

机械制造技术

主 编 陈 明
副主编 续永刚 杨铁男
参 编 王秋林 刘新宇 曹玉生
 谢旭华 黄 卫 马红英
主 审 齐世恩

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以机械制造工艺系统为主线,将系统中的切削刀具、切削机床、机床夹具和加工零件等诸方面的内容组合为一个整体,包括绪论,金属切削原理,金属切削常用刀具,典型机床工作运动分析,其他类型常用机床,机械加工工艺流程编制,机械加工质量、生产率和经济性,装配工艺基础,典型零件加工,机床夹具设计原理,典型夹具设计和现代制造技术,共十二章内容。全书内容系统完整,简明精炼,具有一定的科学性和先进性。

本书可供高校机械设计制造及自动化、材料成型与控制工程、工业设计、机械电子工程、数控技术与应用、模具设计及制造、检测技术与应用等专业使用;也可供从事机械制造工程的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/陈明主编.—北京:北京航空航天大学出版社,2001.7

ISBN 7-81077-072-1

机... .陈... 机械制造工艺 .TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047044 号

机械制造技术

陈 明 主编

责任编辑 刘宝俊

责任校对 陈 坤

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 发行部电话:82317024 传真:82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:352千字

2001年7月第1版 2001年7月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 7-81077-072-1/TH·002 定价:20.00元

前 言

随着科技的进步和生产的发展,机械产品和机械制造技术的内涵正在不断地发生变化。在企业的生产第一线,从事机电产品设计、制造、计划、质量、销售、服务、维修等技术和管理工作的人员,强调要有较宽的知识面和跨学科综合解决工程实际问题的能力。因此,在高等教育的专业技术人才培养上,不仅要求他们学习和掌握计算机技术等多方面的新知识、新技术,而且对切削原理、切削机床和机械制造工艺等必备的理论 and 知识,要运用全新的观念,重新进行科学的优化组合,以形成新的课程体系与结构。

本书是参照目前高等院校专业教学基本要求和专业培养目标,适应新世纪对上述高校人才专业知识的要求,在总结近几年的教学实践基础上编写而成的。本书的主要特点是:

1. 在现代制造技术的大背景下阐述机械制造技术。各章内容均渗透了新知识、新技术在机械制造方面出现的新成果和新成就。书中最后还专列一章介绍了现代制造技术的理论和知识。

2. 以机械制造工艺为主线,涉及机械制造领域中的切削原理与刀具应用、切削机床运动分析与使用、机械制造工艺规程制订、机床夹具设计与应用、机械装配技术应用等方方面面的有关内容。系统完整,覆盖面宽,综合性强,体现出一定的科学性和先进性。

3. 内容经精选重组而成,简明精练,避免了以往各专业课程之间不必要的内容重复。各章教学内容重点突出,减少了繁琐的理论论证和推导,注重基本概念和基本知识的理解,突出实际问题的分析和应用。例如机床附件是高校教学中较易忽略的一个问题,但其在实际生产中应用价值却比较大,本书专列一节作了较为系统的介绍。

4. 采用最新的国家标准和法定计量单位。

5. 各章后均附有习题和思考题,有利于对有关理论与知识的理解和掌握。

本书内容丰富,深入浅出,通俗易懂,适应性强,各专业可根据不同需要做适当取舍。

本书由华北航天工业学院陈明主编,河北科技大学杨铁男和石家庄市职业技术学院续永刚副主编,并由华北航天工业学院齐世恩教授主审。

全书共分十二章,第一章由陈明编写;第二章由续永刚编写;第三章由刘新宇

编写;第四章由陈明、杨铁男编写;第五章由马红英编写;第六、七章由王秋林编写;第八章由曹玉生编写;第九章由王秋林编写;第十章由曹玉生、黄卫编写;第十一章由谢旭华编写;第十二章由陈明编写。本书由陈明统稿和校对。

本书的编写得到了傅建军教授、赵先仲教授、庞怀玉教授的热情支持、指导和具体建议,同时也得到了有关院校教授的大力支持和帮助,谨此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有缺点和错误,恳请同行和读者不吝指正。

编者
2001年4月

目 录

第一章 绪 论	
第一节 机械制造及其企业结构.....	1
第二节 机械制造技术的发展概况.....	2
习题与思考题.....	4
第二章 金属切削原理	
第一节 金属切削加工基本知识.....	5
第二节 金属切削原理及其应用	13
习题与思考题	28
第三章 金属切削常用刀具	
第一节 车 刀	29
第二节 孔加工刀具	32
第三节 铣 刀	39
第四节 其他刀具	44
习题与思考题	49
第四章 典型机床工作运动分析	
第一节 金属切削机床基础知识	50
第二节 卧式车床的工艺范围及其组成	54
第三节 卧式车床的传动与结构	58
第四节 机床主要附件	69
习题与思考题	74
第五章 其他类型常用机床	
第一节 铣 床	76
第二节 钻床和镗床	78
第三节 磨 床	81
第四节 齿轮加工机床	85
习题与思考题	88
第六章 机械加工工艺流程编制	
第一节 工艺流程概述	90
第二节 定位基准的选择	95
第三节 工艺路线的拟订	97
第四节 加工余量的确定.....	103
第五节 工艺尺寸链.....	106
习题与思考题.....	112

