

高等工科学校机械电子工程专业系列教材

机械制造基础

沈阳工业大学 唐宗军 主编

机械工业出版社

001/27
高等工科学学校机械电子工程专业系列教材

机 械 制 造 基 础

主 编 唐宗军

副主编 吴国梁 刘文信

参 编 朱世和 赵文珍 刘文润 李世杰 朱章楠

程 序 李耀刚 张舒扬 任 洁 孟 焯

主 审 汤铭权 霍少成



机 械 工 业 出 版 社

序

随着微处理器和微型计算机的问世，电子计算机已深深介入机械制造的各个领域，一系列机、电、计算机一体化的新产品诞生。为适应这个变化，迫切需要高等工科学校培养设计、制造、调试、使用、维修机电一体化产品的技术人才。有鉴于此，不少高等工科学校在多年探索机制专业改造并取得经验的基础上正在创办机械电子工程专业，以满足社会的需要。但各校对新开专业缺乏经验、缺少教材和师资，在此形势下，1994年12月机械工业部教材编辑室受机械工业部教育司委托，在沈阳召开了高等工科学校机械电子工程专业教学与教材研讨会，研讨了机械行业技术发展大趋势，认为办好机、电、计算机紧密结合的新机电工程，培养设计、制造、调试、使用、维修机电一体化的机电一体化人材是非常必要的。为给机电一体化专业奠定物质基础，会议决定立即组织第一批急需的机械电子工程专业系列教材，初步确定了各教材的主编、参编和主审人员。历经一年半时间，这一套统编教材终于陆续交稿出版。

这批教材的出版是我们对机械电子工程专业教学的一种尝试，希望它能满足各校的教学所需。这套教材在组织编写过程中得到了众多学校和教师的热心帮助，在此一并表示衷心感谢。

机械工业部教材编辑室

1996年

前 言

本书是根据 1994 年 11 月底机械工业部在沈阳主持召开的“机械电子工程（机电一体化）专业教学及教材研讨会”精神，由机械工业部教材编辑室组织编写的高等工科大学机械电子工程专业系列教材之一。

本书是机械电子工程（机电一体化）专业学生学习机械制造有关的基础知识和基本理论的教材，也可供机械类其它专业使用。

本书将金属切削原理、金属切削机床、金属切削刀具、机床夹具设计和机械制造工艺等几部分的内容有机地结合在一起，使学生获得机械制造领域中所必须具备的基础知识和基本理论，从而为后期专业课程的学习和提高打下一定的专业基础。

本书是编者在总结多年教学实践经验并参阅了国内外有关资料及参考书籍的基础之上编写的。在内容上尽量将相关内容有机地结合以避免不必要的重复。在编写过程中，注重于加强基础、突出能力的培养，同时考虑到扩大知识面，适当地加入了反映国内外的新成果、新技术的内容。全书贯彻执行法定计量单位及最新国家标准。

本书由唐宗军主编，吴国梁、刘文信副主编。编写分工：沈阳工业大学唐宗军编写绪论、第二章和第九章，赵文珍编写第五章，张舒扬、任洁编写第一章；东南大学吴国梁编写第七章，程序编写第八章；山东工业大学刘文信、河北工业大学刘文润、李世杰编写第三章；天津理工学院朱世和编写第四章；哈尔滨科技大学孟焯编写第六章；河北理工学院李耀刚编写第十章；河北工业大学朱章楠编写第十一章。全书由唐宗军统稿，东南大学汤铭权教授、霍少成教授主审。

本书参考了兄弟院校有关金属切削原理及刀具、金属切削机床、机械制造工艺学等教材，在此致以谢意。

由于编者水平所限，编写时间仓促，不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

1996 年 7 月

目 录

序	
前言	
绪论	1
一、机械制造业在国民经济中的作用	1
二、本课程研究的内容及性质	1
三、本课程的任务和要求	2
第一章 金属切削基本原理	3
第一节 概述	3
一、切削运动	3
二、工件加工表面	4
三、切削用量	4
四、刀具几何参数	5
五、切削层参数	11
六、刀具材料	12
第二节 金属切削过程	16
一、切削层的变形	17
二、切屑的种类与变形规律	18
三、刀-屑接触区的变形与摩擦	19
四、刀-工接触区的变形与加工质量	20
第三节 切削力	21
一、切削力的分析	21
二、切削力与切削功率的计算	22
三、影响切削力的因素	23
第四节 切削热和切削温度	24
一、切削热的产生和传出	24
二、影响切削温度的主要因素	25
三、切削温度的分布	26
第五节 刀具磨损和刀具耐用度	27
一、刀具的磨损形式	27
二、刀具磨损的原因	28
三、刀具的磨损过程及磨钝标准	29
四、切削用量与刀具耐用度关系的经验公式	30
思考题与习题	31
第二章 金属切削条件的合理选择	32
第一节 工件材料的切削加工性	32
一、概述	32
二、工件材料的物理力学性能对切削加工性的影响	33
三、常用金属材料的切削加工性	34
四、改善切削加工性的途径	37
第二节 切削条件的合理选择	39
一、刀具材料的合理选择	39
二、刀具几何参数的合理选择	40
三、刀具耐用度的选择	45
四、切削液的合理选用	46
思考题与习题	48
第三章 金属切削机床及刀具	49
第一节 概述	49
一、金属切削机床的分类	49
二、金属切削机床型号的编制方法	50
三、机床的运动	52
四、机床的技术性能	52
第二节 车床及车刀	54
一、概述	54
二、CA6140 型卧式车床	54
三、其它车床简介	64
四、车刀的种类、用途及结构形式	67
五、车刀几何参数的选择	69
第三节 磨床及砂轮	71
一、概述	71
二、M1432A 型万能外圆磨床	72
三、其它磨床简介	74
四、砂轮	77
五、磨削加工的特点及砂轮的修整	80
第四节 齿轮加工机床及齿轮刀具	82
一、齿轮加工方法和齿轮加工机床	82
二、滚齿机	83
三、其它齿轮加工机床	89
四、齿轮刀具	92

