




普通高等教育“十五”国家级规划教材

现代工程材料成形 与机械制造基础

下 册

李爱菊 主编 傅水根 主审

 高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

现代工程材料成形与 机械制造基础

下 册

李爱菊 主 编
林钦平 王瑞芳 周桂莲 副主编
龚红宇 范润华 甄玉花 卢 瑶 参 编
傅水根 主 审

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代工程材料成形与机械制造基础.下册/李爱菊主编.
—北京:高等教育出版社,2005.3
普通高等教育“十五”国家级规划教材
ISBN 7-04-016103-6

I. 现... II. 李... III. ①工程材料-成形-高等学校-教材②机械制造工艺-高等学校-教材 IV.
①TB3②TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 005508 号

策划编辑 龙琳琳 责任编辑 李京平 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 王 莹 责任校对 王效珍 责任印制 孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	北京铭成印刷有限公司		http://www.landrace.com.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	2005 年 3 月第 1 版
印 张	20.25	印 次	2005 年 3 月第 1 次印刷
字 数	370 000	定 价	23.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16103-00

前 言

随着知识更新的加快、学科大幅度的调整 and 现代工业结构的变化,“工程材料及机械制造基础”作为高等院校学生了解、认知现代工业的窗口课程和应当具备的大工程基础,其原来的知识体系与内容构成已远远滞后于时代的发展。为充分体现各学科的交叉、融合与现代工业的“综合性”特点,全面拓宽课程的知识体系,使理论、实践、素质教育、创新和现代教育技术有机地结合在一起,编者认为新的课程内容横向上不仅应涵盖常规机械制造技术,还应充分体现与现代制造技术、材料科学、现代信息技术和现代管理科学等学科的密切交叉与融合;纵向上不仅应涵盖现有工程材料成形和制造技术,还要体现工程材料和制造技术的历史传承和未来发展趋势。事实上,由于各学科、各行业对制造技术或多或少地涉及,使本课程成为不同专业共同的工业基础知识平台。再加上该课程兼有基础性、实用性、知识性、实践性与创新性等特点,使其在一定程度上成为理、工、医、文、管理、艺术等不同学科之间交叉的“点”,成为当前培养复合型人才的重要基础之一。

本书是根据教育部机械基础课程教学指导分委员会有关“重点院校金属工艺学课程改革指南”精神,借鉴国外教材内容、结构特点,并结合作者多年来取得的教学改革经验和成果编写而成的。编写指导思想是:继承教材原有的基础性、综合性、实践性特点,力求实现两个基本转变,即将金属材料制造工艺为主的课程内容向工程材料制造工艺为主的课程内容转变,实现将机械制造工艺为主向制造工艺为主的知识体系转变;展现新材料制备与制造技术在跨学科领域中的交叉渗透和通道作用,力争与国际最新教材知识体系接轨。

本书有以下主要特点:

(1) 力求处理好常规工艺与现代新技术的关系。对于仍广泛用于现代机械制造工业的常规工艺精选保留;对于过时的内容予以淘汰;对于技术上较成熟、应用范围较宽或发展前景看好的新材料、新技术、新工艺(即“三新”)作为基本内容引入,使“三新”内容在本课程理论教学中占1/3以上。例如,在新的教材中增加了材料及制造技术发展史与研究进展;制造类企业的特点与组织结构;在传统金属材料及热处理的基础上增加了部分常用工程材料的性能、材料学基础知识以及表面工程技术和非金属材料热处理的内容;增加了粉末冶金与陶瓷材料的成形工艺、高分子材料的成形工艺、复合材料的成形工艺三章;把材料与制造技术有机地联系起来,体现了将金属材料制造工艺为主向工程材料制造工艺为主

的课程内容的转变。

(2) 全面体现先进制造工艺技术的特点,并重点增加或增强了数控加工技术、快速成形技术、非金属材料的加工、计算机集成制造技术等先进制造工艺和应用实例,以体现现代制造技术的特征。首次增加了电子设备制造技术基础,包括集成电路制造技术、插接件制造技术、壳体制造技术和装配技术,增加了工业管理与可持续发展对制造技术的影响等相关内容,比如质量与成本、管理与效益、产品生产的可行性分析、机械制造技术与环境保护等。从而使本课程与信息技术、市场经济融为一体,体现了现代制造技术与有关学科的相互交叉与渗透。

