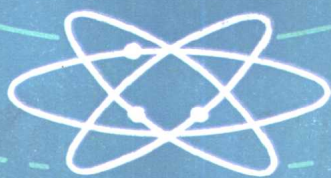


—中等专业学校教材—

金属切削原理与刀具

成都无线电机械学校 丁振明 彭通安 李斯鉴 编



国防工业出版社

金属切削原理与刀具

成都无线电机械学校

丁振明 彭通安 李斯鉴 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是中等专业学校机械制造、工模具设计与制造专业的“金属切削原理与刀具”课程用的教材，也可供从事于机械加工工艺和刀具设计的技术人员参考。

本书主要包括：

1. 金属切削的几何基础（刀具几何参数和切削层几何参数）；
2. 金属切削理论（切削机理、切削力和切削温度等）；
3. 切削理论的应用（刀具寿命、切屑控制、已加工表面质量、工件材料的切削加工性、刀具几何参数的合理选择和切削用量的合理选择等）；
4. 电子工业中常用非标准刀具的设计和常用标准刀具的选用。

金属切削原理与刀具

成都九线机械学校

丁振明 彭通安 李斯鉴 编

责任编辑 张赞玄

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张18 $\frac{3}{4}$ 434千字

1985年12月第一版 1985年12月第一次印刷 印数：0,001—8,200册

统一书号：15034·3015 定价：3.10元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人材的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》、中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共 217 种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评和建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系由电子工业部中等专业学校《电子机械类专业》教材编审委员会《机械制造》编审小组评选审定,并推荐出版。

该教材由成都无线机械学校丁振明担任主编,福建电子工业学校张有宁担任主审。编审者是依据《机械制造》编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本课程的参考教学时数为90~110学时(包括实验),其主要内容为:金属切削的基本术语和定义、金属切削原理、刀具设计与选用。

本书采用国际标准化组织规定的术语和定义(ISO3002/1-1982),对《ISO》中没有规定的术语,则采用中国机械工程学会机械加工学会切削组一九八一年推荐的《金属切削统一名词术语和符号》。在插图上贯彻《机械制图》GB4457~4460-84、GB131-83。

金属切削原理部分,以车削为主,系统地介绍了金属切削的基础理论(包括近年来发展的一些新理论);并按加工方法的不同,分别介绍了各种切削加工的原理及应用。

刀具设计与选用部分,主要介绍常用标准刀具的合理选用和常用非标准刀具的设计知识。为了便于教学,对于必须达到设计要求的刀具,均附有设计实例。

本教材由丁振明编写绪言、第一、五和六章,彭通安编写第二、三、四和九章,李斯鉴编写第七、八、十、十一和十二章,丁振明统编全稿。参加审阅工作的还有周光远,许祖德和孙洪等,并为本书提出许多宝贵意见;汪广成和林伯清绘制了本书的全部插图,在这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪言	1
第一章 基本定义	3
第一节 工件上的表面和切削运动	3
第二节 车刀切削部分的几何角度	5
第三节 切削层要素	14
第四节 直角切削与斜角切削	16
第二章 金属切削的物理基础	17
第一节 金属切削过程	17
第二节 切削力	26
第三节 切削热与切削温度	39
第四节 刀具磨损与刀具寿命	44
第五节 切屑控制	51
第三章 刀具材料	55
第一节 对刀具材料的基本要求	55
第二节 工具钢	57
第三节 硬质合金	59
第四节 其他刀具材料	64
第四章 切削质量与切削效率	67
第一节 工件材料的切削加工性	67
第二节 切削液	70
第三节 已加工表面质量	76
第四节 刀具几何参数的合理选择	81
第五节 切削用量的合理选择	92
第五章 车刀	99
第一节 车刀角度的换算	99
第二节 重磨式车刀	103
第三节 可转位车刀	106
第六章 成形车刀	116
第一节 成形车刀的类型	116
第二节 成形车刀的装夹	117
第三节 成形车刀的前角和后角	119
第四节 成形车刀的廓形设计	122
第五节 成形车刀的加工原理误差	126
第六节 成形车刀的结构	127
第七节 成形车刀设计举例	129
第七章 钻削与孔加工刀具	132
第一节 钻削与钻头	132
第二节 铰刀	149

