



21 世纪精品规划教材系列

金属切削原理与刀具

J INSHUQI EXIAOYUANLI YUDAO JU

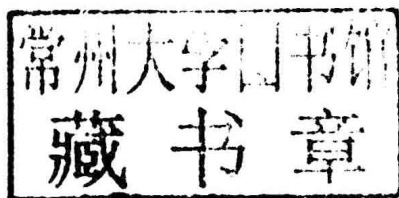
主编◎刘鹏德 段晶莹

 吉林大学出版社

21 世纪精品规划教材系列

金属切削原理与刀具

主 编 刘鹏德 段晶莹
副主编 付长景 刘振昌
主 审 韩天判



 吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具 / 刘鹏德, 段晶莹主编. — 长春: 吉林大学出版社, 2016.3

ISBN 978-7-5677-6010-3

I. ①金… II. ①刘… ②段… III. ①金属切削—高等职业教育—教材②刀具(金属切削)—高等职业教育—教材 IV. ①TG501②TG71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 068332 号

书 名: 金属切削原理与刀具
作 者: 刘鹏德 段晶莹 主编

责任编辑: 李伟华 责任校对: 李凤翔
吉林大学出版社出版、发行
开本: 787×1092 毫米 1/16
印张: 16 字数: 330 千字
ISBN 978-7-5677-6010-3

封面设计: 可可工作室
北京楠海印刷厂印刷
2016 年 3 月 第 1 版
2016 年 3 月 第 1 次印刷
定价: 32.00 元

版权所有 翻印必究
社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021
发行部电话: 0431-89580028/29
网址: <http://www.jlup.com.cn>
E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

本书是以高等院校机械制造专业制订的《金属切削原理与刀具》教学大纲为依据,并参照当前对技能型紧缺人才培养专业知识要求编写的。主要介绍金属切削原理、切削刀具的基础理论以及常用刀具的结构及使用知识。

本教材内容共分十二章:金属切削基础知识、刀具材料、金属切削过程中的基本规律、切削基本规律的应用、车刀、孔加工刀具、螺纹刀具、拉刀、铣削与铣刀、齿轮加工刀具、自动化生产用刀具和砂轮与磨削。

编者重点突出了切削原理的基本理论,并用于分析和解决切削时有关质量控制、提高效率 and 降低成本等工艺技术问题;介绍各类常用标准刀具、非标准刀具的结构与使用;并在传统切削加工方法和加工工艺的基础上适度地涉及了当前加工制造技术的一些新知识、新方法、新工艺,包括精密切削、精密磨削、涂层刀具、可转位刀具、数控刀具以及工具系统等知识内容。

教师在授课中可以根据本专业的特点和学生的实际情况,对教材内容加以侧重。也可以配合金属切削加工实习来更好地帮助学生掌握金属切削理论知识,并能够根据实际工艺条件合理选择刀具和加工方法。

本教材由刘鹏德、段晶莹任主编,付长景、刘振昌任副主编。具体编写分工:甘肃武威职业学院刘鹏德(第二章、第八章至第十一章)、甘肃畜牧工程职业技术学院刘振昌(第一章、第三章至第六章、第十二章),山东劳动职业技术学院段晶莹(第七章),山东劳动职业技术学院付长景(绪论)。本书由甘肃畜牧工程职业技术学院韩天判任主审,并提出了许多宝贵意见和建议。对编写中给予我们帮助的同事一并表示衷心感谢!本教材难免有错误、疏漏和不妥之处,敬请批评指正。

编 者
2016 年 1 月



目 录

绪 论	(1)
第一章 金属切削的基础知识	(4)
§ 1-1 切削运动与切削用量	(4)
§ 1-2 刀具切削部分的几何参数	(6)
§ 1-3 切削层的参数	(18)
第二章 刀具材料	(21)
§ 2-1 刀具材料应当具备的性能	(21)
§ 2-2 高速钢(HSS)	(23)
§ 2-3 硬质合金	(25)
§ 2-4 其他刀具材料	(29)
§ 2-5 涂层刀具	(31)
第三章 金属切削过程中的基本规律	(34)
§ 3-1 金属的切削过程	(34)
§ 3-2 切削力	(48)
§ 3-3 切削热与切削温度	(59)
§ 3-4 刀具磨损与刀具耐用度	(66)
第四章 切削基本规律的应用	(76)
§ 4-1 已加工表面质量	(76)
§ 4-2 工件材料的切削加工性能	(88)
§ 4-3 刀具几何参数的合理选择	(91)
§ 4-4 切削用量的合理选择	(102)
§ 4-5 切削液的合理选择	(106)
§ 4-6 切削新技术	(109)
第五章 车刀	(114)
§ 5-1 车刀的种类和用途	(114)
§ 5-2 焊接式车刀	(117)



