

21
世纪

机械制图与机械基础系列教材

机械制图与机械基础系列教材

面向21世纪

机械制造 技术基础

张福润 徐鸿本 刘延林

工程制图与机械基础系列教材

华中理工大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS
E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com

工程制图与机械基础系列教材

机械制造技术基础

张福润 徐鸿本 刘延林

华中理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/张福润 徐鸿本 刘延林
武汉:华中理工大学出版社, 1999年9月
ISBN 7-5609-2013-6

I. 机…

II. ①张… ②徐… ③刘…

III. 机械制造工艺-高等学校-教材

IV. TH16

工程制图与机械基础系列教材
机械制造技术基础

张福润 徐鸿本 刘延林

责任编辑:李丛晖

封面设计:俞缦丽 潘 群

责任校对:张 欣

监 印:张正林

出版发行:华中理工大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87542624

经销:新华书店湖北发行所

录排:华中理工大学出版社照排室

印刷:湖北省新华印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:21.25

字数:500 000

版次:1999年9月第1版

印次:1999年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5609-2013-6/TH·106

定价:24.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)

内 容 简 介

本书是“面向 21 世纪工程制图与机械基础系列课程”的改革教材之一。该书是在努力贯彻以工艺为基础,在重基础、少学时、低重心、新知识、宽面向的改革思路指导下,通过对金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计和机械制造工艺学等课程的基本理论和基本知识的整合而撰写成的,主要内容包括:机床、刀具、夹具等工艺装备,切削过程及控制,机械加工质量分析与控制,典型表面加工工艺,工艺规程设计,以及电子束离子束加工、电火花加工、电解加工、激光加工、超声波加工等特种加工方法。在此基础上,为适应科学技术的发展,拓宽学生的知识面,还介绍了以快速成形、微细制造、柔性制造、智能制造等为代表的先进制造技术和以现代管理理论和方法及计算机网络技术为基础的先进生产模式。

本书具有内容简明、概念清楚、叙述通俗、便于学习的特点,可用作机械设计制造及其自动化或机械工程及自动化宽口径专业的学生学习现代机械制造基础知识的教学用书,也可供近机类各专业的学生及从事机械设计制造的工程技术人员参考。

序

21 世纪的核心是科技,关键是人才,基础是教育。世界经济发展中最激烈的竞争,将不仅表现在生产和科技领域,同时也集中在培养人才的教育领域。教育部于 1996 年制定并实施的《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》,是迎接新世纪挑战的重要战略部署,是一项富有远见的教育改革计划,对我国高等教育具有深远的重大的意义。《工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践》是这一改革计划中的一个项目,与它紧密相关的还有一个项目为《机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践》。可以预计,这两个项目的实施,将会对机械学科的培养目标、培养模式、课程体系、教学内容与教学方法产生重大的改革,为我国机械工业的人才培养和产业发展作出贡献。

“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”是邓小平同志对我国社会主义教育事业提出的总体要求,也是我们开展机械学科两个教改项目的指导方针。华中理工大学作为这两个项目的牵头单位,和全国 20 余所高校的师生一起,遵循“解放思想”、“实事求是”的原则,努力争取教改项目的突破性进展。

在机械类人才培养中,工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系的改革占有极为重要的地位,是机械学科教学改革的重点和难点。结合我校教学、科研和产业的特点,我们提出“以创新设计为根本、以数控加工为龙头、以 CAD/CAM 为主线、加强基础、注重实践”的机械基础教学改革思路。正如江泽民同志所指出的:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力”。创新永远是教育改革的重要课题,培养高层次创造性人才是教育的根本任务。现代科学技术,特别是信息技术融于教学,是使教育改革充满活力的重要途径。数控和 CAD/CAM 技术是信息革命的产物,既是改造传统机械产业的重要手段,也是机械学科教育改革不可缺少的重要组成部分。为了适应现代社会对机械设计与制造的高要求,加强数学、物理、力学、电工电子学及外语等基础知识显得更为重要;同时还要重视实践,包括实验、实习等操作性实践和作业、课程设计等思考练习性实践。体现在机械基础系列课程体系的设置上,我们打破原 4 门课程(制图、金工、机械原理和机械设计)封闭的学科界限,对机械设计相关课程进行整体优化,改善课程体系结构。作为课程体系核心的系列课程教材,由《画法几何及机械制图》、《计算机图形学》、《工程材料及应用》、《材料成型工艺基础》、《机械制造技术基础》、《机械原理》、《机械设计》、《机构与机械零部件 CAD》、《机械系统创新设计》等组成。通过构建课程体系、改革教学内容,以达到从整体上优化学生的知识、能力、素质,特别是设计思想、设计方法与创新思维能力培养的目的。

