



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

先进制造技术

主 编 李蓓智
副主编 陈祝平 张建梅



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

先进制造技术

主 编 李蓓智

副主编 陈祝平 张建梅

参 编 (按姓氏笔画为序)

王大镇 王庆霞 皮 钧 孙道恒

林少芬 周亚勤 周利平 杨建国

常 勇 葛晓宏

审 阅 杨建国

高等教育出版社

内容提要

本书简要地概述了制造业的变革,先进制造技术的内涵、特点及其发展趋势,详细介绍了现代设计技术、先进制造工艺与装备、柔性自动化制造技术与装备、现代制造管理技术与系统的相关内容,使读者对现代制造企业在制造环境下所涉及的产品设计、制造工艺及装备、柔性自动化装备和经营管理等相关理论、方法、技术和最新发展有一个全面而系统的认识。

本书主要面向高等院校机械工程及自动化专业的师生,也可作为现代制造企业工程技术人员和企业经营管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/李蓓智主编. —北京:高等教育出版社,
2007.5

ISBN 978-7-04-016443-5

I. 先... II. 李... 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(2007)第 047969 号

策划编辑 卢 广 责任编辑 李京平 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静
版式设计 余 杨 责任校对 姜国萍 责任印制 尤 静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京铭成印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007 年 5 月第 1 版
印 张	20.75	印 次	2007 年 5 月第 1 次印刷
字 数	380 000	定 价	26.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16443-00

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究的在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容

和教学方法的知识载体，在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此，在课题研究过程中，各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果，并和教学实际结合起来，认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革，组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师，编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案，以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信，随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入，特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施，具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

世界经济和人类文明的发展是与制造技术的发展密切相关的,制造技术的发展是一个国家经济持续增长的原动力。当前,为了参与全球市场的激烈竞争,并在世界经济中占有优势,世界各国对制造技术的发展都给予了异乎寻常的关注。一代又一代的科学家、学者、企业家和工程技术人员为了制造技术的进步,进行了大量艰苦的、卓有成效的探索、创新和实践,从而推动了先进制造技术的蓬勃发展。

在世界经济一体化的进程中,制造技术不断汲取、渗透和融合计算机、信息、自动化、材料、生物及现代管理技术的研究与应用成果,使传统意义上的制造技术有了质的飞跃,形成了现代先进制造技术的新体系,并使产品设计、制造、检测、管理和市场开发、销售、使用、服务乃至回收等全生命周期各个环节的活动纳入先进制造范畴,以便从整体和全局上提升制造企业对动态和不可预测市场环境的适应能力和竞争能力,实现优质、高效、低耗、敏捷和绿色制造,取得更大的社会和经济效益。

先进制造技术已成为世界各国争居现代制造业领先地位的核心手段,势必对促进我国制造业发展具有举足轻重的作用。因此,培养一大批满足科技和制造业发展需要的、掌握先进制造技术的、具有创新意识和实践能力的高素质专业人才已变得极为迫切。本书根据先进制造技术的内涵、特点及其发展趋势,将现代设计技术、先进制造工艺与装备、柔性自动化制造技术与装备、现代制造管理技术与系统进行了有机整合和详细论述,使读者对现代制造企业在制造环境下所涉及的产品设计、制造工艺及装备、柔性自动化制造过程与系统、生产经营管理等相关理论、方法、技术和最新发展有一个全面而系统的认识。

全书共分5章。第1章先进制造技术概论,总体概括了制造业的变革、面临的挑战及其对策,介绍了先进制造技术的内涵、体系结构、特点及其基本组成;第2章现代设计技术,以机械制造及机电产品为对象,介绍了创新设计、反求工程设计、全生命周期设计、虚拟设计等新的产品设计理念、方法、工具与过程;第3章先进制造工艺与装备,主要介绍了先进成形技术、先进切削技术、现代特种加工技术、现代表面工程、微机电系统与微制造技术等新的制造工艺理念、技术与装备;第4章柔性自动化制造技术与装备,在论述制造自动化技术的广义内涵及其发展趋势的基础上,介绍了数控技术与系统、工业机器人、自动检测与监控技术、柔性制造系统等新的自动化概念、技术与系统;第