§ 5-3	机夹可重磨式车刀	(120)
§ 5-4	可转位机夹车刀	(121)
§ 5-5	成形车刀	(125)
第六章	孔加工刀具	(137)
§ 6-1	麻花钻	(137)
§ 6-2	铰刀	(145)
§ 6-3	深孔加工	(150)
§ 6-4	孔加工复合刀具简介	(152)
第七章	螺纹刀具	(155)
§ 7-1	螺纹刀具的类型、特点及用途	(155)
§ 7-2	丝锥	(158)
第八章	拉刀	(163)
§ 8-1	拉削特点和拉刀种类及用途	(163)
§ 8-2	拉刀的组成及几何参数	(167)
§ 8-3	拉削方式	(169)
§ 8-4	拉刀的合理使用	(172)
第九章	铣削与铣刀	(175)
§ 9-1	铣刀的类型	(175)
§ 9-2	铣刀的几何参数及铣削要素	(178)
§ 9-3	铣削方式	(184)
§ 9-4	铣刀的结构	(186)
§ 9-5	铣削力和铣削功率	(188)
§ 9-6	铣刀的磨损	(190)
§ 9-7	成形铣刀	(192)
第十章	齿轮加工刀具	(196)
§ 10-1	齿轮刀具种类和选用	(196)
§ 10-2	齿轮滚刀	(199)
§ 10-3	蜗轮滚刀	(207)
§ 10-4	插齿刀	(209)
§ 10-5	剃齿刀	(214)
第十一章	自动化生产用刀具	(217)
§ 11-1	自动线刀具与数控机床刀具的特点和选用	(217)
§ 11-2	刀具的快换、自动更换和尺寸预调	(219)



§ 11-3 数控机床工具系统	(225)
第十二章 砂轮与磨削	(235)
§ 12-1 磨削运动	(235)
§ 12-2 砂轮	(236)
§ 12-3 磨削加工的规律	(240)
§ 12-4 磨削的表面质量	(243)
§ 12-5 先进磨削方法简介	(246)



绪 论

一、金属切削加工在机械制造业中的地位

金属切削加工是机械制造业中最基本的加工方法之一。金属切削加工是指在金属切削机床上使用金属切削刀具从工件表面上切除多余金属,从而获得在形状、尺寸精度及表面质量等方面都符合预定要求的加工。在机械制造工艺过程中,凡是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,用以装配成机器的各种金属零件,其切削加工量占机械加工总量的 95% 以上。随着科学技术的不断发展,新的、先进的金属切削加工方法不断出现,如精密铸造、精密锻造和特种加工技术等,在一定范围内部分地取代了切削加工。但由于切削加工具有加工精度高、生产效率高、加工成本低等优点,目前生产中多数机械零件仍需进行切削加工,金属切削加工在制造业中起着十分重要的作用。因此正确进行切削加工,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的意义。

金属切削加工在制造业中之所以能起到十分重要的作用,与其所具有的特点是分不开的。

1. 能获得很高的精度和表面质量;
2. 对被加工材料的广泛适应性;
3. 对工件几何形状的广泛适应性;
4. 对生产批量的适应性。

二、我国金属切削加工技术的发展概况

明代发展成与近代相类似的切削加工方法,如车、铣、刨和磨削等。建国以来,我国的机械制造业不断壮大,金属切削加工技术也得到了飞速发展。大力推广先进的切削方法;在金属切削变形、切削力、切削热、刀具磨损和刀具耐用度以及加工质量等方面都取得了一定水平的科研成果;广泛推广应用了机夹重磨刀具和可转位刀具。上个世纪 80 年代以后,我国金属切削技术达到较高的水平,计算机已在切削理论研究和刀具设计中应用,各种先进的测试仪器已应用于切削机理的分析和研究中,并取得一系列科研成果。



三、本课程的任务和内容

本课程是机械制造专业的一门主干课程,是研究金属切削过程基本规律、刀具设计与使用的一门科学,它包括金属切削原理和金属切削刀具两部分。

金属切削原理的主要任务是:通过对金属切削过程中出现的切削变形、摩擦、切削力、切削热、刀具磨损等物理现象的研究,揭示其内在的机理和规律,用金属切削的科学理论去指导生产实践,解决生产中出现的問題;正确掌握刀具几何参数、切削用量的基本概念及选择原则。内容可以归纳为三个方面的内容:

