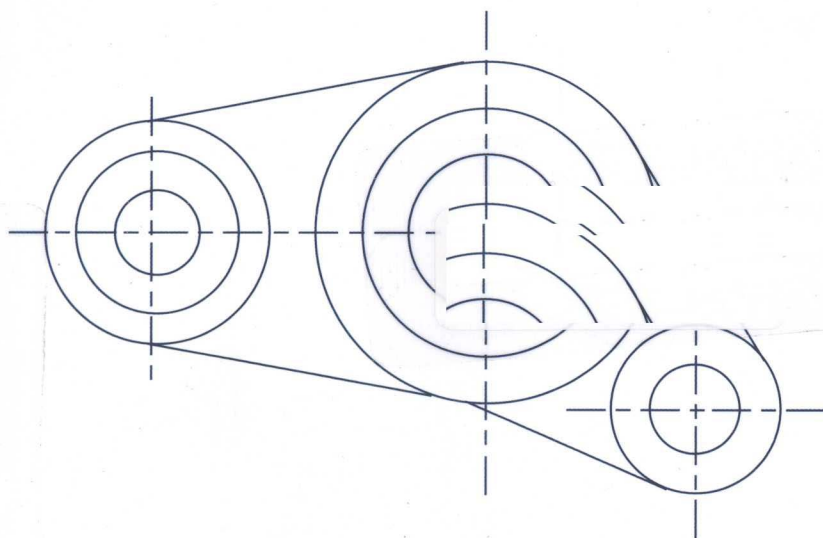


普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

制造技术基础

ZHIZAO JISHU JICHU

■ 主编 陈明



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材

制造技术基础

主 编 陈 明
副主编 姜庆昌 刘润爱
参 编 丁红军 王晓玲 赵玲亚
王 军 杨永明 蒋 放

国防工业出版社

· 北京 ·

林楚良“正二十”内容简介林楚良“正二十”内容简介

本书是普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材,系统介绍机械加工工艺系统基本知识、切削过程及其控制、切削常用刀具、典型机床工作运动分析、机械加工工艺规程编制、机械加工质量分析及控制、典型零件加工工艺、夹具设计基本原理、典型夹具设计、机器装配工艺基础和先进制造技术。

全书以国家精品课程“机械加工基础”为依托,在现代制造技术的大背景下,以加工工艺为主线,将制造工艺、机床夹具、装配工艺和加工对象等有机统一,强调对基本概念和基本知识的理解和掌握,突出典型机械结构、典型工艺及其典型应用,注重现场加工实际问题的分析和解决方案,具有一定的科学性和先进性。

本书可作为高等工科院校机械类专业教学用书,也可供从事机械制造行业工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

制造技术基础 / 陈明主编. —北京: 国防工业出版社, 2011. 1

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 118 - 07150 - 4

I. ①制... II. ①陈... III. ①机械制造工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 008043 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 26 3/4 字数 617 千字

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

普通高等院校机械工程学科“十二五”规划教材 编委会名单

名誉主任	艾 兴	山东大学
	王先逵	清华大学
主 任	吕 明	太原理工大学
副 主 任	庞思勤	北京理工大学
	朱喜林	吉林大学
秘 书 长	杨胜强	太原理工大学
委 员	吴宗泽	清华大学
	潘宏侠	中北大学
	轧 刚	太原理工大学
	任家骏	太原理工大学
	陈 明	北华航天工业学院
	谭晓兰	北方工业大学
	李德才	北京交通大学
	杨 康	佳木斯大学
	石望远	北华航天工业学院
	王好臣	山东理工大学
	王卫平	东莞理工学院
	张平宽	太原科技大学
	赵 波	河南理工大学

序

国防工业出版社组织编写的“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”即将出版,欣然为之作“序”。

随着国民经济和社会的发展,我国高等教育已形成大众化教育的大好形势,为适应建设创新型国家的重大需求,迫切要求培养高素质专门人才和创新人才,学校必须在教育观念、教学思想等方面做出迅速的反应,进行深入教学改革,而教学改革的主要内容之一是课程的改革与建设,其中包括教材的改革与建设,课程的改革与建设应体现、固化在教材之中。