第三节 其他孔加工刀具	161
第八章 拉刀与推刀	169
第一节 拉削的特点	169
第二节 拉削方式	169
第三节 拉刀	172
第四节 推刀	181
第九章 铣削与铣刀	184
第一节 铣削	184
第二节 尖齿铣刀	198
第三节 铲齿铣刀	207
第十章 螺纹刀具	219
第一节 螺纹刀具的分类与应用	219
第二节 螺纹车刀	220
第三节 丝锥和圆板牙	222
第四节 螺纹滚压工具	229
第十一章 齿轮刀具	232
第一节 齿轮刀具的种类	232
第二节 盘形齿轮铣刀	233
第三节 齿轮滚刀与蜗轮滚刀	235
第四节 插齿刀	259
第五节 剃齿刀简介	265
第六节 非渐开线展成刀具	268
第十二章 磨削与磨削工具	274
第一节 砂轮	274
第二节 磨削	280
第三节 磨削的表面质量	288
第四节 先进的磨削方法	290

绪 言

金属切削加工，是指利用金属切削刀具，从毛坯或半成品上切去多余的材料（被切去的这部分材料，称为加工余量），从而获得符合预定技术要求的零件或半成品的一种加工技术。对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。因此，金属切削加工是近代加工技术中最重要的加工方法之一。

《金属切削原理与刀具》是研究金属切削理论及其应用、刀具设计及合理选用的一门专业课。它也是学习有关切削加工工艺及其设备设计等专业课程的基础。本课程主要研究下列问题：

一、金属切削的几何基础

金属切削的几何基础，主要研究刀具几何参数和切削层几何参数。本书着重介绍刀具几何参数的定义，以及在各种不同条件下，刀具几何角度间的相互关系和换算。

二、切削理论

切削理论，主要由切削机理（即切屑形成原理）、切削力和切削温度三个基本要素组成，其中，切削机理是最根本的要素。虽然金属切削加工具有悠久的历史，例如：我国早在1668年就已使用镶齿铣刀加工天文仪器上的直径达两米多的大铜环，但直到本世纪初才开始对切削理论进行系统的研究。因此，在切削机理方面，仍存在许多未能解决的理论问题。故本书除介绍近年来发展起来的切削理论外，着重介绍建立在实验基础上的切削理论。

三、切削理论的应用

本课程运用切削理论主要分析下列问题：刀具寿命、切屑控制、已加工表面质量、工件材料的切削加工性、刀具几何参数的合理选择和切削用量的合理选择。对上列问题分析的目的是，为选择最优化金属切削加工方案奠定基础。最优化加工方案的主要指标是生产效率、加工质量和经济效益，因此切削理论运用到生产实践中，主要应解决金属切削加工的生产效率、加工质量和经济效益问题。

四、常用非标准刀具的设计

本书主要介绍电子工业中常用的和有一定代表性的成形车刀、铰刀、成形铣刀和蜗轮滚刀等非标准刀具的设计。并通过刀具设计举例，进一步培养学生的非标准刀具的设计能力。

五、常用刀具的合理选用

常用刀具的合理选用，主要介绍刀具选用时必须具备的刀具结构要素设计的基本知识，并介绍具有普遍推广意义的先进刀具结构特点和适用范围。

学习本课程时，除应牢固掌握基本概念和基本原理外，还必须掌握正确分析问题的方法。金属切削问题往往涉及很多因素，因此，必须力求避免不分主次地罗列一大堆因素，和孤立地、片面地分析问题的弊病。而应注意运用分析矛盾、抓住主要矛盾和矛盾的主要方面的方法去分析问题，并应注意各种金属切削现象之间的内在联系和区别。本课程是实践性较强的一门课程，因此，必须贯彻理论联系实际的原则。在学习过程中，要善于灵活运用切削理论去观察、分析和处理生产实践中所遇到的问题。特别应注意的是，最优化的切削加工方案，是随生产条件的不同而不同，例如：国际生产技术研究会（CIRP）的一项研究报告指出：“由于刀具材料的改进，刀具允许的切削速度，每隔十年几乎提高一倍；由于刀具结构和几何参数的改进，刀具寿命每隔十年几乎提高二倍”。当前正处在新材料、新技术不断涌现，生产技术日趋完善的时代，这就更需要我们不断探索、发现新的规律和确立新的规范，为填补切削方面的空白而努力学习。