1. 几何问题

主要指刀具的几何参数及切削过程中的切削用量。学习中应先学好车刀角度,掌握定义、画图标注。通过实验、练习等手段加深理解,进而在钻头、铣刀、铰刀、螺纹刀具等各类刀具中反复应用,不断深化提高。

2. 规律问题

主要指切削变形、切削力、切削温度、刀具磨损等规律。应先认识切削变形规律,分析各种因素对其影响,进而掌握切削力、切削温度、刀具磨损等规律。通过学习有关加工表面质量、切削加工的经济性等内容,逐渐掌握切削规律在生产中的应用方法。

3. 选择参数

正确掌握刀具几何参数、切削用量的基本概念及加工中的切削规律后,对即将从事金属切削加工的工程师来讲,重要的是在生产实践中选择参数,用金属切削的科学理论去指导生产实践,解决生产中出现的問題。

金属切削刀具的任务是掌握金属切削加工中常用刀具的结构、工作原理及使用方法,学会专用刀具的简单设计方法。刀具种类繁多,本书按加工方式划分刀具的章节:车刀、钻头、铰刀、铣刀、拉刀、螺纹刀具、齿轮刀具等。由单刃到多刃,由简单到复杂顺序讲解。在各种类型的刀具中,对它们的教学要求有所不同,通常分为以下两类。

1. 标准刀具

指专业工具厂按国标或部标生产的刀具。如可转位车刀、麻花钻、铰刀、铣刀、丝锥、板牙、插齿刀、齿轮滚刀等。这类刀具的讲课重点是结构、工作原理、选择使用方法。其中还介绍了可转位车、铣刀的结构,刀片槽型的选择,以及麻花钻的修磨与群钻,为改革通用刀具、推广先进刀具结构打下初步的基础。

2. 非标准刀具

指用户需专门设计制造的刀具。如成形车刀、成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀、组合刀具等。这类刀具主要讲解其设计原理与计算方法。通过课程设计进行练习,以达到初步掌握其设计计算与绘图方法。



四、本课程的学习方法及学习要求

学习本课程主要做到重视实践知识,善于抓住问题的本质,善于比较,要建立正确的空间概念。学习过程中,要求达到以下几点。

1. 具有正确图示和选择刀具合理几何参数的能力。
2. 基本掌握切削过程中的主要物理现象的变化规律和应用及控制方法,具有解决实际生产问题的能力。
3. 具有根据具体要求选择使用常用刀具,以及设计一般非标准刀具的能力。
4. 要求课上认真听讲,抓住重点,做好笔记,课下复习,辅导与自学相结合。



第一章 金属切削的基础知识

教学提示 用金属切削刀具切除工件上多余的(或预留的)金属,从而使工件的形状、尺寸精度及表面质量都合乎预定要求,这样的加工称为金属切削加工。切削加工能获得较高的精度和表面质量,对被加工材料、零件几何形状及生产批量具有广泛的适应性。机器中的绝大多数零件都是靠切削加工来获得。因此如何进行合理的切削加工,对于保证零件质量、提高劳动生产率和降低成本,有着重要的意义。

教学要求 本章以车削和车刀为代表来阐述刀具切削部分几何要素的基本定义和切削层参数的几何特性,这些基本概念也适合于其他切削加工和刀具。掌握并深刻理解这些内容,是学习金属切削原理、刀具设计与使用的重要基础。

§ 1-1 切削运动与切削用量

一、切削运动

用金属切削刀具切除工件上多余的(或预留的)金属,从而使工件的形状、尺寸精度及表面质量都合乎预定要求,这样的加工称为金属切削加工。在切削过程中,刀具和工件之间必须有相对运动,即切削运动。按其作用,切削运动可分为主运动和进给运动两种。这些运动是由金属切削机床完成的(如图 1-1 所示)。

1. 主运动

切削中由机床提供的使刀具与工件之间产生相对运动的主要运动,称为主运动。如车削时工件的旋转运动;刨削时刀具的往复运动。主运动可以由工件完成,也可以由刀具完成。一般来说,主运动的切削速度 v_c 最高,消耗的机床功率最大。