第七章 机械加工质量、生产率和经济性	
第一节 机械加工质量.....	115
第二节 生产率和经济性.....	120
习题与思考题.....	124
第八章 装配工艺基础	
第一节 概 述.....	125
第二节 装配尺寸链.....	126
第三节 保证装配精度的方法.....	128
第四节 装配工艺规程的制定.....	133
习题与思考题.....	136
第九章 典型零件加工	
第一节 轴类零件加工工艺.....	137
第二节 箱体零件加工工艺.....	140
第三节 圆柱齿轮加工工艺.....	147
习题与思考题.....	149
第十章 机床夹具设计原理	
第一节 机床夹具概述.....	151
第二节 工件在夹具中的定位.....	153
第三节 定位误差的分析与计算.....	162
第四节 工件在夹具中的夹紧.....	167
习题与思考题.....	176
第十一章 典型夹具设计	
第一节 专用夹具的设计方法.....	178
第二节 钻床夹具设计特点.....	180
第三节 镗床夹具设计特点.....	184
第四节 铣床夹具设计特点.....	189
第五节 车床夹具设计特点.....	193
习题与思考题.....	197
第十二章 现代制造技术简介	
第一节 概 述.....	198
第二节 计算机辅助设计与制造.....	201
第三节 柔性制造技术.....	203
第四节 现代生产制造系统.....	204
习题与思考题.....	209
参考文献	

第一章 绪 论

第一节 机械制造及其企业结构

一、机械制造业在国民经济中的地位与任务

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造技术是研究这些机械产品的加工原理、工艺过程和方法以及相应设备的一门工程技术。

机械制造业是国民经济的基础和支柱,是向其他各部门提供工具、仪器和各种机械设备的
技术装备部。据西方工业国家统计,机械制造业创造了 60% 的社会财富,45% 的国民经济收入是由制造业完成的。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,那么信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等新技术群的发展将会受到严重的制约。可以说,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一。

当前,我国机械工业的主要任务是为国民经济各个部门的发展提供所需的各类先进、高效、节能的新型机电装备;并努力提高质量,保证交货期,积极降低成本,将我国机械加工工业提高到新的水平。

我国每个机械制造企业,都必须围绕上述任务,依靠科技进步,积极采用新技术、新工艺,不断开发适销产品,确保产品质量,提高劳动生产率,尽可能缩短生产周期,降低物资消耗,力求以最少的投入及时生产出符合市场需求的产品,不断增强企业的市场竞争力。这些任务和要求是一个机械制造企业进行全部生产活动的基本依据。

二、机械制造企业的组成

从企业的整体结构和系统论的观点出发,一个典型的机械制造企业可看成是由不同大小规模、不同复杂程度的三个层次的系统组成,即由机械加工工艺系统、机械制造系统和企业生产系统组成。任何产品的制造过程和企业的各项生产活动都是在这三类系统支持下进行工作的。

1. 机械加工工艺系统

机械加工工艺系统是制造企业中处于最底层的一个个加工单元,往往由机床、刀具、夹具和工件四要素组成,如车床加工系统、铣床加工系统、磨床加工系统等。不同的工艺方法将要求不同的加工单元,选择不同的加工工艺系统。

对于一个机械制造工厂,除了切削加工工艺系统之外,还应有铸造、锻压、热处理和装配等工艺系统。

机械加工工艺系统是各个生产车间生产过程中的一个主要组成部分,其整体目标是要求在不同的生产条件下,通过自身的定位装夹机构、运动机构、控制装置以及能量供给等机构,按不同的工艺要求直接将毛坯或原材料加工成形,并保证质量、满足产量和低成本地完成机械加工任务。

现代加工工艺系统一般是由计算机控制的先进自动化加工系统,计算机已成为现代加工工艺系统中不可缺少的组成部分。

2. 机械制造系统

机械制造系统是将毛坯、刀具、夹具、量具和其他辅助物料作为原材料输入,经过存储、运输、加工、检验等环节,最后输出机械加工的成品或半成品的系统。机械制造系统接受上级系统下达的生产计划和技术要求,通过自身的计划调度系统合理分配各个加工单元的任务,适时地调整和调度各加工单元的负荷,使各个加工工艺系统和辅助系统能够协调有序地工作,以取得整个系统最佳的生产效率。

机械制造系统既可以是一台单独的加工设备,如各种机床、焊接机、数控线切割机,也可以是包括多台加工设备、工具和辅助系统(如搬运设备、工业机器人、自动检测机等)组成的工段或制造单元。一个传统的制造系统通常可以概括地分成三个组成部分:

(1) 机床 用来向制造过程提供工具与工件之间的相对位置和相对运动,切除原材料或毛坯上的多余部分以达到规定的工件形状、尺寸和精度要求。

(2) 工具 根据加工方法的不同,可以是切削或磨削工具,如车刀、铣刀、砂轮等,也可以是电加工用的工具电极和激光切割头,以及其他必须的夹具、模具和辅助工具。对于复杂的制造系统,还应包括工件和工具的输送、搬运和储存系统。

(3) 制造过程 由原材料或毛坯输入至成品输出的整个加工和转换过程。

机械加工工艺系统是机械制造系统的一部分。

3. 企业生产系统

如果以整个机械制造企业为分析研究对象,要实现企业最有效的生产和经营,不仅要考虑原材料、毛坯制造、机械加工、试车、油漆、装配、包装、运输和保管等各种要素,而且还必须考虑技术情报、经营管理、劳动力调配、资源和能源的利用、环境保护、市场动态、经济政策、社会问题等要素,这就构成了一个企业的生产系统。

生产系统是物质流、能量流和信息流的集合,可分为三个阶段,即决策控制阶段、研究开发阶段以及产品制造阶段。首先,工厂的最高领导机构根据市场信息,根据工厂的人员素质和物质条件,对本企业生产的产品类型、产量、性能和成本作出决策;然后,根据工厂的决策要求由工程设计部门进行产品的开发设计和试验研究;最后,由车间制造系统完成产品的制造任务。

第二节 机械制造技术的发展概况

一、机械制造技术的特点

机械制造技术是各种产业的支柱技术,一个国家在经济上的独立性和在工业上的自力更生能力在很大程度上取决于机械制造技术的水平。机械制造技术具有下列主要特点。

1. 机械制造是一个系统工程

由系统论、信息论和控制论形成的系统科学和方法论,从系统各组成部分之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系来分析机械制造过程,就出现了制造系统的概念,形成了现代制造系统工程学。