(3) 教材内容既系统丰富又重点突出,为学生预留了足够的自学与思考的空间,每章附有学习指南和与其他章节相互关联的提示。各个章节既相互联系,又相对独立,力图建立起柔性较大的模块化教材体系,以适应培养复合型、创新型人才的需求,并方便不同专业、不同学习背景、不同学时、不同层次的学生选用。

因此,本书既是适用于工科各专业学习现代制造技术的专业基础教材,也是培养复合型人才,为理、医、文、管理、艺术等不同学科之间提供快速工业知识渗透的特色基础教材。

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,由山东大学孙康宁、王昕负责组织编写。全书分为上、下两册,上册由山东大学孙康宁主编,王昕、莫德秀和张景德任副主编。其中第一章、第二章由孙康宁编写,同时参与了第三章第三节、第四节,第七章第六节,第八章第四节,第九章第一节的编写;第三章其他节与第四章由山东大学张景德与王昕编写;第五章与第八章其他节由山东理工大学莫德秀编写;第六章由山东大学范润华编写;第七章其他节由山东大学谭训彦编写;第九章其他节由山东大学毕见强编写。

下册由山东大学李爱菊主编,林钦平、王瑞芳和周桂莲任副主编。李爱菊编写了第二章;第一章、第八章由合肥工业大学王瑞芳编写;第六章、第七章由福州大学林钦平编写;第三章、第九章由青岛科技大学周桂莲编写;第四章由山东大学龚红宇、范润华编写;第五章由山东大学李爱菊、甄玉花、卢瑶编写。

本书由清华大学傅水根教授主审。在教材编写中得到原《现代工程材料成形与制造技术基础》编写人员提供的一些宝贵资料,在此一并表示感谢!

由于编者水平所限,本书难免存在不当之处,诚请各位读者提出宝贵意见。

编 者

2004年8月

目 录

第一章 机械加工基础知识	1
第一节 切削运动及切削要素	1
一、零件表面的形成	1
二、切削运动及切削用量	2
三、切削层参数	3
第二节 切削刀具及其材料	4
一、切削刀具	4
二、刀具材料	15
第三节 切削过程及控制	18
一、切屑的形成及其类型	18
二、积屑瘤	20
三、切削力和切削功率	21
四、切削热和切削温度	23
五、刀具磨损和刀具寿命	25
六、切削用量的合理选择	27
第四节 磨具与磨削过程	28
一、磨料与磨具	28
二、磨削过程中磨粒的作用	31
三、磨削过程的特点	32
第五节 材料的切削加工性	34
一、衡量材料切削加工性的指标	34
二、常用材料的切削加工性	35
三、难加工材料的切削加工性	35
第六节 机械加工工艺过程基本概念	36
一、工艺过程的基本概念	36
二、工件的安装和夹具	41
第七节 机械加工质量的概念	49
一、机械加工精度	50
二、机械加工表面质量	50
本章学习指南	52
复习思考题	52

第二章 零件表面的常规加工方法	55
第一节 回转面的加工	55
一、外圆面的加工	55
二、孔的加工	64
第二节 平面的加工	74
一、平面的加工方法	74
二、平面加工方案的选择	80
第三节 特形表面的加工	81
一、成形面加工	81
二、螺纹加工	82
三、齿形加工	87
第四节 零件的切削结构工艺性	98
一、合理确定零件的技术要求	99
二、遵循零件结构设计的标准化	99
三、合理标注尺寸	99
四、零件结构要便于加工	101
第五节 零件机械加工工艺规程的制定	104
一、机械加工工艺规程的内容及作用	104
二、制定工艺规程的原则、原始资料	105
三、制定工艺规程的步骤	105
四、工艺文件的编制	107
本章学习指南	108
复习思考题	109
第三章 特种加工	111
第一节 电火花加工	111
一、电火花加工的原理和特点	112
二、电火花加工的基本工艺规律	113
三、电火花加工的应用范围	119
第二节 电解加工	123
一、电解加工的原理和特点	123
二、电解加工的基本工艺规律	125
三、电解加工的应用	127
第三节 超声波加工	127
一、超声波加工的原理和特点	128
二、超声波加工的基本工艺规律	129
三、超声波加工的应用	130
第四节 高能束加工	131