2. 进给运动

进给运动是由机床或人力提供的使刀具与工件间产生附加的相对运动,它配合主运动依次地或连续不断地切除切削,同时形成具有所需几何特性的已加工表面。进给运动可以是间歇运动,如刨削时工件的横向移动;也可以是连续的运动,如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动 v_f 。进给运动只消耗很少的功率。

在各种类型的切削加工中,主运动只有一个,而进给运动可以有一个(如车削)、两个(如外圆磨削)或两个以上,还有的切削加工如拉削,只有主运动,没有进给运动。



3. 合成切削运动

由同时进行的主运动和进给运动合成的运动。切削刃选定点相对工件合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度。该速度方向与过渡表面相切,如图 1-1 所示。合成切削速度 v_c 等于主运动速度 v_c 和进给速度 v_f 的矢量和。

$$v_c = v_c + v_f \quad (1-1)$$

在很多连续进给的机床上加工时,由于 v_f 同 v_c 相比是很小的,常略去不计,而认为 $v_c = v_c$ 。

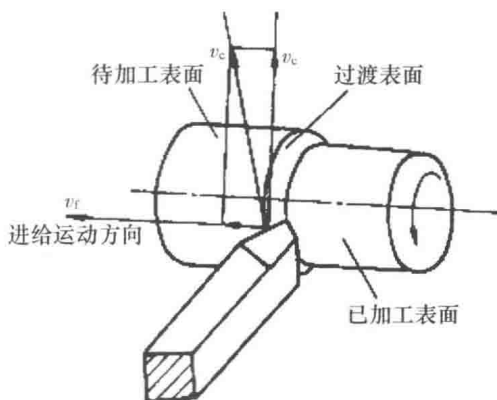


图 1-1 车削运动和工件上形成的表面

二、工件上形成的表面

在切削过程中,工件上多余的材料不断地被刀具切除而转变为切削,因此工件上同时存在着三个不断变化着的表面(图 1-1):

1. 待加工表面:工件上有待切除的表面。
2. 已加工表面:工件上经刀具切削后形成的新表面。

3. 过渡表面:工件上由切削刃形成的那部分表面。当用单刃刀具切削时,它将在工件或刀具的下一转或者下一次切削行程中被切除(如车削、刨削),而用多刃刀具切削时,它将被随后的一个切削刃切除(如铣削)。

三、切削用量

切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数。它包括切削速度、进给量和背吃刀量三要素。切削用量直接影响工件加工质量、刀具寿命、机床的动力消耗及生产率等,因此必须合理地选择切削用量。

1. 切削速度 v_c

切削速度指切削刃选定点相对于工件主运动的瞬时速度,如图 1-2 所示。它是衡量主运动大小的参数,单位为 m/min ,按下式计算

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1-2)$$



式中: d ——切削刃选定点处所对应的工件或刀具的直径(mm);

n ——工件或刀具的转速(r/min)。

实际生产中,往往是已知工件直径,并根据工件材料、刀具材料和加工要求等因素选定切削速度,再将切削速度换算成车床主轴转速,以便调整机床。

2. 进给量 f

进给量是刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量,如图 1-2 所示。可用刀具或工件每转(或每行程)的位移量来表示,单位为 mm/r 或 mm/行程。

进给速度 v_f 指切削刃选定点相对工件进给运动的瞬时速度,单位 mm/s。车削时进给运动速度

$$v_f = n \cdot f \quad (1-3)$$

3. 背吃刀量 a_p

背吃刀量是垂直于进给速度方向测量的切削层最大尺寸,单位 mm。如图 1-2 所示。车外圆时背吃刀量一般指工件已加工表面和待加工表面间的垂直距离,可按下式计算:

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

式中: d_w ——工件待加工表面直径(mm);

