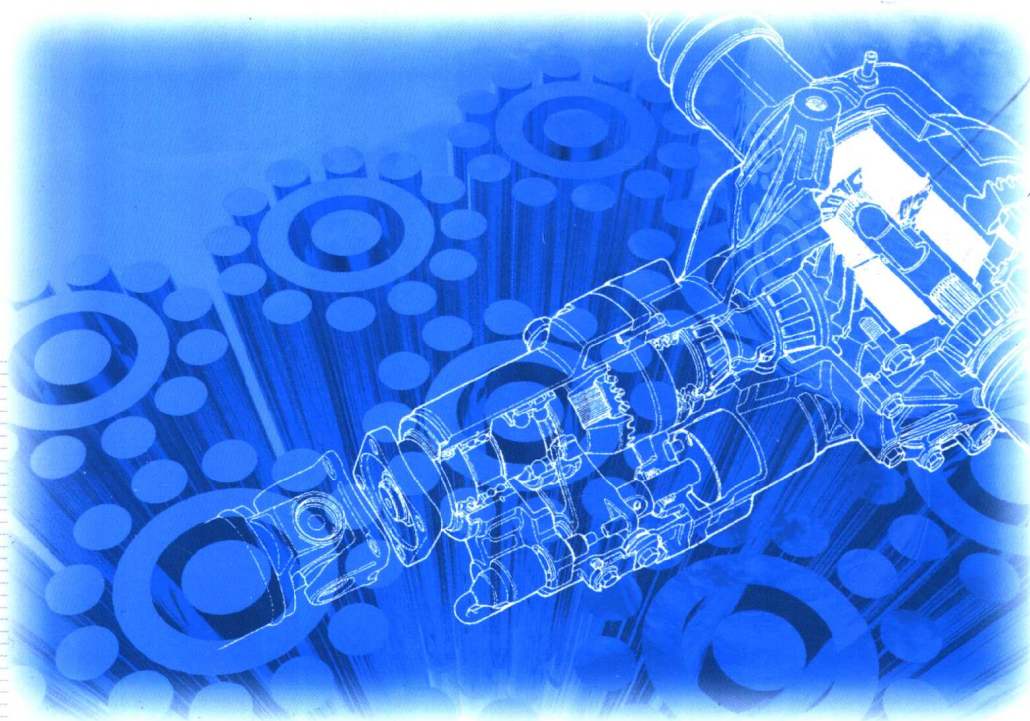




机械科学与工程研究生系列教材

现代制造引论

张世琪 李迎 孙宇等 编著



科学出版社

www.sciencep.com

南京理工大学研究生院资助项目

机械科学与工程研究生系列教材

现代制造引论

张世琪 李 迎 孙 宇 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是为机械工程及相近学科的研究生专业素质教育编写的总论型教材,旨在加强学科基础教育,提高学生综合素质,为培养高级创新型人才奠定基础。

全书以现代制造科学理论为基础,以制造系统为载体,以社会、经济、科技发展为背景,以现代制造系统和技术的体系结构为总框架,围绕现代制造系统的基本概念和基本特性,从战略层、技术层和基础层三个层次,对制造本质、制造环境、制造理念和模式、制造技术群和制造技术应用以及制造科学与技术未来的发展进行介绍。书中提供了很多先进实用的单元技术和系统技术案例,能使读者对现代制造有一个全新的概念。

本书可供机械工程学科各专业研究生作为专业总论教学用书,亦可供企业 CEO、CIO 等高级人员培训及工程技术人员参考用。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造引论/张世琪,李迎,孙宇等编著. —北京:科学出版社,2003

(机械科学与工程研究生系列教材)

ISBN 7-03-011940-1

I. 现… II. ①张… ②李… ③孙… III. 机械制造-研究生-教材
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 067433 号

责任编辑:钟 谊 段博原/责任校对:朱光光

责任印制:安春生/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 9 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2003 年 9 月第一次印刷 印张:36 3/4