呈献给大家的这套系列教材,是华中理工大学教改课题组师生们多年工作的初步成果,还需要在教改实践中去反复锤炼。我们殷切希望得到广大读者以及兄弟院校同行们的关心、支持和帮助,以推进教改工作的进行。

高等学校工科机械基础课程教学指导委员会主任委员

《工程制图与机械基础系列课程教学

课题负责人

内容和课程体系改革的研究与实践》

周济 教授

1999 年 1 月于华中理工大学

前 言

为适应宽口径机械类专业人才培养模式的需要,教育部高等教育面向 21 世纪“工程制图与机械基础系列课程教学内容与课程体系改革的研究与实践”课题组在多年研究、探索 and 改革、实践的基础上,根据“以培养学生创新能力为核心,以 CAD/CAM 为主线,拓宽基础,重视实践”的总体改革思路,重新构建了机械设计和机械制造系列课程的内容体系,并规划了相应的教材编写出版计划。按照课题组改革方案而设置的《机械制造技术基础》课程,是机械制造基础系列课程中的一门主要专业基础课程。该课程是将原机制专业的四门主要专业课程(即机械制造工艺学、金属切削原理与刀具、金属切削机床及机床夹具设计),按照重基础、少学时、低重心、新知识、宽面向的原则整合而成的。课程设置的目的是为宽口径专业“机械设计制造及其自动化”或“机械工程及自动化”的学生,在现代机械制造技术方面奠定最基本的知识和技能基础。

基于上述目的而编写的《机械制造技术基础》教材是一本具有较大改革力度的教材。该教材具有以下重要特点:

(1) 在全书内容的组织上,以工艺为基础,有关金属切削机床与刀具设计方面的知识一般不予涉及;在内容的取舍上,精选经典传统内容,充分反映现代机械制造技术的新进展,注重内容的实用性,在阐明基本概念、基本理论的前提下,力求内容少而精及论述的深入浅出。

(2) 教材内容贯穿以质量、生产率、经济性和可持续发展为主线,以质量为重点的指导思想;既研究大批大量生产中加工和装配的质量、效率及成本问题,也介绍多品种、小批量生产的工艺特点,强调生产的柔性化、集成化和可快速重组的观念。

(3) 注意把体现当代科学技术发展特征的、多学科间的知识交叉与渗透反映到教材的内容中;注重教给学生科学的思维方法,提高学生综合运用知识解决实际问题的能力。

本课程的实践性很强,课程的教学需要与金工实习、生产实习以及课程设计等多种教学环节密切配合。要更新教育思想和教育观念,要努力运用现代化的教育手段与教学方法。只有这样,才能在较少的学时内,达到较理想的教学效果。

本书第一章、第二章、第五章由张福润编写,第三章、第四章、第六章、第七章由徐鸿本编写,第八章由刘延林编写。全书由张福润统稿、定稿。

本书在规划、编写及出版的过程中,得到了华中理工大学教务处、华中理工大学出版社以及华中理工大学机械学院的领导和老师们的大力支持,也得到了“全国高校机械类专业教学指导委员会”,以及“面向 21 世纪机械类专业人才培养方案和教学内容体系改革的研究与实践”课题组的指导和帮助。在此谨表诚挚谢意。

本书是作者在总结多年来教学研究、教学改革和教学实践的基础上撰写而成的,但限于作者水平,书中一定会有许多不尽如人意的地方,甚至谬误,因此恳切希望广大读者提出批评和建议。

作者

1999 年 3 月

目 录

第一章 导论	(1)
第二章 制造工艺装备	(5)
§ 2-1 金属切削刀具	(5)
§ 2-2 机床	(44)
§ 2-3 机床夹具	(90)
习题与思考题	(109)
第三章 切削过程及控制	(115)
§ 3-1 切削过程及切屑类型	(115)
§ 3-2 切削力	(123)
§ 3-3 切削热与切削温度	(127)
§ 3-4 刀具磨损和耐用度	(129)
§ 3-5 工件材料的切削加工性	(136)
§ 3-6 切削液	(138)
§ 3-7 切削用量的选择	(141)
§ 3-8 磨削过程及磨削机理	(144)
习题与思考题	(149)
第四章 机械加工质量分析与控制	(151)
§ 4-1 机械加工精度概述	(151)
§ 4-2 影响加工精度的因素	(152)
§ 4-3 加工误差的统计分析方法	(168)
§ 4-4 机械加工表面质量	(172)
习题与思考题	(179)
第五章 特种加工	(182)
§ 5-1 概述	(182)
§ 5-2 电子束离子束加工	(184)
§ 5-3 电火花加工	(186)
§ 5-4 电解加工	(188)
§ 5-5 激光加工	(189)
§ 5-6 超声波加工	(191)
§ 5-7 快速成形技术	(192)
习题与思考题	(195)
第六章 典型表面加工工艺	(196)
§ 6-1 外圆表面加工	(196)