一、激光加工	132
二、电子束和离子束加工	134
本章学习指南	138
复习思考题	138
第四章 非金属材料机械加工	139
第一节 石材的加工	139
一、石材的切割加工	139
二、石材的研磨	144
三、石材的雕刻	147
第二节 陶瓷的加工	147
一、加工方法	147
二、加工技术	149
第三节 塑料的加工	152
一、塑料切削基础知识	152
二、塑料的单刃切削	154
三、塑料的钻削	158
四、塑料的铣削加工	159
五、塑料的磨削	162
第四节 复合材料的加工	163
一、概述	163
二、几种常用复合材料的机械加工特点	163
三、复合材料的常规机械加工方法	165
四、其他常规机械加工方法	166
五、特种加工方法	166
第五节 特种材料加工的发展趋势	167
一、建立非金属材料切削理论	167
二、使用专用机床	168
三、发展新型刀具材料	168
本章学习指南	169
复习思考题	170
第五章 电子设备制造基础	171
第一节 电子设备的基本构成	171
一、电抗元件	171
二、机电元件	172
三、半导体分立器件	173
四、集成电路	173

第二节 集成电路制造工艺	174
一、概述	174
二、集成电路的工艺技术	174
三、集成电路的制造工艺	179
四、集成电路的封装技术	181
第三节 壳体及插接件的制造技术	184
一、壳体的制造技术	184
二、插接件的制造技术	185
第四节 电子设备的组装	186
一、紧固安装	187
二、典型零部件的安装	188
三、导线配置	191
四、整机组装	193
本章学习指南	194
复习思考题	194
第六章 数控机床加工	195
第一节 数控机床的基本组成	195
一、输入与输出装置	195
二、数控系统	197
三、伺服系统	199
四、数控机床主机	203
五、数控机床的辅助装置	207
第二节 数控机床的特点	207
一、数控机床在加工方面的特点	208
二、数控机床的适应性与经济性特点	209
三、数控机床在管理与使用方面的特点	210
第三节 数控加工程序编制	210
一、数控加工程序编制的基本知识	211
二、数控加工程序的代码及其功能	214
三、代码使用举例	215
四、数控编程的种类	218
第四节 数控编程实例	220
一、数控铣削加工的程序编制实例	220
二、数控车削加工程序编制实例	224
第五节 加工中心	227
一、加工中心的分类与应用范围	227
二、加工中心的特点	229

三、加工中心编程时应注意的问题	230
四、加工中心的特殊构件	230
五、加工中心的发展	234
本章学习指南	235
复习思考题	235
第七章 先进制造技术	237
第一节 CAD/CAM 技术	237
一、CAD 技术	237
二、CAM 技术	241
三、CAD/CAM 集成技术	242
第二节 CAPP 技术	242
一、传统工艺设计方法	243
二、CAPP 的功能	243
三、CAPP 系统的类型	244
四、CAPP 的应用	246
第三节 GT 技术	247
一、成组技术的基本原理	248
二、零件的分类方法	248
三、零件分类编码系统	249
四、成组技术的应用	252
第四节 柔性制造技术	253
一、柔性制造技术中“柔性”的概念	254
二、柔性制造技术的类型	254
三、柔性制造系统的组成	255
第五节 计算机集成制造技术	259
一、CIMS 的体系结构	259
二、CIMS 的组成	261
三、CIMS 实施策略	263
本章学习指南	264
复习思考题	264
第八章 机械制造经济性与管理	266
第一节 机械制造企业管理	266
一、现代企业	266
二、现代企业管理职能和组织结构	268
三、企业管理基础工作	271
第二节 成本管理	272

一、成本管理概述	272
二、成本预测	272
三、成本控制	274
四、作业成本管理	276
第三节 质量管理	277
一、质量和质量管理的基本概念	277
二、质量管理方法	278
三、ISO 9000 系列标准简介	278
四、质量成本	279
第四节 新产品生产的可行性分析	280
一、新产品生产的可行性分析的含义	280
二、新产品生产的可行性分析的内容	281
本章学习指南	287
复习思考题	288
第九章 机械制造业的环境保护	289
第一节 机械工业的环境污染	289
第二节 机械制造业的环境保护技术	291
一、工业废气的防治	291
二、工业废水的防治	297
三、工业固体废物污染的防治	300
四、工业噪声的防治	303
本章学习指南	305
复习思考题	306
参考文献	307

第一章 机械加工基础知识

制造机械零件的材料成形法在本书上册中已学过,下册主要学习材料去除法,即切去毛坯上多余的材料,使机械零件达到最终技术要求的加工方法。各种加工方法都有着共同的现象和规律,了解这些基本规律是学习机械加工方法的基础。