印数:1—3 000 字数:699 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

序 言

(一)

科学进步和技术革命从来都是推动人类历史前进的火车头。持续不断的技术革命和技术创新,则是人类文明进步的原动力。

综观三百多年来世界经济社会的发展历史,是一部灿烂辉煌的工业文明史,也是一部技术革命和技术创新的历史。人类经历了蒸汽机时代,实现了产业的机械化;经历了电力时代,实现了产业的电气化。当前,人类正经历着计算机时代,开始实现产业的信息化和网络化。社会发展的下一个阶段走向何处?专家们的分析和社会发展的端倪告诉我们,人类即将进入“纳米科技时代”和“生物技术世纪”,并掀起 21 世纪科技革命的新浪潮。

以计算机为中心的信息技术革命引发的社会大变革,正在使人类社会发展从工业社会阶段走向信息社会阶段,工业化进程即将完成,信息化进程已经拉开了序幕。这是一个不以人的意志为转移的大趋势。

这种转移或过渡伴随着整个社会结构的大调整、大变革,从量变到质变的飞跃。剧烈的调整、变革和创新是这个时代的主要特点。我们不难发现,当今全球刮起的“改革风”、“结构调整风”以及“创新”之风均源于此。信息革命、信息化将是这个时代的主旋律和主题词。

有人预言,处于 21 世纪高新技术前沿和核心地位的纳米科技,所引起的世界性技术革命和产业革命对社会经济、政治、国防等所产生的冲击,将比以往的技术革命时代带来的影响更为巨大。纳米科技将会掀起新一轮的技术浪潮,领导下一场工业革命。人类将进入一个新的时代——纳米科技时代。

纳米科技是研究由尺寸在 $0.1\sim 100\text{nm}$ 之间的物质组成的体系的运动规律和相互作用以及可能的实际应用中的技术问题的科学技术。通俗地讲,纳米科技是一门用单个原子或分子建造事物的科学,这项技术希望实现的最终目标是微型化。纳米科技主要包括:纳米体系物理学、纳米化学、纳米材料学、纳米生物学、纳米电子学、纳米加工学、纳米力学。

纳米新技术革命,以新技术革命的丰硕成果为技术基础,以科技创新作为发展动力,以全球一体化的高度的生产社会化和国际化为宏观背景,以信息技术系统提供支持 and 科学决策为指导,它的发展必将为人类带来更高水平的物质文明和精神文明。

生命科学和信息科学在经历了40多年的平行发展之后,正在融合为一股强有力的经济和技术力量,并由此奠定了生物技术世纪的基础。计算机正在日益广泛地用于破译、管理和组织一种新的全球经济资源——巨大的遗传信息。跨国公司已在创建大型生命科学联合企业,以适应一个生物工业世界。我们正处在世界历史的一场伟大变革中,一场从物理学和化学时代转变到生物学时代、从工业革命转变到“生物技术世纪”的伟大变革。

现已有七股力量构成了生物技术世纪的运作构架。这七股力量的聚集,就构成了一个新的经济时代的框架。首先,分离、识别和重组基因的能力使建造基因库成为可能,并有史以来第一次把它们作为未来经济活动的主要资源。第二,由于基因、细胞株、用遗传工程方法创建的组织、器官和生物体,以及用来改造它们的工艺皆可以获得专利,所以开发这类新资源已被引入市场以获得商业利益。第三,商业和贸易的国际化,使得用实验室遗传育种这类人工生产的、旨在取代自然进化路线的生物工业二次“创世纪”,来重新播种地球生物圈成为可能。第四,人类基因组大约10万个基因的作图与测序,遗传筛查的新突破,包括DNA芯片和体细胞基因治疗等,以及指日可待的人类卵、精子和胚胎细胞的遗传工程,都为全面改变人类种系和一个商业驱动的优生社会的诞生铺平了道路。第五,大量以人类行为为遗传基础的科学研究,偏倚自然而轻视教化的新社会生物学,都为广泛接受新技术提供了一个文化环境。第六,计算机为构成生物技术经济的遗传信息的管理和交流提供了工具。第七,有关进化的新的宇宙观、新技术和新的世界经济与自然并不矛盾的观点,开始向新达尔文阵营挑战。