2. 设计与工艺一体化

机械制造工程的主要工作可分为设计和工艺两大部分。产品设计往往受到工艺条件的制约,即受到制造可行性的限制,在加工精度、表面粗糙度、尺寸等方面不能满足要求。因此,设计与工艺必须密切结合,要以工艺为突破口,形成设计与工艺一体化。

3. 精密加工是机械制造的前沿和关键

精密加工和超精密加工技术是衡量现代制造技术水平的重要指标之一,代表了机械制造技术在精度方面的极限。当前,纳米加工技术代表着制造技术的最高水平,也使制造技术的范畴有了很大的扩展。

二、机械制造技术的发展概况

机械制造业是一个历史悠久的产业。它自18世纪初工业革命形成以来,经历了一个漫长的发展过程。然而,随着现代科学技术的进步,特别是微电子技术和计算机技术的发展,使机械制造这个传统工业焕发了新的活力,增加了新的内涵,使机械制造业无论在加工自动化方面,还是在生产组织、制造精度、制造工艺方法方面都发生了令人瞩目的变化。这就是现代制造技术(此略,详见第十二章)。

近几年来,机床工业飞速发展,数控机床以其加工精度高、生产率高、柔性好,可通过数控程序完成加工循环,无须人工操作,调整方便,适应灵活多变的产品,使得中、小批生产自动化成为可能。数控机床和自动换刀的各种加工中心机床已成为当今机床的发展趋势。世界发达国家著名企业中,数控机床在加工设备中所占比例明显提高。

在机床数控化过程中,机械部件的成本在机床系统中所占的比重不断下降,模块化、通用化和标准化的数控软件,使用户可以很方便地达到加工目的。同时,机床结构也发生了根本变化,主传动系统采用直流或交流调速电动机,实现了主轴无级调速,简化了传动链;交流变频技术使调速范围可达1~100 000以上,主轴转速可达7 500 r/min;机床进给系统用直流或交流伺服电动机驱动,由滚珠丝杠螺母副传动实现进给,简化了进给传动机构;为提高效率,快进速度目前可达60 m/min,切削进给速度可达6~10 m/min。

随着加工设备的不断完善,机械加工工艺也在不断地变革,从而导致机械制造精度不断提高。加工第一台蒸汽机所用的汽缸镗床,其加工精度可达1 mm;到20世纪初由于发明了能测量0.001 mm的千分尺和光学比较仪,加工精度便向 μm 级过渡,成为机械加工精度发展的转折点。

20世纪50年代以来,宇航、计算机、激光技术以及自动控制系统等尖端科学技术的发展,就是综合利用先进技术和工艺方法的结果。在最近一二十年的时间里,机械加工精度提高了2个数量级,即由20世纪50年代末的 μm 级,提高到目前的10 nm级,从而进入了超精密加工时代。

近年来新材料不断出现,材料的品种猛增,其强度、硬度、耐热性等不断提高。新材料的迅猛发展对机械加工提出了新的挑战。一方面迫使普通机械加工方法要改变刀具材料,改进所用设备;另一方面对于高强度材料以及特硬、特脆和其他特殊性能材料的加工,要求应用更多的物理、化学、材料科学的现代知识来开发新的制造技术。由此出现了很多特种加工方法,如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工以及激光加工等。这些加工方法,突破了传统的金属切削方法,使机械制造业出现了新的面貌。在一般材料的加工方法

中,机械加工仍然占着重要地位。传统的机械加工方法,也在不断地采用着新技术、新工艺、新设备和新的测量方法,使加工精度得到了质的飞跃,例如涂层硬质合金、聚晶立方氮化硼和人造金刚石材料等新型高性能刀具的研制和应用。

中国的机械制造业任重道远,我们必须奋发图强,不断开拓进取,争取尽早赶上世界先进制造技术水平。

习题与思考题

1. 一个典型的机械制造企业是有哪几个系统组成?其含义分别是什么?
2. 简述机械制造技术的发展概况。

第二章 金属切削原理

第一节 金属切削加工基本知识

一、切削运动与切削要素

(一) 切削运动

在切削加工时,按工件与刀具相对运动所起的作用来分,切削运动可分为主运动和进给运动。图 2.1 表示车削运动及工件上形成的表面。

1. 主运动

主运动是刀具与工件之间最主要的相对运动。它消耗功率最多,速度最高。主运动只有且必须有一个。主运动可以是旋转运动(如车削、镗削中主轴的运动),也可以是直线运动(如刨削、拉削中的刀具运动)。

2. 进给运动

进给运动是刀具与工件之间产生的附加相对运动。它配合主运动,不断将多余的金属投入切削以保持切削连续进行或反复进行。一般而言,进给运动速度较低,消耗功率较少。进给运动可由刀具完成(如车削、钻削),也可由工件完成(如铣削)。进给运动不限于一个(如滚齿),个别情况也可以没有进给运动(如拉削)。

3. 工件上的表面

切削时工件上形成三个不断变化着的表面。

(1) 已加工表面 工件上切削后形成的新表面。

(2) 待加工表面 工件上即将被切除的表面。

(3) 过渡表面 切削刃正在切削的表面。

(二) 切削用量

切削用量是切削加工过程中切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)的总称。它是用于调整机床,计算切削力、切削功率,核算工序成本等所必需的参数。

(1) 切削速度 v_c 切削刃选定点相对于工件的主运动线速度(单位为 m/min)。

车削时,其切削速度计算式为

$$v_c = dn/1000 \quad (2.1)$$

式中: d ——工件待加工表面的直径,单位为 mm ;

n ——工件转速,单位为 r/min 。

(2) 进给量 f 当主运动旋转一周时,刀具(或工件)沿进给方向上的位移量 f 。切削刃上选定点相对于工件进给运动的瞬时速度称为进给速度 v_f (单位为 mm/min)。其大小为