§ 6-2 孔加工	(210)
§ 6-3 平面加工	(217)
§ 6-4 螺纹加工	(221)
§ 6-5 齿形加工	(224)
§ 6-6 成形表面加工	(229)
习题与思考题	(238)
第七章 工艺规程设计	(239)
§ 7-1 概述	(239)
§ 7-2 工艺尺寸链	(244)
§ 7-3 零件的工艺性分析	(258)
§ 7-4 定位基准的选择	(264)
§ 7-5 机械加工工艺路线的拟定	(268)
§ 7-6 机床加工工序的设计	(274)
§ 7-7 加工工艺过程的生产率与技术经济分析	(278)
§ 7-8 箱体类零件加工工艺分析	(283)
§ 7-9 装配工艺规程设计	(287)
习题与思考题	(297)
第八章 先进制造技术	(300)
§ 8-1 微细制造技术	(300)
§ 8-2 柔性制造自动化技术与系统	(307)
§ 8-3 先进生产模式	(314)
习题与思考题	(329)
参考文献	(330)

第一章 导 论

一、制造业和制造技术在国民经济中的地位和作用

制造业在众多国家尤其是发达国家的国民经济中占有十分重要的位置,是国民经济的支柱产业。美国 68% 的财富来源于制造业,日本国民总产值的 49% 是由制造业提供的。中国的制造业在工业总产值中也占有 40% 的比例。可以说,没有发达的制造业就不可能有国家真正的繁荣和富强。

制造技术是使原材料变成产品的技术的总称,是国民经济得以发展,也是制造业本身赖以生存的关键基础技术。

有资料表明,在最近几十年里,美国一度(约在 70~80 年代)把制造业视为“夕阳工业”,放松了对它的重视。曾经在世界上独步一时的美国制造业因此直线衰落,很快降到了历史的最低点。其在国际上的竞争力也遭到严重削弱,并导致了美国 90 年代初的经济衰退。半导体、晶体管是美国发明的,由此而兴起的微电子工业也可以说纯粹是美国的首创工业,然而在不到 10 年的时间里,其半导体市场份额由 60% 降到了 40%,消费电子产品(如电视机、录音机、摄像机、音响等)则几乎全军覆没。汽车的大批量生产方式出自于美国,汽车工业也成为美国的最大工业。1955 年美国的进口汽车还只占其总销售额的 1%,而在 1987 年则升至 31% 还多。钢铁、纺织、机床、化工制品、民用飞机等其他美国工业也都处于类似的境地。“美国衰落了”,一时成为美国国内外越来越响亮的声音。这一严重局面引起了美国政府的深刻反省,为增强其制造业的竞争力和促进国家经济的增长,80 年代末到 90 年代初,美国率先提出了“先进制造技术”的概念,并先后制订和实施了一系列振兴制造业和制造技术的计划(如美国先进制造技术计划、美国敏捷制造使能技术计划等)。特别是将 1994 年定为美国的先进制造技术年,先进制造技术成为美国政府当年财政重点扶植的唯一领域。欧洲、日本和新兴工业国家也不甘落后,相继作出响应,纷纷制订了本国的先进制造技术发展计划,其中最具有代表性的有日本的智能制造技术计划、德国的制造 2000 年计划,以及韩国的高级先进技术国家计划等。这些情况表明,加快发展先进制造技术已成为各国政府的共识,一场以先进制造技术为中心的科技竞争正在国际间展开。

新中国成立以来,我国的制造技术与制造业得到了长足发展,一个具有相当规模和一定技术基础的机械工业体系基本形成。改革开放 20 年来,我国制造业充分利用国内外两方面的技术资源,有计划地推进企业的技术改造,引导企业走依靠科技进步的道路,使制造技术、产品质量和水平及经济效益发生了显著变化,为繁荣国内市场、扩大出口创汇、推动国民经济的发展做出了很大贡献。

尽管我国制造业的综合技术水平有了大幅度提高,但与工业发达国家相比,仍存在阶段性的差距。例如,至 1997 年,我国机电产品的出口规模还不及日本、美国的 1/9,仅相当于韩国、新加坡的 2/3;出口商品结构仍以中低档为主,高新技术机电产品、成套设备出口比例较低;产品出口竞争力不强。人类已进入信息社会,知识经济时代正向我们大步走来。经济的全球化和贸易的自由化使国际经济竞争愈演愈烈,就某种意义而言,这是一场没有硝烟的战场。我国制

制造业正承受着国际竞争的巨大压力。

二、机械制造(冷加工)学科的范畴、研究内容及特点

机械工程科学是一门有着悠久历史的学科,是国家建设和社会发展的支柱学科之一。机械制造(冷加工)是机械工程的一个分支学科,是一门研究各种机械制造过程和方法的科学。

金属切削机床、特种加工机床、机器人以及机械加工工艺系统中的其他工艺装备是机械制造的主要设备和工装,它们是机械制造赖以实现的重要手段。研究各种机械制造设备和工艺装备的设计和制造,发展新的设备和工装,是机械制造学科的一项重要内容。