新的世纪,新的科技时代,都将对现代制造科学与技术的发展产生非常广泛而深刻的影响。曾经是产业革命的先锋和主体的机械科学与技术,必将吸收信息科技革命、纳米科技革命和生物科技革命等的最新成果,在交叉、渗透和融合中继续成为国民经济发展的主体性科学与技术。

(二)

科学的发展没有终点,只有里程碑。根据有关学者的研究,科学发展已经有了三个里程碑,这就是第一种科学、第二种科学和第三种科学。正如爱因斯坦所说,“科学是部剧本,包罗各种思想的剧本”。科学的发展反映了人们对世界的认识水平和思维模式。

第一种科学无论是思想方法与具体的理论,都有追求惟一确定性的共性。而这种确定性联系着有序性、可逆性、可积性、周期性、同因同果性、必然性、非此即彼性等,在认识论和方法论上是一种独特的描述世界的体系。

第二种科学却都有从不确定性出发的共性。这种不确定性联系着内外随机性、无序性、不可逆性、不可积性、非周期性、偶然性、因果的亦此亦彼性等。

第三种科学的共有特点是,强调部分确定与部分不确定性,它联系着第三种

序、第三种时间(既不是可逆时间又不是不可逆时间)、第三种空间、第三种周期、第三种因果关系、第三种系统、第三种现象、第三种运动等。

三种科学是各有区别的三套不同的描述体系,是三种截然不同的科学观。早期人类活动与认识范围的狭小,构成了第一种科学的时代局限;第二种科学形成的条件,是人类的活动与认识扩大到大规模度的“球面”时空;第一、第二种科学在实践中显露的利与弊,为构建更为全面的第三种科学奠定了基础。

当今,科学和技术的发展呈现出新的特点和趋势:

从宏观层次看,科学将加速朝着整体化、高度数字化的方向发展;科学与技术的区别始终存在,但联系更为密切,并有一体化的趋势;同时,自然科学与社会科学的交叉、综合将形成强大的潮流;科学技术这把双刃剑将更加趋利避害,朝着人类和社会可持续发展的方向发展。

科学的分化与整合虽同时存在,但整合或整体化成为主要趋势,这正是再现永恒运动着、进化着的现实世界所具有的整体属性。

数学科学是一门典型的横断科学(cross-cutting science),因其高度的抽象性、应用的广泛性、严格的逻辑性和语言的简明性,从而向各门科学广泛地渗透,为组织和构造知识提供方法,从横断面上把条分缕析的分支学科联结成为一个整体。

科学系统与技术系统要素的交集将继续地增大,相互作用面将不断地扩大,科学技术化和技术科学化将越来越增强。未来技术的主体是科学化的技术,越是凝聚着最新最多科学成就的技术,越将引起社会生产和生活方式的巨大变化,最终引起新的产业革命。未来科学是高度技术化的科学,特别是实验科学更是依赖于实验技术的最新进展。只有科学技术化,才能使科学能力产生巨大的飞跃。总之,科学与技术的相互渗透、转化和协同发展将形成 21 世纪新的潮流。

自然科学与社会科学等门类科学,将在更深层次上互相引用与交叉,这种交叉是跨门类或超门类科学广泛的交叉,是未来科学发展的总趋势。

从微观层次来看,科学系统的发现是不断地始于问题和终于问题的过程,同时也是科学概念、科学定律和科学理论不断地形成和增长的过程。从科学问题出发,与前沿学科、应用学科交叉,最有利于选出具有重大意义的科学问题和难题。在微观层次上,技术活动始于特定的问题,即起于有目的的计划(设计、方案等),符合人类利益的价值观的运筹决策,再利用各种手段作用于客体,创造出人工自然界或人造物。在这种技术活动中,技术发明—技术创新和改革,对于技术发展起到重大的推动作用。

