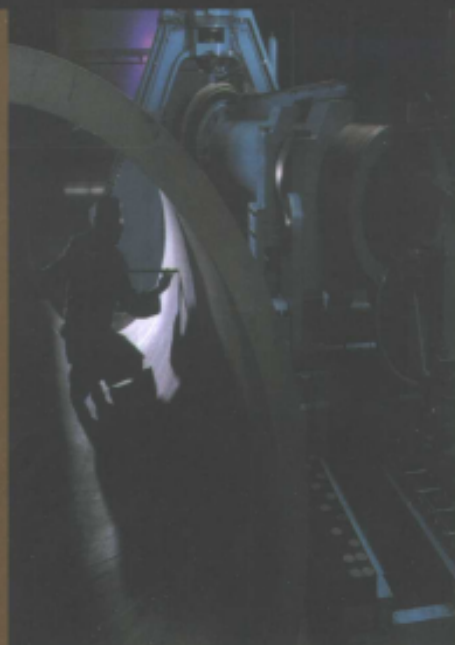


WUTP

普通高等学校机械设计制造
及其自动化专业新编系列教材



主 编 曾志新 吕 明
主 审 张福润

机械制造技术基础

Ji xie Zhizao Jishu Jichu



武汉理工大学出版社

普通高等学校机械设计制造及其自动化专业新编系列教材

机械制造技术基础

主编 曾志新
吕 明
主审 张福润

武汉理工大学出版社

内容简介

本书是“机械设计制造及其自动化专业新编系列教材”之一。

“机械制造技术基础”是现代机械制造业高级专门技术人才和管理人才必修的一门主干专业技术基础课程,它包含了机械制造技术的基本知识、基本理论和基本技能。本书以“重基础、低重心、广知识、少学时、精内容、宽适应”作为编写的指导思想,对原金属切削原理与刀具、切削机床与夹具、机械制造及装配工艺等内容进行整合、优化,全书以切削理论为基础,以制造工艺为主线,兼顾工艺装备知识的掌握,注意反映本学科理论与技术的新发展,并对非传统加工技术与现代制造技术进行了介绍。

本书可用作普通高等学校机械设计制造及其自动化、机械工程及其自动化宽口径专业及近机类专业教材,也可供从事机械制造的工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/曾志新 主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2001.7
ISBN 7-5629-1728-0

I. 机… II. 曾… III. 机械制造工艺-高等学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01178 号

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市:武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

印刷者:武汉理工大学出版社印刷厂

发行者:各地新华书店

开本:880×1230 1/16

印张:17.75

字数:588 千字

版次:2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-5629-1728-0/TH·50

印数:1~5000 册

定价:26.50 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

普 通 高 等 学 校
机械设计制造及其自动化专业新编系列教材
编 审 委 员 会

顾 问:陈心昭 王益群 蔡 兰 束鹏程 孙宗禹
洪迈生

名誉主任:杨叔子

主 任:张福润 高鸣涵

副 主 任:杨海成 李永堂 周彦伟 杨明忠

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

王建中	王贵成	王益群	司徒忠	刘玉明
吕 明	许明恒	孙宗禹	孙树栋	朱喜林
陈心昭	李永堂	李 言	李杞仪	陈作柄
杨叔子	杨明忠	陈奎生	陈统坚	严拱标
杨海成	张福润	束鹏程	罗迎社	周彦伟
洪迈生	钟志华	赵 韩	钟毓宁	陶文铨
夏 季	高鸣涵	殷国富	董怀武	曾志新
韩荣德	傅祥志	谭援强	蔡 兰	魏生民

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

出版说明

高等学校的教材建设向来是学科建设和教学改革的重要内容,其对教学过程和教学效果的重要影响是教育界所公认的。但教材建设与教学需要之间的矛盾永远存在也是一个客观的事实。正因为如此,教材建设才具有永恒的意义。特别是在这世纪交替的时期,中国的高等教育所面临的两个重大变革——高等学校本科专业目录调整和高等学校管理体制及布局结构调整,都对高校的教材建设提出了更高的要求。随着专业的合并,新专业的专业面拓宽,原有老专业的教材明显不能适应新专业的教学要求;调整后高校规模扩大,招生人数增加,对教材的需求也随之激增。在新的专业目录中,机械设计制造及其自动化专业与原有专业目录有了较大的变化,涵盖了原有的9个专业。相应的专业业务培养目标、教学要求、课程设置、学时数要求、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。为适应新专业的培养目标和教学要求,武汉理工大学出版社在经过全面、细致和深入调研的基础上,组织编写了这套面向全国普通高等学校的新的系列教材。

本套教材面向全国普通高等学校,在保证内容要反映国内外机械学科最新发展的基础上,以满足一般院校的本科专业教学要求,实现专业的业务培养目标为基本原则。遵照全国高校机械工程类专业教学指导委员会制订的专业培养方案和教学计划设置课程体系,突出“系列”的特色,首批编写、出版的21种教材可基本满足一般院校本科教学需要。编写中强调各门课程之间的联系和衔接,强调教材整体风格的统一和协调,力求在加强基础、协调内容、适当降低难度、努力拓宽知识面向、适应科技发展、更新内容并大力引入多媒体教学手段等方面取得进展,以形成特色,更好地满足不同学校的教学需求。