5章现代制造管理技术与系统,主要介绍了较为经典和成熟的并行工程、质量保证体系、作业成本管理、供应链管理、物流系统管理、以人为本的团队管理等先进管理技术,精益生产、敏捷制造、绿色制造等先进制造理念与模式,以及现代集成制造、分布式网络制造、智能制造等现代制造系统。

本书的主要特点包括:①在深入分析和研究制造技术现状与发展趋势的基础上,对先进制造技术的各个部分进行有机整合和论述,以体现先进制造技术的整体架构;②在论述先进制造技术基本概念的基础上,介绍了当前制造技术的新发展与新动态,以体现先进制造技术的前沿特征;③在本书中融入了作者近年来主持国家自然科学基金与国家863计划项目的部分成果及案例,以从不同侧面,引起读者的关注、兴趣和共鸣。

本书囊括了先进制造技术涉及的主要领域,内容翔实,论述深入浅出,不仅可以作为高等院校机械工程及自动化专业先进制造技术课程的教材,也可作为专业导论和专业前沿等其他相关课程的参考教材,同时还是现代制造企业工程技术人员和企业经营管理人员参考或自学教材。

本书由东华大学李蓓智(第1章,4.1节、4.2节、4.3节)、杨建国(2.1节、3.1.3)、王庆霞(4.4节、4.5节)、周亚勤(5.1节、5.2.5、5.3节),集美大学常勇(2.2节)、王集镇(2.3节)、皮钧(2.4节)、林少芬(2.5节)、陈祝平(3.3节、3.4节),厦门理工学院葛晓宏(3.1.1、3.1.2),西华大学周利平(3.2节),厦门大学孙道恒(3.5节),常州工学院张建梅(5.2.1、5.2.2、5.2.3、5.2.4、5.2.6、5.4节)编写,由李蓓智任主编,陈祝平、张建梅任副主编。

本书承蒙上海交通大学杨建国教授审阅,在审阅过程中,杨建国教授提出了不少宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

由于先进制造技术的飞速发展,加之编者所及资料 and 水平有限,书中难免有不足甚至错误之处,敬请读者批评指正!

编者

2006年4月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第1章 先进制造技术概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 制造业的变革	1
1.1.2 现代制造业面临的挑战	2
1.1.3 发展先进制造技术的重要性	3
1.2 先进制造技术的内涵、体系和特点	3
1.2.1 先进制造技术的内涵	3
1.2.2 先进制造技术的体系	3
1.2.3 先进制造技术的特点	5
1.3 先进制造技术的基本组成	5
1.3.1 新的产品设计理念、方法与过程	6
1.3.2 新的制造工艺理念、技术与装备	6
1.3.3 新的自动化理念、技术与系统	6
1.3.4 新的生产管理理念、方式与系统	6
习题	7
第2章 现代设计技术	8
2.1 概述	8
2.1.1 设计的基本概念	8
2.1.2 现代设计技术的发展历程	9
2.1.3 现代设计技术简介	10
2.2 创新设计	11
2.2.1 创新设计的类型及特点	11
2.2.2 创新思维与常用创新技法	13
2.2.3 原理方案创新设计	14
2.2.4 机构创新设计	18
2.2.5 结构创新设计	23
2.3 反求工程	26
2.3.1 反求及其主要应用	26