第一章 基本定义

金属切削的主要研究对象是，被加工工件、切削过程和刀具。各种切削加工虽然有其特殊性，但在许多方面却具有共同性。由于车削是一种常见的典型加工方法，因此本章以车削为主，介绍工件、切削运动、切削要素和刀具等方面的基本定义。

第一节 工件上的表面和切削运动

一、工件上的表面

在切削过程中，工件上的金属层不断地被刀具切除，从而加工出符合预定要求的新表面。外圆车削时，在这个新表面的形成过程中，工件上有下列三个不断变化着的表面（见图1-1）：

待加工表面 工件上将被切除的表面；

已加工表面 由刀具加工出的、符合预定要求的表面；

过渡表面 由切削刃在工件上所形成的表面，它将在工件（或刀具）的下一转中，或在下一个切削行程中，或被下一个切削刃所切除。

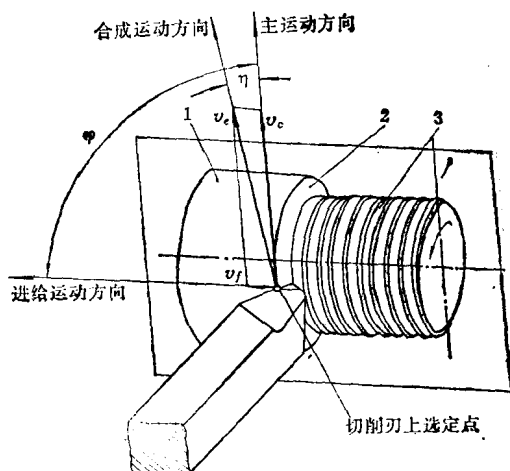


图1-1 工件上的表面和切削运动

1—待加工表面；2—过渡表面；3—已加工表面。
 v_c —切削速度； v_f —进给速度； v_e —合成切削速度；
 η —合成切削速度角； φ —进给运动角。

二、切削运动和切削用量

（一）切削运动

切削运动，定义为在切削过程中刀具相对于工件的运动。按其所起的作用，可分为主运动和进给运动。

主运动 切削时直接切除工件上的金属层，使之转变为切屑的运动，称为主运动。通常，主运动的速度较高，消耗的功率也较大。主运动可以由工件完成，也可以由刀具完成。车削时的主运动是工件的旋转运动（见图1-1）。

进给运动 使新的金属层继续投入切削的运动，称为进给运动。通常，进给运动只消耗切削功率的一小部分。它可以由刀具或工件完成；可以是断续运动或连续运动。车削外圆时的进给运动是刀具的连续纵向直线运动（见图1-1）。

各种切削加工的切削运动，都是由一些简单的运动单元组合而成的。直线运动和旋转运动，是切削加工的两个基本运动单元。不同数目的运动单元，按照不同速度大小的比值，不同的相对位置和运动方向进行组合，即构成各种切削加工方式。除了目前实际应用的运动组合形式外，理论上还可以有更多更新颖的运动组合，但在工艺上目前还不能实现。随着科学技术的发展和工艺上的突破，新型的运动组合形式和相应的切削加工