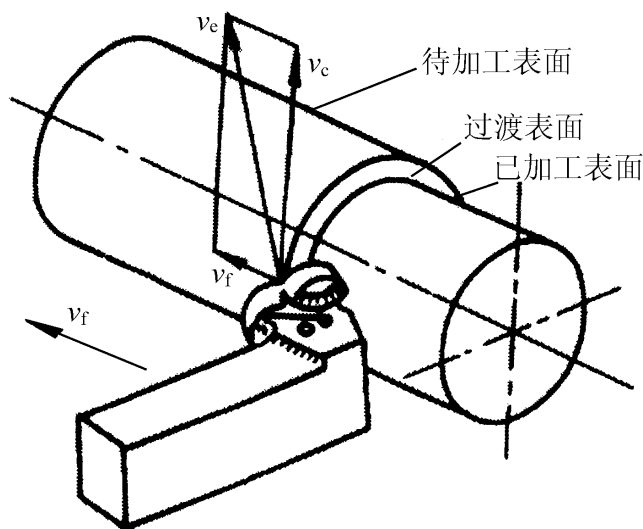


图 2.1 外圆车削运动和工件表面

$$v = fn \quad (2.2)$$

(3) 背吃刀量(切削深度) p 车削时工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离(单位为 mm)。其大小为

$$p = (d_w - d_m) / 2 \quad (2.3)$$

式中: d_w ——工件待加工表面的直径,单位为 mm;

d_m ——工件已加工表面的直径,单位为 mm。

二、刀具切削部分基本定义

金属切削刀具的种类很多,结构、性能各不相同,但就其单个刀齿而言,可以看成是由外圆车刀的切削部分演变而来的。下面以外圆车刀为例,介绍刀具切削部分的基本定义。

(一) 刀具切削部分的组成

如图 2.2 所示,车刀由切削部分(刀头)和刀杆(刀柄)组成。切削部分用于切削,刀杆用于装夹。刀具切削部分由刀面、切削刃构成。

- (1) 前面(前刀面) A 刀具上切屑流过的表面。
- (2) 后面(后刀面) A' 与工件上过渡表面相对的表面。
- (3) 副后面(副后刀面) A'' 与已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃 S 前刀面与后刀面的交线。它承担主要切削任务。
- (5) 副切削刃 S' 切削刃上除主切削刃以外刀刃。它承担部分切削任务。
- (6) 刀尖 主、副切削刃汇交的一小段切削刃。为增强刀尖强度与耐磨性,多数刀具都在刀尖处磨出直线或圆弧形过渡刃。

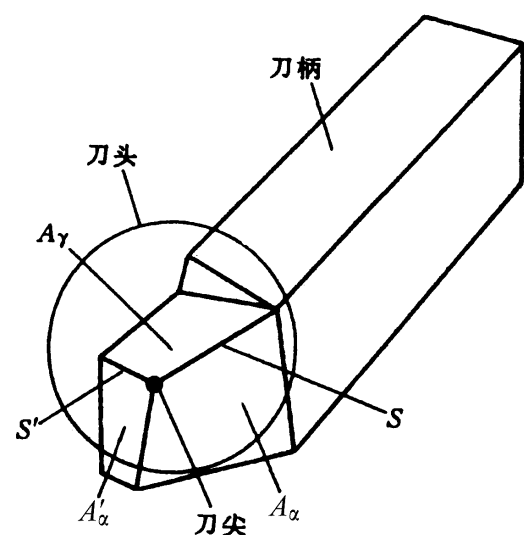


图 2.2 车刀切削部分的组成

(二) 刀具的标注角度参考系

在刀具设计、制造、刃磨、测量时用于定义刀具几何参数的参考系称为标注角度参考系或静止参考系。在该参考系中定义的角度称为刀具的标注角度。建立刀具标注角度参考系时不考虑进给运动的影响,且假定车刀刀尖与工件中心等高,车刀刀杆中心线垂直于工件轴线。

刀具标注角度参考系由下列参考平面所构成(见图 2.3):

- (1) 基面 p_r 过切削刃选定点垂直于该点切削速度方向的平面。车刀的基面可理解为平行刀具底面的平面。一般情况下,切削刃上各点的基面在空间的方位都不同。
- (2) 切削平面 p_s 过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。
- (3) 正交平面 p_0 与正交平面参考系 过切削刃选定点同时垂直于切削平面与基面的平面称为正交平面。 p_r 、 p_s 、 p_0 组成一个正交的正交平面参考系。
- (4) 法平面 p_n 与法平面参考系 过切削刃上选定点并垂直于切削刃的平面称为法平面。 p_r 、 p_s 、 p_n 组成法平面参考系。
- (5) 假定工作平面 p_f 、背平面 p_p 及其假定工作平面和背平面参考系 过切削刃上选定点并垂直于该点基面以及其方位平行于假定进给运动方向的平面称为假定工作平面。过切削刃上选定点并垂直于该点基面和假定工作平面的平面,称为背平面。 p_f 、 p_p 、 p_r 三平面组成假定工作平面和背平面参考系。