2.3.2	反求测量方法	27
2.3.3	三坐标测量机	30
2.3.4	反求数据处理	36
2.3.5	反求工程应用实例	49
2.4	全生命周期设计	52
2.4.1	概述及 DFX	52
2.4.2	面向功能的设计	56
2.4.3	面向材料及其成形工艺的设计	57
2.4.4	面向产品寿命的设计	58
2.4.5	面向资源环境的设计	59
2.4.6	面向全寿命周期安全的设计	60
2.4.7	面向全生命周期的优化设计	61
2.4.8	全生命周期设计的关键技术	62
2.5	虚拟设计	64
2.5.1	概述	64
2.5.2	虚拟现实技术	65
2.5.3	虚拟概念设计技术	69
2.5.4	虚拟样机设计技术	73
2.5.5	虚拟装配技术	75
2.5.6	虚拟设计系统结构	77
	习题	82
第3章	先进制造工艺与装备	83
3.1	先进成形技术	83
3.1.1	精密铸造成形技术	83
3.1.2	精密塑性成形技术	100
3.1.3	快速原型制造技术	110
3.2	先进切削技术与机床	116
3.2.1	超精密切削加工技术	116
3.2.2	超高速切削加工技术	122
3.2.3	虚拟轴机床	129
3.3	现代特种加工技术	137
3.3.1	电火花加工技术	137
3.3.2	高能束加工技术	142
3.3.3	超声波加工技术	150

3.4 现代表面工程	152
3.4.1 特种电镀技术	153
3.4.2 热喷涂技术	166
3.4.3 等离子沉积技术	170
3.5 微机电系统与微制造技术	174
3.5.1 微机电系统概述	174
3.5.2 微机电系统及其应用	176
3.5.3 微机电系统制造工艺	183
3.5.4 MEMS 的未来	188
习题	189
第4章 柔性自动化制造技术与装备	190
4.1 概述	190
4.1.1 制造自动化技术的广义内涵	190
4.1.2 柔性自动化制造技术的发展历程及现状	191
4.1.3 柔性自动化制造技术的发展趋势	195
4.2 数控技术与系统	197
4.2.1 数控机床	197
4.2.2 数控加工编程技术	198
4.2.3 计算机数控(CNC)系统	201
4.2.4 分布式数控(DNC)系统	205
4.2.5 机床伺服系统	207
4.3 工业机器人	208
4.3.1 工业机器人的定义、组成以及分类	208
4.3.2 工业机器人的驱动系统与控制系统	211
4.3.3 工业机器人的应用案例	215
4.4 自动检测与监控技术	217
4.4.1 概述	217
4.4.2 传感技术	217
4.4.3 自动检测技术	219
4.4.4 制造过程监控数据及其处理方法	222
4.4.5 柔性自动化制造过程的检测与控制	224
4.5 柔性制造系统(FMS)	229
4.5.1 概述	229
4.5.2 FMS 中的加工系统	232

4.5.3 FMS 中的物流系统	243
4.5.4 FMS 中的控制与管理系统	247
习题	252
第 5 章 现代制造管理技术与系统	253
5.1 概述	253
5.2 科学的生产管理技术	255
5.2.1 并行工程	255
5.2.2 质量保证体系	261
5.2.3 作业成本管理	265
5.2.4 供应链管理	269
5.2.5 物流系统管理	271
5.2.6 以人为本的团队管理	274
5.3 先进制造模式	278
5.3.1 精益生产	278
5.3.2 敏捷制造	287
5.3.3 绿色制造	295
5.4 现代制造系统	303
5.4.1 现代集成制造	303
5.4.2 分布式网络制造系统	309
5.4.3 智能制造系统	313
习题	317
参考文献	318
后记	320

第 1 章 先进制造技术概论

制造业是一切生产工业品和消费品的企业群体的总称。制造业是创造社会财富和发展国民经济的支柱产业，其发展水平是衡量一个国家综合国力的重要依据，同时也反映了一个国家和地区的经济实力、科技实力和人民的生活水平。先进制造技术是发展制造业的动力和源泉，本章概述了现代制造业所面临的挑战以及发展先进制造技术的重要性，介绍了先进制造技术的基本概念和体系结构，并论述了先进制造技术的主要特点和发展趋势。