第五节 其它机床及其刀具	98	第三节 机械加工精度的综合分	
一、钻床及钻削用刀具	98	析	176
二、铣床及铣刀	103	一、加工误差的性质	176
三、刨床、拉床及拉刀	108	二、加工误差的统计分析	177
四、镗床	111	第四节 提高加工精度的途径	181
五、组合机床概述	113	一、直接消除或减小原始误差	181
思考题与习题	115	二、误差补偿	182
第四章 机床夹具设计原理	117	三、误差转移	182
第一节 概述	117	四、误差分组	182
一、夹具的定义及组成	117	五、误差平均	182
二、夹具的分类	118	六、“就地加工”达到最终精度	182
三、机床夹具的作用	118	七、加工过程中的积极控制	183
第二节 工件在夹具中的定位	118	思考题与习题	183
一、工件定位的基本原理	118	第六章 机械加工表面质量	186
二、常见的定位方式和定位元件	121	第一节 概述	186
第三节 定位误差	132	一、加工表面质量的含义	186
一、定位误差及其产生原因	132	二、加工表面质量对零件使用性能	
二、定位误差的计算	134	的影响	187
三、保证规定加工精度实现的条件	136	第二节 影响表面质量的因素	189
第四节 工件在夹具中的夹紧	137	一、影响加工表面粗糙度的因素	189
一、夹紧装置的组成及基本要求	137	二、影响加工表面物理力学性质的	
二、夹紧力的确定	138	因素	192
三、典型夹紧机构	140	第三节 提高加工表面质量的途	
四、夹紧动力源装置	145	径	193
第五节 各类机床夹具简介	148	一、精密加工与光整加工	193
一、车床夹具	148	二、表面强化工艺	198
二、铣床夹具	149	思考题与习题	200
三、钻床夹具	151	第七章 机械加工工艺规程设计	201
四、数控加工用夹具	155	第一节 概述	201
思考题与习题	157	一、生产过程与机械加工工艺过程	201
第五章 机械加工精度	164	二、机械加工工艺过程的组成	201
第一节 概述	164	三、生产类型与工艺特征	203
一、加工精度的基本概念	164	四、机械加工工艺规程	204
二、获得规定的加工精度的方法	164	五、制订工艺规程的原始资料与步	
三、影响加工精度的误差因素	165	骤	205
第二节 机械加工精度的单因素		第二节 零件结构工艺性与毛坯	
分析	165	的选择	208
一、加工原理误差	165	一、零件的结构工艺性	208
二、工艺系统的几何误差	166	二、毛坯的选择	213
三、工艺系统受力变形产生的误差	171	第三节 机械加工工艺规程设计	
四、工艺系统热变形产生的误差	174	中的几个问题	213

一、定位基准的选择	213	一、电解加工原理	272
二、工艺路线的拟定	216	二、电解加工特点	272
三、加工余量的确定	221	三、电解加工的应用	273
四、机床与工艺装备的选择	225	四、电解磨削	273
五、切削用量的确定	226	第三节 超声波加工	274
六、时间定额的确定	228	一、超声波加工原理	274
第四节 工艺尺寸的计算	229	二、超声波加工装置	274
一、工艺尺寸链	229	三、超声波加工特点	276
二、工序尺寸的计算	231	四、超声波加工的应用	276
第五节 工艺方案的技术经济分 析	235	第四节 激光加工	276
一、工艺成本的组成	235	一、激光加工原理	276
二、最佳生产纲领分析	236	二、激光加工特点	276
三、工艺方案的经济评价	236	三、激光加工的应用	277
第六节 提高机械加工生产率的 工艺措施	237	第五节 电子束加工	277
一、缩短单件时间	238	一、电子束加工原理	277
二、采用成组技术	240	二、电子束加工装置	277
思考题与习题	244	三、电子束加工特点	278
第八章 典型零件加工工艺	247	四、电子束加工的应用	278
第一节 主轴加工	247	第六节 离子束加工	279
一、主轴的结构特点及技术要求	247	一、离子束加工原理	279
二、主轴加工工艺过程	248	二、离子束加工特点	280
三、主轴加工工序分析	251	三、离子束加工的应用	280
第二节 箱体类零件加工	253	思考题与习题	282
一、箱体的结构特点及技术要求	253	第十章 装配工艺	283
二、主轴箱箱体加工工艺过程	253	第一节 装配工艺的基本概念	283
三、主轴箱箱体加工工序分析	257	一、装配的概念	283
第三节 圆柱齿轮加工	260	二、装配的组织形式	284
一、圆柱齿轮的技术要求及齿坯	260	三、装配结构的工艺性	284
二、渐开线齿形加工方法	261	第二节 装配精度	285
三、圆柱齿轮加工工艺	263	一、装配精度的概念	285
思考题与习题	266	二、装配精度与零件精度的关系	285
第九章 特种加工	267	三、达到装配精度的工艺方法	285
第一节 电火花加工	267	第三节 装配尺寸链	287
一、电火花加工原理	267	一、装配尺寸链	287
二、电火花加工设备	269	二、装配尺寸链的建立	288
三、电火花加工特点	270	三、装配尺寸链的计算方法	289
四、电火花加工的应用	271	四、装配尺寸链的解答题例	292
五、电火花线切割加工	272	第四节 装配工艺规程的制订	295
第二节 电解加工	272	一、制订装配工艺规程应遵循的基本 原则和所需的原始资料	295
		二、制订装配工艺规程的步骤	295
		思考题与习题	299