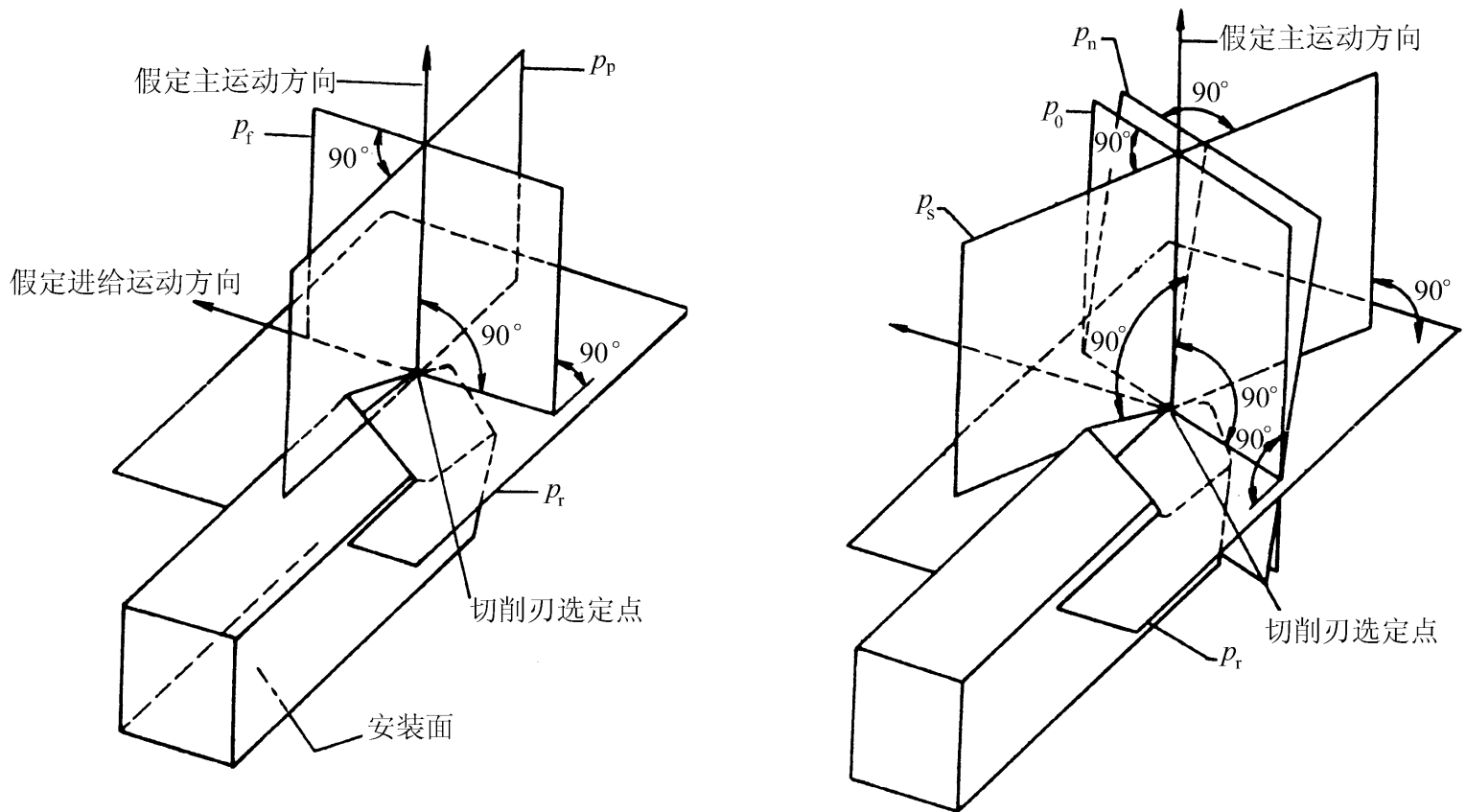


图 2 3 标注角度参考系

(三) 刀具的标注角度

在上述三种不同的刀具标注角度参考系内,均可定义相应的刀具角度,但一般以采用正交平面参考系兼用法平面参考系较多。

1. 正交平面参考系内的标注角度(见图 2.4)

- (1) 前角 α_o 正交平面中测量的前面与基面间的夹角。
- (2) 后角 α_p 正交平面中测量的后面与切削平面间的夹角。
- (3) 主偏角 α_r 基面中测量的主切削平面与假定工作平面间的夹角。
- (4) 刃倾角 α_s 切削平面中测量的切削刃与基面间的夹角。

上述四角就能确定车刀主切削刃及其前、后面的方位。其中 α_o 、 α_s 两角可确定前面的方位, α_p 、 α_r 两角确定后面的方位, α_r 、 α_s 两角可确定主切削刃的方位。

同时副切削刃及其相关的前、后面在空间的定向也需要 4 个角度,即副刃前角 $\alpha_{o'}$ 、副后角 $\alpha_{p'}$ 、副偏角 $\alpha_{r'}$ 、副刃倾角 $\alpha_{s'}$ 。它们的定义与主切削刃四角类似。

常用的刀具派生角度有:前刀面与后刀面之间的夹角称为楔角 α ;主、副切削刃在基面上投影的夹角称为刀尖角 α_r 。

关于刀具角度正负的规定:

前面与基面平行时前角为零;前面与切削平面间夹角小于 90° 时,前角为正;大于 90° 时,前角为负。后面与基面夹角小于 90° 时,后角为正;大于 90° 时,后角为负。