切削加工是使用切削工具(包括刀具、磨具和磨料),在工具和工件的相对运动中,把工件上多余的材料层切除,使工件获得规定的几何参数(尺寸、形状、位置)和表面质量的加工方法。它在机械制造业中占有十分重要的地位。这主要是因为:切削加工能获得较高的精度和表面质量,对被加工材料、工件几何形状及生产批量具有广泛的适应性。

第一节 切削运动及切削要素

一、零件表面的形成

机器零件的形状虽很多,但主要由一些简单表面组成,如外圆面、内圆面(孔)、平面和成形面等。这些表面可分别用图 1-1 所示的相应加工方法来获得。

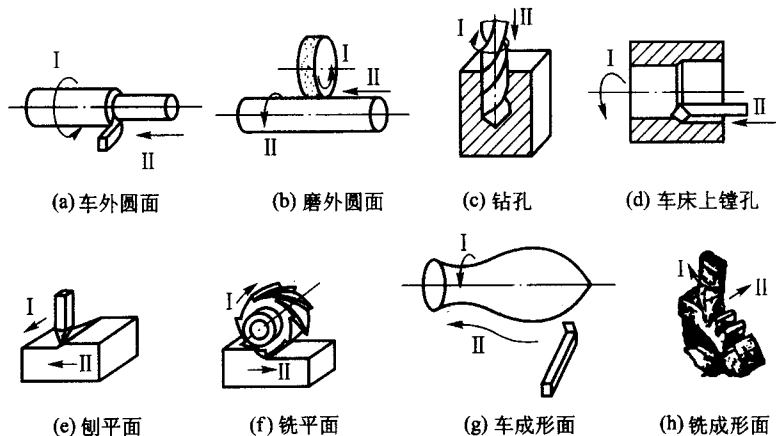


图 1-1 零件不同表面加工时的切削运动

二、切削运动及切削用量

在切削加工中,刀具和工件间必须有一定的相对运动,即切削运动(cutting motions),如图 1-1 所示。切削运动包括主运动(图中 I)和进给运动(图中 II)。切削用量(cutting conditions)包括切削速度 v_c 、进给量 f (或进给速度 v_f)和背吃刀量 a_p ;切削要素包括切削用量三要素和切削层参数(parameters of undeformed chip)。

1. 主运动和切削速度

主运动(primary motion)是使刀具和工件之间产生相对运动,促使刀具接近工件而实现切削的运动,如图 1-2 所示的工件的旋转运动。主运动速度最高,消耗功率最大。切削刃上选定点相对工件主运动的瞬时速度称为切削速度(cutting speed),以 v_c 表示,单位为 m/s 或 m/min。

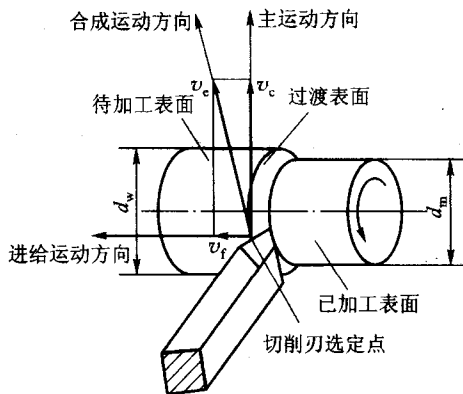


图 1-2 切削运动和加工表面

若主运动为旋转运动(如车削、铣削等),切削速度一般为其最大线速度:

$$v_c = \frac{\pi dn}{1\,000}$$

式中: d ——工件(或刀具)的直径,mm;

n ——工件(或刀具)的转速,r/s 或 r/min。

若主运动为往复直线运动(如刨削、插削等),则常以其平均速度为切削速度,即:

$$v_c = \frac{2Ln_f}{1\,000}$$

式中: L ——往复行程长度,mm;

n_r ——主运动每秒或每分钟的往复次数, str/s 或 str/min。

2. 进给运动和进给量

进给运动(feed movement)使刀具与工件之间产生附加的相对运动,加上主运动,即可连续地切除余量,如图 1-2 所示的车刀的移动。刀具在进给运动方向上相对工件的位移量称为进给量(feed rate)。不同的加工方法,由于所用刀具和切削运动形式不同,进给量的表述和度量方法也不相同。