第十一章 机械制造系统的发展	300
第一节 计算机辅助制造(CAM)	301
一、计算机辅助制造的含义	301
二、CAM 的数据库	302
第二节 计算机辅助工艺设计	
(CAPP)	304
一、CAPP 基本概念	304
二、CAPP 的开发基础及其软硬件	
环境	307
三、CAPP 系统设计步骤	308
第三节 柔性制造系统 (FMS)	309

一、概述	309
二、FMS 的主要构成及类型	312
三、柔性制造系统实例	314
第四节 计算机集成制造系统	
(CIMS)	319
一、计算机集成制造系统基本含义	319
二、当前 CIMS 研究和应用中关注	
的一些热点问题	320
思考题与习题	322
附录 A 积分表	323
参考文献	324

绪 论

一、机械制造业在国民经济中的作用

社会生产中的各行各业，诸如交通、动力、冶金、石化、电力、建筑、轻纺、航空、航天、电子、医疗、军事、科研等，乃至人民的日常生活中，都使用着各种各样的机器、机械、仪器和工具。它们的品种、数量和性能等都极大地影响着这些行业的生产能力、劳动效率和经济效益等。这些机器、机械、仪器和工具统称为机械装备。它们的大部分都是由一定形状和尺寸的金属零件所组成的。能够生产这些零件并将其装配成机械装备的工业，称为机械制造业。显然，机械制造业的主要任务，就是向国民经济的各个行业提供现代化的机械装备。因此，机械制造业是国民经济发展的重要基础和有力支柱，是影响国家综合国力的重要方面。

自 1770 年制造出第一台蒸汽机开始，200 多年来，为了适应社会生产力的不断进步，为了满足社会对产品的品种、数量、性能、质量以及高的性能价格比的要求，同时由于新型工程材料的出现和使用，新的切削加工方法、新的工艺方法以及新的加工设备大量涌现，使得机械制造技术也在经历着巨大变化。

近年来，由于现代科学技术的迅猛发展，特别是由于微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展，已经使机械制造业从面貌和内容上都发生了深刻的变革。制造技术由数控化走向柔性化、集成化、智能化，这已成为现代科技前沿的热点之一。所有这一切的发展和进步，不仅孕育出机械制造学科系统的理论，而且使之成为最富有活力的、学术研究极为活跃的学科领域。

目前，我国机械工业产品的生产已具有相当大的规模，形成了产品门类齐全、布局合理的机械制造业体系。1992 年，我国的汽车产量已突破 100 万辆；已能年产 100 多万套模具，产值达 30 多亿元。在制造工艺技术和工艺设备方面正在努力赶上世界先进水平。

二、本课程研究的内容及性质

任何机械产品的生产过程都是一个复杂的生产系统的运行过程。首先要根据市场的需求作出生产什么产品的决策；接着要完成产品的设计工作；而后需综合运用工艺技术理论和知识来确定制造方法和工艺流程，即解决如何制造出产品的问题；在这之后才能进入制造过程，实现产品的输出。为了解决如何制造产品的问题和处理制造过程中出现的各种技术关键，就需要具有涉及到制造工艺技术理论、工艺设备及装备、材料科学、生产组织管理等的一系列知识，即机械制造学科领域的知识体系。

“机械制造基础”这门课程的研究对象，就是机械制造过程中的切削过程、工艺技术及工艺设备和装备问题。其基本内容包括：

- 1) 金属切削过程的基本规律；
- 2) 金属切削机床的分类及编号，典型通用机床的工作原理、传动分析及其所使用的刀具；
- 3) 机械制造工艺技术的基本理论和基本知识。

本课程是机械电子工程（机电一体化）专业的一门重要专业基础课。

三、本课程的任务和要求

本课程的任务在于使学生获得机械制造过程中所必须具备的基础理论和基本知识。学完本课程后，应能掌握金属切削的基本原理；了解金属切削机床的工作原理和传动，初步掌握分析机床运动和传动的方法；掌握机械制造工艺的基本理论知识，分析和处理与切削加工有关的工艺技术问题；能编制零件的机械加工工艺规程；掌握机床夹具设计的基本原理和方法；具备综合分析机械制造工艺过程中质量、生产率和经济性问题的能力。

本课程的综合性和实践性都很高，涉及的知识面也很广。因此，学生在学习本课程时，除了重视其中必要的基本概念、基本原理外，还应特别注意实践环节，如到工厂实习、现场教学及课程设计等。