方法, 都有实现的可能性。在生产实践中, 应在具体条件下寻求表面形成的最佳运动组合。

(二) 切削用量三要素

切削速度、进给量和切削深度称为切削用量三要素。

1. 切削速度

切削刃上选定点相对于工件的瞬时主运动速度, 称为切削速度 v_c (m/min)。当主运动为旋转运动时

$$v_c = \pi d n / 1000 \quad (1-1)$$

式中 d ——切削刃上选定点处工件或刀具的直径 (mm);

n ——主运动的转速 (r/min)。

一般在切削刃上各点的速度是不同的。由于切削速度大的地方, 切削时发热多、刀具磨损快。因此, 除特殊说明者外, 切削速度一般是指切削刃上的最大切削速度。

2. 进给量

工件或刀具转一转或往复一次行程时, 刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量, 称为每转进给量 f (见图 1-2)。主运动为旋转运动时, 进给量的单位为 mm/r; 主运动为往复直线运动时 (如刨削), f 的单位为 mm/str (毫米/双行程)。进给量是机床实际完成的进给运动的一种速度量, 进给运动的大小也可用进给速度 v_f (m/min) 表示 (见图 1-1)。

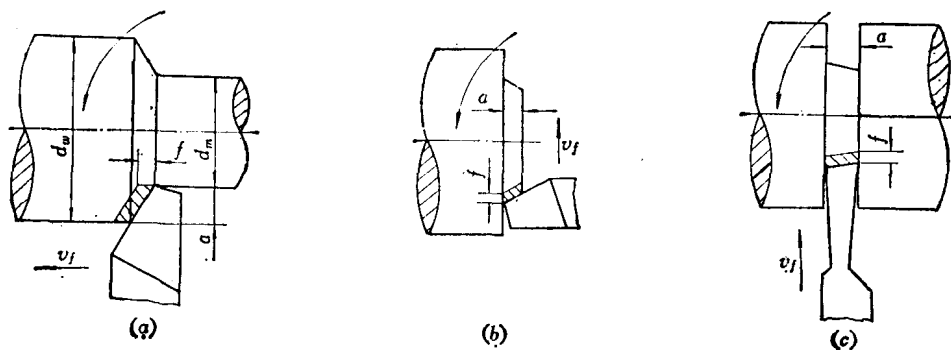


图1-2 进给量和切削深度

(a) 切削外圆; (b) 切削端面; (c) 切槽。

进给速度 v_f , 是切削刃上选定点相对于工件的瞬时进给运动速度。当进给运动是断续运动时 (如刨削), 则进给速度不予定义。车削时

$$v_f = f n / 1000 \quad (1-2)$$

式中 f ——每转进给量 (mm/r);

n ——主运动的转速 (r/min)。

3. 切削深度

切削深度 a (mm), 是刀具与工件的瞬时接触量, 在垂直于由主运动和进给运动方向所组成的平面的方向上测量 (见图 1-2)。对于外圆车削, 切削深度也可理解为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离, 即

$$a = (d_w - d_m) / 2$$

(1-3)

式中 d_w ——待加工表面的直径 (mm);

d_m ——已加工表面的直径 (mm)。

(三) 合成切削运动

合成切削运动,是由瞬时主运动和进给运动合成的运动。切削刃上选定点相对于工件的瞬时合成切削运动速度,称为合成切削速度 v_c (m/min)。外圆车削时的合成切削速度见图 1-1; 铣削时合成切削速度见图 1-3。图中,主运动方向与合成切削运动方向间的夹角,称为合成切削速度角 η ; 进给运动与主运动方向间的夹角,称为进给运动角 φ 。进给运动为断续运动时 (如刨削), 进给运动角无定义,此时,合成切削速度 v_c 即等于切削速度 v_c 。

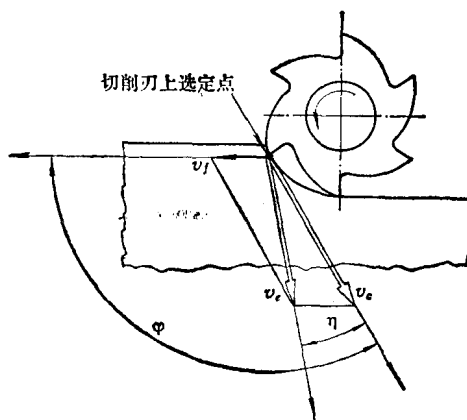


图1-3 铣削时的合成切削速度

第二节 车刀切削部分的几何角度

一、车刀的组成

车刀由切削部分和刀柄 (或称刀杆) 两部分组成 (见图 1-4)。刀柄是刀具上用于夹持的部分; 切削部分是由前面、后面和切削刃等组成的、起切削作用的部分。切削部分结构要素及其定义如下:

前面 A_f 即切屑在其上流过的刀具表面。

主后面 A_r 即与工件上过过渡表面相对着的刀具表面。

副后面 A'_r 即与工件上已加工表面相对着的刀具表面。

主切削刃 即前面与主后面的相交部位。

副切削刃 即前面与副后面的相交部位。

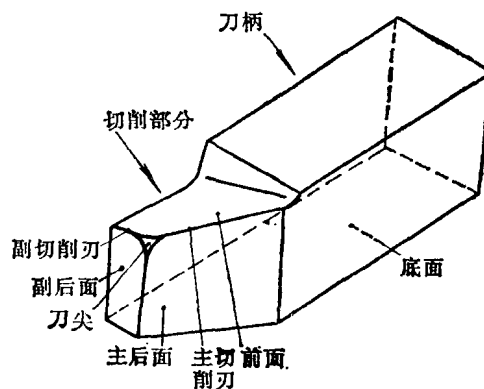


图1-4 车刀的组成部分

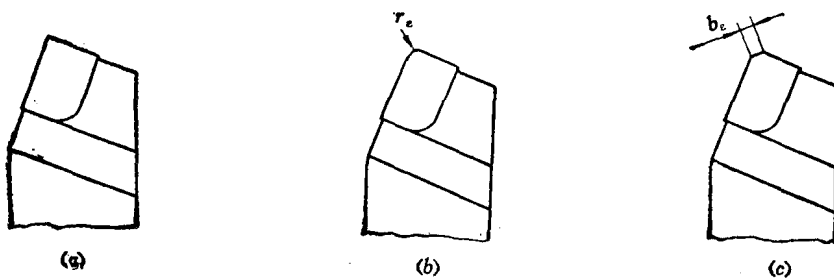


图1-5 刀尖的类型

刀尖 即主切削刃与副切削刃之间一个较小的连接部位。刀尖可以是主、副切削刃的交点, 见图 1-5(a); 但大多数刀具在刀尖处磨出圆弧或直线切削刃, 具有圆弧切削刃的刀尖, 称为圆弧刀尖, 见图 1-5(b); 具有直线切削刃的刀尖, 称为倒角刀尖, 见图 1-5(c)。

刀具上每条切削刃都可以有自己的前面和后面, 为了设计、制造和刃磨方便起见, 往往是几条切削刃在一个公共的前面上。如图 1-4 所示的车刀, 主、副切削刃具有一个公共的前面。

二、刀具基准系

刀具的前面、后面和切削刃等的空间位置, 可以用刀具几何角度表示。为了定义和确定刀具角度, 需要一系列的坐标平面或测量平面, 由这些平面所构成的平面系, 称为刀具基准系。刀具角度可分为两大类: 一类是刀具工作状态下的角度, 刀具工作状态与刀具安装和切削运动条件有关, 条件不同, 角度也就不同; 另一类是刀具假定条件下的角度, 如假定主运动和进给运动方向, 目的是使刀具具有一组不随工作条件而变化的角度值, 便于刀具制造、刃磨和测量。因此, 定义刀具角度的基准系也分为下列两类:

刀具标注系 即定义刀具制造、刃磨和测量时使用的角度的刀具基准系。在刀具标注系中定义的角度, 称为刀具标注角度。

刀具工作系 即定义刀具切削过程中的角度的刀具基准系。在刀具工作系中定义的角度, 称为刀具工作角度。

三、车刀的标注角度

(一) 车刀标注系

刀具标注系中的各基准平面, 是在假定条件下确定的。假定条件是指假定主运动和进给运动的方向, 这两个运动方向一般假定为: 平行或垂直于刀具制造时适于定位或定向的平面或轴线。对于车刀, 假定主运动方向垂直于刀具底面; 假定进给运动方向垂直于刀杆轴线, 见图 1-6。车刀的假定切削运动方向, 相当于下列工作状态下的切削运动方向:

1. 假定切削刃上选定点安装于工件中心高度上;
2. 假定刀杆轴线垂直于机床进给运动方向;
3. 假定刀具底面垂直于选定点的主运动方向。

刀具标注系主要由下列平面组成 (见图 1-6):

1. **基面** P_r 基面是通过切削刃选定点, 且垂直于假定主运动方向的平面。车刀的基面平行于车刀底面, 见图 1-6。

2. **切削平面** P_s 切削平面是通过切削刃选定点, 与切削刃相切, 且垂直于基面 P_r 的平面, 见图 1-6(a)。

3. **正交平面** P_o 正交平面是通过切削刃选定点, 且垂直于 P_r 和 P_s 的平面。 P_o 也可理解为垂直于切削刃在基面上的投影的平面, 见图 1-6(a)。

4. **切削刃法平面** P_n P_n 是通过切削刃选定点, 且垂直于切削刃的平面, 见图 1-6(a)。

5. 侧平面 P_f P_f 是通过切削刃选定点, 且垂直于 P_r , 平行于假定进给运动方向的平面, 见图 1-6(b)。

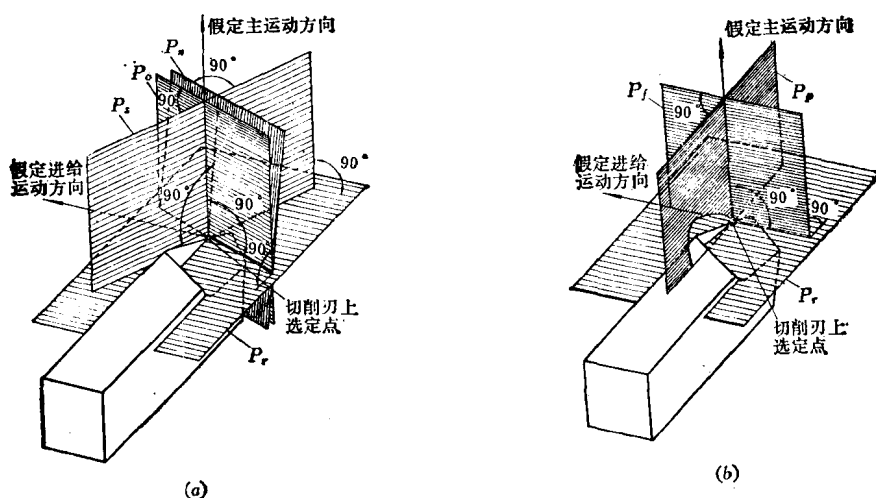


图1-6 车刀标注系

6. 背平面 P_p P_p 是通过切削刃选定点, 且垂直于 P_r 和 P_f 的平面, 见图 1-6(b)。

上述各平面的定义, 适用于主切削刃和副切削刃。但为了有所区别, 因此上述名称和符号用于主切削刃; 对于副切削刃上的相应平面, 在名称前冠以“副”字, 在符号上加一右上角标。例如, 切削平面 P_s , 在副切削刃选定点上的相应平面, 称为副切削平面 P'_s 。

(二) 刀具标注角度

刀具标注角度, 是刀具设计和制造时使用的角度, 也就是刀具设计图纸上所标注的角度。标注角度是在标注系内定义的, 标注系中的平面, 可组合成多种坐标平面或测量平面系。目前, 国内主要采用正交平面系 (P_r - P_s - P_o 系), 并辅以切削刃法平面系 (P_r - P_s - P_n 系) 和侧平面系 (P_r - P_f - P_p 系)。在不同平面系中, 车刀标注角度的定义如下 (见图 1-7):