切削刃与基面(车刀底平面)平行时,刃倾角为零;刀尖相对车刀以底平面处于最高点时,刃倾角为正;处于最低点时,刃倾角为负。

主偏角、副偏角只有正值。派生角度只有正值。

2. 其他参考坐标系内的标注角度

- (1) 法平面参考坐标系标注角度主要是将正交平面参考系中的正交平面改为法平面,在

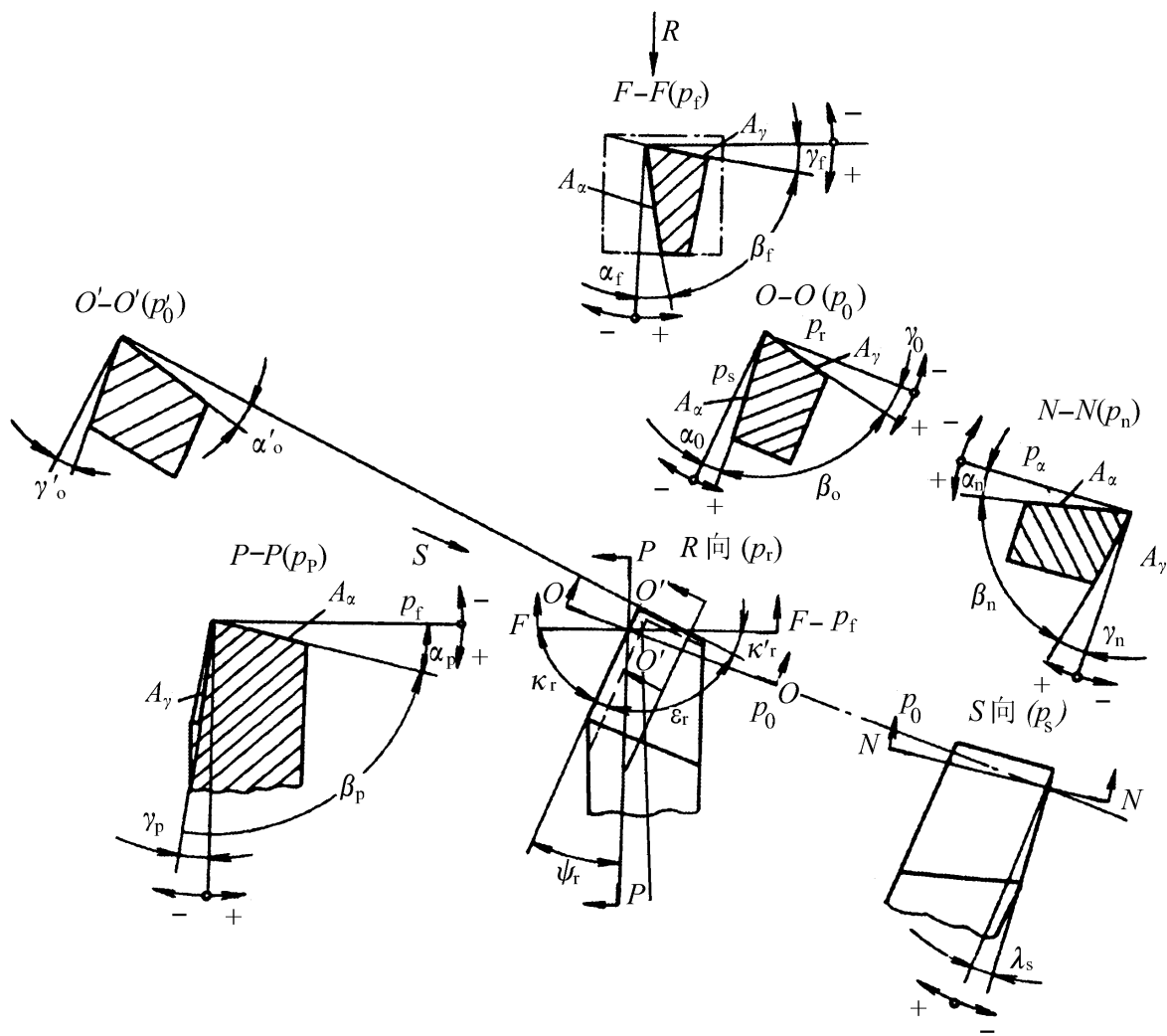


图 2-4 车刀的标注角度

法平面内测量出法前角 α_n 、法后角 β_n 、法楔角 γ_n ，其他角度 α_r 、 β_r 、 γ_r 与正交平面参考系中定义相同。

(2) 假定工作平面和背平面参考系中的标注角度有主偏角 α_r 、副偏角 β_r 、背前角 α_p 、背后角 β_p ，侧前角 α_f 、侧后角 β_f 。其中 α_p 、 β_p 和 α_f 、 β_f 分别在假定工作平面 p_f 、背平面 p_b 中测量。

(四) 刀具的工作角度

刀具标注角度都是在假定运动条件和假定安装条件下定义的，如果考虑合成运动和实际安装情况，则刀具的参考系将发生变化，刀具角度也发生了变化。按照刀具工作中的实际情况，在刀具工作角度参考系中确定的角度称为刀具工作角度。多数情况下，不必进行工作角度的计算，只有在进给运动和刀具安装对工作角度产生较大影响时，才需考虑工作角度。

(1) 进给运动对工作角度的影响 以切断车刀切断工件为例。如图 2-5 所示， p_s 、 p_r 为标注角度参考平面， α_0 、 β_0 为标注前、后角。当考虑进给速度时，参考面变成 p_{se} 、 p_{re} ，前、后角则为 α_{oe} 、 β_{oe} 。其大小为 $\alpha_{oe} = \alpha_0 - \lambda_s$ ， $\beta_{oe} = \beta_0 + \lambda_s$ ，称合成切削速度角。

$$\tan \lambda_s = w / v_c = f / d_w$$

由上式可以看出，工件直径减小或进给量增大都会使 λ_s 增大，工作后角 β_{oe} 减小。一般情况下如普通车削、镗削、端铣， λ_s 值很小，可略去不计。但在车多头螺纹或丝杠时， λ_s 值很大，不可忽略。可采取适应增大标注后角等措施避免 β_{oe} 过小。

同样，纵车外圆时，刀具角度也有类似的变化。

(2) 刀具安装高低对工作角度的影响 图 2-6 所示为车刀车外圆，当车刀刀尖安装高于工件中心线时，则切削平面变成 p_{se} ，基面变为 p_{re} ，相应刀具角度变为工作前角 α_{oe} 和工作后角 β_{oe} 。