机械的制造工艺过程通常可区分为热加工工艺过程(包括铸造、塑性加工、焊接、热处理、表面改性等)及冷加工工艺过程,它们都是改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使之成为成品或半成品的过程。

机械制造(冷加工)工艺过程一般是指零件的机械加工工艺过程和机器的装配工艺过程。因此,机械制造(冷加工)也是研究机械加工和装配工艺过程及方法的科学。

零件的机械加工工艺过程是机械生产过程的一部分,它是研究如何利用切削的原理使工件成形而达到预定的设计要求(尺寸精度,形状、位置精度和表面质量要求)。从广义上来说,特种加工(激光加工、电火花加工、超声波加工、电子束加工、等离子束加工等)也是机械加工工艺过程的一部分,但实际上已不属于切削加工的范畴。与热加工相比较,机械制造冷加工由于加工成本低,能量消耗少,能加工各种不同形状、尺寸和精度要求的工件。因此,预计到 21 世纪,它仍将是获得精密机械零件的最主要方法。

机器的装配工艺过程也是机械生产过程的一部分,它是研究如何将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品,并达到要求的装配精度的工艺过程。目前,大多数的装配工作还是由手工来完成的,装配劳动量在产品制造的总劳动量中还占相当大的比例。研究和发展新的装配技术,大幅度提高装备质量和装配生产效率是机械制造工艺的一项重要任务。

各种用途的机器其结构的多样性乃是机械制造中采用多种工艺的产物,而机器结构的多样性则往往又是工艺多样性的重要原因。据统计,目前在机械制造中采用的工艺方法达到 4500 种以上。

工艺种类划分的基础主要是依据一定的物理现象,而每种工艺又在其本身的理论上得以发展。如机械加工工艺立足于金属切削理论,电加工(电蚀、电化学加工)工艺立足于电物理和电化学的理论,超声波加工立足于声学理论,激光束加工则立足于光学理论……因此,有多少种工艺就有多少种应用工艺理论。但是,在研究机械制造工艺的可行性时,应用最广的是物理学的原理,而且首先是力学原理。

各种工艺理论包括切削机理的研究,以及机床基本性能(如精度、可靠性、刚度、热变形、振动、噪声等)及试验的研究,是机械制造(冷加工)中的基础理论研究。现代机械制造技术的发展,无一不是基础理论和试验研究的综合结果。随着机械制造技术向着高精度、高效率 and 高度自动化方向的迅速发展,以及新材料、新刀具与新加工方法的不断涌现,有关这些基础理论的研究必将进一步得到重视与加强。

机械制造工艺及其基础理论在不断发展,这主要表现在:

①建立在现代自然科学新成就基础上的新工艺在不断涌现,传统工艺在不断发展;②研究、开发新工艺时,科学的方法(如模型化方法、系统论、信息论、并行工程等)的应用越来越广泛;③工艺过程正在向着典型化、成组工艺和生产专业化的方向发展;④工艺过程正在向着优

化方向发展,并朝着设计、制造和管理的集成化、自动化和智能化方向迈进。

机械制造过程是一种离散的生产过程。劳动离散化的特点表现在:毛坯、零件、组件、部件和机器是采用顺序作业或平行作业的方式来制造的,各工序、工步转换和定位之间可以彼此关联或不相关联,零件的制造或机器的装配需要各种设备、工装、刀具和控制程序,以及各种专业和技能的专家才能实现。

由于人始终是一切工艺过程的必然参加者,所以机械制造工艺学在很大程度上也是一门社会科学。

长期以来,机械制造工艺学的基础理论发展较为缓慢,主要原因是工艺难以用数学方法来描述。因此,机械制造工艺不仅是一门技术科学,而且也是一门规律难以模型化的社会科学(如同任何社会过程难以模型化一样)。

三、先进制造技术的特点及发展趋势

1. 先进制造技术的内涵及其主要特点

先进制造技术是传统制造业不断吸收机械、电子、信息、材料及现代管理等方面的最新成果,将其综合应用于制造的全过程,以实现优质、高效、低消耗、敏捷及无污染生产的前沿制造技术的总称。

与传统制造技术相比较,先进制造技术具有如下显著特征:

(1)传统制造技术是以力学、切削理论为主要基础的一门学科,而先进制造技术则是涉及机械科学、信息科学、系统科学和管理科学的一门综合学科。传统制造技术一般单指加工制造过程的工艺方法,而先进制造技术则贯穿了从产品设计、加工制造到产品销售及售前售后服务的整个过程,使制造技术成为能驾驭生产过程中的物质流、信息流和资金流的系统技术。