1.1 概 述

1.1.1 制造业的变革

人类最早的制造活动可以追溯到新石器时代，那时人们以石器作为工具制作生活和生产用品。到了青铜器和铁器时代，逐步出现了纺织、冶炼和锻造等较为原始的制造活动。

18 世纪中期，随着蒸汽机的发明和使用，机械技术与蒸汽动力技术相结合，出现了以动力驱动为特征的制造方式，实现了以从手工作坊转变为用机器生产为标志的第一次工业革命。

19 世纪，以发电机和电动机为动力源的技术改变了机器结构及其生产效率，电气技术融入制造技术，开辟了崭新的电气化时代，制造业呈现出了批量生产、工业化规范生产的新局面，出现了用于实际生产的各种机械加工机床。

20 世纪初，内燃机的发明引发了制造业的又一次革命。制造业进入了以汽车制造为代表的大批量生产时代，不仅出现了流水生产线和自动机床，而且产生了以劳动分工和计件工资为基础的泰勒(Taylor)科学管理理论和支持零件互换的福特(Ford)标准化技术，出现了汽车装配生产线，实现了以刚性自动化为特征的大批量生产方式。

20 世纪中期，计算机、微电子、信息和自动化技术有了迅猛的发展，逐步形成了数控技术、计算机数控、柔性制造单元、计算机辅助设计与制造等先进的制造单元技术和全面质量管理、准时制生产等科学的管理理念与方法，为单一产品大批量刚性自动化生产向多品种小批量柔性自动化生产方向发展提供了技术基础。

20 世纪 80 年代以后, 商业竞争日益剧烈, 制造业进入了面向市场的生产发展阶段, 各种计算机辅助工具、高效柔性化生产设备、自动化物流运输设备和柔性装配系统等应运而生, 计算机集成制造系统 (computer integrated manufacturing system, CIMS) 及其相关技术被人们充分认识和应用推广, 以计算机为纽带的新一代信息技术使制造企业的组织结构和运营模式发生了革命性的飞跃。

20 世纪 90 年代, 信息技术、自动化技术、新材料技术、微电子技术、生物技术等与制造技术有了更深层次的交叉发展, 出现了快速原型、精密成形、激光加工等支持敏捷、智能、绿色制造的技术与装备。

1.1.2 现代制造业面临的挑战

进入 21 世纪以来, 人类社会进入了信息和知识经济的发展时代, 在国民经济发展中处于核心地位的现代制造业面临着新的挑战。

(1) 消费观念的变革和市场竞争日益剧烈

客户化、小批量和快速成交的消费观念已经形成, 批量产品正在被个性化、多样化的产品取代, 产品的生产和服务界限越来越模糊, 市场变化周期越来越短, 而且不可预见。因此, 制造企业的经营目标不仅是降低生产成本、提高产品质量、快速响应市场, 而且要关注产品的技术创新及其含金量。

(2) 有限的资源和日益增长的环保压力

在人类发展、世界变化的同时, 地球的可利用资源也在以惊人的速度减少, 有限的资源正在威胁着人类的继续发展, 环境污染正在威胁着人类的生存。制造技术与装备的发展必须充分考虑资源的有效利用、生产和产品使用过程中的环境保护。因此, 必须迅速发展节能环保型产品及其创新技术、报废产品的回收处理技术、生态工厂的循环式制造技术等绿色制造技术与装备。

(3) 贸易自由化和制造全球化

随着世界自由贸易体制的完善、全球交通运输体系和通信网络的建立, 全球采购与制造一体化的格局已经初步形成, 国际经济合作与贸易日趋紧密和大众化。因此, 应该大力推广并深入应用动态联盟式的企业组织模式和机构、供应链管理技术、制造资源计划系统等。

(4) 科学技术与制造技术相互制约与促进

人类社会的进步和科学技术的发展必须依托制造业的相应支持和发展, 现代制造业正在从以机器为特征的传统制造技术向以信息和系统工程为特征的制造系统全面优化时代迈进, 制造技术将广泛吸收高新技术的研究成果, 通过相互渗透、融合和衍生, 不断地进行改进与改造, 从而实现产品功能、质量、交货期、价格和服务等各个方面的综合效益。