教材是教学不可缺少的重要组成部分,教材的水平将直接影响教学质量,特别是对学生创新能力的培养。作为机械工程学科的教材,不能只是传授基本理论知识,更应该是既强调理论,又重在实践,突出的要理论与实践结合,培养学生解决实际问题的能力和创新能力。在新的深入教学改革、新课程体系的建立及课程内容的发展过程中,建设这样一套新型教材的任务已经迫切地摆在我们面前。

国防工业出版社组织有关院校主持编写的这套“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”,可谓正得其时。此套教材的特点是以编写“有利于提高学生创新能力和知识水平”为宗旨,选题论证严谨、科学,以体现先进性、创新性、实用性,注重学生能力培养为原则,以编出特色教材、精品教材为指导思想,注意教材的立体化建设,在教材的体系上下功夫。编写过程中,每部教材都经过主编和参编辛勤认真的编写和主审专家的严格把关,使本套教材既继承老教材的特点,又适应新形势下教学改革的要求,保证了教材的系统性和精品化,体现了创新教育、能力教育、素质教育教学理念,有效激发学生自主学习能力,提高学生的综合素质和创新能力,为培养出符合社会需要的优秀人才服务。丛书的出版对高校的教材建设、特别是精品课程及其教材的建设起到了推动作用。

衷心祝贺国防工业出版社和所有参编人员为我国高等教育提供了这样一套有水平、有特色、高质量的机械工程学科规划教材,并希望编写者和出版者在与使用者的沟通过程中,认真听取他们的宝贵意见,不断提高该套规划教材的水平!

中国工程院院士

2010年6月

V

前言

本书为适应机械制造业的发展和 21 世纪高校应用型人才培养目标的社会需求,按照国防工业出版社“普通高等院校机械工程学科‘十二五’规划教材”编写精神,以“机械加工基础”国家精品课程为依托,对机械制造技术必备的理论 and 知识,运用全新观念在总结多年来专业教学实践的基础上编写而成。本书的主要特点是:

1. 优化组合,完整充实

将制造工艺、机床夹具、装配工艺和加工对象等各方面理论和知识有机统一,形成完整的机械制造工艺学知识体系,奠定现代制造技术基础,体现一定的科学性、系统性、完整性、充实性,满足企业生产第一线所必需的基本理论和专业知识。

2. 合理取材,简明精练

教材内容覆盖面广,综合性强。注意对传统内容削枝强干、合理取舍,减少繁琐理论推导,较多采用图、表描述,图文并茂,以“必须够用”为度,避免不必要的重复,简明精练。

3. 围绕主线,强调先进

以加工工艺为主线,在现代制造技术的大背景下,阐述机械制造工艺学基本理论和专业知识。各章渗透新的制造工艺和加工技术内容,如现代设计技术、现代制造工艺技术、制造自动化技术等,反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺,体现一定的先进性和现代化。

4. 注重典型,突出实用

注重对基本概念和基本知识的理解和掌握,突出原理的结论是什么以及如何应用,注重典型的机械结构、典型工艺和典型应用,强调现场加工实际问题的分析和解决方案,贴近生产,实用为先,学以致用。

5. 融入计算机应用技术

融入计算机辅助工艺过程设计 CAPP、计算机辅助检测与统计分析、数控加工技术 NC、计算机辅助制造 CAM、计算机辅助夹具设计 CAFD、计算机有限元辅助夹具分析、计算机辅助装配工艺 CAAP 等,反映计算机新技术在机械制造领域的应用。

6. 贯彻标准,科学规范

在名词术语、代号符号、单位量纲等方面,贯彻执行新的国家标准,规范描述,科学统一,满足行业与社会需要。

本书由北华航天工业学院陈明教授主编,佳木斯大学姜庆昌博士和太原理工大学刘润爱博士副主编,北华航天工业学院石望远教授主审。

具体编写分工为:绪论、第一章、第七章、第十章、附录由陈明编写;第二章由王晓玲编写;第三章、第十一章由刘润爱编写;第四章由丁红军编写;第五章由姜庆昌和王军编写;第六章由姜庆昌编写;第八章由赵玲亚编写;第九章由杨永明和蒋放编写。全书由陈明总体规划、统稿和校稿。