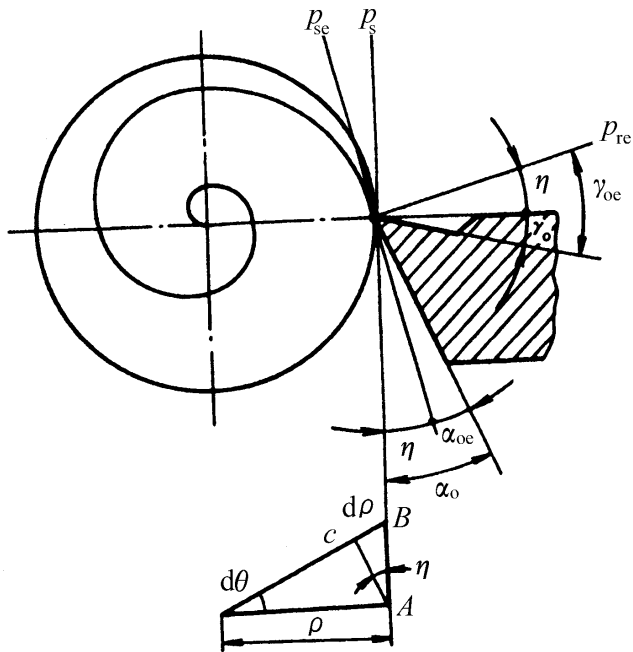


图 2.5 横向进给对工作角度的影响

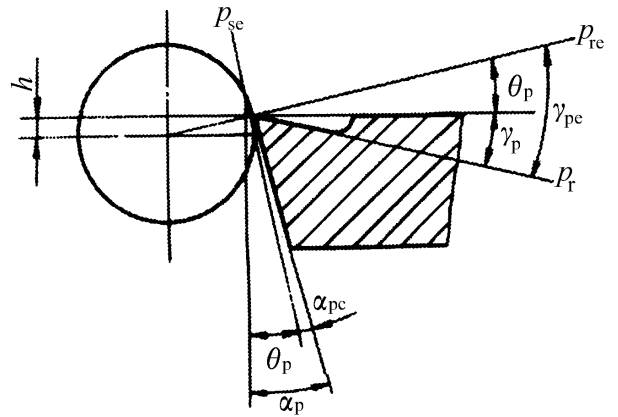


图 2.6 刀尖安装高低对工作角度影响

α_{oc} 。在背平面内,车刀的工作前、后角 α_{pc} 、 α_{pc} 为

$$\alpha_{pc} = \alpha_p + \theta_p; \quad \alpha_{pc} = \alpha_p - \theta_p$$

$$\sin \theta_p = \frac{2h}{d}$$

式中, h ——切削刃高于工件中心的数值。

在正交平面内 p_0 内, $\alpha_{oc} = \alpha_o + \theta_o$; $\alpha_{oc} = \alpha_o - \theta_o$

$$\tan \alpha_o = \tan \alpha_p \cos \gamma_r$$

当刀尖低于工件中心时,则工作角度的变化则相反。

(3) 刀杆中心线与进给方向不垂直时对工作角度的影响 如图 2.7 所示,当车刀刀杆中心线与进给方向不垂直时,主偏角和副偏角将发生变化:

$$\alpha_{re} = \alpha_r \pm G, \quad \alpha_{re} = \alpha_r \hat{e} G$$

式中, G ——进给剖面 p_r 与工作进给剖面 p_{re} 之间的夹角,在基面内测量。

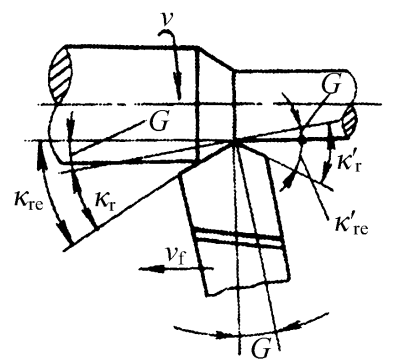


图 2.7 刀杆安装偏斜对工作角度的影响

(五) 切削层参数

切削层是由切削部分以一个单一动作所切除的工件材料层。将通过切削刃基点并垂直于该点主运动方向的平面称为切削层尺寸平面,用 p_b 表示。此平面是切削层参数的测量平面(见图 2.8)。

(1) 切削层公称横截面积 A_b (切削面积) 在给定瞬间,切削层尺寸平面内的实际横截面积(单位为 mm^2)。

(2) 切削层公称宽 b_b (切削宽度) 在给定瞬间,作用主切削刃截面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)。

(3) 切削层公称厚度 h_b (切削厚度) 在同一瞬间的切削层横截面积与其切削层公称宽度之比(单位为 mm)。

若车刀刀尖为主、副切削刃的实际交点,且 $\alpha_s = 0^\circ$; $\alpha_r = 0^\circ$; 则切削层公称横截面积为图 2.8 所示的平行四边形。切削层各有关参数间的关系为

$$h_D = f \sin \varphi \quad (2.4)$$

$$b_D = p / \sin \varphi \quad (2.5)$$

$$A_D = h_D b_D = p f \quad (2.6)$$

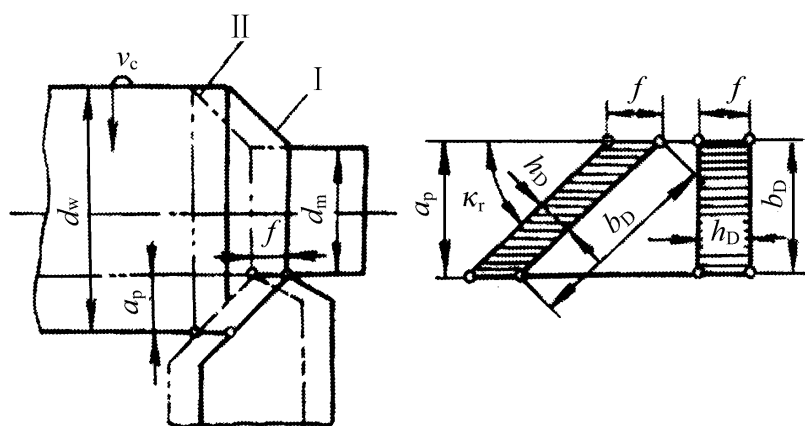


图 2.8 车外圆的切削层参数

三、刀具材料

刀具材料一般是指刀具切削部分的材料。它的性能是影响加工表面质量、切削效果、刀具寿命和加工成本的重要因素。

(一) 刀具应具备的性能

金属切削过程中,刀具切削部分承受很大切削力和剧烈摩擦,并产生很高的切削温度;在断续切削工作时,刀具将受到冲击和产生振动,引起切削温度的波动。为此,刀具材料应具备下列基本性能。