(2)传统制造技术主要着眼点是实现生产的优质、高效和低成本,而发展先进制造技术的目的除了实现优质、高效、低成本外,敏捷制造、可持续发展也成为其追求的重要目标。

(3)先进制造技术比传统制造技术更加重视技术与管理的结合,重视制造过程的组织和管理体制的精简及合理化,从而产生了一系列技术与管理相结合的新的生产方式。

2. 先进制造技术的主要发展趋势

(1)制造技术向自动化、集成化和智能化的方向发展。计算机数字控制(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)以及计算机集成制造系统(CIMS)等自动化制造设备或系统的发展适应了多品种、小批量的生产方式,它们将进一步向柔性化、对市场快速响应以及智能化的方向发展,敏捷制造设备将会问世,以机器人为基础的可重组加工或装配系统将诞生,智能制造单元也可望在生产中发挥作用。加速产品开发过程的CAD/CAM一体化技术、快速成形(RP)技术、并行工程(CE)和虚拟制造(VM)将会得到广泛的应用。

信息高速公路的出现大大缩短了人们之间的物理距离,使基于网络的远程制造成为现实。随着世界市场竞争的日益激烈,以及微电子技术和信息技术的高速发展,全球化敏捷制造将成为21世纪制造业的主要生产模式。

(2)制造技术向高精度方向发展。21世纪的超精密加工将向分子级、原子级精度推进,采用一般的精密加工也可以稳定地获得亚微米级的精度。精密成形技术与磨削加工相结合,有可能覆盖大部分零件的加工。以微细加工为主要手段的微型机电系统技术将广泛应用于生物学、航空航天、军事、农业、家庭等领域,而成为下世纪最重要的先进制造技术前沿之一。

(3)综合考虑社会、环境要求及节约资源的可持续发展的制造技术将越来越受到重视。绿

色产品、绿色包装、绿色制造过程将在下个世纪普及。

四、课程的特点、研究的主要内容和学习方法

《机械制造技术基础》是机械设计制造及其自动化专业的一门重要的专业基础课程。课程设置的目的是为学生在制造技术方面奠定最基本的知识和技能基础。因此学习本课程的主要要求是：

(1) 掌握金属切削的基本理论,具有根据加工条件合理选择刀具种类、刀具材料、刀具几何参数、切削用量及切削液的能力。

(2) 熟悉各种机床的用途、工艺范围,具有通用机床传动链分析与调整的能力。

(3) 掌握机械制造工艺的基本理论,具备制订机械加工工艺规程和装配工艺规程的能力,学会分析机械加工过程中产生误差的原因,并能针对具体工艺问题提出相应的改善措施。

(4) 对机械制造技术的新发展有一定的了解。

本课程的实践性很强,与生产实际联系密切,只有具备较多的实践知识,才能在学习时理解得深入透彻。因此学习过程中要注意实践知识的学习和积累。此外,对课程内容的掌握,需要实习、课程设计、实验及课后练习等多种教学环节配合,每一个环节都是重要的、不可缺少的,学习时应予以注意。

第二章 制造工艺装备

§ 2-1 金属切削刀具

一、金属切削加工的基本概念

1. 切削运动与切削用量

金属切削加工是利用刀具从工件毛坯上切去一层多余的金属,从而使工件达到规定的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械加工方法。为了切除多余的金属,刀具和工件之间必须有相对运动,即切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动。

(1)主运动 使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本运动,称为主运动。主运动的速度最高,所消耗的功率最大。在切削运动中,主运动只有一个。它可以由工件完成,也可以由刀具完成;可以是旋转运动,也可以是直线运动。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(见图 2-1 和图 2-2)。

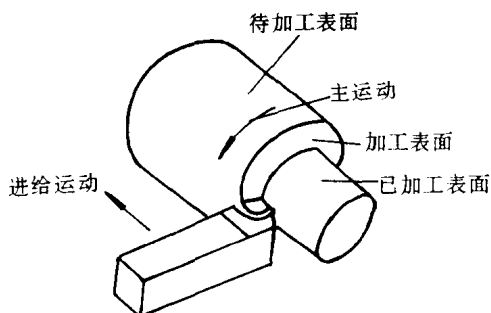


图 2-1 外圆车削的切削运动与加工表面

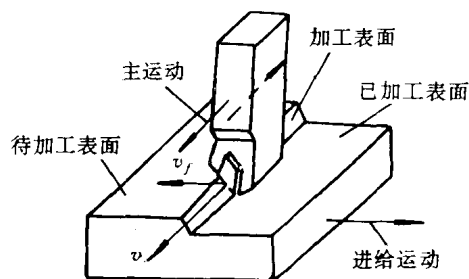


图 2-2 平面刨削的切削运动与加工表面

主运动速度即切削速度,外圆车削或用旋转刀具进行切削加工时的切削速度 v_c 的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/s})$$