第一章 金属切削基本原理

第一节 概 述

金属切削加工是工件和刀具相互作用的过程，即在保证高生产率或低成本的前提下，刀具从工件上切去一部分金属，使工件得到符合技术要求的形状、尺寸精度和表面质量的加工。实现这一切削过程必须具备以下三个条件：①工件与刀具之间要有相对运动，即切削运动；②刀具材料必须具有一定的切削性能；③刀具必须具有适当的几何参数，即切削角度等。本节内容主要是阐明与切削运动、刀具角度及刀具材料有关的基本概念和定义。

一、切削运动

在金属切削加工中，为了切除多余的金属，刀具和工件间必须有相对运动——切削运动。切削运动由金属切削机床来实现。外圆车削和平面刨削是金属切削加工中常见的加工方法。现以它们为例来分析工件与刀具间的切削运动。外圆车削时的情况如图 1-1 所示：工件旋转，车刀作连续纵向直线进给，于是形成工件的外圆柱表面。图 1-2 表示了在牛头刨床上刨平面时的情况：刀具作直线往复运动，工件作间歇的直线运动。在其它切削加工方法中，刀具和工件也同样必须完成一定的切削运动。通常，切削运动包括主运动和进给运动。

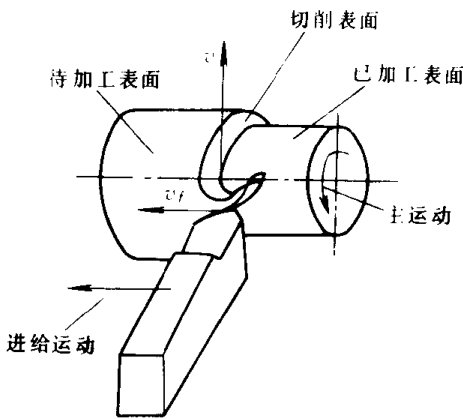


图 1-1 外圆车削的切削运动与加工表面

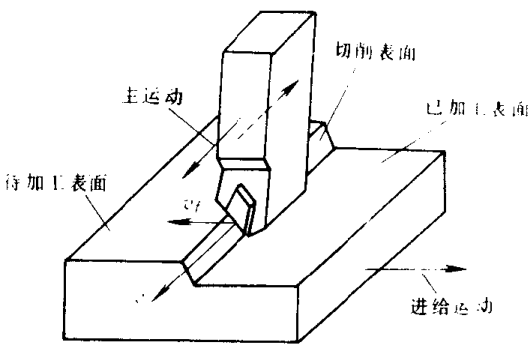


图 1-2 平面刨削的切削运动与加工表面

(1) 主运动 主运动是使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本的运动。这个运动的速度最高，消耗功率最大。例如，外圆车削时，工件的旋转运动和平面刨削时刀具的直线往复运动都是主运动。其它切削加工方法中的主运动也同样是由工件或刀具来完成的。其形式可以是旋转运动，也可以是直线运动。通常每种切削加工方法的主运动只有一个。

(2) 进给运动 进给运动是使主运动能够不断切除工件上多余的金属，以形成工件新的表面所需的运动。例如，外圆车削时车刀的纵向连续直线进给运动，平面刨削时工件的间歇直线进给运动等都属于进给运动。进给运动可能不只一个，其运动形式可以是直线运动、旋转运动或两者的组合。无论哪种形式的进给运动，它所消耗的功率都比主运动小。

总之，任何切削加工方法都必须有一个主运动及一个或几个进给运动。主运动和进给运动可以由工件或刀具分别完成，也可以由刀具单独完成。

二、工件加工表面

在切削过程中，通常工件上有三个不断变化着的表面：待加工表面、已加工表面和切削表面。

(1) 待加工表面 待加工表面指工件上即将被切去的表面，随着切削的继续，待加工表面逐渐减小直至全部切去。

(2) 已加工表面 已加工表面指刀具切削后在工件上形成的新表面。它随着切削的继续而逐渐扩大。

(3) 切削表面 切削表面指刀刃正切削着的表面。它在切削过程中不断变化，但总是处在待加工表面与已加工表面之间。

上述定义也适用于其它类型的切削加工。

三、切削用量

切削用量是切削速度、进给量和背吃刀量^①三者的总称。它们分别定义如下：

(1) 切削速度 v 切削速度指切削加工时，刀刃上选定点相对于工件的主运动速度。刀刃上各点的切削速度可能是不同的。

当主运动为旋转运动时，刀具或工件最大直径处的切削速度 v (m/s 或 m/min) 由下式确定

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

式中 d ——完成主运动的刀具或工件的最大直径 (mm)；

n ——主运动的转速 (r/s 或 r/min)。

当主运动为往复运动时，其平均速度 v (m/s 或 m/min) 为

$$v = \frac{2Ln_r}{1000} \quad (1-2)$$

式中 L ——往复运动行程长度 (mm)；

n_r ——主运动每秒或每分钟往复次数 (Str/s 或 Str/min)；

(2) 进给速度 v_f 与进给量 f 进给速度 v_f 是刀刃上选定点相对于工件的进给运动的速度，其单位为 mm/s。当进给运动为直线运动时，其进给速度在刀刃上各点是相同的。进给量 f 是主运动每转一周或一个行程时，工件和刀具两者在进给运动方向上的相对位移量。例如，外圆车削时的进给量 f 是指工件每转一转时车刀相对于工件在进给运动方向上的位移量，其单位为 mm/r；又如在牛头刨床上刨削平面时，进给量 f 指的是刨刀每往复一次，工件在进给运动方向上相对于刨刀的位移量，其单位为 mm/双行程。实际生产中常将进给运动称为走刀运动，进给量称为走刀量。