用单齿刀具(如车刀、刨刀等)加工时,进给量常用刀具或工件每转或每一往复行程刀具在进给运动方向上相对工件的位移量来度量,称为每转进给量或每行程进给量,以 f 表示,单位为 mm/r 或 mm/str。

用多齿刀具(如铣刀、钻头等)加工时,进给运动的瞬时速度称进给速度,以 v_f 表示,单位为 mm/s 或 mm/min。刀具每转或每行程中每齿相对工件进给运动方向上的位移量,称每齿进给量,以 f_z 表示,单位为 mm/z。

f_z 、 f 、 v_f 之间有如下关系:

$$v_f = fn = f_z zn$$

式中: z ——刀具的齿数。

3. 背吃刀量

在通过切削刃上选定点并垂直于该点主运动方向的切削层尺寸平面中,垂直于进给运动方向测量的切削层尺寸,称为背吃刀量(back engagement of the cutting edge),以 a_p 表示,单位为 mm。如图 1-2 所示,车外圆时, a_p 可用下式计算,即

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

式中: d_w 、 d_m ——工件待加工和已加工表面直径,mm。

加工时工件上由主切削刃正在形成的那部分表面是过渡表面。

切削速度 v_c 、进给量 f 、背吃刀量 a_p ,即为切削用量三要素。

三、切削层参数

切削层是指切削过程中,由刀具切削部分的一个单一动作(如车削时工件转一圈,车刀主切削刃移动一段距离)所切除的工件材料层。它决定了切屑的尺寸及刀具切削部分的载荷。切削层的尺寸和形状,通常在切削层尺寸平面中测量,如图 1-3 所示。

(1) 切削层公称横截面积 A_D 在给定的瞬间,切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积,单位为 mm^2 。

(2) 切削层公称宽度 b_D 在给定的瞬间,作用于主切削刃截形上两个极限点间的距离,在切削层尺寸平面中测量,单位为 mm。

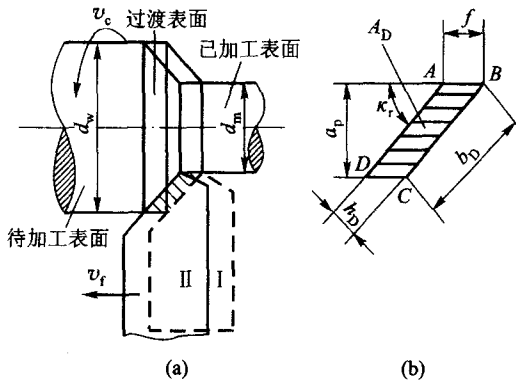


图 1-3 车削时切削层尺寸

(3) 切削层公称厚度 h_D 同一瞬间切削层公称横截面积 A_D 与其公称宽度 b_D 之比,单位为 mm。由定义可知

$$A_D = b_D h_D$$

因 A_D 不包括残留面积,而且在各种加工方法中 A_D 与进给量和背吃刀量的关系不同,所以 A_D 不等于 f 和 a_p 的积。只有在车削加工中,当残留面积很小时才能近似地认为它们相等,即

$$A_D \approx fa_p$$

第二节 切削刀具及其材料

切削加工过程中,直接完成切削工作的是刀具。刀具切削性能的好坏,取决于构成刀具的几何参数、结构及刀具切削部分的材料。

一、切削刀具

切削刀具的种类很多,形状各异,但它们的切削部分总是近似地以外圆车刀的切削部分为基础形态,如图 1-4 所示。所以,研究切削刀具时,总是以车刀为基础。

1. 车刀切削部分的组成

车刀(turning tools)切削部分由下列要素组成(图 1-5):

- (1) 前刀面 刀具上切屑流过的刀面。
- (2) 后刀面 刀具上与工件已加工表面相对的刀面。同前刀面相交形成主切削刃的后刀面称主后刀面;同前刀面相交形成副切削刃的后刀面称副后刀面。
- (3) 切削刃 切削刃是指刀具前刀面上拟作切削用的刀刃。它有主副之