本套教材集中了全国30多所著名大学的专家、教授和中青年教学骨干,分别担任系列教材的主编、主审和参编,组成了一个阵容强大、结构合理的编审委员会。特别是第二届全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员杨叔子院士欣然出任编审委员会名誉主任,更增加了编审委员会的权威性。正是由于编委会成员务实、高效的工作,全体编审人员高度的责任心和严谨的治学精神,本套教材才能有这样短的时间内完成编写、出版的任务。杨叔子院士亲自为系列教材作序,更使全套教材光彩倍增!但我们深知,院士为一套教材作序,在国内是十分少见的,这充分体现了杨院士对教学改革及教材建设的热切关注和积极支持。这既是杨院士对编委会此前工作的鼓励和肯定,同时也是对编委会今后工作的指导和鞭策。我们一定不会辜负杨院士以及全国众多院校师生的期望。本套教材首期21种出齐后,一方面我们将在使用教材的广大师生提出意见和建议的基础上不断修订和完善,同时还将根据学校教学改革和课程设置的需要及时增补新的教材,使这套教材真正成为既能满足学校当前教学需要,又能起到推动专业教学内容和课程体系改革作用的一套精品教材。

武汉理工大学出版社

2001.6

序

20 世纪,人类文明达到了前所未有的高度。由于相对论、量子论、基因论、信息论等科学技术成就的取得,现在人类在物质领域已深入到基本粒子世界,在生命科学领域已深入到分子水平,在思维科学领域则主要是数学和脑科学的巨大进步。科学技术的迅猛发展,促使科学技术综合化、整体化以及人文和科技相互渗透、相互融合的趋势加速。

近 20 年来,我们在经济战线上坚持市场取向的改革,实行以公有制为主体、多种所有制经济共同发展的基本经济制度,进行经济结构的战略性调整,推动两个根本性转变以及全方位、多层次、宽领域的对外开放,致使我国的经济体制也发生了巨大的变革。随着社会主义市场经济体制的建立和不断完善,社会对人才需求的多样性、适应性要求不断增强。

在人类即将跨入 21 世纪的时候,我国高等教育战线在教育要“面向现代化,面向世界,面向未来”的思想指引下,开展了起点高、立意新、系统性强、有组织、有计划、有步骤的教学改革工程。伴随着教学改革的不深入,素质教育的观念、大工程的观念、终身教育以及回归工程的观念日益深入人心,人们对拓宽本科教育口径、加强和扩展本科教育共同基础的要求日益强烈。

1998 年 8 月,教育部正式颁布了新的普通高等学校本科专业目录,专业总数由原来的 500 多种减少至 249 种。新专业目录的颁布,突破了传统的、狭隘的专业教育观念,拓宽了人才培养工作的视野,为人才培养能较好地适应科学技术和社会进步的需要创造了条件。许多学校也都以专业调整、改造和重组为契机,大力调整人才知识、能力和素质结构,拓宽基础,整合课程,构建新的专业平台,柔性设置专业方向,不断深化人才培养模式的改革。

教材建设是学校的最基本建设之一。教学改革的深入发展必然要求有相适应的教材。为适应新的专业培养目标和教学要求,组织编写出版供“机械设计制造及其自动化”新专业的教学用书,特别是系列教材就显得十分迫切和重要了。武汉理工大学出版社的领导和编辑们为改变目前国内已出版的机械类专业教材普遍存在的内容偏深、知识面偏窄的倾向,决定面向全国普通高等学校机械工程类专业的学生出版一套系列教材,这是一个非常好的决策。他们的这一决定也得到了全国几十所院校机械工程系的领导和众多专家、教授的积极响应和大力支持,并提出了许多建设性的意见,其中一些教授如合肥工业大学校长陈心昭教授、燕山大学校长王益群教授、江苏理工大学校长蔡兰教授、西安交通大学副校长束鹏程教授、西北工业大学常务副校长杨海成教授等还非常乐意地承担了该系列教材的主编、主审及编审委员会工作。

编写教材除了应该具有针对性外,还应努力编出特色。根据武汉理工大学出版社和教材编审委员会的决定,该系列教材将完全按照第二届全国高校机械工程类专业教学指导委员会提出的机械设计制造及其自动化宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写,这就保证了该套教材可以具有课程体系新、专业口径宽、改革力度大的特点,并可以满足不同院校办出各自专业特色的需要。

按照教材编审委员会的规划,该套教材首批将推出 21 种,包括机械工程概论、画法几何及机械制图、画法几何及机械制图习题集、机械原理、机械设计、理论力学、材料力学、工程热力学、工程材料、机械制造技术基础、材料成型基础、工程测试、数控技术、机械工程控制基础、液压与气压传动、机械 CAD/CAM、机械工程项目管理、机电系统设计、现代设计方法、精密与特

种加工、机械工程专业英语等,涵盖了机械设计制造及其自动化专业的主要专业基础课和部分专业选修课而形成系列,因而可以较好地满足该专业的教学需要。也正是由于是系列教材,各门课程之间的联系和衔接在教材的策划、组织和编写过程中,都可开展充分的讨论和进行仔细的协调,因此有利于保证整套教材风格统一,内容分配合理,既相互呼应,又避免不必要的重复。

我殷切地希望,这套教材在加强基础、协调内容、适当降低难度、努力拓宽知识面向、适应科技发展、更新内容和大力引入多媒体等现代教育技术手段上取得进展,真正成为能满足普通高等学校本科生需要的优秀教学用书,在众多的机械类专业教材中,争芳斗艳,别具特色。

按照武汉理工大学出版社的计划,这套系列教材首批将在2001年秋季全部出齐。金无足赤,人无完人,书无完书。我相信,在读者的关心与帮助下,随着这套教材的不断发行、应用与改进,必将促进机械设计制造及其自动化专业教学用书质量的进一步提高,推动机械类专业教学内容和课程体系改革的进一步深入。

只木独秀难成林,千紫万红才是春!