总之,科学与技术将以多种形式广泛地向社会的经济、政治、军事、教育、法律等许多领域渗透,特别是向社会文化系统扩散,以至国际社会将在它们的作用下发生巨大的变化,乃至发展成为主宰人类社会发展的支配力量。谁富有精湛的科学与技术知识,谁就能在 21 世纪中走在前列。

2000 年 10 月,江泽民在国际工程科技大会上发表讲话说,工程科学技术在推

动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。一部近代世界社会生产力的发展史,也是科学发现、技术革命、产业革命相互推进的历史。科学技术是第一生产力,工程科技是第一生产力的一个最重要因素。科学发现推动人们在认识世界的过程中形成科学原理,工程科技的使命则是把科学原理变成改造世界的能动力量。工程科技架起了科学发现与产业发展之间的桥梁,是产业革命、经济发展和社会进步的强大杠杆。瓦特发明的蒸汽机引发了第一次工业革命,对人类社会产生了广泛而深刻的影响。二十世纪开始的时候,多种多样的新式机器层出不穷,有人甚至曾断言,人类的发明已经穷尽。但是,自那时以来,工程科技飞速进步,世界生产力发生了革命性的飞跃,使百年前人类一些最大胆的想像变成了现实。电力网、通信、交通运输、水利和供水系统工程的建立与普及,是二十世纪工程技术对人类社会的伟大贡献,使人们的生产方式和生活方式发生了根本性的变化。发电、核能、航空航天、计算机、基因工程等重大科学技术成就,成为工程科技发展新的里程碑而载入史册。可以预料,二十一世纪必将是科学技术特别是工程科学技术进一步高速发展的世纪。

科学与技术的整体化趋势,自然科学与社会科学在更深层次上的广泛交叉,工程科学与技术的伟大作用,都为现代制造科学与技术的发展提供了框架。

(三)

信息技术改变了世界面貌,也使制造领域发生了巨大变化。传统制造业正在转变为与新经济发展相适应的现代制造业,传统的制造技艺或技术已发展成为新兴的现代制造科学与技术。即将到来的纳米科技革命和生物科技革命,将使制造领域被彻底改造。新的制造理论、方法、模式和技术不断创造出来,推动经济和社会持续快速发展。

现代制造已不仅仅是机械制造,具有“大制造,全过程,多学科”的新特点。“大制造”应包括光机电产品的制造、工业流程制造、材料制备等,它是一种广义制造的概念。从制造方法来看,它不仅包括机械加工方法,还应包括高能束加工方法、硅微加工方法、电化学加工方法、生物制造方法等。“全过程”,不仅包括毛坯到成品的加工制造过程,还包括产品的市场信息分析,产品决策,产品的设计、加工和制造过程,产品销售和售后服务,报废产品的处理和回收,以及产品全生命周期的设计、制造和管理。“多学科”,则是指现代制造科学是微电子、计算机、自动化、网络通信等信息科学、管理科学、生命科学、材料科学与工程和制造科学的交叉。所以,现代制造科学是以制造学科为主体、多学科交叉、渗透、融合和不断创新的产物。

现代制造在多学科交叉与支撑下,向着两大方向拓展:宏观方向和微观或介观方向。

宏观方向主要表现为现代制造系统的规模越来越大,从单台设备的数控化到柔性生产线,从车间到企业的集成制造,从敏捷供应链制造到全球化虚拟制造。可

以想像,会有一天发展成为星际制造系统。宏观方向发展还表现为资源的开发利用范围越来越大,从设备资源到技术资源,从管理资源到市场资源,从信息资源到生物资源,从海洋资源到空间资源,从知识资源到智慧资源。可以发现,尽管自然资源有限,但创造无限。例如,用纳米科技可以创造出自然界尚不存在的新的物质体系。