本书编写过程中得到了北华航天工业学院、太原理工大学、佳木斯大学和廊坊职业技术学院等院校同行的大力支持和帮助,在此一并深表感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者不吝指正。

编者

2010年7月

目 录

绪论	1
第一章 机械加工工艺系统基本知识	6
第一节 机械零件加工表面的形成	6
第二节 切削机床基本知识	10
第三节 切削刀具基本知识	19
第四节 机床夹具基本知识	26
习题与思考题	34
第二章 切削过程及其控制	36
第一节 切削过程中的变形	36
第二节 切削过程的主要物理现象及规律	43
第三节 影响切削加工的主要因素	59
第四节 磨削	69
习题与思考题	70
第三章 切削常用刀具	72
第一节 车刀	72
第二节 孔加工刀具	77
第三节 铣刀	85
第四节 砂轮	89
习题与思考题	93
第四章 典型机床工作运动分析	94
第一节 卧式车床	94
第二节 齿轮加工机床	118
习题与思考题	136
第五章 机械加工工艺规程的编制	138
第一节 概述	138
第二节 机械加工工艺过程的设计	145

第三节	机械加工的工序设计	153
第四节	成组加工工艺规程设计	164
第五节	计算机辅助工艺过程设计	167
第六节	工艺过程的生产率和经济性	171
习题与思考题		175
第六章	机械加工质量分析及控制	178
第一节	概述	178
第二节	影响加工精度的主要因素及其控制	184
第三节	加工误差的综合分析	204
第四节	影响表面质量的因素及其控制	215
第五节	机械加工中振动的基本知识	217
习题与思考题		220
第七章	典型零件的加工工艺	223
第一节	轴类零件的加工	223
第二节	箱体类零件的加工	232
第三节	其他类型零件的加工	241
习题与思考题		245
第八章	夹具设计的基本原理	247
第一节	工件在夹具中的定位	247
第二节	工件在夹具中的夹紧	273
第三节	专用夹具的设计方法	299
第四节	计算机辅助夹具设计	303
习题与思考题		307
第九章	典型夹具的设计	309
第一节	钻床夹具	309
第二节	镗床夹具	319
第三节	铣床夹具	325
第四节	车床夹具	330
第五节	其他机床夹具简介	337
习题与思考题		341
第十章	机器装配工艺基础	343
第一节	概述	343

第二节 装配尺寸链	347
第三节 保证装配精度的方法	349
第四节 装配工艺规程的编制	354
第五节 装配自动化及计算机辅助装配工艺设计	358
习题与思考题	362
第十一章 先进制造技术	364
第一节 概述	364
第二节 现代制造工艺技术	365
第三节 制造自动化技术	378
第四节 先进制造生产模式	386
习题与思考题	395
附录	396
附录一、常用机床部分代号编制规范	396
附录二、机械加工工艺基本数据	399
附录三、机床夹具设计基本数据	405
附录四、JLBM—1 分类系统编码规范	411
参考文献	414

绪 论

一、制造业与制造技术

1. 制造

制造是人类按照市场需求,运用主观掌握的知识和技能,借助手工或可以利用的客观物质工具,采用有效的工艺方法和必要的能源,将原材料转化为最终物质产品并投放市场的全过程。

制造的概念有狭义和广义之分。狭义的制造,指生产车间内与物流有关达到加工和装配过程;广义的制造,则包括市场分析、产品设计、给以设计、生产准备、加工装配、质量保证、生产过程管理、市场营销、售前售后服务,以及报废后的回收处理等整个产品生命周期内一系列相关联系的生产活动。

国际生产工程学会(International Institution for Proudetion Engineering Research, CIRP)对制造的定义:制造是一个涉及制造业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。