d_m ——工件已加工表面直径(mm)。

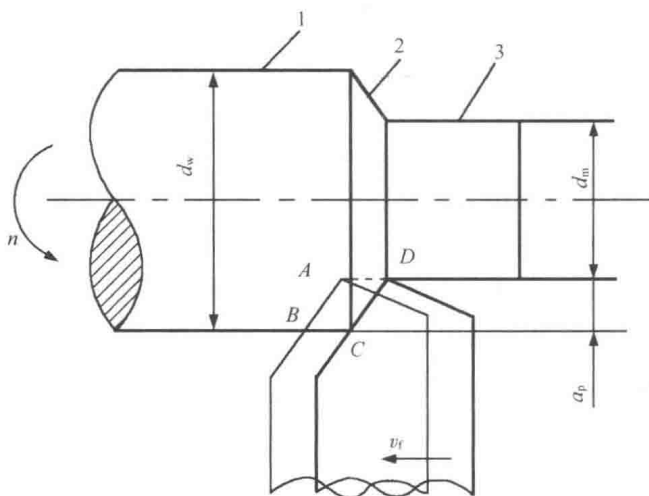


图 1-2 车削外圆时的切削用量

1—待加工表面;2—过渡表面;3—已加工表面

§ 1-2 刀具切削部分的几何参数

金属切削刀具的种类虽然很多,但它们的切削部分的几何形状与参数都有共性,即无论刀具结构如何复杂,它们的切削部分总是近似地以外圆车刀的切削部分为基本形态。以下



以普通外圆车刀为代表来确定切削部分的基本定义。

一、车刀切削部分的组成

图 1-3 所示为常见的外圆车刀,它由刀头(或刀片)和刀柄两部分组成。刀头承担切削工作,又叫切削部分;刀柄用来装夹车刀。

刀具切削部分由若干刀面和切削刃构成,如图 1-3 所示。

(1)前刀面 刀具上切削流过的表面。

(2)后刀面 切削过程中与过渡表面相对的刀具表面。

(3)副后刀面 切削过程中与工件上已加工表面相对着的刀具表面。

(4)主切削刃 承担主要切削任务的切削刃,它是前刀面与后刀面相交的部位。

(5)副切削刃 配合主切削刃完成少量切削任务的切削刃,它是前刀面与副后刀面相交的部位。

(6)刀尖 是主切削刃与副切削刃交汇处相当少的一部分切削刃,它可以是一小段直线或圆弧,如图 1-4 所示。

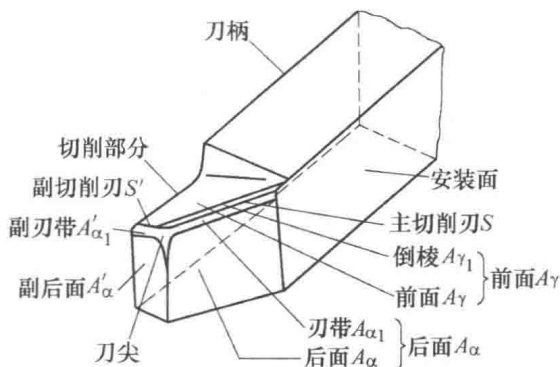


图 1-3 外圆车刀切削部分的组成要素

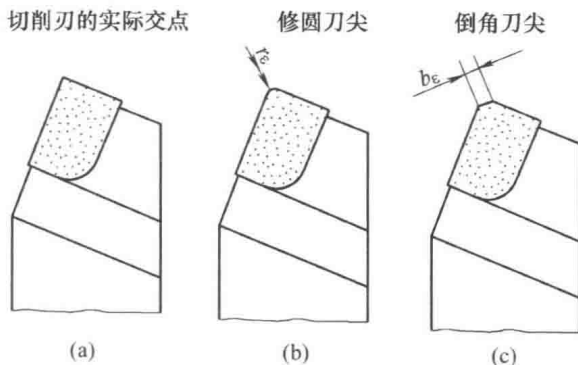


图 1-4 刀尖的类型

二、刀具角度的参考系

为了确定刀具切削部分的几何形状,即确定刀具前刀面、后刀面及切削刃在空间的相对



位置,需要用一定的几何角度表示。用来定义刀具角度的参考系有两大类:一类是静止参考系,是用于定义刀具在设计、制造、刃磨和测量时刀具几何参数的参考系,它由主运动方向确定。另一类是刀具工作参考系,用来规定刀具实际切削加工时几何角度的参考系,该参考系考虑了切削运动和实际安装情况对刀具几何参数的影响,它由合成切削运动确定。本节只讲述刀具静止参考系及其几何角度的定义。

在建立刀具静止参考系时,需先假定刀具是处于某种工作状态下,即规定刀具的假定主运动方向及进给运动方向,从而使定义出的坐标平面与刀具设计、制造、刃磨和测量时采用的基准面相同。