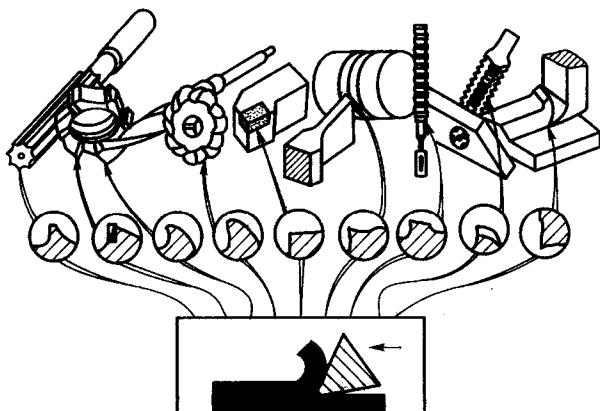


图 1-4 刀具的切削部分

分,主切削刃是起始于切削刃上主偏角为零的点,并至少有一段切削刃用来在工件上切出过渡表面的那整段切削刃。副切削刃是指切削刃上除主切削刃以外的刃,亦起始于主偏角为零的点,但它向背离主切削刃的方向延伸。

(4) 刀尖 指主切削刃与副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃。实际刀具的刀尖并非绝对尖锐,而是一小段曲线或直线,分别称为修圆刀尖和倒角刀尖。

2. 车刀切削部分的主要角度

刀具要从工件上切除余量,就必须使它的切削部分具有一定的切削角度。在刀具设计、制造、刃磨和测量几何参数时用的参考系,称为刀具静止参考系;用于规定刀具进行切削加工时几何参数的参考系,称为刀具工作参考系。工作参考系与静止参考系的区别在于用实际的合成运动方向取代假定主运动方向,用实际的进给运动方向取代假定进给运动方向。

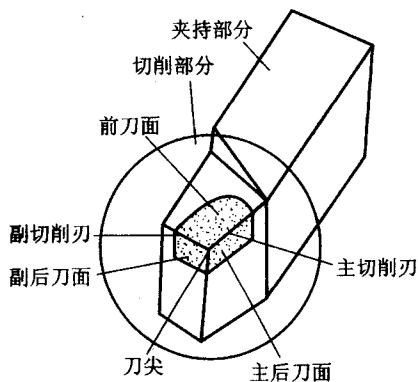


图 1-5 外圆车刀的切削部分

(1) 刀具静止参考系 它主要包括基面、切削平面、正交平面和假定工作平面等,如图 1-6 所示。

- 1) 基面 过切削刃选定点,垂直于该点假定主运动方向的平面,以 p_r 表示。
- 2) 切削平面 过切削刃选定点,与切削刃相切,并垂直于基面的平面。主

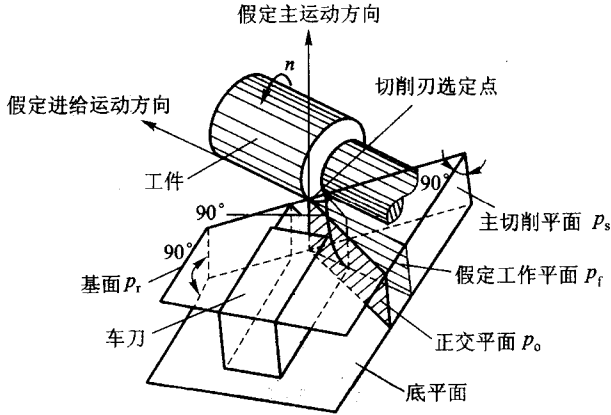


图 1-6 刀具静止参考系的平面

切削平面以 p_s 表示。

3) 正交平面 过切削刃选定点,并同时垂直于基面和切削平面的平面,以 p_o 表示。

4) 假定工作平面 过切削刃选定点,垂直于基面并平行于假定进给运动方向的平面,以 p_f 表示。

(2) 车刀的主要角度 是在车刀设计、制造、刃磨及测量时,必须考虑的主要角度,如图 1-7 所示。

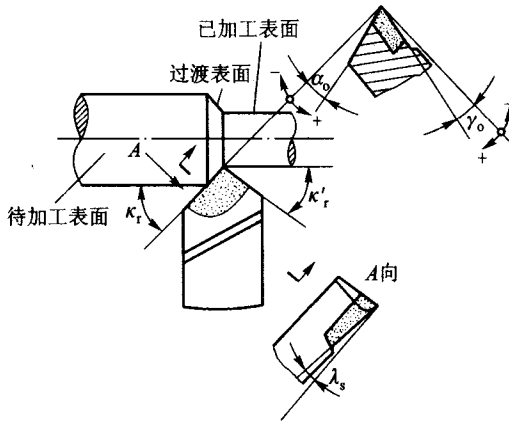


图 1-7 车刀的主要角度

1) 主偏角 κ_r 在基面中测量的主切削平面与假定工作平面间的夹角。