2. 制造业

制造业是将制造资源,包括物料、设备、工具、资金、技术、信息和人力等,通过制造过程转化为可供人们使用和消费的产品行业;是所有与制造有关的企业群体的总称。制造业是国民经济的支柱产业,是一个国家的立国之本,是反映一个国家经济实力、国防实力、科技水平的重要标志。

制造业涉及一般机械、食品工业、化工、建材、冶金、纺织、电子电器、运输机械等国民经济的许多部门。制造业一方面创造价值,生产物质财富和新的知识,另一方面为国民经济各个部门,包括国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。在工业化国家中,约有1/4的人口从事各种形式的制造活动;在非制造业部门中,约有1/2人口的工作性质与制造业密切相关。

统计表明,制造业为工业化国家创造了60%~80%的社会财富,是国际贸易中主要交易物品的源泉。例如1700年—1990年间,制造货物占世界贸易总额的75%。各过实践证明,一个没有足够强大制造业的国家不可能是一个先进、富强的国家。先进的制造业是人民物质文化生活不断提高和综合国力与国防力量不断增强的保证。

3. 制造技术

制造技术支撑着制造业的发展。制造技术是制造业为国民经济建设和人民生活生产各种必需物资(包括生产资料和消费品)所使用的一切生产技术的总称,是将原材料和其他生产要素经济合理地转化为可直接使用的具有高附加值的成品/半成品和技术服务的技术群。

传统的制造技术仅强调工艺方法和加工设备,现代的制造技术还强调设计方法、生产

组织模式,以及与其他技术的交叉和融合,甚至涉及制造全球化、军备竞争等。

综观 200 年制造业发展的历史,无不记录着制造技术的发展历程。18 世纪以蒸汽机和工具机的发明为标志的英国工业革命,揭开了工业经济时代的序幕,开创了以机器占主导地位的制造业新纪元。19 世纪末 20 世纪初,交通和运载工具对质轻、高效发动机的要求是诱发内燃机发明的社会动因,继而引发了又一场新的制造业革命。人类社会对汽车、武器弹药为代表产品的大批量需求又促进了标准化、自动化的发展进程。福特开创的大批量生产模式和泰勒创立的科学管理理论导致了制造技术的分工和制造系统的功能分解,从而使制造成本大幅度降低。第二次世界大战后,微电子技术、计算机技术、计算机集成制造及精益生产等相继问世,制造技术由此进入了面向市场多样需求的柔性生产新阶段,引发了生产模式和管理技术的新革命。20 世纪 90 年代以来,随着计算机技术、信息技术、自动化技术等制造业中的广泛应用,它们与传统的制造技术相结合,形成了快速发展的先进制造技术和现代制造业,从而为当今世界丰富多彩的物质文明奠定了坚实的基础。

高质量、高水平的制造业必然有先进的制造技术作后盾。所以说,制造技术是一个国家科技水平的综合体现,是国家经济可持续发展的根本动力。

世界各国之间经济方面的竞争主要是制造技术的竞争。在其企业生产力构成中,制造技术的作用一般占 55% ~ 65%。因此,必须不断地研究和利用制造技术,不断地完善和改造制造业,以最短的产品开发时间(Time)、最优的产品质量(Quality)、最低的价格和成本(Cost)、最佳的服务(Service),即 TQCS 去赢得市场和用户。

4. 制造系统

制造系统指覆盖全部产品生命周期的制造活动所形成的系统,即设计、制造、市场乃至回收的全过程。在这一过程中,所存在的物质流(主要指由原材料到产品的有形物质的流动)、信息流(只要指生产活动的设计、规划、调度与控制)及资金流(包括了成本管理、利润规划及费用流动等)构成了整个制造系统。

也就是说,由制造过程及其所涉及的硬件、软件和人员所组成的一个具有特定功能的有机整体就是制造系统。硬件包括生产设备、工具和材料、能源以及各种辅助装置;软件则包括制造理论、制造工艺与方法以及各种制造信息等。