式中, d ——工件或刀具直径(mm);

n ——工件或刀具转速(r/min)。

(2)进给运动 不断地把被切削层投入切削,以逐渐切削出整个工件表面的运动,称为进给运动。进给运动一般速度较低,消耗的功率较少,可由一个或多个运动组成。它可以是连续的,也可以是间断的。车削外圆时的进给运动是车刀沿平行于工件轴线方向的连续直线运动。进给运动的速度称为进给速度,以 v_f 表示,单位为 mm/s 或 mm/min。进给速度还可以每转或每行程进给量 f (mm/r 或 mm/st)、每齿进给量 f_z (mm/z) 表示。

此外,在进给运动开始前由机床的吃刀机构提供的一种间歇进给运动称为吃刀运动。其进

给量大小称为背吃刀量 a_p , 对于外圆车削(见图 2-3), 背吃刀量 a_p 为工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离, 即

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm})$$

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)。

(3) 切削用量 是指切削速度 v_c 、进给量 f (或进给速度 v_f) 和背吃刀量 a_p 三者的总称。图 2-3 所示为车削外圆时的切削用量。在切削加工过程中, 需针对工件及刀具材料, 以及其他工艺技术要求来选定合适的切削用量。

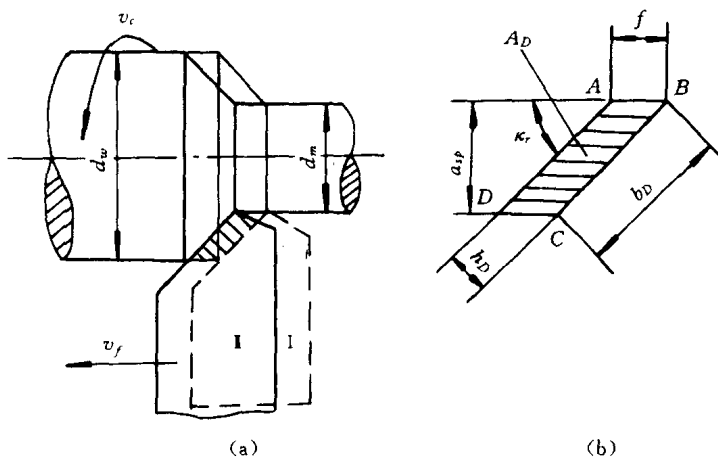


图 2-3 切削用量与切削层参数

2. 切削时的工件表面

在切削过程中, 工件上通常存在 3 个表面(见图 2-1 所示):

(1) 待加工表面 工件上即将被切除的表面。

(2) 已加工表面 工件上经刀具切削后形成的表面。

(3) 过渡表面 工件上被切削刃正在切削的表面。它总是处在待加工表面与已加工表面之间。

3. 切削层参数

切削层是指切削过程中, 由刀具在切削部分的一个单一动作(或指切削部分切过工件的一个单程, 或指只产生一圈过渡表面的动作)所切除的工件材料层。外圆车削时的切削层, 就是工件转一转, 主切削刃移动一个进给量 f 所切除的一层金属层(见图 2-3 中的 ABCD)。通常用通过切削刃上的选定点并垂直于该点切削速度 v_c 的平面内的切削层参数来表示它的形状和尺寸。

(1) 切削层公称厚度 h_D 垂直于过渡表面测量的切削层尺寸, 即相邻两过渡表面之间的距离。它反映了切削刃单位长度上的切削负荷。车外圆时, 若车刀主切削刃为直线, 则

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (\text{mm})$$

式中, κ_r ——车刀主偏角。

(2) 切削层公称宽度 b_D 沿过渡表面测量的切削层尺寸。它反映了切削刃参加切削的工作长度。当车刀主切削刃为直线时, 外圆车削的切削层公称宽度

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (\text{mm})$$

(3) 切削层公称横截面积 A_D 切削层在切削层尺寸平面内的实际横截面积。由定义知

$$A_D = h_D b_D \quad (\text{mm}^2)$$

二、刀具角度

金属切削刀具的种类很多,其形状、结构各不相同,但是它们的基本功用都是在切削过程中,用刀刃从工件毛坯上切下多余的金属。因此在结构上它们都具有共同的特征,尤其是它们的切削部分。外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具,故通常以外圆车刀为代表来说明刀具切削部分的组成,并给出切削部分几何参数的一般性定义。

(一) 刀具切削部分的组成

刀具各组成部分中承担切削工作的部分为刀具的切削部分。图 2-4 所示是外圆车刀的切削部分,其结构要素及其定义如下:

(1) 前刀面 切屑流过的表面,以 A_f 表示。

(2) 主后刀面 与工件上过过渡表面相对的表面,以 A_o 表示。

(3) 副后刀面 与工件上已加工表面相对的表面,以 A'_o 表示。

(4) 主切削刃 前刀面与主后刀面的交线,记为 S 。它承担主要的切削工作。

(5) 副切削刃 前刀面与副后刀面的交线,记为 S' 。它协同主切削刃完成切削工作,并最终形成已加工表面。

(6) 刀尖 主切削刃与副切削刃连接处的那部分切削刃。它可以是小的直线段或圆弧。

其他各类刀具,如刨刀、钻头、铣刀等,都可以看作是车刀的演变和组合。如图 2-5 所示,刨刀切削部分的形状与车刀相同(图 a);钻头可看作是两把一正一反并在一起同时镗削孔壁的车刀,因而有两个主切削刃,两个副切削刃,另外还多了一个横刃(图 b);铣刀可看作由多把车刀组合而成的复合刀具,其每一个刀齿相当于一把车刀(图 c)。

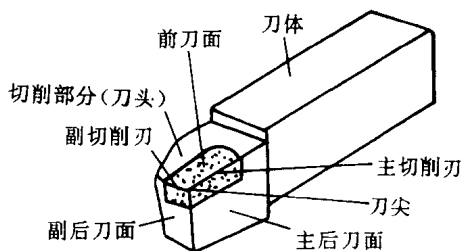


图 2-4 车刀切削部分组成要素

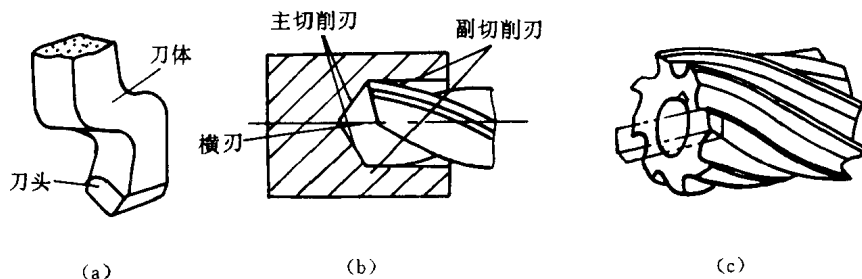


图 2-5 刨刀、钻头、铣刀切削部分的形状

(a) 刨刀 (b) 钻头 (c) 铣刀

(二) 定义刀具角度的参考系

刀具要从工件上切下金属,必须具有一定的切削角度,也正是由于切削角度才决定了刀具切削部分各表面的空间位置。要确定和测量刀具角度,必须引入一个空间坐标参考系(图 2-6)。

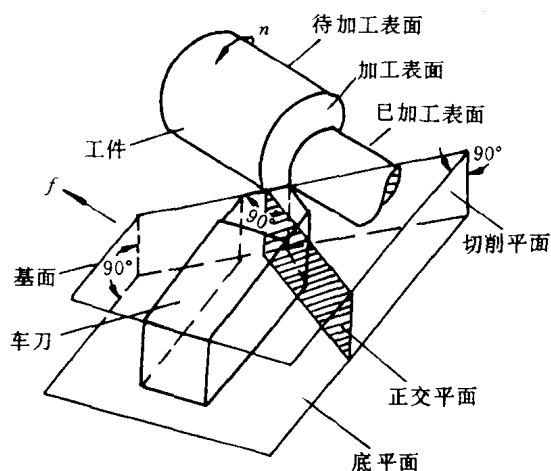


图 2-6 定义车刀角度的参考系

(1) 基面 P_r 通过主切削刃上选定点, 垂直于该点切削速度方向的平面。

(2) 切削平面 P_s 通过主切削刃上选定点, 与主切削刃相切, 且垂直于该点基面的平面。

(3) 正交平面 P_o 通过主切削刃上选定点, 垂直于基面和切削平面的平面。

基面、切削平面和正交平面组成标注刀具角度的正交平面参考系。常用的标注刀具角度的参考系还有法平面参考系、假定工作平面和背平面参考系。

(三) 刀具的标注角度

刀具的标注角度是制造和刃磨所需要的, 并在刀具设计图上予以标注的角度。车刀的标注角度主要有 5 个 (见图 2-7):

(1) 前角 γ_o 在正交平面内测量的前刀面与基面间的夹角。前角的正负方向按图示规定表示, 即刀具前刀面在基面之下时为正前角, 刀具前刀面在基面之上时为负前角。