(3) 背吃刀量 a_p 背吃刀量 a_p 指主刀刃与工件切削表面接触长度在主运动方向和进给运动方向所组成平面的法线方向上测量的值。对于外圆车削，背吃刀量 a_p (mm) 等于工件已

① 背吃刀量为《GB/T 12204—90 金属切削 基本术语》所规定的术语，过去称为切削深度。

加工表面与待加工表面间的垂直距离，即

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

(1-3)

式中 d_w ——工件待加工表面的直径 (mm);
 d_m ——工件已加工表面的直径 (mm);

对于平面刨削，背吃刀量也是工件待加工表面与已加工表面间的垂直距离。

切削速度 v 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 称为切削用量三要素。

四、刀具几何参数

金属切削刀具种类繁多，形状各异，但它们参加切削的部分在几何特征上都具有共性的内容，外圆车刀的切削部分可以看作是各类刀具切削部分的基本形态。其它各类刀具，包括复杂刀具，都是在这个基本形态上根据各自的工作要求所演变而来的。因此，以外圆车刀切削部分为基础给出刀具几何参数方面的有关定义。

(一) 刀具切削部分的组成要素

图 1-3 为外圆车刀。它由刀杆和刀头（切削部分）组成。刀头直接担负切削工作，它由下列要素组成：

前刀面 (A_f) ——直接作用于被切削的金属层，并控制切屑沿其流出的表面。

主后刀面 (A_a) ——与工件上切削表面相互作用和相对的表面。

副后刀面 (A'_a) ——与工件上已加工表面相互作用和相对的表面。

主切削刃 (S) ——前刀面与主后刀面相交而得到的边锋。主切削刃担负着主要的金属切除工作，以形成工件的切削表面。

副切削刃 (S') ——前刀面与副后刀面相交而得到的边锋。副切削刃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。

过渡刃 ——主切削刃和副切削刃连接处的一段切削刃。过渡刃可以是小的直线段或圆弧。通常还把主切削刃和副切削刃连接处称为“刀尖”。

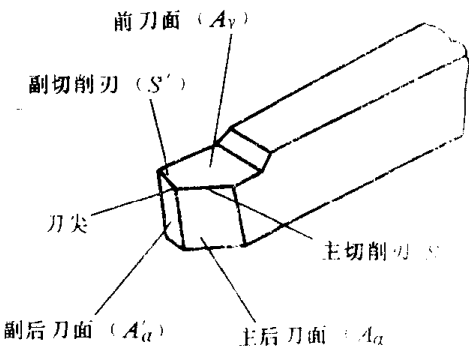


图 1-3 外圆车刀

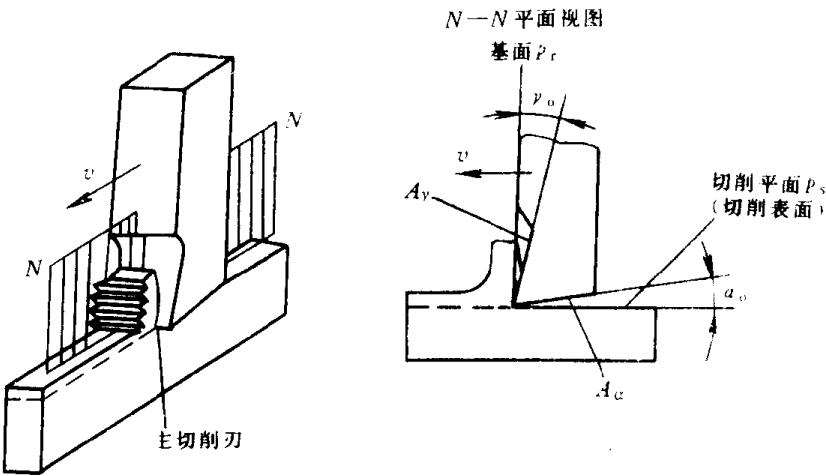


图 1-4 宽刃刨刀的参考平面

(二) 确定刀具切削角度的参考平面

刀具要从工件上切下金属，就必须具备一定的切削角度，这些角度决定了刀具切削部分各表面的空间位置，如图 1-4 所示。图中标出宽刃刨刀的前角 γ_o 和后角 α_o ，于是就确定了刨

刀前刀面 A_r 和后刀面 A_s 的位置。但是刨刀的 γ_o 与 α_o 需要在选定适当的参考平面作为坐标系的基础之后才能表明其大小。图 1-4 中所示的基面 p_r 和切削平面 p_s 就是选作坐标系的参考平面。

由于大多数加工表面都不是平面，而是空间曲面，不便于直接用来做为参考平面。因此，将构造刀具角度坐标系的参考平面定义如下：

(1) 切削平面 p_{sc} 它是通过主切削刃上选定点，切于工件切削表面的平面。在切削平面内包含有切削刃在该选定点的切线和由主运动与进给运动合成的切削运动向量（简称合成切削运动向量）。

(2) 基面 p_{rc} 通过主切削刃上选定点，垂直于该点合成切削运动向量的平面。显然，切削刃上同一点的基面与切削平面是互相垂直的。

应该指出，上述切削平面和基面的定义是在刀具与工件的相对运动状态中给出的。根据上述定义分析刀具角度时，对于同一切削刃上的不同点，可能有不同的切削平面和基面，因而同一切削刃上各点切削角度的数值也就不一定相等。