微观或介观方向主要表现为向分子和原子领域进军。近年来,在宏观领域和微观领域之间存在着有待开拓的一块“处女地”——介观领域,引起了人们的极大兴趣。广义上来说,凡是出现量子相干输运现象的体系称为介观体系,包括团簇、纳米体系和亚微米体系。在这个不同于宏观和微观的所谓介观领域,由于三维尺寸都很细小,出现了许多奇异的崭新的物理性能。这个领域包括了从微米、亚微米、纳米到团簇尺寸(从几个到几百个原子以上尺寸)的范围。IBM 公司的首席科学家阿姆斯特朗在 1991 年曾经预言:“我相信纳米科技将在信息时代的下一阶段占中心地位,并发挥革命的作用,正如(20 世纪)70 年代初以来微米科技已经起到的作用那样。”

从现代制造科学和技术的特点和发展方向可以看出,现代制造的发展需要多种理论基础作支撑。简单说来主要有:

机械科技基础:主要有力学(含纳米力学)、机械设计学、机械制造学(含纳米加工学)等;

信息科技基础:主要有机械电子学、机械信息学、机械智能学等;

纳米科技基础:主要有纳米体系物理学、纳米化学、纳米生物学、纳米电子学等;

生物科技基础:主要有生物学、遗传工程、耗散结构理论等;

系统科技基础:主要有数学、人文科学、机械系统学等。

(四)

本书是一本面向机械工程一级学科研究生学科素质教育的、介绍现代制造科学与技术的总论型教材,使机械工程学科及相关学科的研究生建立较为全面、完整、现代的、由机械工程科学发展提升为现代制造科学的总体概念,适应现代社会、经济、科技发展的大环境、大背景的要求。

本书以现代制造科学理论为基础,以制造系统为载体,以社会、经济、科技发展为背景,以现代制造系统和技术的体系结构为总框架,围绕现代制造系统的基本概念和基本特性,从战略层、技术层和基础层三个层次,对制造本质、制造环境、制造理念和模式、制造技术群和制造技术应用以及制造科学与技术未来的发展进行介绍。书中提供了先进实用的单元技术和系统技术实例,使读者能对现代制造有一个全新的概念,不仅从技术层次和基础层次上、而且还要从战略和理念层次上,全面地、系统地、集成地认识现代制造系统和技术;站在信息科技革命、纳米科技革命

和生物科技革命的高度,重新审视和定位制造系统和技术,从而建立一个与新世纪和新经济时代相适应的、新的现代制造知识体系。

本书的编写具有以下三方面特色:

(1) 站在信息时代和即将来到的纳米科技时代和生物科技时代的高度,以社会、经济、科技创新发展为大背景大环境,从大制造、全过程、多学科的综合观点出发,较全面的构筑了新兴的现代制造科学完整框架;

(2) 较深刻地揭示了制造和制造系统的本质,揭示了现代制造系统发展进化的真正动力和本质特征,为创新发展提供了正确的方向;

(3) 融学科的科学素质基础与文化素质基础于一体,突出创新思维和创新能力,着力于创新意识、创新精神和创造能力。

总之,本书汇集了作者几十年来在学科建设、高技术研究与开发,特别是近15年来在国家高技术研究发展计划(863计划)先进制造和自动化领域CIMS主题所承担的多项课题研究与示范工程推广应用方面的成果结晶,对本学科建设、创新型人才培养以至国民经济建设将起到积极的作用。

由于现代制造涉及的学科和知识面很广泛,非作者少数几个人的知识、能力和经历所能覆盖,因而在书中大量引用了经过我们学习消化的,许多学者和专家的创新思想、精辟理论、优秀技术、出色应用。所举案例许多是我们群体创造或参与创造的成果。我们的贡献主要是体系结构的创建、制造理念的深化与创新以及内容的精选与集成。