面向21世纪,希望无限,谨为之序。

中国科学院院士、华中科技大学教授 **杨叔子**
全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员

2000年11月18日

前 言

为适应新世纪科技、经济与社会的飞速发展和日趋激烈的竞争,适应高等教育改革形势和宽口径机械专业人才培养模式及建立新的课程体系的需求,按普通高等学校机械设计制造及其自动化专业新编系列教材编审委员会的统一规划,我们在总结了近年来教学改革探索与实践经验的基础上编写了这本教材。

《机械制造技术基础》是现代机械制造业高级专业技术人才和高级管理人才必修的一门主干专业基础课。它包含了机械制造技术的基本知识、基本理论和基本技能。本书以“重基础、低重心、广知识、少学时、精内容、宽适应”作为编写的指导思想,对原金属切削原理与刀具、金属切削机床设计、机械制造工艺与夹具设计等课程内容进行整合、优化。全书以切削理论为基础,以制造工艺为主线,兼顾工艺装备知识的掌握,增加了非传统加工技术与现代制造技术等内容并注意反映本学科理论与技术的新发展。

为便于教学,本书编写时力求做到内容深入浅出,文字准确简洁。为便于知识点的掌握,在每章开头均有提要,末尾则附有习题或思考题。

本教材建议课堂教学学时数为 62 学时。另有 8 学时的选用章节(目录中标注“*”的章节)可由各校根据教学需要进行取舍,或供学生自学、参考之用。各章教学学时分配建议如下:绪论,1 学时;第一章,3 学时;第二章,12 学时;第三章,14 学时;第四章,2 学时;第五章,12 学时;第六章,8 学时;第七章,4 学时;第八章,4 学时;第九章,4 学时;第十章,2 学时;第十一章,4 学时。本书除可用作高等学校本科机械设计制造及其自动化专业或机械工程及其自动化专业和近机类专业教材外,也可供从事机械制造的工程技术人员、管理人员学习参考。

按照编审委员会的规划与安排,本书由华南理工大学曾志新、太原理工大学吕明主编,华中科技大学张福润主审。具体编写分工如下:华南理工大学曾志新,绪论、第五章;陈秉均,第一、二章;刘旺玉,第六、九章;太原理工大学轧钢、吕明,第三、四章;湛江海洋大学韩荣德,第七章;梁榕辉,第八章;西南工学院尹显明,第十、十一章。参加统稿的工作人员是华南理工大学陈秉均、傅加礼、许纪、刘旺玉、李伟光、李勇等。

在本书的编审及出版过程中,得到编审委员会、武汉理工大学出版社、华南理工大学教务处、华南理工大学机电工程系的领导和同志们的指导与支持;参加编审及统稿的各位老师为本书的编写付出了大量卓有成效的劳动;谨此表示诚挚的敬意和谢意!各位编者在编写过程中,参阅引用了大量的文献资料及教材,无法在此一一列出,谨此一并向原作者表示衷心的感谢!

限于编者的水平和时间,本书难免错漏及不当之处,诚恳希望各位读者给予批评指正。(E-mail: mezzzeng@scut.edu.cn)

编 者

2001 年 2 月

目 录

绪 论	(1)
1 金属切削过程的基本知识	(4)
1.1 基本定义	(4)
1.2 刀具材料	(14)
2 金属切削过程的基本规律及其应用	(19)
2.1 金属切削过程的基本规律	(19)
2.2 金属切削过程基本规律的应用	(44)
3 金属切削机床与刀具	(55)
3.1 金属切削机床的分类、型号与主要技术参数	(55)
3.2 工件表面成形方法与机床运动分析	(61)
3.3 车床与车刀	(64)
3.4 孔加工机床与刀具	(81)
3.5 刨床与插床	(89)
3.6 铣床与铣刀	(91)
3.7 磨床与砂轮	(93)
3.8 齿轮加工机床与齿轮刀具	(100)
* 4 组合机床与自动线简介	(114)
4.1 组合机床的组成及工艺特点	(114)
4.2 组合机床的工艺范围及配置形式	(115)
4.3 组合机床的通用部件	(117)
4.4 组合机床自动线	(121)
5 机械加工工艺规程的制定	(125)
5.1 零件制造的工艺过程	(125)
5.2 工艺规程的作用及设计步骤	(127)
5.3 定位基准的选择	(131)
5.4 工艺路线的拟定	(136)
5.5 加工余量的确定	(140)
5.6 尺寸链	(143)
5.7 工序尺寸的确定	(152)
5.8 时间定额及经济分析	(155)
6 机床夹具设计原理	(161)
6.1 机床夹具概述	(161)
6.2 工件的定位	(163)
6.3 工件的夹紧	(177)
6.4 机床夹具的基本要求和设计步骤	(188)
7 机械加工精度	(194)
7.1 机械加工精度的基本概念	(194)
7.2 影响加工精度的因素	(194)
7.3 加工误差的统计分析	(205)
7.4 提高加工精度的途径	(211)