(三) 刀具标注角度的参考系

刀具的标注角度是制造和刃磨刀具所需要、并在刀具设计图上予以标注的角度。标注角度也应该由参考平面构成坐标系，但与刀具工作时的切削角度不同，标注角度的切削平面与基面可以不考虑进给运动的影响，只考虑主运动即切削速度方向的影响，因而，这时的切削平面 p_s 只包含切削刃在其选定点的切线和切削速度向量，基面 p_r 则是通过该点而垂直于切削速度向量的平面。除此之外，为了便于刃磨和检验刀具的标注角度，还应尽可能使标注角度的参考平面和刀具的刃磨检验基准面一致，所以要根据不同刀具的情况，对刃磨检验时刀具的安装定位面作出某些规定。

实际上，除了由上述切削平面和基面组成的参考平面系以外，还需要有一个平面作为标注和测量刀具前、后刀面角度用的“测量平面”。图 1-4 中标注刨刀角度 γ_o 、 α_o 的 $N-N$ 平面就是测量平面。它是垂直于刨刀直线切削刃的法剖面。通常，根据刃磨和测量的需要和方便，可以选用不同的平面作为测量平面。在切削刃上同一选定点测量其角度时，如果测量平面选得不同，刀具角度的大小也就不同。

测量平面、切削平面和基面组成了刀具标注角度参考系。目前各国由于选用的测量平面不同，故所采用的刀具标注角度参考系也不完全统一。现以外圆车刀为例，说明几种不同的刀具标注角度参考系。

如图 1-5 所示：不考虑进给运动的影响，并假定主切削刃选定点 A 位于工件中心高度上，刀杆中心线垂直于进给方向。过主切削刃上 A 点的切削平面 p_s 与工件的切削表面相切， A 点的基面 p_r 垂直于切削速度向量 v 或切削平面。无论选用哪一个平面作测量平面，各个标注角度参考系的切削平面 p_s 和基面 p_r 都是共同的。一般用来标注前、后刀面角度的测

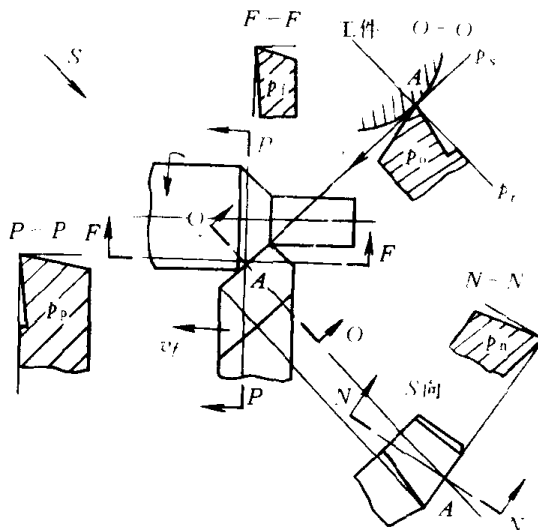


图 1-5 车刀标注角度的参考系

量平面有三种：

(1) 正交平面 p_o 。它是过主切削刃上选定点，垂直于切削平面 p_s 与基面 p_r 的平面，如图 1-5 中的 $O-O$ 剖面；因此主剖面 p_o 垂直于主切削刃在基面上的投影。 p_o 、 p_s 与 p_r 三个平面构成一个空间正交平面参考系，见图 1-6。

(2) 法平面 p_n 。它是过主切削刃上选定点并垂直于主切削刃或其切线的平面，如图 1-5 所示的 $N-N$ 剖面。 p_n 、 p_s 与 p_r 构成一个法平面参考系。

(3) 背平面 p_p 和假定工作平面 p_i 。背平面 p_p 是通过主切削刃上选定点，平行于刀杆轴线并垂直于基面 p_r 的平面。它与进给方向垂直，如图 1-5 中的 $P-P$ 剖面；假定工作平面 p_i 是通过主切削刃上选定点，同时垂直于刀杆轴线及基面 p_r 的平面。它与进给方向平行，如图 1-5 中的 $F-F$ 剖面。 p_i 、 p_p 与 p_r 构成空间互相正交的假定工作平面、背平面参考系，如图 1-8 所示。

综上所述，刀具标注角度的参考系对切削刃上同一选定点来说可以有三种，分别见表 1-1 和图 1-6、图 1-7、图 1-8。

表 1-1 刀具标注角度参考系及其参考平面

参 考 系	参 考 平 面	符 号
正交平面参考系	基 面	p_r
	切 削 平 面	p_s
	正 交 平 面	p_o
法平面参考系	基 面	p_r
	切 削 平 面	p_s
	法 平 面	p_n
假定工作平面、背平面参考系	基 面	p_r
	背 平 面	p_p
	假 定 工 作 平 面	p_i