参加本书编写的人员有张世琪教授(总体策划,全书整合,第1、2、3、8章,4.1、4.2、4.3、4.7节,各种附件)、李迎博士/教授(总体策划,6.2、6.3、6.4节,第6章整合)、孙宇博士/教授(总体策划,第7章)、陆宝春博士/副教授(案例A(2.4).3、A(3.3).2)、唐敦兵博士(案例A(3.4).1)、窦万春博士(5.2节)、杨继全博士(6.1节)、张卫博士(5.3、5.4节,第5章整合)等,还有江苏金思维信息技术有限公司的刘海青总经理/研究员、杨建青博士/高级工程师(4.4、4.5、4.6节,第4章整合)。他们都是多年来从事先进制造技术研究、开发、教学或产业化的骨干和学科带头人,承担了多项国防科研中柔性和集成制造、国家高技术领域现代集成制造的研究课题和江苏省重大攻关及产业化课题,并主持了多项计算机集成制造系统(CIMS)应用示范工程和制造业信息化工程,积累了较为全面、丰富的经验和成果。本书中引用的许多例子,或是作者们承担完成的,或是与高技术公司合作完成的国家重点项目的研究成果(少数是预研性成果)。南京新模式软件集成公司、南京金城集团信息中心等单位还提供了许多宝贵的资料和案例。我们衷心希望将自己的一些心得体会贡献给读者,也希望在与读者的交流中得到新的知识和力量。

编著者

2003年9月

目 录

第 1 章 现代制造系统的基本概念	(1)
1.1 制造系统的基本概念	(3)
1.1.1 制造的涵义	(3)
1.1.2 系统的概念和性质	(3)
1.1.3 制造系统的定义	(4)
1.2 制造系统的概念模型	(6)
1.2.1 输出	(6)
1.2.2 输入	(6)
1.2.3 资源转换	(7)
1.2.4 机制	(7)
1.2.5 控制或约束	(8)
1.3 制造系统的本质特征	(9)
1.3.1 转换特性	(9)
1.3.2 过程特性	(10)
1.3.3 系统特性	(12)
1.3.4 开放特性	(13)
1.3.5 进化特性	(14)
1.4 本章小结	(15)
第 2 章 现代制造创新发展的环境	(17)
2.1 社会发展的走向	(19)
2.2 经济发展的趋势	(22)
2.2.1 “新经济”的变迁	(22)
2.2.2 知识的类型和特性	(23)
2.2.3 知识经济的基本概念和主要特征	(23)
2.2.4 产业发展的特征	(25)
2.2.5 第五个产业展望	(30)
2.3 科学发展的里程碑	(31)
2.3.1 科学发展的三个里程碑	(31)
2.3.2 第二种科学中代表性理论简介	(33)
2.3.3 科学技术化与技术科学化	(39)
2.3.4 工程科学技术是推动人类文明进步的发动机	(40)
2.4 现代制造的科学基础	(40)

2.4.1 新兴的现代制造科学	(40)
2.4.2 现代制造的科学基础	(41)
2.4.3 现代制造的科学前沿	(54)
2.5 本章小结	(55)
第3章 现代制造的战略、理念和模式	(57)
3.1 制造领域竞争战略的演变	(59)
3.1.1 竞争战略的演变	(59)
3.1.2 制造理念和模式的发展概貌	(60)
3.1.3 制造模式的概念	(61)
3.2 柔性制造	(62)
3.2.1 背景	(62)
3.2.2 概念	(62)
3.2.3 案例	(63)
3.2.4 柔性制造系统的作业计划与调度技术	(71)
3.3 计算机集成制造	(76)
3.3.1 背景	(76)
3.3.2 概念	(78)
3.3.3 案例	(78)
3.4 并行工程	(87)
3.4.1 背景	(87)
3.4.2 概念	(89)
3.4.3 案例	(90)
3.5 敏捷制造	(103)
3.5.1 背景	(103)
3.5.2 概念	(104)
3.5.3 案例	(106)
3.5.4 敏捷制造的发展	(109)
3.6 虚拟制造	(115)
3.6.1 背景	(115)
3.6.2 概念	(116)
3.6.3 案例	(117)
3.7 智能制造	(121)
3.7.1 背景	(121)
3.7.2 概念	(123)
3.7.3 案例	(123)
3.8 网络化制造系统	(126)