(1) 硬度和耐磨性 刀具材料必须具有高于工件材料的硬度,一般要求常温硬度在 60HRC 以上。耐磨性表示刀具材料抗机械摩擦和抗磨料磨损的能力,与刀具材料的硬度、化学成分、显微组织有关。材料硬度越高,含耐磨的合金碳化物越多,晶粒越细,分布越均匀,则耐磨性越好。

(2) 强度和韧性 由于切削力、冲击和振动等作用,刀具材料必须具备足够的抗弯强度和冲击韧性。

(3) 热硬性 指刀具材料在高温下仍能维持刀具切削性能的一种特性。通常用高温硬度值来衡量,也可用刀具切削时允许的耐热温度值来衡量。

(4) 工艺性与经济性 要求刀具材料具有良好的可加工性、较好的热处理工艺性和较好的焊接性。此外,在满足以上性能要求时,应尽可能采用资源丰富、价格低廉的品种。

(二) 常用刀具材料

当前常用刀具材料分为:工具钢(包括碳素工具钢、合金工具钢、高速钢),硬质合金,超硬刀具材料(包括陶瓷、金刚石及立方氮化硼等)

1. 高速钢

高速钢是一种含有钨、钼、铬、钒等合金元素较多的高合金工具钢。它的强度、韧性和工艺性等综合性能较好,应用范围较广。它允许的切削速度比碳素工具钢(T10A、T12A)及合金工具钢(9SiCr)高 1~3 倍,热处理硬度达 62~66HRC,抗弯强度约 3.3 GPa,(一般为硬质合金的 2~3 倍,为陶瓷的 5~6 倍),耐热性为 550~600℃ 左右。此外还具备热处理变形小、能锻造、

易磨出锋利刃口等优点。高速钢特别适用于制造结构复杂的成形刀具和孔加工刀具如各类铣刀、拉刀、齿轮刀具、螺纹刀具等；由于高速钢硬度、耐磨性、耐热性不及硬质合金，因此只适于制造中、低速切削的各种刀具。

高速钢按其性能分成两大类：普通高速钢和高性能高速钢。其常见牌号及性能见表 2.1。加工一般材料时可用普通高速钢，过去国内常用的牌号为 W18Cr4V，而目前国内外大量使用 W6Mo5Cr4V2。切削难加工材料可选用高性能高速钢。

表 2.1 常用高速钢的牌号与性能

类别	牌 号	硬度/ HRC	抗弯强度/ GPa	冲击韧度/ (MJ·m ⁻²)	高温硬度 (600 ℃)/ HRC	磨削性能	
普通 高速 钢	W18Cr4V	62 ~ 66	3.34	0.294	48.5	好,普通刚玉砂轮能磨	
	W6Mo5Cr4V2	62 ~ 66	4.6	0.5	47 ~ 48	较 W18Cr4V 差一些, 普通刚玉砂轮能磨	
	W14Cr4VMn-RE	64 ~ 66	4	0.25	48.5	好,与 W18Cr4V 相近	
高 性能 高 速 钢	高碳 9W18Cr4V	67 ~ 68	3	0.2	51	好,用普通刚玉砂轮能磨	
	高矾 W12Cr4VMo	63 ~ 66	3.2	0.25	51	差	
	超	W6Mo5Cr4V2Al	68 ~ 69	3.42	0.3	55	较 W18Cr4V 差些
		W10Mo4V3Al	68 ~ 69	3	0.25	54	较差
	硬	W6Mo5Cr4V5SiNbAl	66 ~ 68	3.6	0.27	51	差
		W12Cr4V3Mo3Co5Si	69 ~ 70	2.5	0.11	54	差
	W2Mo9Cr4VCo8(M42)	66 ~ 70	2.75	0.25	55	好,普通刚玉砂轮能磨	

2. 硬质合金

硬质合金是由硬度和熔点很高的碳化物(WC、TiC、TaC 和 NbC 等)和金属粘结剂(Co、Ni、Mo 等)通过粉末冶金工艺制成的。合金中含高硬度、高熔点的碳化物愈多,合金的硬度、高温硬度愈高。含粘结剂愈多,强度也就愈高。常用硬质合金的耐磨性、耐热性均高于工具钢,常温硬度达 89 ~ 94HRA,耐热温度达 800 ~ 1000 ℃,切削速度可比高速钢刀具提高 4 ~ 10 倍。它是高速切削的主要刀具材料。但硬质合金较脆,抗弯强度低,仅是高速钢的 1/3 左右,韧性也很低,仅是高速钢的十分之一到几十分之一。目前,硬质合金大量应用在刚性好、刃形简单的高速切削刀具上;随着技术的进步,在复杂刀具上也逐步扩大其应用。

常用硬质合金的牌号、成分及性能见表 2.2。其中钨钴类硬质合金是由 WC 和 Co 烧结而成,代号为 YG。其抗弯强度、冲击韧度及导热系数较高,一般适用于加工铸铁和有色金属等脆性材料。合金中含 Co 量越多,韧性越好,适于粗加工;含钴量少的用于精加工。