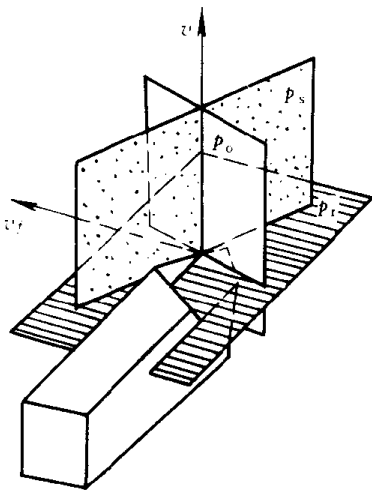


图 1-6 正交平面参考系

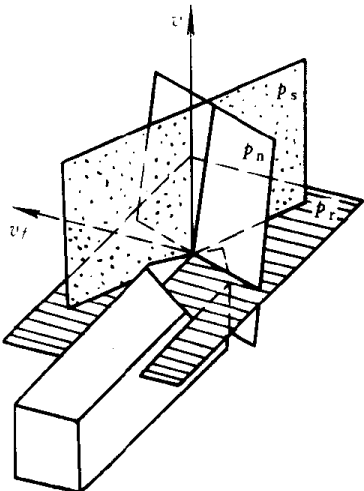


图 1-7 法平面参考系

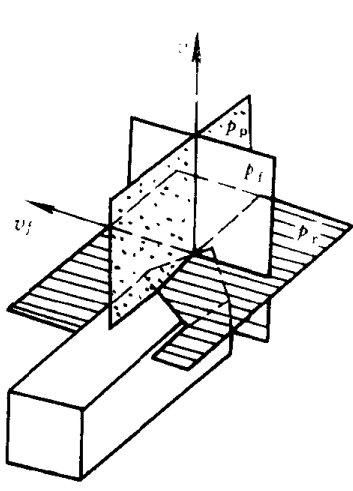


图 1-8 假定工作平面、背平面参考系

机械制图

(四) 刀具的标注角度

刀具的标注角度用于刀具的设计、制造、刃磨和测量。它们将保证刀具在使用时得到必要的切削角度，其参考系的选用与生产中实际采用的刀具角度刃磨方式和检测方法有关。

1. 刀具在正交平面参考系中的标注角度

刀具标注角度的内容包括两个方面：一是确定刀具上切削刃位置的角度；一是确定前刀面与后刀面位置的角度。以外圆车刀为例（图 1-9），确定车刀主切削刃位置的角度有两个：

(1) 主偏角 κ_r 它在基面 p_r 上，是主切削刃的投影与进给方向的夹角。

(2) 刃倾角 λ_s 它在切削平面 p_s 上，是主切削刃与基面 p_r 的夹角。ISO 标准及我国国家标准规定：当刀尖在主切削刃上为最低点时， λ_s 为负值；当刀尖在主切削刃上为最高点时， λ_s 为正值。

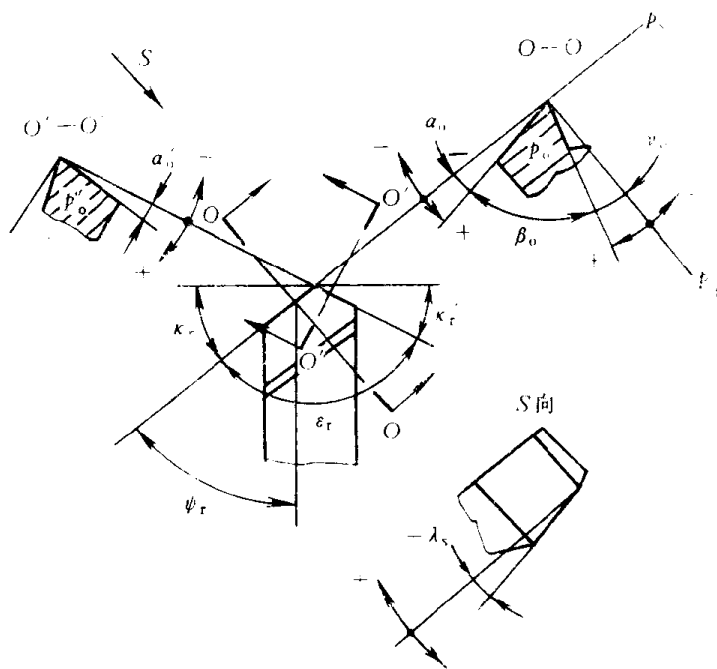


图 1-9 外圆车刀正交平面参考系的标注角度

$\lambda_s = 0$ 的切削称为直角切削，此时主切削刃与切削速度方向垂直。 $\lambda_s \neq 0$ 的切削称为斜角切削，此时主切削刃与切削速度方向不垂直。图 1-10 表示了刨削时的直角和斜角切削。

车刀前刀面 A_f 与主后刀面 A_a 在正交平面参考系中的位置由以下两个角度确定：

(1) 前角 γ 。它在主切削刃上选定点的正交平面 p_o 内，是前刀面与基面之间的夹角。

(2) 后角 α_o 。它在正交平面 p_o 内，是后刀面与切削平面之间的夹角。

对于副切削刃也可以用同样的分析方法得到相应的四个角度。通常车刀主、副切削刃在同一个平面的前刀面上，因此当主切削刃及其前刀面已由上述四个基本角度 κ_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 确定之后，副切削刃上的副刃倾角 λ'_s 和副前角 γ'_o 即随之确定，故在刀具工作图上只需标注副切削刃上的下列角度即可：