3.8.1	背景	(126)
3.8.2	概念	(126)
3.8.3	案例	(127)
3.9	绿色制造	(134)
3.9.1	背景	(134)
3.9.2	概念	(135)
3.9.3	案例	(136)
3.10	生物制造	(138)
3.10.1	背景	(138)
3.10.2	概念	(140)
3.10.3	案例	(142)
3.11	可重构制造	(142)
3.11.1	背景	(142)
3.11.2	概念	(143)
3.11.3	案例	(146)
3.11.4	可重构制造系统理论基础	(151)
3.12	本章小结	(153)
第4章	现代管理理念与技术	(155)
4.1	现代管理概述	(157)
4.1.1	管理的基本概念	(157)
4.1.2	管理理念与模式的发展	(159)
4.1.3	面向电子商务的企业管理信息系统的总架构	(161)
4.1.4	知识经济时代管理新概念	(164)
4.2	企业经营战略管理	(166)
4.2.1	企业战略管理的基本概念	(166)
4.2.2	企业战略环境分析	(168)
4.2.3	企业的总体经营战略	(170)
4.2.4	企业战略管理	(174)
4.2.5	案例	(176)
4.3	企业管理决策支持系统	(186)
4.3.1	企业管理决策概述	(186)
4.3.2	企业管理决策支持系统的框架	(190)
4.3.3	案例	(196)
4.4	企业资源计划	(202)
4.4.1	概述	(202)
4.4.2	企业资源计划的原理	(204)

4.4.3	ERP 的组成和各子系统的目标	(213)
4.4.4	ERP 的系统结构与软件功能模块	(214)
4.5	面向网络化制造的供应链管理	(223)
4.5.1	网络化制造概述	(223)
4.5.2	供应链管理的基本原理	(225)
4.5.3	面向网络化制造的供应链管理系统总体框架	(232)
4.5.4	关键技术研究	(236)
4.5.5	案例	(237)
4.6	客户关系管理 CRM	(242)
4.6.1	概述	(242)
4.6.2	CRM 的管理思想	(242)
4.6.3	CRM 的功能结构	(248)
4.6.4	CRM 应用中的呼叫中心	(251)
4.6.5	CRM 中的商业智能	(255)
4.6.6	案例	(257)
4.7	知识管理	(258)
4.7.1	知识经济需要知识管理	(258)
4.7.2	知识管理的任务	(261)
4.7.3	知识管理的技术与系统	(263)
4.7.4	知识管理技术的部署	(265)
4.7.5	案例	(267)
4.8	本章小结	(273)
第 5 章	现代工程设计技术	(275)
5.1	现代工程设计技术概述	(277)
5.1.1	新产品开发	(277)
5.1.2	现代工程设计技术内涵与特点	(277)
5.1.3	现代工程设计技术的体系	(278)
5.1.4	现代工程设计技术的发展趋势	(279)
5.2	产品数据管理与协同产品商务	(280)
5.2.1	产品数据管理概述	(280)
5.2.2	协同产品商务	(294)
5.2.3	产品数据管理的使能技术	(302)
5.2.4	产品数据管理的信息集成	(312)
5.2.5	PDM 系统的过程集成	(325)
5.3	虚拟现实技术	(332)
5.3.1	什么是虚拟现实	(332)