1.1.3 发展先进制造技术的重要性

据统计,工业化国家约有70%~80%的物质来自制造业,美国、日本、德国等国家一直很重视制造业的发展,第二次世界大战后都很快成为世界主要制造基地,并恢复了本国实力。美国制造业在第二次世界大战及稍后时期得到空前发展,形成了一股强大的研究开发力量而成为当时世界制造业的霸主。以后,国际环境发生了变化,军事对峙和显示实力而发展制造业的刺激减弱,美国开始强调基础研究、卫生健康和国防建设,而忽视了制造业的发展。20世纪70年代,日本和联邦德国经济发展很快,美国的汽车、家用电器、机床、半导体、应用电子、钢铁等工业的霸主地位相继退位,最有优势的航空航天业也遇到了强有力的竞争对手,产品的出口竞争力大大落后于日本和联邦德国,对外贸易逆差与日俱增,经济发展缓慢。日本通过率先采用新的制造技术及管理理念,使其制造业成为公认的世界之最。20世纪80年代初期,美国一批有识之士在对美国制造业的衰退进行了深刻反省后,提出了发展先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT),以促进美国制造业的竞争力和国民经济的快速发展。1987年,美国国防部的一份报告指出:要重振美国经济雄风,要在21世纪全球范围内继续保持美国的经济霸权地位,就必须大力重振和发展制造业。1991年,美国白宫科技政策办公室发表了“国家关键技术”报告,在22项国家关键技术中有4项直接涉及制造技术领域,即柔性计算机集成制造、智能加工设备、毫纳米级制造、系统管理技术。

1.2 先进制造技术的内涵、体系和特点

1.2.1 先进制造技术的内涵

先进制造技术至今未有统一的定义,但根据先进制造技术所涉及的相关领域及其经营目标,可将先进制造技术的内涵归纳为:先进制造技术是制造业不断吸收信息技术、自动化技术、新材料技术、微电子技术、生物技术、现代管理技术等方面的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、敏捷、绿色生产,提高制造企业市场的适应能力和竞争能力所涉及的相关制造技术的总称。

1.2.2 先进制造技术的体系

先进制造技术是提高制造业核心竞争力而不断对制造技术优化和推陈出新

形成的高新技术群。在不同的国家、不同的发展阶段,先进制造技术有不同的内容和体系。目前,比较认同的先进制造技术体系是美国机械科学研究院(AMST)提出的多层次技术群体系和美国联邦科学、工程和技术协调委员会(FCCSET)提出的三位一体体系。

(1) AMST 的先进制造技术体系

图 1-1 是 AMST 提出的由多层次技术群构成的先进制造技术体系,该体系强调了先进制造技术从基础制造技术、新型制造单元技术到先进制造集成技术的发展过程,也表明了在新兴产业及市场需求的带动下,在能源技术、材料技术、微电子技术、计算机技术、系统工程以及管理科学等高新技术的发展推动下,先进制造技术的发展过程。其中:

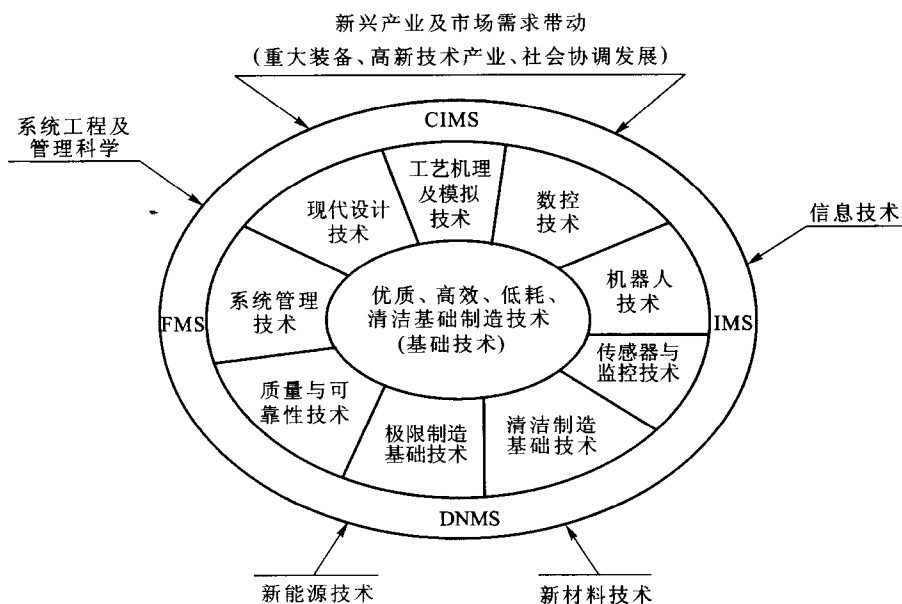


图 1-1 多层次技术群构成的先进制造技术体系

第一个层次是实现优质、高效、低耗、清洁生产的基础制造技术。在生产中大量采用、经济适用的铸造、锻压、焊接、热处理、表面保护、机械加工等基础工艺经过优化形成的优质、高效、低耗、清洁生产的基础制造技术是先进制造技术的核心及重要组成部分。这些基础技术主要有精密下料、精密塑性成形、精密铸造、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、精密热处理、优质高效连接技术、功能性防护涂层技术,以及各种与产品设计有关的基础技术和现代管理技术。

第二个层次是实现新型制造的单元技术。在新兴产业及市场需求的带动下,制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管

理等高新技术结合而形成的崭新制造技术,如在新材料、新能源和新需求不断涌现的环境下,新的工艺机理及支持理性制造的模拟仿真技术;支持新工艺的制造装备创新设计、虚拟设计和反求工程等现代设计技术;支持制造过程精密化、柔性化、自动化的数控技术、机器人技术、传感器与监控技术;基于系统工程理论的制造系统管理技术;支持极限制造、清洁制造等的基础技术;产品质量及可靠性基础技术等。

第三个层次是实现先进制造系统集成技术。应用信息技术和系统管理技术,通过网络与数据库对上述两个层次的技术集成,如实现 CIMS、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)、智能制造系统(intelligence manufacturing system, IMS)、分布式网络制造系统(distributed network manufacturing system, DNMS)等的系统智能和系统集成技术。

(2) FCCSET 的先进制造技术体系

1994 年初,美国联邦科学、工程和技术协调委员会下属的工业技术委员会先进制造技术工作组提出了先进制造技术由主体技术群、支撑技术群、制造基础设施组成的三位一体的体系结构,强调了三个部分是一个缺一不可的完整体系,只有相互联系、相互促进,才能发挥整体的功能效益。其中,主体技术群包括面向制造的设计技术群和制造工艺技术群;支撑技术群包括信息技术、标准与框架、机床和工具技术、传感器和控制技术;制造基础设施包括质量管理、客户与供应商交互作用、工作人员培训和教育、全局监督和基准评测、技术获取与利用等。这种体系不是从技术学科内涵的角度来描述先进制造技术,而是从宏观组成的角度描述了先进制造技术的组成以及各个部分在制造技术发展过程中的作用。

1.2.3 先进制造技术的特点

与传统制造技术相比,先进制造技术的主要特点是:

- 1) 重视实现优质、高效、低耗、敏捷、绿色生产的经营目标,尤其强调了提高制造企业及其产品对动态多变市场的适应能力和竞争能力的发展目标。
- 2) 覆盖市场分析、产品设计、加工和装配、销售、维修、服务以及回收再生的全生命周期,而不局限于制造工艺及其生产过程。
- 3) 强调制造系统是一个由物质流、能源流、信息流和资金流组成的相互作用的整体,因此必须重视技术、管理、信息和人的重要作用及其相互作用关系,必须重视和加强多学科交叉、多技术融合和多系统集成优化。

1.3 先进制造技术的基本组成

随着个性化与全球化市场的形成,信息、微电子、生物等高新技术在不断