(1) 副偏角 κ'_r 它在基面 p_r 上，是副切削刃的投影与进给方向之间的夹角。

(2) 副后角 α'_o 它在副切削刃上选定点的正交平面 p'_o 内，是副后刀面与副切削平面之间的夹角。副切削平面是过该选定点并包含切削速度向量的平面。

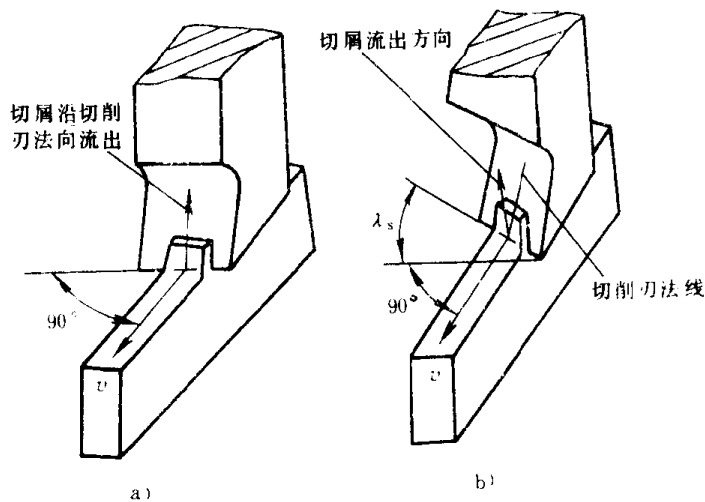


图 1-10 直角切削与斜角切削

以上是外圆车刀主、副切削刃上所必须标注的六个基本角度。根据实际需要,还可再标注出以下角度:

(1) 楔角 β_0 它的主切削刃上选定点的正交平面 p_0 内,是前刀面与后刀面之间的夹角, $\beta_0 = 90^\circ - (\alpha_0 + \gamma_0)$ 。

(2) 刀尖角 ϵ_r 它在基面 p_r 上,是主切削刃投影与副切削刃投影之间的夹角, $\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$ 。

(3) 余偏角 ψ_r 它在基面 p_r 上,是主切削刃投影与进给方向垂线之间的夹角, $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$ 。

2. 刀具在法平面参考系中的标注角度

刀具在法平面参考系中要标注的角度与主平面参考系的基本类似。在基面 p_r 和切削平面 p_s 内表示的角度 κ_r 、 κ'_r 、 ϵ_r 、 ψ_r 和 λ_s 是相同的,只需将正交平面 p_0 内的 γ_0 、 α_0 和 β_0 改为在法平面 p_n 内的法前角 γ_n 、法后角 α_n 与法楔角 β_n 即可,如图 1-11 所示。

3. 刀具在假定工作平面和背平面参考系中的标注角度

除基面上表示的角度与上面相同外,前角、后角和楔角都分别在背平面 p_p 和假定工作平面 p_f 内标出,故有背前角 γ_p 、背后角 α_p 、背楔角 β_p 和侧前角 γ_f 、侧后角 α_f 、侧楔角 β_f 等角度,如图 1-12 所示。

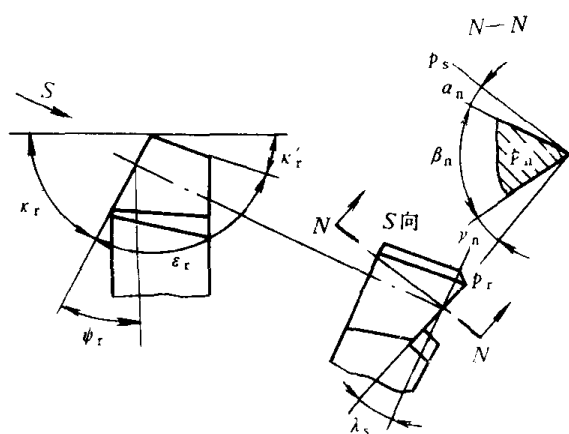


图 1-11 外圆车刀法平面参考系的标注角度

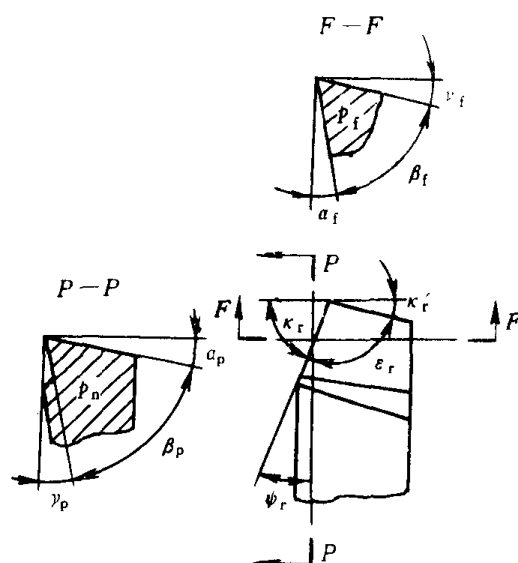


图 1-12 外圆车刀假定工作平面、背平面参考系的标注角度

(五) 刀具的工作角度

上述的刀具的标注角度是在忽略进给运动的影响,且刀具又是按特定条件安装的情况下给出的。而刀具在工作状态下的切削角度,即刀具的工作角度,应该考虑包括进给运动在内的合成切削运动和刀具的实际安装情况,因而它的参考系也就不同于标注角度参考系,各参考平面的空间位置也相应地有了改变。下面就进给运动和刀具安装对工作角度的影响分述如下:

1. 进给运动对刀具工作角度的影响

(1) 横向进给运动的影响 当刀具对工件切断或车槽时,进给运动是沿横向进行的,如图 1-13 所示。若不考虑进给运动,车刀切削刃上某一点 O 在工件表面的运动轨迹是一个圆,因此切削平面 p_s 是过 O 点切于此圆的平面,基面 p_r 是过 O 点垂直于切削平面 p_s 的平面,它与