1. 在正交平面系中定义的标注角度

(1) 正交前角 γ 。即前面 A_f 与基面 P_r 间的夹角, 在正交平面 P_o 内测量。

前角始终是锐角。若前面与测量平面的交线和假定主运动方向, 两者位于基面的异侧时, 前角为正值; 反之为负值。

(2) 正交后角 α 。即主后面 A_m 与切削平面 P_s 间的夹角, 在正交平面 P_o 内测量。

后角始终是锐角。若后面与测量平面的交线和假定进给运动方向, 两者位于切削平面的异侧时, 后角为正值; 反之为负值。

(3) 正交楔角 β 。即 A_f 与 A_m 间的夹角, 在 P_o 内测量。由上述定义可知

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

对于副切削刃上的选定点, 同理可取一组副正交平面系 (P'_r - P'_s - P'_o)。图 1-7 所示车刀的主、副切削刃在同一个前面上, 因此无需标注副正交前角 γ'_o , 而只需标注副正交后角 α'_o 。

(8) 刃倾角 λ , 即主切削刃与基面 P_r 间的夹角, 在切削平面 P_f 内测量。

刃倾角相当于在切削平面内测量的前角, 其正、负值的确定原则为: 刃倾角始终是锐角, 若切削刃与假定主运动方向位于基面的异侧时, 即刀尖位于主切削刃的最高点时, 刃倾角为正值; 反之为负值。

当主、副切削刃在同一个前面上时, 副刃倾角 λ'_s 在刀具设计图上可不必标注。

上述八个角度中, β_o 和 ϵ_r 是派生角度。因此两条切削刃、三个刀具表面的车刀的基本标注角度只有六个, 即主切削刃选定点上的 γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 λ_r 和副切削刃选定点上的 α'_s 、 κ'_s 。在任意平面内测量的其他刀具角度, 均可根据六个基本标注角度计算求得。

2. 在切削刃法平面系中定义的标注角度

切削刃法平面系中的角度, 与正交平面系中的角度不同之处是, 前角和后角在切削刃法平面内测量。其他角度定义与正交平面系所定义的角度相同。其前角和后角的定义如下:

(1) 法前角 γ_n , 即 A_f 与 P_r 间的夹角, 在 P_n 内测量。

(2) 法后角 α_n , 即 A_o 与 P_r 间的夹角, 在 P_n 内测量。

(3) 副法后角 α'_n , 即 A'_s 与 P'_r 间的夹角, 在 P'_n 内测量 (图 1-7 中未表示出)。

3. 在侧平面系中定义的标注角度

在侧平面系中, 除前、后角都在侧平面 P_f 和背平面 P_p 内测量外, 其余角度与正交平面系所定义的角度相同。现将主切削刃上前角和后角的定义列于表 1-1。

表1-1 侧平面系前角和后角的定义

标注角度名称	定 义	
	构成角度的平面	测量平面
侧前角 γ_f 背前角 γ_p	A_f 与 P_r	P_f P_p
侧后角 α_f 背后角 α_p	A_o 与 P_r	P_f P_p

上述三组平面系中的标注角度, 只要知道一组角度, 即可换算出另外两组角度。有关标注角度的换算, 在本书第五章中介绍。

四、车刀切削部分的绘制

绘制车刀切削部分时, 按已知车刀的外形尺寸及六个基本标注角度 (即 γ_o 、 α_o 、 α'_s 、 κ_r 、 κ'_s 和 λ_r) 进行绘制。现以普通外圆车刀为例, 分析其绘图的一般步骤 (见图 1-8)。

(1) 根据车刀的外形尺寸、主偏角 κ_r 和副偏角 κ'_s , 绘制车刀在基面上的投影图 (虚线除外)。

(2) 根据刀杆高度尺寸、刃倾角 λ_r , 绘制车刀 S 向的部分视图, 即在切削平面上的部分投影图。

(3) 绘制 $O-O$ 剖面图, 即正交平面上的剖面图。按正交前角 γ_o 、正交后角 α_o 和主切削刃选定点 a 至底面的垂直距离 H_a 绘制。图 1-8 中, a 点在 P_r 、 P_f 和 P_o 平面上的投影, 分别用 a_r 、 a_f 和 a_o 表示。由投影几何学可知, a 点至底面的垂距在 S 向视图