8 机械加工表面质量	(216)
8.1 机械加工后的表面质量	(216)
8.2 机械加工后的表面粗糙度	(218)
8.3 机械加工后的表面层物理机械性能	(219)
8.4 控制加工表面质量的工艺途径	(223)
8.5 机械加工过程中的振动问题	(226)
9 机械装配工艺	(232)
9.1 机械装配基本问题概述	(232)
9.2 保证装配精度的方法	(234)
9.3 装配工艺规程的制订	(245)
* 10 非传统加工方法简介	(250)
10.1 概述	(250)
10.2 电解加工	(250)
10.3 激光加工	(251)
10.4 电子束与离子束加工	(252)
10.5 快速成型制造技术	(253)
* 11 现代制造技术简介	(255)
11.1 概述	(255)
11.2 现代制造系统物流技术	(256)
11.3 现代制造生产管理技术	(262)

绪 论

1. 制造业和机械制造技术在综合国力竞争中的重要性

制造是人类最主要的生产活动之一。它是指人类按照所需目的,运用主观掌握的知识和技能,通过手工或可以利用的客观的物质工具与设备,采用有效的方法,将原材料转化为有使用价值的物质产品并投放市场的全过程。

制造业是所有与制造有关的行业的总体。它是国民经济的支柱产业之一。据统计,工业化国家中以各种形式从事制造活动的人员约占全国从业人数的四分之一。美国约 68% 的财富来源于制造业,日本国民生产总值的约 50% 由制造业创造,我国的制造业在工业总产值中占了约 40%。另一方面,制造业为国民经济各部门和科技、国防提供技术装备,是整个工业、经济与科技、国防的基础。事实证明,制造业的兴旺与发展事关一国国力的兴衰。以美国为例,二战后,由于其拥有当时最先进的制造技术,工业产品大量出口,成为工业霸主。但在 20 世纪 70 年代开始后,由于受到美国已进入“后工业化社会”观点的误导,认为应将发展重心由制造业转向纯高科技产业及第三产业,把制造业看作“夕阳工业”,忽视制造技术的提高与发展,致使制造业急剧滑坡,竞争实力下降,出口锐减。到 1986 年其贸易赤字达 1610 亿美元,且主要来自工业产品。为此,政府与企业界花费数百万美元,进行了大量的调查研究。美国关于工业竞争的总统委员会的报告指出:“美国在重要而又高速增长的技术市场中失利的一个重要因素是没有把自己的技术应用到制造业上”。麻省理工学院(MIT)经对工业衰退的问题进行多年的系统研究,经过对汽车、民用飞机、半导体和计算机、家用电器、机床等 8 个主要的工业部门,200 多家公司的调研,提出《美国制造业的衰退及对策——夺回生产优势》(美国 1990 年十大畅销书之一)。结论是:“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”,“经济的竞争归根到底是制造技术与制造能力的竞争”。美国朝野都已重新认识到制造业的重要性。1991 年白宫科技政策办公室发表的《美国国家关键技术》报告中,提出“对于国家繁荣与国家安全至关重要的”22 项技术中,就有 4 项属于制造技术(材料加工、计算机一体化制造技术、智能加工设备、微型和纳米制造技术)。克林顿上台不久,于 1993 年 2 月在硅谷发表的《促进美国经济增长的技术——增强经济实力的新方向》报告,指出“制造业仍是美国的经济基础”,提出“要促进先进制造技术的发展”。近年来,日本、美国、德国等工业发达国家都把先进制造技术列入工业与科技的重点发展计划。

机械制造业是制造业的最主要的组成部分。它是为用户创造和提供机械产品的行业,包括了机械产品的开发、设计、制造生产、流通和售后服务全过程。目前,机械制造业肩负着双重任务:一是直接为最终用户提供消费品;二是为国民经济各行业提供生产技术装备。因此,机械制造业是国家工业体系的重要基础和国民经济的重要组成部分,机械制造技术水平的提高与进步将对整个国民经济的发展和科技、国防实力产生直接的作用和影响,是衡量一个国家科技水平的重要标志之一,在综合国力竞争中具有重要的地位。

我国的机械制造业已具有相当规模和一定的技术基础,成为我国工业体系中最大的产业之一。1997 年实现销售收入 13651 亿元,占全国工业总销售收入的 21%,利润 257 亿元、税收 621 亿元,均占全国工业同比的 15%,出口创汇 363 亿元,占全国外贸出口额的 20%。其发展速度高于同期全国工业的平均水平。

随着科技、经济、社会的日益进步和快速发展,日趋激烈的国际竞争及不断提高的人民生活水平对机械产品在性能、价格、质量、服务、环保及多样性、可靠性、准时性等方面提出的要求越来越高,对先进的生产技术装备、科技与国防装备的需求越来越大,机械制造业面临着新的发展机遇和挑战。

2. 机械制造技术发展简史

机械制造技术的历史源远流长,发展到今天,是世界各国人民的聪明才智和发明创造的共同积累,我国人民也为此作出了堪以称道的贡献。据考古科学证实,距今 3 万年前,广西柳江人、内蒙古河套人、北京周口店山顶洞人已经发明了琢钻和磨制技术。从秦始皇陵出土的 2200 多年前的铜车马上,带锥度的铜轴与轴承的配合相当紧密,极有可能是磨削而成。河北满城一号汉墓出土的五铢钱,其外圆有均匀的车削刀痕,上面的切削振动波纹清晰,椭圆度很小,估计是将其中心方孔穿在方轴上,再装夹于木制车床上旋转,手持刀具车削