而通常所指的制造系统仅仅是一种加工系统,即是上述所定义系统的一个组成部分。

制造系统的分类可以从不同的角度来考虑。图 1 中列出了几种主要的分类,各种类型的不同组合,可以得到不同类型的制造系统。

二、机械制造业与机械制造技术

1. 机械制造业

在国民经济的各条战线上广泛使用着大量的机械、机床、工具、仪器、仪表等工艺装备。这些工艺装备的制造过程总称为机械制造,生产这些工艺装备的工业即是机械制造业。机械制造业的主要任务就是围绕各种工程材料的加工技术,研究其工艺,并设计和制造各种工艺装备。

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術装备部。据西方工业国家统计,机械制造业创造了 60% 的社会财富,完成了

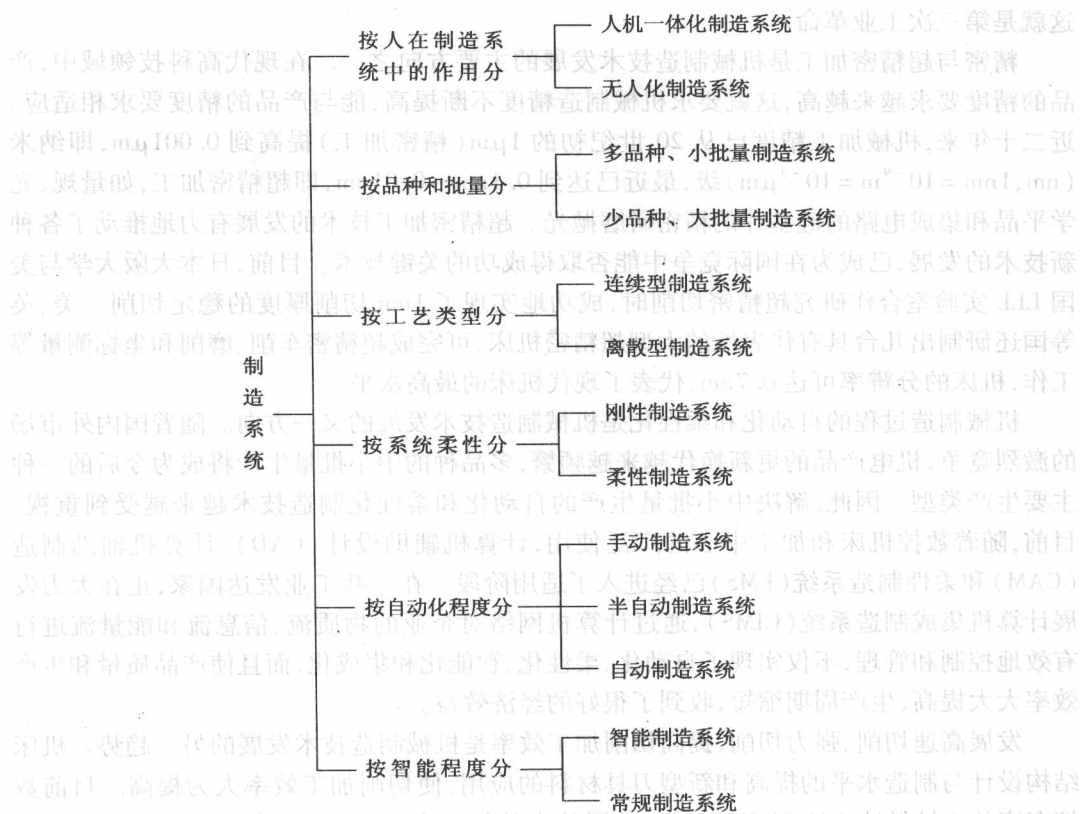


图1 制造系统的分类

45%的国民经济收入。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。因此,一个国家的经济竞争归根到底是机械制造业的竞争,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。

2. 机械制造技术

机械制造技术是人类历史上最早发展起来的实用技术之一,是研究用于制造上述机械产品的加工原理、工艺方法及相应设备的一门工程技术,同时也是先进制造技术的基础支柱。

一般地,机械制技术包括机械制造热加工技术、机械制造冷加工技术和机器装配技术。热加工指铸造、塑性加工、焊接、表面处理等;冷加工一般指零件的机械加工工艺过程,也可包括装配工艺过程,乃至特种加工技术等。一般机械制造多指研究各种机械制造冷加工的过程和方法。