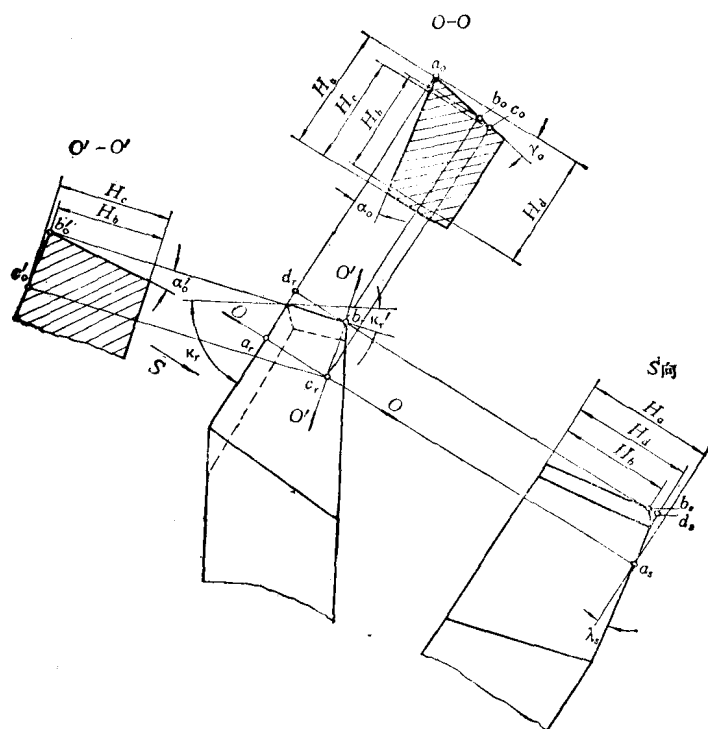


图1-8 车刀切削部分的投影图

和 $O-O$ 剖面内是相等的。因此，从 S 向视图中即可求得 H_a 。

(4) 根据 $O-O$ 剖面，补充绘制主后面与底面的交线在基面上的投影，即图中的虚线之一。注意： λ_r 不等于零时，此交线与主切削刃在基面上的投影并不平行。因此，至少应在主切削刃上选定两点，分别作 $O-O$ 剖面，方能画出此交线。

(5) 绘制 $O'-O'$ 剖面图，即在副正交平面上的剖面图。为了绘图方便，选择副切削刃与刀杆侧面的交点 b 为选定点。按副正交后角 α'_o 、 b 点和 c 点至底面的垂距 H_b 和 H_c 绘制 $O'-O'$ 剖面图。 H_b 、 H_c 可按下列步骤确定：

- 1) 通过 b 点绘制一正交平面，此平面与主切削刃的延长线相交于 d 点；
- 2) 在 S 向视图上，求得 d 点至底面的垂距 H_d ；
- 3) 按 H_d 绘制通过 d 点的 $O-O$ 剖面图，为了作图方便，利用原有的 $O-O$ 剖面图，只是改变底面的位置；
- 4) 在 $O-O$ 剖面内，即可求得 b 点至改变了位置的底面的垂距 H_b ；
- 5) c 点是 $O-O$ 剖面、 $O'-O'$ 剖面和前面的交点。因此，在 $O-O$ 剖面图内即可直接求得 H_c ；

(6) 根据 $O'-O'$ 剖面图，绘制副后面与底面的交线在基面上的投影，即图中的另一根虚线。作法与步骤(4)相同，至少在副切削刃上选定两点，分别作 $O'-O'$ 剖面，方能画出此交线；

(7) 根据车刀在基面上的投影图和 H_b ，补充画全 S 向视图。

根据上述作图步骤可知，车刀设计图上只需标注六个基本标注角度，若需标出其他