出来的。同墓出土的还有铁锃、三棱形青铜钻,经过渗碳处理的铁剑和书刀、青铜弩机和箭头。其中青铜弩机的结构复杂,而且加工精度高,说明当时(公元前 206~220 年)的机械制造技术已达到了一定的水平。1668 年我国已有了马拉铣床和脚踏砂轮机。1775 年英国的约翰·威尔金森(J·Wilkinson)为加工瓦特蒸汽机的汽缸,研制成功镗床,此后至 1860 年期间,先后出现了车、铣、刨、插、齿轮、螺纹加工等各种机床。

1860 年后,由于冶金技术的发展,钢铁材料成为主要的结构材料。由于其加工难度增大,迫切需要使用新的刀具材料,1898 年出现了高速钢,1907 年德国首先研制出硬质合金,使切削速度分别提高 4~20 倍。这又促进了机床的速度、功率、刚性和精度等性能的改进与提高及加工工艺系统的进步。此后,新型工程材料的出现,相关技术的发展,对机械加工在生产率、加工精度、生产成本、生产过程自动化等方面不断提出了新的要求,促使了整个机械制造的理论与技术的不断进步与发展。时至今日,切削刀具材料已从碳素工具钢、高速钢、硬质合金发展到陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼、涂层刀具等;机床已由皮带传动、齿轮传动发展到电磁直接驱动,其主轴转速已从每分钟数十转、数百转发展到数千转、数万转;加工精度由当年瓦特蒸汽机汽缸的 1 毫米提高到现代制造技术的 0.01 微米甚至达到原子尺度(0.1nm)的加工水平。在自动化加工技术方面,随着计算机技术的发展和运用,从 20 世纪 60 年代起,数控机床、加工中心、柔性加工系统等高效、高精度、高自动化的现代制造技术等得到了飞速的发展和运用。

中华人民共和国成立之前,我国的机械工业处在以修配为主的水平。全国只有 9 万台简陋的机床,技术水平及生产率低下。新中国建立之后,我国的机械制造工业和制造技术得到了迅速的发展。经过 50 年的努力,已形成了具有相当规模、较高的技术水平和较完整的机械工业体系。全国现在拥有机床 400 万台,具有较强的成套设备制造能力。大型的水电、火电机组和核电设备、钻探、采矿设备等已达到世界先进水平。运载火箭、人造卫星技术更反映了我国机械工业的技术水平。但是,与发达工业国家相比,我们在不少方面仍存在着较大差距。例如,我国机械工业人均生产率仅为发达国家的 1/10~1/30;材料利用率我国为 60%,而国外先进水平为 80%;机电产品交货期我国为 1~2 年,而国外仅为 3~6 个月;据 1997 年统计数字,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,且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,出口竞争力不强。随着经济的全球化,尤其在我国加入 WTO 以后,国际经济竞争将进入短兵相接的阶段。在新的形势下,我国的机械制造业要有强烈的危机感、紧迫感,以只争朝夕的精神,全力提高机械制造技术水平、降低生产成本,发展先进制造技术,促进产品升级换代,提高整体竞争能力,迎接新世纪的机遇和挑战。

3. 现代制造技术发展趋势

现代制造技术发展的总的趋势是机械制造科技与材料科技、电子科技、信息科技、生命科技、环保科技、管理科技等的交叉、融合。具体将主要集中在如下几个方面:

(1)机械制造基础技术 切削(含磨削)加工仍然是机械制造的主导加工方法,提高生产率和质量是今后的发展方向。强化切削用量(如超高速切削),高精度、高效切削机床与刀具,最佳切削参数的自动优选,自动快速换刀技术,刀具的高可靠性和在线监控技术,成组技术(GT),自动装配技术等将得到进一步的发展和运用。

(2)超精密及细微加工技术 各种精密、超精密加工技术,细微与纳米加工技术在微电子芯片、光子芯片制造,超精密微型机器及仪器,微机电系统(MEMS)等尖端技术及国防尖端装备领域中将大显身手。精密加工可以稳定地达到亚微米级精度,而扫描隧道显微(STM)加工和原子力显微(AFM)加工甚至可实现原子级的加工。微机电系统技术将应用于生物医学、航空航天、信息科学、军事国防以至于工业、农业、家庭等广泛的领域。

(3)自动化制造技术 自动化制造技术将进一步向柔性化、智能化、集成化、网络化发展。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助装配工艺设计(CAAP)、快速成形(RP)等技术将在新产品设计方面得到更全面的运用和完善。高性能的计算机数控(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)等将更好地适应多品种、小批量产品的高质、高效加工制造。精益生产(LP)、准时生产(JIT)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)等先进制造生产管理模式将主导新世纪的制造业。

(4)绿色制造技术 在机械制造业综合考虑社会、环境、资源等可持续发展因素的绿色制造(无浪费制造)技术,将朝着能源与原材料消耗最小,所产生的废弃物最小并尽可能回收利用,在产品的整个生命周期中

对环境无害等等方面发展。

4. 本课程的性质、目的与基本要求

《机械制造技术基础》是机械类各专业的主干专业技术基础课程。通过本课程的教学,应使学生了解和掌握机械制造技术的有关基本理论、基本知识和基本技能,为后续课程学习打下良好的基础。

对本课程学习的要求是:

(1)以金属切削理论为基础,要求掌握金属切削的基本原理和基本知识,并有根据具体情况合理选择加工方法(机床、刀具、切削用量、切削液等)的初步能力。

(2)以制造工艺为主线,要求了解和掌握机械加工工艺过程和装配工艺过程的基本原理和基本知识,具有设计工艺规程的初步能力。

(3)要了解常用工艺装备(主要指通用机床、刀具、夹具),懂得选用,并具有初步设计能力(主要指夹具)。

(4)对机械制造技术的发展趋势有一定了解。

1 金属切削过程的基础知识

本章提要

目前,绝大多数零件的机械加工都要通过金属切削过程来完成。金属切削过程就是刀具从工件上切除多余的金属,使工件获得规定的加工精度与表面质量。因此,要进行优质、高效与低成本的生产,必须重视金属切削过程的研究。

本章主要介绍金属切削过程的基础知识,分为两大部分:

一、基本定义——介绍金属切削过程方面的一些基本概念,它包括切削运动、切削用量、参考系(基面、切削平面、主剖面)、刀具标注角度、切削层参数等。

二、刀具材料——介绍刀具材料应具备的性能(硬度、耐磨性、强度、韧性、耐热性、工艺性、经济性),两种常用的刀具材料(高速钢、硬质合金)和其它刀具材料(涂层、陶瓷、人造金刚石、立方氮化硼)。

1.1 基本定义

金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程。刀具从工件上切除多余的金属,并在高生产率和低成本的前提下,使工件得到符合技术要求的形状、位置、尺寸精度和表面质量。为实现这一过程,工件与刀具之间要有相对运动,即切削运动,它由金属切削机床来完成。机床、夹具、刀具和工件,构成一个机械加工工艺系统,切削过程的各种现象和规律都在这个系统的运动状态中去研究。

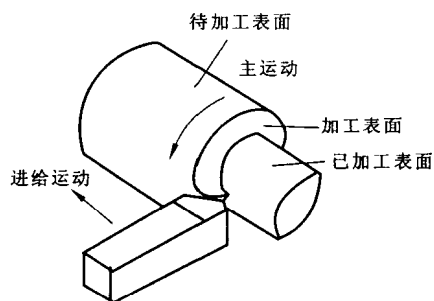


图 1.1 车削时的切削运动

1.1.1 切削运动与切削用量

在金属切削中,为了要从工件中切去一部分金属,刀具与工件之间必须完成一定的切削运动。如外圆车削时,工件作旋转运动,刀具作连续纵向直线运动,形成了工件的外圆柱表面。在新的表面的形成过程中,工件上有三个依次变化的表面(图 1.1):

待加工表面:即将被切去金属层的表面;

加工表面:切削刃正在切削着的表面;

已加工表面:已经切去一部分金属形成的新表面。

这些定义也适用于其它切削。图 1.2(a)、(b)、(c)分别表示了刨削、钻削、铣削时的切削运动。

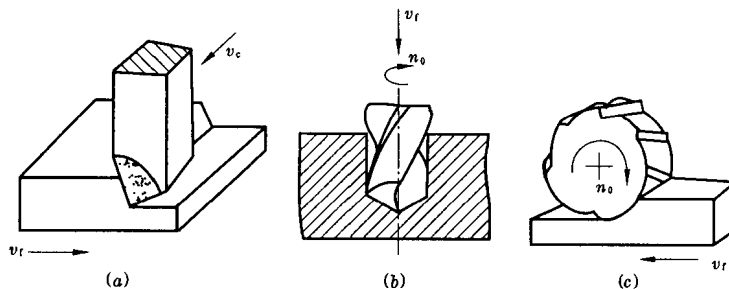


图 1.2 刨、钻、铣削时的切削运动

1.1.1.1 切削运动

金属切削机床的基本运动有直线运动和回转运动。但是,按切削时工件与刀具相对运动所起的作用来分,可分为主运动和进给运动。如图 1.1 所示。

(1) 主运动

主运动是切下金属所必须的最主要的运动。通常它的速度最高,消耗机床功率最多。机床的主运动只有一个。车、镗削的主运动是工件与刀具的相对旋转运动。

(2) 进给运动

使新的金属不断投入切削的运动。它保证切削工作连续或反复进行,从而切除切削层形成已加工表面。机床的进给运动可由一个、两个或多个组成,通常消耗功率较小。进给运动可以是连续运动,也可以是间歇运动。

(3) 合成运动与合成切削速度

当主运动与进给运动同时进行时,刀具切削刃上某一点相对工件的运动称为合成切削运动,其大小与方向用合成速度向量 v_c 表示。如图 1.3 所示,合成速度向量等于主运动速度与进给运动速度的向量和。即

$$v_c = v_c + v_f \quad (1.1)$$

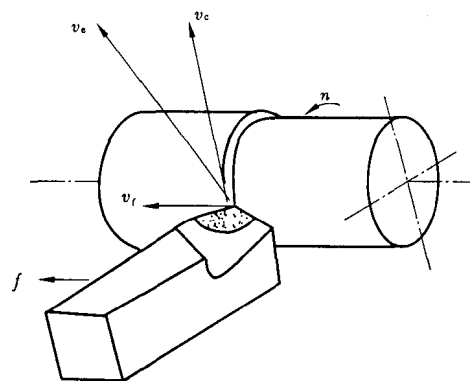


图 1.3 切削时合成切削速度

1.1.1.2 切削用量三要素

在切削加工过程中,需要针对不同的工件材料、刀具材料和其它技术经济要求来选定适宜的切削速度 v_c 、进给量 f 或进给速度 v_f 值,还要选定适宜的背吃刀量 a_p 值。 v_c 、 f 、 a_p 称之为切削用量三要素。

