨检验，确定刀头标注角度的数量可用“一面二角分析法”。因为表示空间任意平面的方位只需要两个独立角度，即刀具上每一个刀面只需要用两个角度就能定向。

绘制车刀工作图时，首先应判断其使用时的进给运动方向，即判断哪是主切削刃，哪是副切削刃。然后就可确定  $P_s$  向视图及正交平面图。图 1—12 所示的  $90^\circ$  外圆车刀，设车刀用纵向进给车削外圆，由于  $\kappa_r = 90^\circ$ ，故其切削平面的投影就是车刀的侧视图。图中副切削刃与主切削刃同时处在一个前刀面上，该车刀共有三个刀面，所需标注的独立角度为  $3 \times 2 = 6$  个。即后刀面定向角  $\kappa_r$ 、 $\alpha_0$ ，前刀面定向角为  $\gamma_0$ 、 $\lambda_s$ ，副后刀面定向角为  $\kappa'_r$ 、 $\alpha'_0$ 。

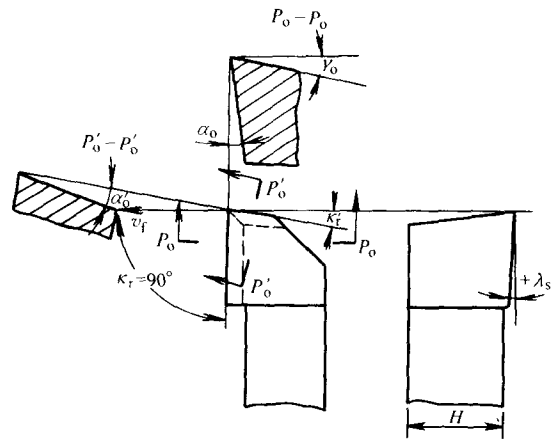


图 1—12  $90^\circ$  外圆车刀几何角度

### § 1—3 刀具工作参考系与工作角度

#### 一、刀具工作参考系与工作角度的概念

上述车刀的标注角度是指刃磨时掌握的角度，没有考虑到刀具的安装和进给运动的影响。在实际切削过程中，由于装刀位置和切削运动的影响，这些标注角度将会发生变化，这



种变化了的实际切削角度，称为工作角度。此处所说的进给运动，实质是指对主运动影响而形成合成切削运动。图 1—13 所示三把刀具（刨刀）的标注角度完全相同，但由于合成运动的方向  $v_c$  不同，后刀面与加工表面之间的接触和摩擦状态也不相同，三者的切削条件各不相同。图 1—13a 所示刀具的后刀面与工件已加工表面之间有合适的间隙，切削情况正常；图 1—13b 所示刀具的后刀面与工件已加工表面全部接触，此时摩擦严重；图 1—13c 所示是刀具的背棱顶在加工表面上，切削刃无法切入，切削条件被破坏。从而可见，在实际切削过程中，必须考虑进给运动 and 实际安装位置的影响。

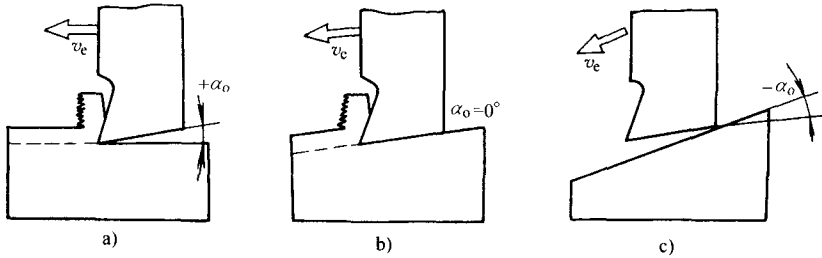


图 1—13 刀具工作角度示意图

以刀具与工件的实际相对位置和相对运动为基础，确定刀具的参考系称为工作参考系，用它作参考系确定刀具角度叫做刀具的工作角度。

刀具工作角度的定义可参照标注角度的定义，现将主切削刃上主要工作角度的名称、符号和定义列于表 1—1。

表 1—1 刀具主要工作角度

工作角度	定 义	
	构成角度的平面（刃）	测量平面
工作主前角 $\gamma_{rc}$	$A_\gamma$ 与 $P_{rc}$	$P_{ce}$
工作法前角 $\gamma_{rx}$		$P_{re}$
工作进给前角 $\gamma_{fe}$		$P_{fe}$
工作背前角 $\gamma_{rx}$		$P_{pe}$
工作主后角 $\alpha_{rc}$	$A_\alpha$ 与 $P_{sc}$	$P_{ce}$
工作法后角 $\alpha_{rx}$		$P_{re}$
工作进给后角 $\alpha_{fe}$		$P_{fe}$
工作背后角 $\alpha_{pf}$		$P_{pe}$
工作主偏角 $\kappa_{fc}$	$P_{sc}$ 与 $P_k$	$P_{re}$
工作刃倾角 $\lambda_s$	$S$ 与 $P_{re}$	$P_{sc}$

副切削刃上的工作角度，可参照表 1—1 的定义，仅在名称与符号上作些变动。

## 二、刀具工作角度的计算

一般情况下，工作角度与标注角度相差不大，可以忽略。如普通车削、镗孔、端铣与周铣等，都不必进行刀具工作角度的计算，但在车削螺纹、丝杠时。由于进给量较大（进给速度较大），使前、后角变化较大，就需要计算刀具的工作角度。

### 1. 进给运动对刀具工作角度的影响