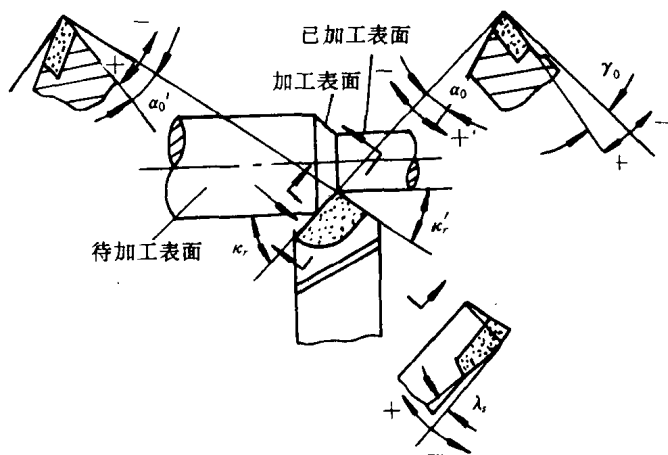


图 2-7 车刀的主要标注角度

(2) 后角 α_o 在正交平面内测量的主后刀面与切削平面间的夹角。后角一般为正值。

(3) 主偏角 κ_r 在基面内测量的主切削刃在基面上的投影与进给运动方向的夹角。主偏角一般为正值。

(4) 副偏角 κ'_r 在基面内测量的副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向的夹角。副偏角一般也为正值。

(5) 刀倾角 λ_s 在切削平面内测量的主切削刃与基面间的夹角。当主切削刃呈水平时, $\lambda_s = 0$; 刀尖为主切削刃上最高点时, $\lambda_s > 0$; 刀尖为主切削刃上最低点时, $\lambda_s < 0$ (如图 2-8 所示)。

(四) 刀具的工作角度

在实际的切削加工中, 由于车刀的安装位置和进给运动的影响, 上述车刀的标注角度会发

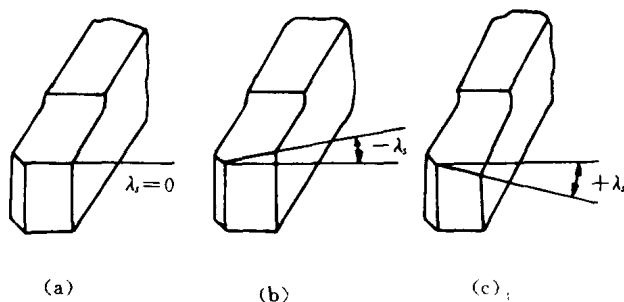


图 2-8 刃倾角的正负规定

生一定的变化。角度变化的根本原因是基面、切削平面和正交平面位置的影响。以切削过程中实际的基面、切削平面和正交平面为参考系所确定的刀具角度称为刀具的工作角度,又称实际角度。通常,刀具的进给速度很小,因此在正常的安装条件下,刀具的工作角度与标注角度基本相等。但在切断、车螺纹以及加工非圆柱表面等情况下,进给运动的影响就不能不考虑。为保证刀具具有合理的切削条件,这时应根据刀具的工作角度来换算出刀具的标注角度。

1. 横向进给运动对工作角度的影响

图 2-9 所示为切断车刀加工的情况。加工时,切断车刀作横向直线进给运动,即工件转一转,车刀横向移动距离 f 。因此切削速度由 v_c 变至合成切削速度 v_e ,因而基面 P_r 由水平位置变至工作基面 P_{re} ,切削平面 P_s 由铅垂位置变至工作切削平面 P_{se} ,从而引起刀具的前角和后角发生变化:

$$\gamma_{0e} = \gamma_0 + \mu \quad (2-1)$$

$$\alpha_{0e} = \alpha_0 - \mu \quad (2-2)$$

$$\mu = \arctg \frac{f}{\pi d} \quad (2-3)$$

式中, γ_{0e} 、 α_{0e} ——工作前角和工作后角。

由式(2-3)可知,当进给量 f 增大,则 μ 值增大;当瞬时直径 d 减小, μ 值也增大。因此,车削至接近工件中心时, μ 值增长很快,工作后角将由正变负,致使工件最后被挤断。

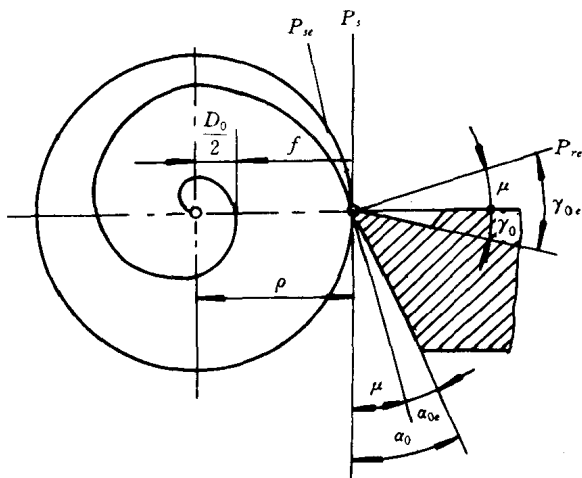


图 2-9 横向进给运动对工作角度的影响