(1) 切削速度

大多数切削加工的主运动采用回转运动。回旋体(刀具或工件)上外圆或内孔某一点的切削速度计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad \text{m/s 或 m/min} \quad (1.2)$$

式中 d ——工件或刀具上某一点的回转直径(mm);

n ——工件或刀具的转速(r/s 或 r/min)。

在当前生产中,磨削速度单位用米/秒(m/s),其它加工的切削速度单位习惯用米/分(m/min)。

在转速 n 值一定时,切削刃上各点的切削速度不同。考虑到刀具的磨损和已加工表面质量等因素,计算时,应取最大的切削速度。如外圆车削时计算待加工表面上的速度(用 d_w 代入公式),内孔车削时计算已加工表面上的速度(用 d_m 代入公式),钻削时计算钻头外径处的速度。

(2) 进给速度、进给量和每齿进给量

进给速度 v_f 是单位时间的进给量,单位是 mm/s(mm/min)。

进给量是工件或刀具每回转一周时两者沿进给运动方向的相对位移,单位是 mm/r(毫米/转)。

对于刨削、插削等主运动为往复直线运动的加工,虽然可以不规定进给速度,却需要规定间歇进给的进给量,其单位为 mm/d·st(毫米/双行程)。

对于铣刀、铰刀、拉刀、齿轮滚刀等多刃切削工具,在它们进行工作时,还应规定每一个刀齿的进给量 f_z ,即后一个刀齿相对于前一个刀齿的进给量,单位是 mm/Z(毫米/齿)。

显而易见

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot Z \cdot n \quad \text{mm/s 或 mm/min} \quad (1.3)$$

(3) 背吃刀量

对于车削和刨削加工来说,背吃刀量 a_p 为工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,单位为 mm。

外圆柱表面车削的切削深度可用下式计算:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad \text{mm} \quad (1.4)$$

对于钻孔工作

$$a_p = \frac{d_m}{2} \text{ mm} \quad (1.5)$$

上两式中 d_m ——已加工表面直径(mm);
 d_w ——待加工表面直径(mm)。

1.1.2 刀具切削部分的基本定义

1.1.2.1 刀具切削部分的构造要素

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着共性,即不论刀具构造如何复杂,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。

国际标准化组织(ISO)在确定金属切削刀具的工作部分几何形状的一般术语时,就是以车刀切削部分为基础的。刀具切削部分的构造要素(图 1.4)及其定义和说明如下:

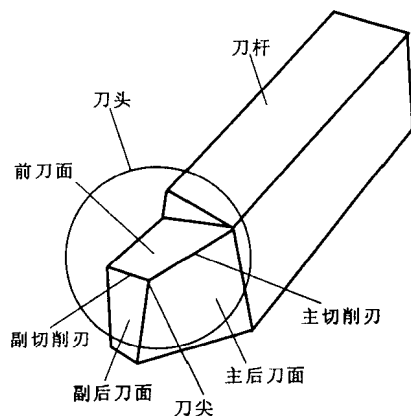


图 1.4 典型外圆车刀切削部分的构成

(1)前刀面

前刀面 A_1 是切屑流过的表面。根据前刀面与主、副切削刃相毗邻的情况区分:与主切削刃毗邻的称为主前刀面;与副切削刃毗邻的称为副前刀面。

(2)后刀面

后刀面分为主后刀面与副后刀面。主后刀面 A_2 是指与工件加工表面相面对的刀具表面。副后刀面是与工件已加工表面相面对的刀具表面。

(3)切削刃

切削刃是前刀面上直接进行切削的边锋,有主切削刃和副切削刃之分。主切削刃指前刀面与主后刀面相交的锋边;副切削刃指前刀面与副后刀面相交的锋边。

(4)刀尖

刀尖可以是主、副切削刃的实际交点(图 1.5),也可以是把主、副两条切削刃连接起来的一小段切削刃,它可以是圆弧,也可以是直线,通常都称为过渡刃。

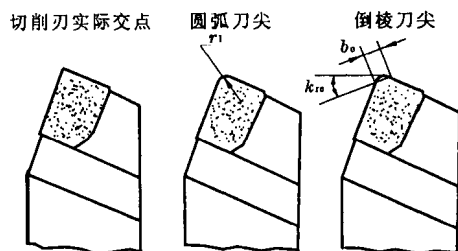


图 1.5 刀尖形状

1.1.2.2 刀具标注角度的参考系

把刀具同工件和切削运动联系起来确定的刀具角度,称为刀具的工作角度,也就是刀具在使用状态下(in use)的角度。但是,在设计、绘制和制造刀具时,刀具尚未处于使用状态下,如同把刀具拿在手里(in hand),刀具同工件和切削运动的关系尚不确定,这时怎样标注它的几何角度呢?