当前,随着科学技术的进步,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,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。机械制造业正在经历着由传统制造技术向自动化、最优化、柔性化、集成化、智能化和精密化发展的根本变革。一个以先进制造技术(有关先进制造技术内容,参见本书第十一章)为重点的工业革命已经到来,

这就是第三次工业革命。

精密与超精密加工是机械制造技术发展的主要方向之一。在现代高科技领域中,产品的精度要求越来越高,这就要求机械制造精度不断提高,能与产品的精度要求相适应。近二十年来,机械加工精度已从 20 世纪初的 $1\mu\text{m}$ (精密加工) 提高到 $0.001\mu\text{m}$, 即纳米 (nm , $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m} = 10^{-3}\mu\text{m}$) 级,最近已达到 $0.1\text{nm} \sim 0.01\text{nm}$, 即超精密加工,如量规、光学平晶和集成电路的硅基片的精密研磨抛光。超精密加工技术的发展有力地推动了各种新技术的发展,已成为在国际竞争中能否取得成功的关键技术。目前,日本大阪大学与美国 LLL 实验室合作研究超精密切削时,成功地实现了 1nm 切削厚度的稳定切削。美、英等国还研制出几台具有代表性的大型超精密机床,可完成超精密车削、磨削和坐标测量等工作,机床的分辨率可达 0.7nm ,代表了现代机床的最高水平。

机械制造过程的自动化和柔性化是机械制造技术发展的又一方向。随着国内外市场的激烈竞争,机电产品的更新换代越来越频繁,多品种的中小批量生产将成为今后的一种主要生产类型。因此,解决中小批量生产的自动化和柔性化制造技术越来越受到重视。目前,随着数控机床和加工中心的广泛使用,计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM) 和柔性制造系统 (FMS) 已经进入了适用阶段。在一些工业发达国家,正在大力发展计算机集成制造系统 (CIMS),通过计算机网络对企业的物质流、信息流和能量流进行有效地控制和管理,不仅实现了自动化、柔性化、智能化和集成化,而且使产品质量和生产效率大大提高,生产周期缩短,收到了很好的经济效益。

发展高速切削、强力切削,提高切削加工效率是机械制造技术发展的另一趋势。机床结构设计与制造水平的提高和新型刀具材料的应用,使切削加工效率大为提高。目前数控车床的主轴转速已达到 $50000\text{r}/\text{min}$,国外有的加工中心(如日本森精机制作所的立式加工中心)的主轴转速达到 $70000\text{r}/\text{min}$,高速铣床(如日本新泻铁工 UHS10 数控铣床)的主轴转速达到 $100000\text{r}/\text{min}$;高速电主轴采用陶瓷轴承、气浮轴承,德国研制的高速静压轴承,转速可达 $160000\text{r}/\text{min}$;机床进给系统采用直流或交流伺服电动机驱动、大导程滚珠丝杆螺母传动,其快进速度最高可达 $60\text{m}/\text{min}$;采用直线电动机传动装置时,快进速度可达 $150\text{m}/\text{min} \sim 210\text{m}/\text{min}$;高速磨削的切削速度可达 $100\text{m}/\text{s} \sim 200\text{m}/\text{s}$;高速加工中心工作台的进给速度已高达 $20\text{m}/\text{min} \sim 30\text{m}/\text{min}$ 。新型刀具材料如涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼的应用,使常规切削速度提高了 5 倍 $\sim$ 10 倍。当用立方氮化硼 (CBN) 刀具高速铣削和镗削铸铁件时,切削速度可高达 $1000\text{m}/\text{min}$,采用氮化硅陶瓷 (Si_3N_4) 刀具加工铸铁零件,切削速度可达 $1500\text{m}/\text{min}$ 。