5.3.2	为什么需要虚拟环境	(333)
5.3.3	虚拟现实技术的发展概述	(334)
5.3.4	虚拟现实的有关技术特征及构成	(335)
5.3.5	虚拟现实系统的关键技术	(337)
5.3.6	虚拟现实应用系统	(351)
5.4	虚拟样机技术	(357)
5.4.1	概述	(357)
5.4.2	虚拟样机体系结构的研究	(361)
5.4.3	虚拟样机系统支撑环境	(368)
5.4.4	VP 与其他相关先进制造技术的关系	(370)
5.4.5	虚拟样机的关键技术	(372)
5.4.6	基于 VP 的测试及维护	(376)
5.4.7	多领域 VP 系统建模方法	(381)
5.5	本章小结	(387)
第 6 章	新一代制造技术	(390)
6.1	快速成形制造技术	(391)
6.1.1	快速成形技术概述	(391)
6.1.2	RP 的主要成形工艺	(393)
6.1.3	RP 技术的应用与发展	(400)
6.1.4	快速成形制造的基本理论	(404)
6.1.5	光固化零件的变形	(413)
6.1.6	光固化快速成形制造的成形工艺	(427)
6.1.7	快速成形制造的关键技术	(432)
6.1.8	案例	(448)
6.2	虚拟轴机床	(452)
6.2.1	概述	(452)
6.2.2	虚拟轴机床的工作原理	(453)
6.2.3	虚拟轴机床的类型	(455)
6.2.4	虚拟轴机床的设计	(457)
6.2.5	虚拟轴机床的发展趋势	(464)
6.3	微机电系统和微制造	(467)
6.3.1	概述	(467)
6.3.2	微型机电系统的发展与特点	(468)
6.3.3	微机电系统的理论基础	(470)
6.3.4	微型机电系统的应用	(472)
6.3.5	微机械加工的关键技术	(477)

6.4 超高速切削	(482)
6.4.1 概论	(482)
6.4.2 超高速切削的发展与特点	(483)
6.4.3 超高速切削的技术基础	(486)
6.4.4 超高速切削加工的应用	(490)
6.5 本章小结	(492)
第7章 现代制造系统的规划设计与实施	(493)
7.1 现代制造系统规划设计与实施的一般步骤	(495)
7.1.1 概述	(495)
7.1.2 可行性论证	(496)
7.1.3 初步设计	(497)
7.1.4 详细设计	(498)
7.1.5 系统实施和测试	(500)
7.1.6 运行和维护	(501)
7.2 系统规划设计的案例	(502)
7.2.1 企业诊断规划与流程重组	(502)
7.2.2 系统规划与设计	(503)
第8章 现代制造对人才培养的新要求	(547)
8.1 现代制造呼唤创新型人才	(549)
8.1.1 更加突出环境与背景的作用	(549)
8.1.2 更加突出能力的培养与训练	(549)
8.1.3 更加重视工程的伦理教育	(550)
8.1.4 更加关注技术与管理科学的结合	(550)
8.1.5 树立学科交叉与综合的新观念	(550)
8.2 创新型人才的综合模型	(550)
8.2.1 现代制造学科创新型人才的需求模型	(550)
8.2.2 创新型人才的综合模型	(562)
8.3 对读者的几点参考意见	(564)
参考文献	(566)
作者简介	(571)

第 1 章 现代制造系统的基本概念

现代制造以社会、经济发展需求为目标，以资源和资源转换为对象，以现代制造科学与技术为基础，以制造系统为载体，以信息化、网络化、生态化和全球化为环境和背景，展现在我们面前。为此，我们从现代制造的载体——现代制造系统入手，逐层展开对现代制造的基本理念、现代模式和典型技术的讨论。

在现实世界中，一个典型的制造类现代企业（集团）就是一个完整意义的现代制造系统。通过对企业的基本功能（资源转换、为社会创造财富）和发展方向（虚拟化、智能化、生态化）的剖析，初步揭示制造系统和技术以“资源转换”为主线的发展现律，以全球化、信息化、智能化和生态化为主要特点的可持续发展方向以及转换特性、过程特性等，从而为研究现代制造系统和技术奠定科学依据和理论基础。