ISO 为此制订了一套便于制造、刃磨和测量的刀具标注角度参考系。任何一把刀具,在使用之前,总可以知道它将要安装在什么机床上,将有怎样的切削运动,因此也可以预先给出假定的

的工作条件,并据以确定刀具标注角度的参考系。

假定运动条件:首先给出刀具的假定主运动方向和假定进给运动方向;其次假定进给速度值很小,可以用主运动向量 v_c 近似代替合成速度向量 v_s ;然后再用平行和垂直于主运动方向的坐标平面构成参考系。

假定安装条件:假定标注角度参考系的诸平面平行或垂直于刀具上便于制造、刃磨和测量时定位与调整的平面或轴线(如车刀底面、车刀刀杆轴线、铣刀、钻头的轴线等)。反之也可以说,假定刀具的安装位置恰好使其底面或轴线与参考系的平面平行或垂直。

这样一来,刀具位置是标准的,切削运动是简化的,参考系便很容易确定。而所谓的“静止系”本质上并不是静止的,它仍然是把刀具同工件和运动联系起来的一种特定的参考系。

刀具标注角度的参考系由下列诸平面构成:

①基面 P_r

通过切削刃选定点,垂直于假定主运动方向的平面。通常,基面应平行或垂直于刀具上便于制造、刃磨和测量的某一安装定位平面或轴线。例如,图 1.6 所示为普通车刀、刨刀的基面 P_r ,它平行于刀具底面。

钻头、铣刀和丝锥等旋转类刀具,其切削刃各点的旋转运动(即主运动)方向,都垂直于通过该点并包含刀具旋转轴线的平面,故其基面 P_r 就是刀具的轴向剖面。图 1.7 所示为钻头切削刃上选定点的基面。

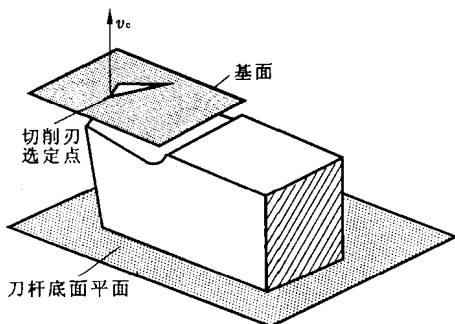


图 1.6 普通车刀的基面 P_r

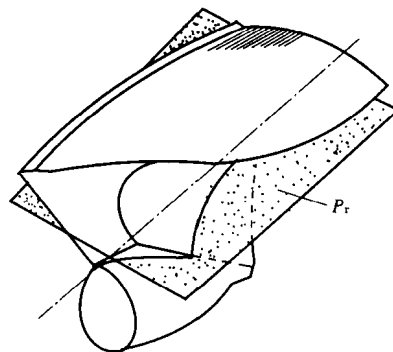


图 1.7 钻头的基面

②切削平面 P_s

通过切削刃选定点,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(见图 1.8)。

基面和切削平面十分重要。这两个平面加上以下所述的任一剖面,便构成各种不同的刀具标注角度参考系。可以说,不懂得基面和切削平面就不懂得刀具。

③主剖面 P_o 和主剖面参考系

主剖面 P_o 是通过切削刃选定点,同时垂直于基面 P_r 和切削平面 P_s 的平面。由此可知,主剖面垂直于主切削刃在基面上的投影。图 1.8 表示由 P_r — P_s — P_o 组成的一个正交的主剖面参考系。这是目前生产中最常用的刀具标注角度参考系。

④法剖面 P_n 和法剖面参考系

法剖面 P_n 是通过切削刃选定点,垂直于切削刃的平面。如图 1.8 所示,由 P_r — P_s — P_n 组成的一个法剖面参考系。该图把两个参考系画在一起,在实际使用时一般是分别使用某一个参考系。由该图可知,两个参考系的基面和切削平面相同,再加上不同的剖面就构成不同的参考系。

⑤进给剖面 P_f 和背平面 P_p 及其组成的进给、背平面参考系

进给剖面 P_f 是通过切削刃选定点,平行于进给运动方向并垂直于基面 P_r 的平面。通常,它也平行或垂直与刀具上便于制造、刃磨和测量的某一安装定位平面或轴线。例如,普通车刀和刨刀的 P_f 垂直于刀杆轴线;钻头、拉刀、端面车刀、切断刀等的 P_f 平行于刀具轴线;铣刀的 P_f 则垂直于铣刀轴线。由 P_r — P_f — P_p 组成一个进给、背平面参考系,如图 1.9 所示。

背平面 P_p 是通过切削刃选定点,同时垂直于 P_r 和 P_f 的平面。

1.1.2.3 刀具工作角度的参考系

上述刀具标注角度参考系,在定义基面时,都只考虑主运动,不考虑进给运动,即在假定运动条件下确定的参考系。但刀具在实际使用时,这样的参考系所确定的刀具角度,往往不能确切地反映切削加工的真实情形。只有用合成切削运动方向 v_c 来确定参考系,才符合切削加工的实际。例如,图 1.10 所示三把刀具的标注角度完全相同,但由于合成切削运动方向 v_c 不同,后刀面与加工表面之间的接触和摩擦的实际情形有很大的不同;图(a)刀具后刀面同工件已加工表面之间有适宜的间隙,切削情况正常;图(b)该两个表面全面接触,摩擦严重;图(c)刀具的背棱顶在已加工表面上,切削刃无法切入,切削条件被破坏。可见,在这种场合下,只考虑主运动的假定条件是不合适的,还必须考虑进给运动速度的影响,也就是必须考虑合成切削运动方向来确定刀具工作角度的参考系。

同样,刀具实际安装位置也影响工作角度的大小。只有采用刀具工作角度的参考系,才能反映切削加工