(1)假定主运动方向 假定刀具切削刃上选定点位于工件中心高处,此时切削刃上选定点的主运动方向即为假定主运动方向。车刀假定主运动方向垂直于车刀刀柄的安装面。

(2)假定进给运动方向 假定进给运动垂直(外圆车刀)或平行于(内孔车刀、切断刀等)刀柄轴线,此时切削刃选定点的进给运动方向称为假定进给运动方向。

刀具静止参考系里的角度满足以上两个假定条件,意味着:假定安装没有误差,刀尖与工件轴线等高;假定进给速度等于零,即进给量为零。

1. 正交平面参考系

正交平面参考系由以下三个坐标平面组成。

(1)基面 p_r 过切削刃选定点垂直于假定主运动方向的平面。车刀的基面平行于刀柄的安装面。

(2)主切削平面 p_s 过主切削刃选定点与主切削刃相切并垂直于基面 p_r 的平面,也就是主切削刃与切削速度方向构成的平面。对应于副切削刃的切削平面称为副切削平面 p'_s 。

(3)正交平面 p_o 过切削刃选定点同时垂直于基面和切削平面的平面。

p_r 、 p_s 、 p_o 构成了一个相互垂直的空间直角坐标系,称为正交平面参考系(图 1-5、图 1-6)。它是在刀具的设计、标注、刃磨和测量中应用最广的刀具参考系。以后书中的刀具角度多是在此参考系中标注的。

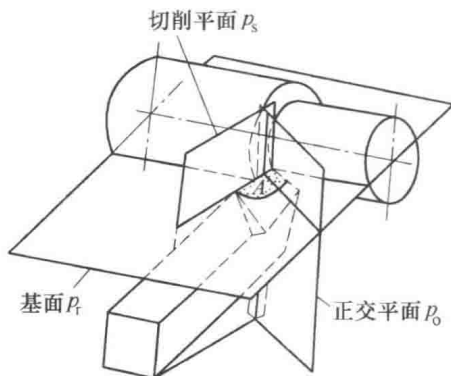
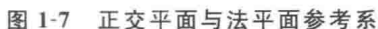


图 1-5 基面、切削平面和正交平面



法平面参考系由基面 p_r 、切削平面 p_s 、法平面 p_n 三个平面组成,如图 1-7 所示。其中:平面 p_n 为通过切削刃选定点并垂直于切削刃的平面。



假定工作平面参考系由基面 p_r 、假定工作平面 p_i 、背平面 p_p 三个平面组成。如图 1-8 所示。

(2)背平面 p_p 过切削刃选定点垂直于假定工作平面并垂直于基面的平面。

• 9 •

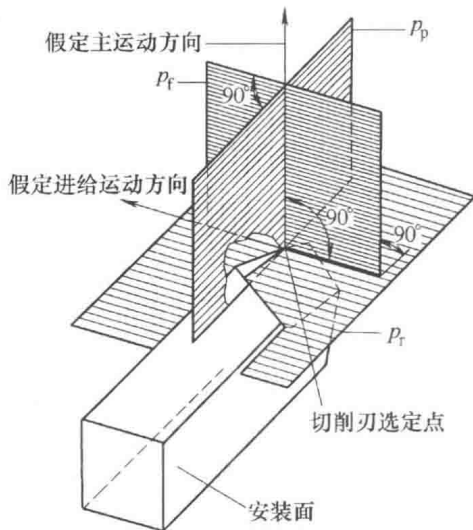


图 1-8 假定工作平面参考系的坐标平面

(如成行车刀、插齿刀)的设计中,需要确定假定工作平面或背平面中表明前后位置的角度。此时,就要使用假定工作平面参考系和背平面参考系。

三、刀具角度的基本定义

刀具在设计、制造、刀磨和测量时,用刀具静止参考系中的角度来标明切削刃和刀面在空间的位置,这样的角度称为刀具的静态角度或标注角度。

由于刀具的参考系在切削刃上各点是变化的,因此应指明选定点。未指明时,一般指切削刃基点或刀尖。

(一)刀具角度的基本定义

图 1-9 所示为车刀在正交平面参考系中的角度。刀具角度的名称和定义如下:

1. 正交平面参考系内的刀具角度

(1) 在正交平面 p_o 内测量的角度

前角 γ_o 前面与基面之间的夹角。

后角 α_o 后面与切削平面的夹角。

楔角 β_o 前面与后面之间的夹角。楔角是一派生角度,当前角和后角确定后,楔角可由下式求得

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

(2) 在基面 p_r 内测量的角度

主偏角 κ_r 主切削平面与假定工作平面之间的夹角,即主切削刃在基面内的投影与进给运动方向的夹角。主偏角总是正值。

副偏角 κ'_r 副切削平面与假定工作平面之间的夹角,即副切削刃在基面内的投影与反向进给运动的夹角。