3. 机械制造过程和机械制造系统

在现代化的制造业中,机械产品的生产过程是一个系统工程,可分为决策、设计与研究、制造三个阶段,如图 2 所示。

产品的制造阶段是将原材料转变为成品的过程,包括原材料的运输和保管、生产准备、毛坯准备、机械加工、装配与调试、质量检验、成品包装等工作。其中,毛坯制造、机械加工、热处理、装配等直接改变毛坯或零件的形状尺寸或材料性能的过程称为生产工艺过程或工艺过程。

工艺过程中的机械加工、装配与调试等统称为机械制造工艺过程。这一过程的工作就是将已通过铸造、焊接、锻造等方法得到的毛坯进行机械切削等加工,并装配成实现一



图2 机械产品生产过程图

定功能的完整机器。

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机械加工工艺系统、机械制造系统和企业生产系统。

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。不同的工艺方法要求有不同的加工单元,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。

机械制造系统则是将毛坯、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。

三、课程内容及学习要求

该课程是机械类专业重要的基础平台课程,介绍了机械产品的生产过程及生产活动的组织、机械加工过程及其系统,包括机械制造过程中的切削过程、工艺技术、工艺设备与装备、质量控制、机器装配和先进制造等技术基础。

制造技术基础课程具有很强的综合性和实践性。因此在深入掌握基本概念和理论的同时,要注意基本方法的理解,要注意与其他技术基础课和专业课的衔接,要注意不断积累生产实际问题的分析、理解和应用,养成阅览参考资料的习惯,及时归纳总结,融会贯通。

在应用本教材时,不同专业及方向可根据需要合理取舍,部分章节可采用课堂以外方式教学。课程教学务必理论联系实际,结合金工实习、课程习题、生产实习、课程实验、现场教学和课程设计等多种实践教学环节,并努力运用多媒体等现代化教学方法和教学手段,进行工艺问题的具体分析,从工程应用角度理解和掌握工程问题,以获得较理想的教学效果。

第一章 机械加工工艺系统基本知识

本章提要：在机械加工中，由机床、刀具、夹具及工件组成的切削加工系统称为机械加工工艺系统(简称工艺系统)。本章研究机械加工工艺系统中各个组成部分基本特性，主要包括机械零件加工表面及其成形方法和所需运动、用于加工零件表面的切削机床和切削刀具、零件在夹具中的定位和夹紧等基本知识。这些基本知识是本课程的基础和支柱。

第一节 机械零件加工表面的形成

一、工件表面类型与成形方法

机械零件不论多么复杂，其表面形状都是由各种基本表面形成的，零件的切削加工，实际上是用某种加工方法来获得所要求的加工表面。

图 1-1 为机器零件上常用的各种表面。可以看出，组成机械零件的常用表面包括平面、圆柱面、圆锥面、成形表面(如螺纹表面、齿轮渐开线齿形表面等)，此外，还有球面、圆环面、双曲面等。

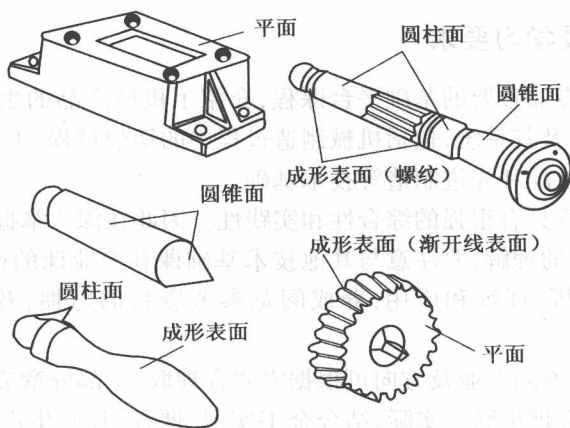


图 1-1 机器零件上常用的各种典型表面

零件上的各种常用表面都可以由一条母线沿另一条导线运动而形成。如图 1-2 所示工件的几何表面都是由母线 1 沿导线 2 运动而形成的。母线和导线统称为形成表面的发生线。在机床加工零件表面的过程中，工件、刀具之一或两者同时按一定的规

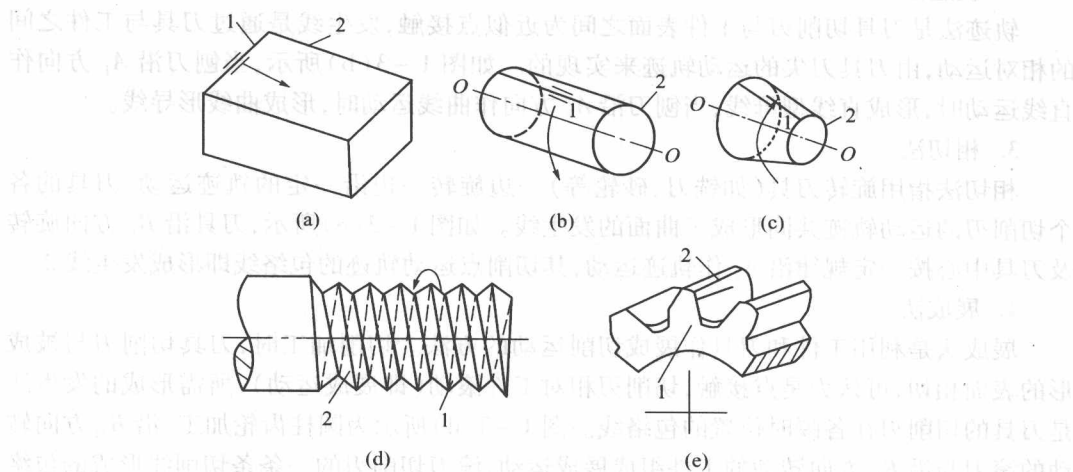


图 1-2 零件表面的形成

律运动,就可形成两条发生线,进而生成所要求的表面。形成发生线的方法可归纳为下列四种。

1. 成形法

成形法是刀具切削刃与工件表面之间为线接触,切削刃的形状与形成工件表面的一条发生线完全一致。如图 1-3(a)所示,刨刀切削刃形状与形成工件曲面的母线相同,由切削刃形状形成母线。

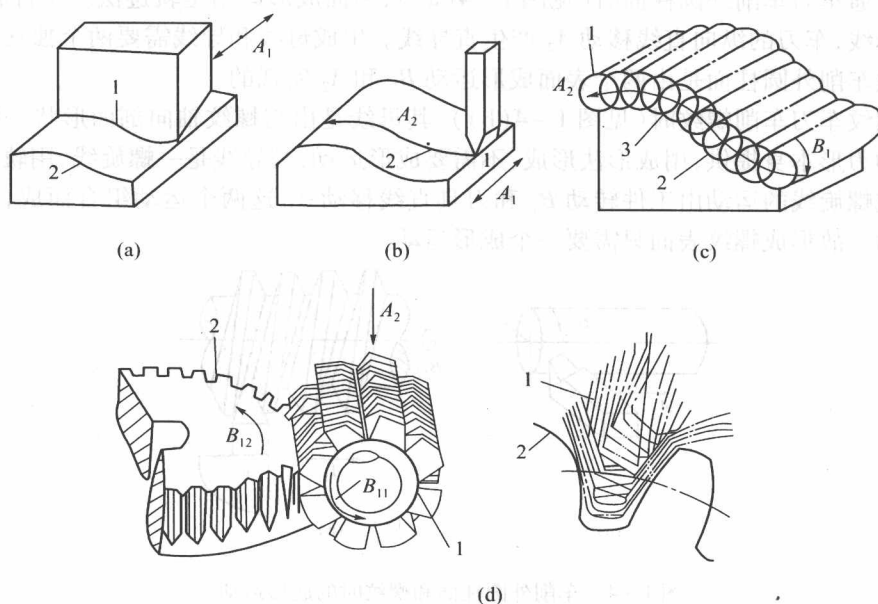


图 1-3 形成发生线的四种方法及运动

1—刀尖或切削刃; 2—发生线; 3—刀具轴线的运动轨迹。